



LE "LEGHE RARE": RICADUTE TECNOLOGICHE DELLA RICERCA DI UN ELEMENTO FANTASMA

La chimica fiorentina alla vigilia della prima guerra mondiale era in procinto di compiere un radicale cambiamento. La scomparsa di Ugo Schiff nel settembre 1915, ad ottantuno anni di età, lasciò un grande vuoto. Egli era stato il fondatore della scuola fiorentina, insegnandovi chimica per oltre cinquant'anni. Schiff era un chimico "onnivoro": i suoi interessi spaziavano dalla chimica organica a quella inorganica, dalla tecnologia alla storia della chimica. Accanto a lui da una decina di anni si trovava Angelo Angeli (1864-1931), chimico organico e sperimentatore insuperabile. Tuttavia, durante la Grande Guerra e, in misura maggiore, nell'immediato dopoguerra sorsero nuovi interessi legati alle scienze applicate. Le necessità della guerra fecero aumentare la produzione e l'impiego di leghe sempre più leggere, a partire da quelle di alluminio. Il duralluminio [1] è una delle prime ad essere utilizzate; in Germania, con questa, si costruirono gli scheletri dei famigerati "Zeppelin" ad intelaiatura rigida. A Firenze, dove si era concentrata la ricerca dell'elemento di numero atomico 61, si giunse all'isolamento di numerosi metalli della famiglia dei lantanidi. Il passo successivo fu quello di creare nuove leghe con questi elementi.

Come accennato, con la scomparsa di Schiff la chimica inorganica restò mutila e quindi il Ministero pensò di indire un concorso nazionale per coprire questo insegnamento. Il vincitore risultò Nicola Parravano (1883-1938), proveniente da Roma, un giovane promettente metallurgista che si era formato alla scuola romana di Emanuele Paternò di Sessa (1847-1935). Parravano accettò di buon grado di recarsi a Firenze, con l'assicurazione del maestro di svolgere ricerche a Roma e con l'assicurazione di potervi presto tornare, cosa che avvenne nel 1919. Ma in quei pochi anni, egli non fece che lezione agli studenti fiorentini, ma forse furono sufficienti affinché il seme della metallurgia fosse gettato e vi attecchisse. Nel 1919 giunse a Firenze un altro chimico inorganico, Luigi Rolla (1882-1960), celebre per i suoi studi di chimica fisica. Era

stato a perfezionarsi a Berlino ed aveva avuto come mentore il premio Nobel Walter Nernst (1864-1941) e tra i numerosi compagni di studi anche il metallurgista Rudolf Vogel (1882-1970) [2]. Tuttavia Rolla, nell'arrivare a Firenze volse il suo interesse verso la ricerca di uno degli ultimi elementi non ancora scoperti, il sessantunesimo. Fu una ricerca lunga quanto, purtroppo, infruttuosa: iniziata nel 1922, nel 1926 raggiunse l'apoteosi con l'annuncio della scoperta del *florenzio* [3], scoperta seguita soli cinque anni più tardi dal licenziamento di un collaboratore e conseguente causa giudiziaria tra allievo e maestro. La vicenda della scoperta del *florenzio*, dopo amare vicissitudini, si concluse con la sua silenziosa ritrattazione nel 1942 [4].

Il team di giovani che presero parte all'isolamento di questo sconosciuto metallo dai minerali bra-

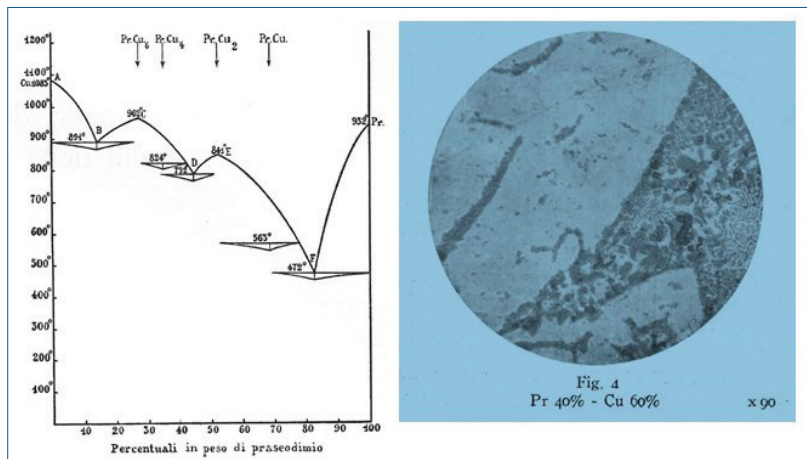


Fig. 1 - A sinistra diagramma di stato della lega praseodimio rame per varie concentrazioni dei due elementi; a destra micrografia della stessa lega metallica in rapporto Pr/Cu 40:60. Immagini tratte da *La metallurgia italiana*, 1934, 26, 870-871

siliani, sospettati di contenerlo, furono: Lorenzo Fernandes (1902-1977), il co-scopritore, Giorgio Piccardi (1895-1972), Leo Cavallaro, Luigi Mazza (1898-1978), Maria Marconi (1900-1985), Giovanni Canneri (1897-1964) ed altri ancora.

Tra i giovani assistenti si verificò immediatamente una spaccatura intellettuale. Da un lato coloro che ritenevano la scoperta del nuovo metallo attendibile e veritiera (capeggiati da Fernandes fino al 1928, quando mutò idea e per questo fu licenziato un anno dopo) e dall'altra gli scettici con in testa Giovanni Canneri. Con il maestro Luigi Rolla egli compì l'isolamento di alcuni lantanidi nell'intento di isolare l'elemento di numero atomico 61 (florencio). *Questa vana ricerca durata decenni, proprio non piaceva a Canneri, il quale a differenza del suo mentore non credeva minimamente nell'esistenza "dell'elemento fantasma". Testimoni che ebbero modo di conoscerlo riferirono del suo profondo scetticismo a riguardo dell'esistenza del florencio in natura. A chi portava come prova le lastre fotografiche dove erano apparentemente impresse le linee caratteristiche dello spettro X dell'elemento 61 egli controbatteva: "Dimmi, dov'è il florencio? E queste sarebbero delle prove? [agitando in aria le lastre fotografiche] lo sono una persona pratica e non crederò all'esistenza di questo elemento fino a quando non me ne porterete almeno un granello di modo che lo possa analizzare chimicamente!" [5].* Canneri, non sappiamo se per lungimiranza o per indirizzo impo-

stogli dal maestro Rolla, non pubblicò mai alcun articolo inerente il "pericolosissimo" florencio sulle cui fortune, negli anni Venti a Firenze, si facevano e si disfacevano carriere [6].

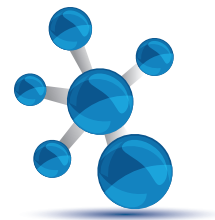
Chi era Giovanni Canneri? Egli nacque a Montelupo Fiorentino il 10 gennaio 1897; si laureò giovanissimo in chimica ed iniziò una lunga e proficua ricerca nel campo della chimica inorganica e in metallurgia. Il 2 agosto 1923 sposò la coetanea Maria Guasti di Montelupo Fiorentino [7]. Il matrimonio fu allietato dalla nascita di tre bambini, Giovanna (1923-1958), Alfredo (1926-1976) e Maria-Angela (1928-2011); tuttavia i primi due ebbero una salute talmente cagio-

nevole che fu motivo di costante preoccupazione da parte dei genitori.

Pragmatico sperimentatore legato alla "vecchia chimica", Giovanni Canneri fu uno strenuo assertore della supremazia delle analisi chimiche per via umida sulle più recenti indagini diagnostiche ai raggi X, la cosiddetta "spettroscopia Moseley". Ondivago circa la nuova teoria atomica, indifferente al determinismo quantistico, nel 1932 isolò il praseodimio allo stato metallico [8] e nel giro di pochi anni fu in grado di pubblicare numerosi studi metallurgici sopra nuove leghe metalliche con le terre rare [9].

Il frazionamento e la raffinazione di grandi quantità di sabbie monazifere brasiliane [10] nel laboratorio di chimica inorganica di Firenze per l'estrazione dello sfuggente florencio, portò l'equipe del professor Rolla ad isolare grandi quantità di praseodimio e lantanio. Poiché il lantanio, come il praseodimio in forma minore, manifestava una spiccatissima tendenza a formare amalgami e leghe con altri metalli, da un lato rendeva questo elemento assai difficile da estrarre, ma dall'altro questa sua attitudine spinse il Canneri a intraprendere uno studio delle leghe dei metalli delle terre rare con i più comuni (Pb, Sn, Mg, Ti [11]) e con i più nobili metalli (Cu, Ag, Au).

Come era ben chiaro in quegli anni ai principali investigatori [12], gli elementi delle terre rare possedevano un comportamento analogo tra loro, dovuto alla struttura elettronica simile dei loro atomi. A differenza dei composti ionici delle terre rare, le cui



proprietà erano note ormai da alcuni decenni, poco si sapeva dei metalli e ancora meno delle leghe con i lantanidi [13]. Solo pochi anni prima W. Klemm e H. Bommer erano riusciti a isolare allo stato metallico una buona parte degli elementi delle terre rare per riduzione dei cloruri corrispondenti con metalli alcalini. Fu così possibile per la prima volta studiare sia la struttura cristallina che le proprietà magnetiche dei singoli elementi [14]. Per quanto invece riguardava le leghe, non ci furono sostanziali differenze nel comportamento dei singoli elementi delle terre rare in lega con altri elementi del sistema periodico. Gli elementi delle terre rare si dividevano in due grandi famiglie per i comportamenti delle leghe: gli elementi più leggeri (ceridi) e i più pesanti (terre ittriche). Lo studio di queste nuove leghe a base di lantanidi presentò un notevole interesse generale a causa delle peculiari condizioni da un lato nel reticolo metallico, dall'altra "dall'atomo raro ad alta carica" [15]. Le prime leghe oggetto di indagine furono quelle a base di cerio, studiate approfonditamente da Vogel [16]. Successivamente Luigi Rolla e Giovanni Canneri intrapresero uno studio sistematico sulle leghe del lantanio [17] e del praseodimio [18].

Al fine di giungere in tempi più rapidi a chiarire il comportamento delle leghe di terre rare furono congiunti gli sforzi tra il team italiano e quello tedesco. Complice l'amicizia tra Vogel e Rolla, i quali si erano conosciuti nel 1911 a Berlino durante uno stage di perfezionamento post laurea, i due gruppi iniziarono una solida collaborazione. Tale iniziativa, sponsorizzata economicamente dal Consiglio Nazionale delle Ricerche e dalla Deutsche Forschungsgemeinschaft, rientrava negli scambi culturali e scientifici seguenti il patto d'acciaio tra la Germania nazista e l'Italia fascista. All'Istituto Metallografico di Gottinga Vogel portò avanti le analisi spettroscopiche delle leghe, mentre presso l'Istituto di Chimica di Firenze, Canneri isolava i metalli delle terre rare, ne preparava le leghe che inviava poi in Germania. In alcune prove orientative effettuate prima a Firenze con metalli vili, quali lo zinco e successivamente il cadmio, Canneri poté osservare che durante la preparazione di leghe ricche in tenori di "metallo raro", si verificava una violenta esplosione con fuoriuscita di schizzi di metallo fuso dal crogiolo.

Si rese necessario manipolare i metalli fusi a pressioni maggiori di quella atmosferica (tra le 10 e le 25 atmosfere) e una temperatura di 1200 °C. Giovanni Canneri, dopo una momentanea battuta di arresto dovuta alla pericolosità delle manipolazioni, si accorse che per poter procedere nelle ricerche bisognava aggirare l'ostacolo rappresentato dalla manipolazione delle terre rare mescolate con i metalli di transizione: sviluppò un procedimento atto a ovviare questo inconveniente e al tempo stesso, assemblò con il meccanico dell'officina dell'Istituto uno speciale tipo di forno. Furono costruiti a Firenze piccoli forni elettrici costituiti da cilindri cavi coassiali in materiale refrattario.

Come anticipato precedentemente, Canneri preparò, seguendo il metodo Muthmann [19], ingenti quantità di lantanio metallico, così come riuscì ad isolare allo stato metallico altri metalli appartenenti al gruppo del cerio, sebbene con maggiori difficoltà e ad un grado di purezza inferiore.

Giovanni Canneri studiò i sistemi binari La-Pb, La-Sn, La-Mg, La-Tl, La-Cu, La-Ag, La-Au. Tentò anche uno studio delle leghe tra il lantanio, il cadmio e lo zinco. Tuttavia la violenza della reazione che avvenne mescolando allo stato fuso il lantanio con lo zinco o con il cadmio fu tale da rendere vano ogni ulteriore studio con questi elementi.

Il lantanio metallico preparato per via elettrolitica fu fuso in panetti di notevoli dimensioni. Si mostrava duttile e si lasciava tagliare con la lama di un coltello. Al taglio la superficie esposta era bianca argentea ma entro breve tempo diventava iridescente per il rapido formarsi dell'ossido in superficie. Per prevenire questo fenomeno le operazioni di fusione del lantanio furono eseguite proteggendo la massa metallica con uno strato fuso di cloruri di metalli alcalini o alcalino terrosi. La stessa procedura fu adottata anche per la realizzazione dei diagrammi di stato dei sistemi binari La-Metallo. Il miscuglio fu protetto da un bagno di KCl per temperature inferiori a 1000 °C e con un bagno di BaCl₂ per temperature superiori.

Il lantanio si combinava al rame senza quella estrema violenza che era stata osservata per il piombo, stagno e tallio. L'elemento delle terre rare formava inoltre composti stabili con stechiometria LaCu, LaCu₂, LaCu₃ e infine LaCu₄. Il rame abbassa notevolmente

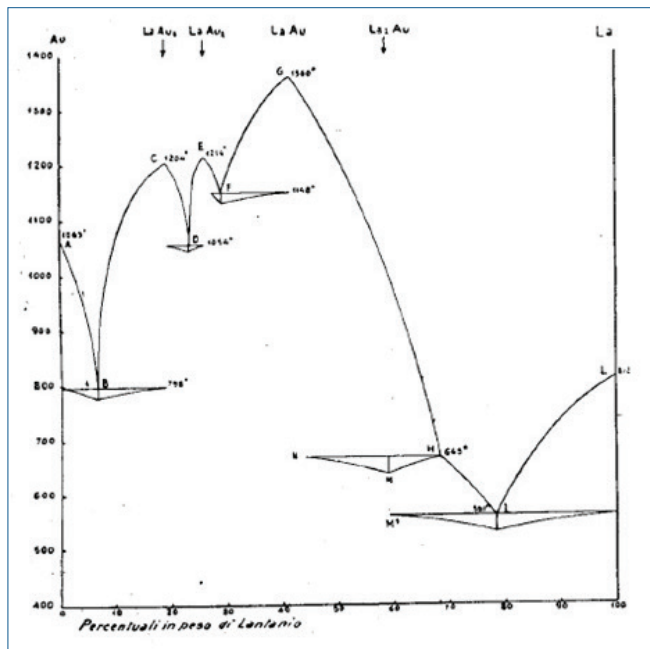


Fig. 2 - Diagramma di stato della lega lantano oro, immagine tratta da *La metallurgia italiana*, 1931, 23, 818

il punto di fusione del lantano, portando alla formazione di quattro eutettici. Il colore delle leghe passa dal bianco (basso tenore di Cu) ad un giallo simile al colore dell'ottone (circa il 30% di rame) e infine al colore del bronzo (dal 60 % in su). Leghe di La e Cu tuttavia non aumentano duttilità, malleabilità e tenacia del lantano: in altre parole il rame perde le sue caratteristiche meccaniche di metallo nobile eccetto che per l'ultimo composto LaCu_4 .

Lo studio termico del sistema lantano argento hanno evidenziato almeno tre composti definiti e caratterizzati dal Canneri, dei quali due stabili alla fusione mentre il terzo si decompone fondendo. Essi hanno per formula: LaAg , LaAg_2 e LaAg_3 . Le proprietà delle leghe sono simili se non identiche a quelle del sistema binario La-Cu, fatta eccezione per la piroforicità che risulta assai minore; ciò fu interpretato con l'aumento del grado di nobiltà dell'argento rispetto al rame.

Le leghe dell'oro con il primo dei lantanidi riservarono una certa sorpresa: esse si discostavano in modo sensibile da quelle del rame e dell'argento. La formazione di leghe La-Au avvenivano con sviluppo di calore.

Anche nel diagramma di stato La-Au si poteva osservare differenze sostanziali se paragonato con

quelli La-Cu e La-Ag. Dopo aver isolato un eutetico alla composizione del 6,8% di La (a 798 °C), il diagramma La-Au rivelava alla temperatura di ca. 1200 °C un composto dalla stechiometria certa, LaAu_3 . A 1360 °C fu possibile riscontrare un composto dalla stechiometria LaAu , che fu studiato dettagliatamente anche per mezzo della microfotografia. Un altro composto ben definito e ancor più caratterizzato fu il La_2Au a circa 650 °C.

Rolla e Canneri con i loro studi sulle leghe degli elementi delle terre rare ed in particolare con il cerio, lantano e praseodimio, osservarono che i primi due elementi mostravano una forte tendenza ad entrare in legame con elementi più nobili (oro in testa) e certi metalli pesanti (piombo, tallio e stagno), tendenza che in certi casi assumeva particolare violenza. Composti con metalli leggeri come il magnesio o nobili quali il rame o l'argento avevano invece un comportamento opposto: minore sviluppo di calore accompagnato da temperature di fusione dei composti inferiore a quella dei prodotti di partenza.

Il "vincolo", così viene definito dal Rolla e dal Canneri, che unisce il metallo delle terre rare all'oro, rende ragione dei legami molto stretti che si sono formati tra i due metalli (a differenza di quanto osservato per Cu e Ag). Rudolf Vogel, esperto mondiale di metallurgia, sentendo di queste scoperte effettuate a Firenze, conìò il termine "composti rilassati" per indicare i legami tra gli atomi nei composti intermetallici laddove il vincolo che unisce il La all'argento o al rame differisce grandemente da quanto osservato per l'oro.

Luigi Rolla, profondo conoscitore della fisica atomica volle andare oltre a quanto giustamente affermava Canneri dal punto di vista chimico: "Mentre l'esistenza di composti indica soltanto la realtà di una diversa *chimica* tra gli elementi che li origina, la forza dei legami che li unisce dice anche il grado di differenza".

Rolla infatti lanciò una "profezia", una ipotesi, a chiusura di quanto osservato sperimentalmente da Canneri: "sebbene non si abbiano ancora dati rigorosamente sicuri (...) dall'esame delle proprietà magnetiche ed altre proprietà, il lantano, pur avendo caratteri simili ai seguenti nel gruppo delle terre rare, per effetto di una medesima configurazione elettronica dello strato periferico, si distac-



Fig. 3 - 1933: Aula di Farmacia della R. Università di Firenze. I chimici fiorentini rendono omaggio al Professor Guido Pellizzari (1858-1938), sesto da destra, in occasione del suo pensionamento. Riconoscibili Giorgio Piccardi, Giovanni Canneri e Luigi Rolla, rispettivamente secondo quarto e quinto da destra. Per gentile concessione del Museo di Storia Naturale dell'Università degli Studi di Firenze

ca nettamente dagli altri per una differenza che si riscontrerebbe in una struttura più profonda (mandandogli) il sotto-strato elettronico indicato col termine $4 f'$.

Rolla seppe introdurre anche in metallurgia le sue conoscenze di meccanica quantistica; Canneri non fece niente di tutto ciò: forse non poteva, per mancanza di opportuni strumenti matematici avanzati o forse non voleva per non staccarsi dal filone classico della metallurgia, delle soluzioni solide, sviluppati da Gustav Heinrich Apollon Tammann (1861-1938) nel secolo precedente.

Anche se non seppe riconoscere alcun ruolo alla meccanica quantistica in chimica, Giovanni Canneri occorre dirlo, fu un abile sperimentatore: il suo regno era il laboratorio, la sua postazione il banco chimico. Era certamente meno portato per l'aspetto teorico delle sue ricerche, le quali erano curate dal suo mentore, Luigi Rolla, la cui formazione chimico-fisica era indubbiamente superiore.

Nel 1929, con il siluramento del delfino di Rolla, Lorenzo Fernandes (1902-1977), Canneri si trovò improvvisamente la carriera accademica spianata. Le sue ricerche di metallurgia dei lantanidi riscosero una eco grandissima in Italia: nel 1930, il giovane Canneri vinse il concorso indetto dall'Associazione nazionale fascista industriali metallurgici, per i suoi

lavori innovativi basati sull'impiego e sulla sapiente combinazione di tecniche termiche e micrografiche nello studio di leghe a base di lantanio.

Quattro anni più tardi, a soli trentasette anni e sempre vicino alle posizioni del regime fascista, vinse la cattedra di chimica analitica presso la neonata "Regia Università di Firenze" [20].

Da questa data i suoi interessi nel campo della metallurgia e chimica inorganica diminuirono progressivamente, salvo ritornarvi per una breve parentesi durante la seconda guerra mondiale, per preparare nuove leghe tra terre rare ed altri elementi di transizione per il suo professore Luigi Rolla [21].

Terminata da poco la seconda guerra mondiale, la commissione d'epurazione ministeriale per le sanzioni contro il fascismo [22], prese in esame il fascicolo di circa 300 tra professori universitari, incaricati e aiuti. La Commissione ministeriale celebrò 276 procedimenti disciplinari: fra quelli che subirono sentenze di epurazione a Firenze furono cinque: "Pompeo Biondi di Dottrina dello Stato, Giovanni Canneri di Chimica analitica, Raffaello Fagnoni di Caratteri distributivi degli edifici, Paolo Eustachio Lamanna di Storia della filosofia e Giuseppe Maranini di Storia delle costituzioni" [23]. Giovanni Canneri fu sospeso dall'insegnamento dal 1944 al 1945; poiché il suo caso appariva al tempo stesso tra i più complessi e di minore gravità, fu tuttavia mantenuto al suo posto in attesa del giudizio [24]. Alla fine Canneri risultò uno dei venti professori universitari che subirono il solo provvedimento di "epurazione dagli organismi italiani" [25].

Come riportato nel monumentale e dettagliato lavoro di tesi dottorale di Mattia Flamigni [26]: "Giovanni Canneri venne segnalato come passibile di sanzione dal Comitato d'epurazione dell'Università di Firenze e quindi sottoposto al giudizio della Commissione ministeriale, dove fu incolpato di aver partecipato attivamente alla vita politica del fascismo quale rettore della provincia di Firenze (1923-43), e di aver rivestito le qualifiche di antemarcia [27], squadrista [28] e sciarpa littorio [29]. [...] Si espressero in suo favore sia il Consiglio della Facoltà di Scienze, che manifestò la volontà di mantenerlo nel proprio organico, sia il neo rettore Piero Calamandrei, che diede conferma alla Commissione del fatto che Canneri, dopo l'8 settembre, aveva permesso

con grave rischio personale l'installazione di una radio clandestina nel proprio Istituto universitario. La Commissione lo dichiarò colpevole di aver rivestito le qualifiche di antemarcia, squadrista e sciarpa littorio, ma lo esentò del pari dalla sanzione, poiché giudicò che con le sue azioni si fosse distinto nella lotta contro i tedeschi, e così Canneri poté rimanere al proprio posto.”

Canneri fu quindi riassunto dall'Università nel 1946 [30], ma non trovò in molti docenti la cordialità e il rispetto che avrebbe desiderato; inoltre gli studenti, che decisamente non lo amavano, presero a chiamarlo con il soprannome di “Gambadilegno”, per il suo aspetto fisico.

Negli ultimi venti anni di carriera l'attività di ricerca decrebbe ed il suo interesse fu assorbito dagli aspetti più tecnici della chimica analitica. In questi nuovi studi fu assistito dagli infaticabili assistenti quali, Maria Marconi (1900-1985), Aldo Iandelli (1912-2008), Danilo Cozzi (1916-2004). Nel dopoguerra Canneri mise a punto alcune metodologie analitiche per la determinazione del fluoro [31], del gallio e dell'indio negli acciai [32], nonché test indiretti di riconoscimento della presenza di oli esterificati [33]. Schivo e sempre più legato agli aspetti pratici ed economici della chimica prese assai poco parte a congressi internazionali.

Giovanni Canneri, che aveva un fisico in forte sovrappeso, fu un grande fumatore. Nonostante questi fattori di rischio, egli restò in buona salute fino all'approssimarsi della fine, cosa che avvenne per un tumore del mediastino, una neoplasia epiteliale. Infatti Canneri, anche con il progredire della malattia, non volle abbandonare le sue consuetudini di recarsi giornalmente in Istituto; non cessò neppure di fumare copiosamente, tant'è che alcuni colleghi dopo la sua scomparsa, entrando nel suo ufficio, ebbero a commentare: “Se respiro a fondo mi sembra di sentire ancora l'odore delle sue sigarette”.

Morì il 15 novembre 1964, un paio di mesi prima di compiere sessantotto anni, quando era ancora di ruolo presso l'Istituto di Chimica Analitica di Firenze.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

[1] Il duralluminio è il nome commerciale di una particolare lega di alluminio temprata, inventata dal metallurgista tedesco Alfred

Wilm (1869-1937). I principali costituenti di questa lega a base di alluminio sono rame, manganese e magnesio.

[2] Rudolf Vogel è stato un talentuoso violinista e un eccellente disegnatore. Come scienziato si è particolarmente distinto nella ricerca applicata. Fu un metallografo e metallurgista di fama internazionale. Vogel aveva studiato chimica presso l'Università di Gottinga. Nel 1922 passò all'Istituto di ricerca per i metalli preziosi Württembergische Landesgewerbeamt. Nel 1924 si trasferì a Berlino presso l'Istituto Kaiser Wilhelm per la ricerca dei metalli, rimanendovi meno di due anni. Tornato a Göttingen, riprese le ricerche metallografiche e costituì presso la locale Università un attrezzatissimo Laboratorio Metallografico, facendone uno dei centri di eccellenza mondiali. Con i suoi lavori Vogel ha posto le basi per la nascita della metallurgia tecnica, contribuendo a fare dell'industria tedesca un leader indiscusso. Negli anni Cinquanta Vogel si dedicò allo studio pacifico dell'energia nucleare e alla creazione dei primi materiali utilizzati nello spazio.

[3] L. Rolla, L. Fernandes, *Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie*, 1926, **157**, 371.

[4] A. Gatterer, J. Junkes *et al.*, *Pontificia Academia scientiarum, Commentationes*, 1942, **6**, 5.

[5] La parte in corsivo è tratta da: “La falsata immagine di Giovanni Canneri, chimico analitico ricordato per una singolare analisi”, M. Fontani, M. Costa, G. Piccardi.

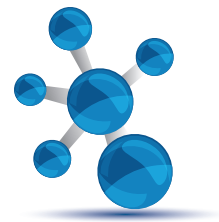
[6] M. Fontani, M. Costa, *De Reditu Eorum. Sulle tracce degli elementi scomparsi*, Società Chimica Italiana, 2009, Ed. Centro Stampa de Vittoria, Roma.

[7] Comunicazione dell'Archivio Storico del Comune di Firenze agli Autori; collocazione CF 14530, foglio n. 100046.

[8] G. Canneri, A. Rossi, *Gazzetta Chimica Italiana*, 1932, **62**, 1160.

[9] G. Canneri, *Metallurgia Italiana*, 1933, **25**, 250; G. Canneri, *Alluminio*, 1933, **2**, 87;

G. Canneri, *Metallurgia Italiana*, 1934, **26**, 794;



- G. Canneri, *Metallurgia Italiana*, 1934, **26**, 869; L. Rolla, A. Iandelli, R. Vogel, G. Canneri, *Ricerca Scientifica*, 1941, **12**, 1216; L. Rolla, A. Iandelli, G. Canneri, R. Vogel, *Zeitschrift fuer Metallkunde*, 1943, **35**, 29.
- [10] Le sabbie monazifere sono fosfati di elementi delle terre rare, di formula generica (TR)PO₄, di colore marrone-rossiccio. Il minerale si presenta di solito in piccoli cristalli. Ci sono in realtà almeno quattro diversi tipi di monazite, a seconda della composizione percentuale dei diversi elementi nel minerale:
- la cerio monazite (Ce, La, Pr, Nd, Th, Y)PO₄
 - la lantanio monazite (La, Ce, Nd, Pr)PO₄
 - la neodimio monazite (Nd, La, Ce, Pr)PO₄
 - la samario monazite (Sm, Gd, Ce, Th)PO₄.
- [11] Il tallio non è certamente uno dei metalli più comuni, tuttavia va sottolineato che i metodi di separazione dei metalli delle terre rare all'epoca impiegavano questo metallo sotto forma di solfato doppio di tallio e magnesio. La spiccatissima tendenza ad entrare in lega del Pm come del La fu osservata durante i primi tentativi di separazione proprio con questi due metalli: magnesio e tallio.
- [12] Alcuni dei nomi dei maggiori esperti di terre rare in quegli anni sono: Auer von Welsbach (1858-1929), Georges Urbain (1872-1938), Charles James (1880-1928), George de Hevesy (1885-1966).
- [13] L. Rolla, A. Iandelli, R. Vogel, G. Canneri, *Ricerca Scientifica*, 1941, **12**, 1216; L. Rolla, A. Iandelli, G. Canneri, R. Vogel, *Zeitschrift fuer Metallkunde*, 1943, **35**, 29.
- [14] W. Klemm, H. Bommer, *Zs. Anorg. Allgem. Chem.*, 1937, **231**, 138; W. Klemm, H. Bommer, *Zs. Anorg. Allgem. Chem.*, 1939, **241**, 264.
- [15] Rolla e i suoi collaboratori utilizzando questa terminologia si riferiscono ad elementi delle terre rare a numero di ossidazione alto.
- [16] R. Vogel, *Zs. Anorg. Allgem. Chem.*, 1911, **72**, 319; R. Vogel, *Zs. Anorg. Allgem. Chem.*, 1917, **90**, 25.
- [17] G. Canneri, *La metallurgia italiana*, 1931, **23**, 805; G. Canneri, *La metallurgia italiana*, 1932, **24**, 3.
- [18] G. Canneri, *La metallurgia italiana*, 1933, **25**, 250; G. Canneri, *La metallurgia italiana*, 1934, **26**, 869.
- [19] W. Muthmann, *Annalen*, 1901, **320**, 231; W. Muthmann, *Annalen*, 1902, **325**, 261.
- [20] Nel 1935 il professor Luigi Rolla si trasferì presso la natale Università di Genova; inoltre, dalla morte di Angelo Angeli nel 1931, era venuta a mancare la cattedra di Chimica Organica. In conseguenza di ciò, dal 1935, Giovanni Canneri, si trovò ad essere l'unico professore ordinario di chimica a Firenze.
- [21] L. Rolla, A. Iandelli, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft [Abteilung] B: Abhandlungen*, 1942, **75B**, 2091.
- [22] Le "commissioni per l'epurazione", furono regolamentate dal decreto legislativo luogotenenziale del 13 settembre 1944, n. 198.
- [23] http://amsdottorato.unibo.it/7887/1/flamigni_mattia_tesi.pdf, pag. 197; ultimo accesso 24 maggio 2018.
- [24] http://amsdottorato.unibo.it/7887/1/flamigni_mattia_tesi.pdf, pag. 102; ultimo accesso 24 maggio 2018.
- [25] http://amsdottorato.unibo.it/7887/1/flamigni_mattia_tesi.pdf, pag. 249; ultimo accesso 24 maggio 2018.
- [26] http://amsdottorato.unibo.it/7887/1/flamigni_mattia_tesi.pdf, pag. 294; ultimo accesso 24 maggio 2018.
- [27] Coloro che aderirono al fascismo prima della "marcia su Roma" nel 1922.
- [28] Appartenente alle "squadre d'azione fasciste".
- [29] Decorazione indossata da coloro che avevano partecipato alla "marcia su Roma", o da coloro che avevano ricoperto per almeno cinque anni la carica di "gerarca" o avevano prestato servizio per almeno dieci anni nella "milizia fascista".
- [30] http://amsdottorato.unibo.it/7887/1/flamigni_mattia_tesi.pdf, pag. 460; ultimo accesso 24 maggio 2018.
- [31] G. Canneri, D. Cozzi, *Analytica Chimica Acta*, 1948, **2**, 321.
- [32] G. Canneri, D. Cozzi, *La Chimica e l'Industria*, 1954, **36**, 354.
- [33] G. Canneri, M. Marconi, *La Chimica e l'Industria*, 1953, **35**, 560.