

di Marco Fontani
Dipartimento di Chimica Organica
Università di Firenze
Mariagrazia Costa
Laboratorio di Ricerca Educativa in Didattica
Chimica e Scienze Integrate
Dipartimento di Chimica
Università di Firenze
Mary Virginia Orna
College of New Rochelle, New Rochelle, NY
Francesca Salvianti
marco.fontani@unifi.it

IL CURIOSO CASO DELLA TRIPLICE SCOPERTA DELL'ATTINIO

Oggigiorno, quando i chimici si riferiscono all'attinio il loro pensiero va all'elemento radioattivo isolato nel 1899 da André Debierne [1] nei residui di lavorazione della pechblenda. Quasi due decenni prima tuttavia, un altro chimico aveva annunciato la scoperta di un elemento diverso dal precedente al quale, curiosamente, avrebbe voluto dare lo stesso nome. Quest'ultimo elemento, lungi dall'essere estratto in esotici minerali radioattivi sarebbe stato rinvenuto in ben più prosaici materiali.

In chimica questo caso di omonimia non è affatto unico: nel 1812 Edward Daniel Clarke (1769-1822) asserì di aver ridotto BaO_2 con un cannello ad idrogeno e ossigeno. Egli propose che il nuovo metallo venisse chiamato "plutonium" poiché "tutte le prove della sua esistenza erano dovute al regno del fuoco", ma H. Davy (1778-1829), J.J. Berzelius (1779-1848) ed altri chimici preferirono il nome bario [2].

Un secolo più tardi Glenn T. Seaborg (1912-1999), Edwin M. McMillan (1907-1991), Joseph W. Kennedy (1916-1957) e Arthur

C. Wahl sintetizzarono l'elemento 93 per bombardamento dell'uranio con deutoni. Quando fu chiesto loro di dare un nome al neo elemento, Glenn T. Seaborg disse: "we decide to name the element plutonium after the planet Pluto, just like uranium is named after Uranus and neptunium after Neptune" [3].

Tuttavia il caso dell'attinio risulta molto più intrigante di quello del plutonio. Trentaquattro anni dopo la scoperta del "vero" attinio, André Debierne, quasi sessantenne, credette di aver trovato un secondo elemento in esso: il neoattinio.

Il primo annuncio della scoperta dell'attinio

Il primo ad annunciare la scoperta dell'attinio fu l'inglese Thomas Lambe Phipson (Fig. 1). Egli proveniva da un'agiata famiglia di Ladywood, Birmingham. Nato il 5 maggio 1833 era figlio di Samuel Rayland Phipson (1803-1887) e Ellen Emma Elizabeth Lambe (1813-1899). Il padre di Thomas, a causa di cattivi investimenti, fu costretto a trasferirsi con la famiglia in Belgio dove il costo della vita era più basso. Nel 1855 Thomas Lambe Phipson

ottenne il titolo di "Docteur-ès-Science" presso l'Università di Bruxelles, dove aveva studiato scienze naturali.

Successivamente trascorse un periodo di tempo a Parigi per tornare in Belgio nel 1859. Nel 1860 fu nominato professore aggiunto di chimica analitica, incarico che conservò fino al suo definitivo trasferimento in Inghilterra dove ricoprì la carica di direttore del "Putney-London chemical laboratory".

Il 30 settembre 1865 sposò Catherine Julia Taylor (1837-1920). Uomo dai molteplici interessi, Phipson dedicò molto del suo tempo libero alla musica e ai più svariati filoni scientifici [4]. Nel 1881 il dottor Phipson pubblicò un breve articolo su ciò che egli definì "A curious actinic phenomenon". Questa fu la prima di una

serie di undici comunicazioni scientifiche sullo stesso argomento: otto articoli su undici furono scritti da lui stesso; di questi, due furono pubblicati su riviste francesi e sei su giornali inglesi. Il fenomeno fotochimico da lui descritto, fu osservato sullo sportello di una cassetta della posta dipinta con un nuovo pigmento bianco a base di zinco. Lo sportello appariva nero di giorno e bianco di notte per tornare di nuovo nero al sorgere del sole. L'effetto era apparentemente dovuto ad un componente della vernice sensibile alla luce solare. Secondo Phipson il pigmento risultava costituito per circa l'80% da una miscela di $BaSO_4$ e ZnS . Phipson scoprì che l'annerimento del prodotto poteva essere riprodotto attra-

verso l'esposizione del pigmento alla luce solare diretta per circa 20 minuti. L'originale colorazione bianca veniva ripristinata mantenendo l'oggetto al buio per 2 o 3 ore. La capacità di cambiare colore dal bianco al nero si perdeva nell'arco di pochi giorni, sebbene alcuni campioni di tintura mantenessero questa proprietà per mesi. Phipson non osservò alcuna fosforescenza, ma si accorse che un pezzo di vetro di una comune finestra, posizionato sopra la vernice bianca, preveniva l'imbrunimento. Essendo un esperto chimico analitico egli credette di scoprire all'interno della vernice un elemento sconosciuto, al quale imputare le inconsuete proprietà appena descritte. Phipson si mostrò cauto nelle sue dichiarazioni, ciò nonostante propose un nome per il metallo sco-

nosciuto: actinium dal nome greco $\alpha\kappa\tau\iota\zeta$, raggio. Thomas L. Phipson pubblicò una seconda nota [5] in francese, che fu ripresa quasi simultaneamente da varie riviste francesi [6].

Nel frattempo il produttore del pigmento si sentì in dovere di replicare alle asserzioni di Phipson [7]. Questi sottolineò come il fenomeno descritto da Phipson fosse tutt'altro che nuovo, sebbene non fosse noto il principio fisico che ne era alla base. Inoltre egli criticò i risultati di Thomas Lambe Phipson.

Alcune settimane più tardi apparve una nuova comunicazione sull'argomento [8]. L'autore era un produttore di vernici americano. Più caustico del suo collega inglese, J. Cawley [9] giunse perfino a dubitare dell'attendibilità delle analisi chimiche di

Phipson e aggiunse di aver osservato come una lastra di vetro non esercitasse alcuna prevenzione dall'annerimento. La risposta di Phipson [10] aggiunse poco o nulla all'argomento, ad eccezione del fatto che egli riteneva che il processo di annerimento fosse imputabile ad una ossidazione reversibile di un metallo mescolato insieme allo zinco nel pigmento. Egli concluse il suo intervento con le seguenti parole: "It is by no means impossible that a new metallic element, Actinium, may be present in the specimen of white zinc examined by me, and account for the singular actinic phenomenon" [11].

Un paio di mesi dopo Phipson riportò [12] con notevole orgoglio di aver: "isolated

the oxide and sulphide of the new metal in a state of tolerable purity". Sebbene non fosse mai riuscito ad ottenere l'actinio allo stato metallico, egli si convinse di aver scoperto un importante fenomeno: la fosforescenza dell'actinio non sarebbe stata una proprietà atomica, ma il risultato della combinazione dell'actinio con lo zolfo. A prova di ciò egli asserì che l'ossido di actinio non cambiava colore se esposto alla luce solare. Cawley rispose nuovamente [13] asserendo che una parte dell'ossido di zinco, formato durante la calcinazione, avrebbe reagito con il solfuro di zinco per dare zinco e biossido di zolfo con il risultato di annerire tutta la massa.

Questa spiegazione era in accordo con i seguenti fatti:



Fig. 1 - Ritratto di Thomas Lambe Phipson

- la sensibilità alla luce era maggiore quando il solfuro era in sospensione acquosa rispetto a quando era allo stato anidro;
 - la presenza di magnesio preveniva l'annerimento;
- J. Cawley descrisse anche il processo di fabbricazione.

Il suo articolo terminava con un netto rifiuto delle pretese scoperte di Phipson; Cawley tenne a sottolineare che Phipson: "seems to have a peculiar talent for making large induction from scanty and inadequate data. Concerning the new element actinium, [...] would not Phipsonium be a more suitable name if the new body should be isolated?" [14].

Phipson non aspettò a lungo per rispondere al fabbricante di vernici e la sua fu una risposta molto caustica [15]: I have perused two short notes recently communicated to this journal by Mr. Orr and Mr. Crawley upon the subject of my first communication, but these gentlemen do not appear to have the slightest idea of the cause of the phenomenon under discussion [16].

Non passò molto tempo che Phipson informò i lettori del Chemical News che era finalmente riuscito ad isolare l'actinio [17] per precipitazione da una soluzione ammoniacale di magnesio. Secondo l'autore, il metallo aveva formato un leggero deposito grigio che, per compressione, diventava bianco come l'argento. Phipson descrisse anche altre proprietà chimiche dell'actinio e l'anno seguente pubblicò il suo ultimo articolo su questo argomento [18]. Da quel momento in poi l'esistenza dell'actinio fu ritenuta estremamente dubbia e nessuna altra menzione di questo metallo venne fatta.

La ricerca del néoactinio ritardò davvero la scoperta del francio?

L'annuncio della scoperta dell'actinio fu rinnovato nel 1899 dal famoso chimico André-Louis Debierne (Fig. 2) [19]. Nato a Parigi nel giorno della principale festività francese - il 14 luglio 1874 - Debierne fu uno studente precoce: a soli 16 anni fu ammesso all'È-

cole de Physique et de Chimie seguendo con profitto le celebri lezioni del chimico alsaziano Charles Friedel (1832-1899). Appena portati a termine gli studi universitari, André-Louis si dedicò con scarso entusiasmo alla ricerca nel campo della chimica organica, in particolare sulla racemizzazione della canfora con tricloruro di alluminio [20]; dopo la morte di Friedel egli passò ad occuparsi di chimica minerale aiutato in questo dal giovane Georgese Urbain [21] più grande di due anni. Nei laboratori della Ècole de Physique et de

Chimie ebbe modo di conoscere Pierre Curie (1859-1906) che più tardi, insieme alla moglie e Marie, lo accolse nel suo laboratorio. Per tutta la vita Debierne fu legato ai coniugi Curie da profonda amicizia.

La sua carriera fu rapidissima: all'età di venticinque anni, trattando enormi quantità di pechblenda fornitagli dai coniugi Curie, rinvenne l'elemento radioattivo che chiamò actinio. Fu certamente uno dei più giovani chimici ai quali fu concesso di scoprire un elemento. Probabilmente questa scoperta - sebbene gli avesse portato fama e una posizione di una certa sicurezza all'università - avvenne quando era ancora troppo giovane. Ciò non gli permise di staccarsi da Pierre e Marie Curie e intraprendere una ricerca autonoma.

Debierne studiò con Pierre Curie il fenomeno della radioattività indotta,

dimostrando che era dovuto alla formazione di emanazioni gassose. Proseguì il lavoro di William Ramsay (1852-1916) e Frederick Soddy (1877-1956) sulla produzione di elio da parte di elementi radioattivi e ideò un apparecchio per la manipolazione di piccole quantità di gas, col quale determinò direttamente il numero di Avogadro.

Dopo la tragica morte di Pierre Curie nell'aprile del 1906, Debierne aiutò la vedova del suo maestro nell'insegnamento alla Sorbona e nell'isolamento e caratterizzazione del radio. Debierne collaborò pazientemente, per oltre trentacinque anni, all'ombra dell'ingombrante figura della signora Curie. Quando nel luglio del 1934 la



Fig. 2 - André-Louis Debierne ripreso all'ingresso dell'Istituto del Radio a Parigi

scopritrice del radio e del polonio - consumata dalle radiazioni alla quale si era esposta senza troppa cautela - morì, le subentrò come Directeur de l'Institut du Radium e come professore di fisica generale e radioattività [22]. André Louis Debierne aveva allora sessanta anni. L'anno precedente aveva riscontrato alcune anomalie nei suoi preparati radioattivi. Si mise così alla ricerca di qualche misteriosa sostanza, pensando di trovarla in alcuni minerali, che sottopose a frazionamento. A conclusione di numerosi test egli si convinse che assieme ai prodotti radiferi fossero presenti nuove sostanze radioattive non ancora caratterizzate.

Tale fenomeno fu interpretato ipotizzando che parte del radio non decadde nel radon ma in una sostanza radioattiva avente una

vita media di poche ore. Il radiochimico francese osservò che le proprietà di questa sostanza erano pressoché analoghe a quelle del bario e del radio. Debierne pensò sempre in termini di "nuovi radio-elementi" e ritenne che le anomalie da lui osservate potessero spiegare la struttura fine dello spettro delle particelle α dovute alla disintegrazione del radio [23]. A tal proposito suggerì: Les nouvelles substances radioactives paraissent avoir des propriétés chimiques très voisines de celles du radium mais elles ne sont pas de véritables isotopes de celui-ci: elles peuvent séparer par fractionnement chimique. Il en résulte qu'on ne peut leur assigner une place normale dans la classification des éléments. Je les désignerai sous nom de Néoradium (NeRa), des indices I, II, ect pourront être utilisés lorsqu'elles auront été caractérisées d'une manière plus précise [24].

Debierne continuò nel suo lavoro di frazionamento dei minerali ricchi di attinio, scoprendo al loro interno nuove sostanze che chiamò genericamente néo-elementi. Il primo tra essi a prendere un nome fu il néo-actinium, seguito a ruota dal néo-radium: Il paraît assez vraisemblable que d'autre corps radioactifs présentent les mêmes particularités que celles que j'ai observées avec le radium et qu'il y aura lieu d'admettre l'existence d'un certain

nombre de néoéléments radioactifs (néoactinium) [25].

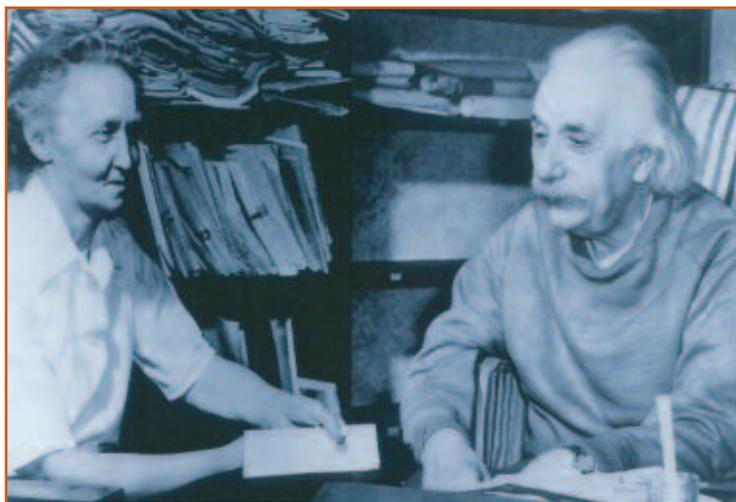
Debierne riteneva che le nuove sostanze radioattive (néoradium e néoactinium) fossero due distinti stati eccitati del radio, ma con proprietà chimiche sensibilmente diverse tra loro. Seguendo le sue speculazioni, queste sostanze avrebbero avuto origine dal riarrangiamento nucleare seguente all'emissione di una radiazione gamma sia da un nucleo di radio che di attinio.

Per confermare l'ipotesi di Debierne, fu chiesto a due giovani ricercatori dell'Istituto del Radio - uno di questo era Bertrand Goldschmidt (1912-2002) [26] - di riprodurre l'esperimento, ma entrambi fallirono nell'impresa. Alcuni anni più tardi altri radiochimici provarono che Debierne era incorso in un deplorabile errore,

scambiando delle impurezze isotopiche per nuovi radionuclidi [27], ma egli al contrario - confutando le evidenze sperimentali che avevano smontato le sue ricerche - rimase fortemente convinto sia di aver scoperto un nuovo fenomeno nucleare, che di aver isolato il néoactinium.

Continuando a inseguire il miraggio rappresentato dal néoactinium, Debierne andò pian piano perden-

do autorevolezza nel laboratorio che dirigeva e credibilità scientifica a livello internazionale. Molti dei suoi colleghi che si stavano accorgendo di ciò, tra i quali i coniugi Joliot-Curie, si posero in aperto contrasto con lui. In mezzo a tanta confusione, tuttavia - nello stesso Padiglione Curie dell'Istituto del Radio diretto da Debierne - una giovane tecnica di laboratorio stava portando a termine la scoperta dell'ultimo elemento naturale presente nella crosta terrestre. Tale elemento, conosciuto oggi con il nome di francio, era uno dei prodotti del decadimento radioattivo dell'uranio-235. La scoperta dell'ottantasettesimo elemento fu opera di Marguerite Perey (1909-1975) - nel gennaio 1939 quando non aveva ancora trent'anni - e segnò certamente il più grande successo scientifico avvenuto tra le mura dell'Istituto Curie dalla morte della fondatrice nel luglio 1934.



Irene Curie in visita ad Albert Einstein, nell'immediato dopoguerra

Confessioni di un violinista

La curiosa diatriba inerente l'actinio si concluse per mano dello stesso Thomas L. Phipson. Resosi forse conscio di aver commesso un errore, egli abbandonò la ricerca e la caratterizzazione del presunto nuovo metallo e dedicò l'attenzione alla stesura e all'edizione dell'ultimo numero del "suo" giornale *Journal of Medicine* [18]. Il processo chimico e fisico che sta alla base della fosforescenza del solfuro di zinco fu pienamente compreso solo molti anni dopo [28]. Allo stato attuale delle conoscenze, sono stati scoperti nuovi materiali che mostrano il fenomeno della luminescenza - nel visibile o meno - indotta dall'esposizione a radiazioni elettromagnetiche con lunghezza d'onda molto breve (raggi X o UV). Il fenomeno della luminescenza indotta viene rilevato quando la sorgente delle onde elettromagnetiche viene rimossa. I pigmenti luminescenti sono sostanze policristalline inorganiche a base di solfuri di zinco o di elementi alcalino-terrosi. Il fenomeno Phipson può essere imputato a delle impurità che, illuminate con luce blu o ultravioletta, danno luogo a fosforescenza nei campioni di ZnS [29].

La famiglia Phipson univa uno spiccato talento per la scienza, la musica e l'arte. Il figlio di Samuel, Wilson Weatherley, fu un ingegnere versatile e innovativo nonché un abile pianista, mentre fratello di quest'ultimo, Thomas Lambe, univa alla passione per le scienze un eccelso talento per la musica in generale e per il violino in particolare. Wilson Weatherley Phipson (1838-1891) aveva inoltre una bella voce tenorile. Non di rado l'intera famiglia Phipson intratteneva amici e conoscenti con concerti interamente "domestici": dal luogo di esecuzione, casa Phipson, al cast dei musicisti a vario titolo tutti i membri della famiglia. Infatti la madre di Thomas era una eccelsa cantante lirica. Nella sua maturità Thomas iniziò ad esibirsi singolarmente in concerti o altre performance musicali. Inoltre egli non si limitò a suonare il violino, ma scrisse un discreto numero di brani musicali e pamphlets [30]. Thomas Lambe era

un uomo di vasti interessi che spaziavano dalla scienza alla musica: una mente brillante ed eclettica. Poco prima di morire Phipson fece in tempo a pubblicare la sua gustosa autobiografia infarcita di aneddoti, episodi e ricordi personali [31]. La versatilità e l'eclettismo di Thomas Lambe Phipson - elementi piuttosto comuni tra gli uomini delle classi agiate nell'era Vittoriana - gli permisero di dedicarsi alle più svariate discipline scientifiche ma immancabilmente finirono per nuocergli, limitandone la statura e condannandolo a restare un dilettante in tutti i campi nei quali si cimentò. Thomas Phipson si spense il 22 febbraio 1908 all'età di quasi settantacinque anni.



Fig. 3 - Foto di Marguerite Perey, scattata nei primi anni Sessanta

Una doccia fredda a fine carriera

Sebbene André Debierne e la figlia di Madame Curie lavorassero gomito a gomito presso l'Institut du Radium non andavano affatto d'accordo. Nel 1938, l'uno all'oscuro di ciò che faceva l'altra, chiesero indipendentemente a Marguerite Perey di preparare un campione di attinio altamente puro. Irène Curie (1897-1956) intendeva misurare con estrema precisione il tempo di vita media dell'attinio, mentre Debierne avrebbe voluto ricercare l'elusivo elemento da lui battezzato néoactinium. Marguerite Perey (Fig. 3) aveva accumulato una notevole esperienza nella chimica dell'attinio grazie

al lavoro svolto sotto la guida personale di Marie Curie (1867-1934) ed era perfetta per tale incarico. Fu durante la preparazione e purificazione di alcuni campioni di attinio che la ventinovenne Perey rinvenne la presenza di un elemento sconosciuto dalla vita media brevissima; dopo le necessarie caratterizzazioni chimiche decise di nominarlo francio [32]. Dovette attendere dei mesi, e un doloroso compromesso tra André Debierne e Irène Curie, affinché le fosse riconosciuto il merito della scoperta e le fosse consentito di suggerire un nome al nuovo elemento [33]. Nelle sue memorie, Bertrand Goldschmidt, l'ultimo chimico francese sopravvissuto del laboratorio di Madame Curie, non lesinò

una certa dose di sarcasmo all'indirizzo di Debiere [34]: "He was short, stocky, and bald. And despite the level of sophistication attributed to those of us with beards, Debiere's personality was not well suited to running a lab. He was an introvert who was gradually becoming more and more reclusive. Months of unopened mail piled up on his desk. Never married, and with few friends, his relationships might be said to last as long as he had someone in sight. He could finish a conversation with a person, shake hands, and turn out the lights as he exited the room-completely forgetting the individual left behind in the dark!" [35].

Di sentimenti completamente diversi fu invece Gaston Depuy, Chef de Travaux presso l'École Supérieure de Physique et de Chimique a Parigi, il quale descrisse André-Louis Debiere con reverenziale affetto: "d'une modestie extrême, il ne disait jamais quelle avait été sa contribution aux choses qu'il enseignait: il dédaignait les honneurs, la publicité et [...] tout sa vie il montra désintéressement le plus noble; il est l'exemple d'un dévouement continu à la science [...] Tous ceux qui approchèrent André Debiere savent que sous un aspect un peu froid, qui intimidait au début, se cachait une grande bonté, une grande générosité, qu'il était très sensible aux injustices et toujours prêt à entreprendre pour les autres ce qu'il n'aurait pas fait pour lui-même" [36].

Negli ultimi anni di vita Debiere sembrava ossessionato dal desiderio di trovare nuovi filoni di ricerca, come se volesse in un certo senso "smarcarsi" dall'ingombrante figura di Marie Curie, alla quale viene tutt'oggi associato e ricordato in qualità di assistente. Forse egli aveva il comprensibile desiderio di fare qualcosa di unicamente suo. Debiere iniziò a studiare le trasformazioni della materia indotte dalle basse temperature. Quando l'elio o

l'idrogeno (e in qualche misura anche il neon) venivano messi a contatto con carbonio alla temperatura dell'azoto liquido, egli osservò un grande sviluppo di calore. Egli scartò la possibilità che il calore liberato fosse dovuto a modificazioni allotropiche del carbonio o a cambiamenti chimici di alcune impurezze in esso presenti, definendo simili processi poco probabili. Debiere asserì che lo svolgimento di calore fosse dovuto ad una non ben precisata reazione nucleare, sebbene egli non fosse mai riuscito a portare delle prove in favore di questa ipotesi. L'ex-collaboratore e collega di Madame Curie decise ugualmente di dare un nome a questo fenomeno: frigadréaction [37].

Sfortunatamente anche questa ipotesi si rivelò errata. André Debiere versò il suo ultimo tributo alla scienza nel 1947 dando alle stampe un curioso articolo: egli studiò il colore della nubi che si erano formate in seguito all'esplosione della bomba atomica sull'atollo di Bikini nell'arcipelago delle isole Marshall. Debiere ipotizzò che in seguito allo scoppio dell'ordigno nucleare parte dell'azoto atmosferico si potesse ossidare ad acido nitrico (teoricamente 50 tonnellate) [38]. Egli sottolineò che dal punto di vista meteorologico l'acido nitrico avrebbe potuto apportare un accresciuto danno alla flora e alla fauna marina.

Mentre si trovava nella sua residenza di vacanza all'Arcouest in Bretagna, André Debiere iniziò ad accusare i primi sintomi del male che di lì a pochi giorni lo avrebbe ucciso. Rientrato a Parigi morì, il 31 agosto 1949, un mese dopo aver festeggiato il suo 75° compleanno. Dal momento che egli non aveva né familiari né parenti stretti, la cerimonia funebre fu seguita da pochi di amici, qualche collega superstite e da uno sparuto gruppo di suoi studenti.

Bibliografia

- [1] A. Debiere, *Compt. Rend.*, 1899, **129**, 593; A. Debiere, *Compt. Rend.*, 1900, **130**, 906.
- [2] K.R. Webb, *Nature*, 1947, **160**, 164.
- [3] Abbiamo deciso di chiamare l'elemento plutonio dal pianeta Plutone, così come l'uranio ha preso il suo nome da Urano e il nettunio da Nettuno.
- [4] Le sue ricerche spaziarono dai problemi meteorologici, composizione chimica dell'atmosfera, determinazione del fluoro e di altri elementi nei fossili, paleontologia, litografia e fotografia, proprietà dei materiali fosforescenti, flora del deserto, composizione chimica delle meteoriti, chimica organica e entomologia.
- [5] T.L. Phipson, *Compt. Rend.*, 1881, **93**, 387.
- [6] T.L. Phipson, *La Nature*, 1881, IX année, deuxième semestre, 243.
- [7] J.B. Orr, *Chem. News*, 1881, **44**, 12.
- [8] J. Cawley, *Chem. News*, 1881, **44**, 51.
- [9] Nessun dato personale di J. Cawley, eccetto il fatto che egli fosse un commerciante inglese, è noto; nella risposta alle critiche di Cawley, Phipson trascrisse - volontariamente o meno - il nome del collega in "Crawley" storpiandone l'ortografia.

- [10] T.L. Phipson, *Chem. News*, 1881, **44**, 73; *Brit. Assn. Repts.*, 1881, **51**, 603.
- [11] Non è impossibile che un nuovo elemento metallico, l'actinio, possa essere presente nei campioni di zinco bianco, da me esaminati, e responsabili del singolare fenomeno actinico.
- [12] T.L. Phipson, *Chem. News*, 1881, **44**, 138.
- [13] J. Cawley, *Chem. News*, 1881, **44**, 167.
- [14] [Phipson] sembra avere un talento peculiare per ricavare grandi intuizioni da scarsi quanto inadeguati dati sperimentali. Circa il nuovo elemento, actinio, [...] tanto varrebbe chiamarlo Phipsonio se mai, questo nuovo corpo, verrà isolato.
- [15] T.L. Phipson, *Chem. News*, 1881, **43**, 283; T.L. Phipson, *Nature*, 1882, **XXV**, 394.
- [16] Ho letto due brevi note, recentemente inviate a questo giornale dal signor Orr e dal signor Crawley, circa la mia prima comunicazione, ma questi due gentiluomini non sembrano avere apparentemente la benché minima idea della causa del fenomeno di cui parlano.
- [17] T.L. Phipson, *Chem. News*, 1881, **44**, 191.
- [18] T.L. Phipson, *Chem. News*, 1882, **45**, 61.
- [19] A. Debierne, *Compt. Rend.*, 1899, **129**, 593; A. Debierne, *Compt. Rend.*, 1900, **130**, 906.
- [20] A. Debierne, *Compt. Rend.*, 1899, **128**, 1110.
- [21] G. Urbain, A. Debierne, *Compt. Rend.*, 1899, **129**, 302.
- [22] G. Dupuy, *Bullettin de la Société Chimique de France*, 1950, 1023.
- [23] A. Debierne, *Compt. Rend.*, 1933, **196**, 770.
- [24] Le nuove sostanze radioattive sembrano avere proprietà chimiche molto simili a quelle del radio ma non sono certamente isotopi di questo elemento: essi possono essere separati per frazionamento chimico. Risulta pertanto impossibile assegnar loro un posto corretto nella tavola periodica degli elementi. Mi piacerebbe indicare questi elementi con il termine neoradium (NeRa), e gli indici I, II, ecc. potrebbero venir impiegati quando saranno caratterizzati in modo più accurato.
- [25] Appare piuttosto probabile l'esistenza di un altro corpo radioattivo con le stesse caratteristiche di quelle che io osservai nei preparati di radio [neoactinium] per cui sarà necessario ammettere l'esistenza di un certo numero di neoelementi.
- [26] J.-P. Adloff, *Quimica Nova*, 1979, Outubro, 137.
- [27] M. Hassinsky, XIII International Congress of History of Science - Colloque du 75e anniversaire de la radioactivité, Moscow 1971.
- [28] H.E. Ives, M. Luckiesh, *The American Physical Society*, 1911, **XXXII**, 240; G.F.J. Garlick, D.E. Mason, *Proc. Phys. Soc. A*, 1949, **62**, 817.
- [29] Il solfuro di zinco (ZnS) fu utilizzato, da Ernest Rutherford (1871-1937) e da altri scienziati, all'alba della fisica nucleare per costruire detector a scintillazione. Questo materiale infatti emette luce visibile se eccitato (investito) con raggi X o con un fascio di elettroni. Per tali ragioni i tubi catodici e gli schermi per raggi X venivano ricoperti con ZnS.
- [30] T.L. Phipson, *Famous Violinists and famous Violins*, London, Chatto & Windus, 1903; T.L. Phipson, *Voice and Violin*, London, 1898; T.L. Phipson, *Biographies of Eminent Violinists Since Lulli*, Best Books.
- [31] T.L. Phipson, *Confession of a Violinist: Realities and Romance*, London, 1902.
- [32] J.-P. Adloff, G.B. Kauffman, *The Chemical Educator*, 2005, **10**(5), 387.
- [33] L.S. Grinstein *et al.*, *Women in Chemistry and Physics: A Bibliographic Sourcebook*, Greenwood Press, 1993.
- [34] B. Goldschmidt, *Atomic Rivals*, Rutgers University Press, New Brunswick, 1990.
- [35] [Debierne] era basso, tarchiato e calvo e, a dispetto del livello di sofisticatezza attribuito a quelli che come noi avevano la barba, non aveva la stoffa per dirigere un laboratorio. Era introverso e, col passare del tempo, divenne sempre più chiuso. Mesi di posta non aperta giaceva impilata sulla sua scrivania. Scapolo e con pochi amici, le sue relazioni sociali potremmo dire che durassero giusto il tempo che una persona gli restava davanti. Egli poteva finire una conversazione con una persona, stringergli la mano e, spenta la luce, uscire dalla stanza dimenticandosi completamente dell'individuo che aveva lasciato dietro di sé al buio.
- [36] [Uomo] di una modestia estrema, [Debierne] non parlò mai delle sue scoperte nemmeno durante le sue lezioni: rifuggiva gli onori, la pubblicità e [...] tutta la sua vita mostrò la più nobile soddisfazione; egli è l'esempio di una continua dedizione alla scienza. [...] Tutte le persone che incontrarono André Debierne riconobbero che sotto un leggero aspetto freddo, che all'inizio intimidiva, era nascosta una grande gentilezza e generosità. Molto sensibile verso la giustizia, egli era sempre pronto a intraprendere per gli altri ciò che gli altri non avrebbero fatto per lui.
- [37] A. Debierne, *Compt. Rend.*, 1937, **205**, 141; A. Debierne, *Compt. Rend.*, 1937, **205**, 321.
- [38] A. Debierne, *Compt. Rend.*, 1947, **224**, 1220.