

The role of three female scientists in the discovery of nuclear fission

Giorgio Dragoni - Dipartimento di fisica e astronomia, Università degli Studi di Bologna; I.N.F.N., Sezione di Bologna - dragoni@bo.infn.it

Paolo Cinti - Dipartimento di fisica e astronomia, Università degli Studi di Bologna - paolo.cinti@outlook.it

Abstract: In this article, we highlight the fundamental role played by three female scientists in the discovery of the phenomenon of nuclear fission. We point out that a proposal in this sense was advanced since 1934 by Ida Tacke Noddack, and then (1938) Irène Curie Joliot understand that something was experimentally wrong in the usual interpretation of the production of alleged transuranic elements, accepted by all the main nuclear physics groups between 1934 and 1939. Finally, it was Lise Meitner (and her nephew Otto Frisch), at the beginning of 1939, the first scientist to realize from a theoretical physics point of view the existence of the phenomenon of nuclear fission.

Keywords: Nuclear fission, Slow neutrons, Transuranic chemical elements, Ida Tacke Noddack, Irène Curie Joliot, Lise Meitner.

1. Premessa

In lavori precedenti abbiamo fatto notare alcuni importanti aspetti riguardanti la scoperta della fissione nucleare mediante bombardamento del nucleo dell'uranio con neutroni lenti (Dragoni 1973, Dragoni 2007), in questa occasione vogliamo attrarre l'attenzione del Lettore sul singolare ruolo avuto in questa complessa vicenda da tre grandi scienziate: Ida Tacke Noddack (1896-1978), Irène Curie Joliot (1897-1956), Lise Meitner (1878-1968), i cui meriti dovrebbero essere adeguatamente riconosciuti nell'ambito della storiografia della fisica contemporanea. Naturalmente si inquadreranno brevemente le ricerche nucleari più avanzate all'inizio degli anni '30, e il ruolo decisivo e fondamentale avuto da Enrico Fermi su tutto lo sviluppo e la progressiva conoscenza della fisica nucleare, nonostante le critiche che gli furono rivolte sin dal 1934. In particolare parleremo di quelle di grande rilievo segnalategli da Ida Tacke Noddack (settembre 1934) e che per ragioni "imperscrutabili" non vennero prese nella dovuta considerazione.

2. L'Antefatto: le grandi sperimentazioni di Enrico Fermi e alcune critiche

In una celebre nota per la rivista *Nature* del 1934, Enrico Fermi (1901-1954) si esprime in maniera *dubitativa* sulla possibile produzione di un elemento di numero atomico 93, per bombardamento nucleare dell'uranio con neutroni lenti:

This negative evidence about the identity of the 13 min.-activity from a large number of heavy elements suggests the possibility that the atomic number of the element may be greater than 92. If it were an element 93, it would be chemically homologous with manganese and rhenium [...]. However, as several elements are easily precipitated in this form, this evidence cannot be considered as very strong (Fermi 1934, pp. 898-899; 899).

Nel 1936 in un libro scritto da Ginestra Amaldi e Laura Capon Fermi (consorte di Fermi) dal titolo *Alchimia del tempo nostro* – che doveva essere stato attentamente visionato dallo stesso Fermi – era scritto:

Il Fermi e i suoi collaboratori hanno tentato di esaminare se l'elemento con periodo di 13 minuti fosse isotopo di uno degli elementi vicini all'uranio e compresi cioè fra quelli di numero atomico 86 e 92. Le esperienze hanno avuto esito negativo, e dobbiamo quindi pensare che in questo caso si sia formato un nuovo elemento, il quale avrebbe numero atomico più elevato dell'uranio, probabilmente 93 ... Non si può affermare con assoluta sicurezza l'esistenza di un elemento 93 (Amaldi, Capon Fermi 1936).

Successivamente, tra il 1936 e il 1938, Fermi sembra trovare conferme più convincenti per credere all'ipotetica esistenza di elementi chimici transuranici.¹ Questa convinzione si matura nonostante che varie critiche siano sollevate subito dopo la citata pubblicazione di Enrico Fermi del 16 giugno 1934. La prima critica proviene da due ricercatori (A. von Grosse e M. Agruss) che inviano alla *Physical Review* una lettera (datata 7 luglio 1934) dal Kent Chemical Laboratory dell'università di Chicago. La lettera ha per titolo *The chemistry of element 93 and Fermi's discovery* e i due autori si esprimono individuando sulla base della tabella di Mendeleev proprietà diverse dell'atteso elemento 93 di Fermi. I ricercatori del Kent Laboratory non riuscirono con le loro analisi – sulla base delle proprietà del sistema periodico degli elementi e in accordo alla teoria di Bohr – a rintracciare nell'elemento di vita media di 13 minuti le proprietà attese tipiche di un Ekarenio, simili a quelle del Renio (75). Essi avanzarono per contro la proposta che si potesse trattare di un isotopo del protoattinio (“a new isotope of element 91”). Questi ricercatori, però, presto si ricredettero, rinunciando alla loro interpretazione. Si notino in particolare le considerazioni apparse negli articoli di von Grosse dell'ottobre del 1934 e del marzo 1935 (Grosse 1935, Grosse, Agruss 1934, Grosse 1934a, Grosse 1934b).²

¹ Si veda la *Nobel Lecture* di Enrico Fermi (1963).

² Si noti a riguardo della vicenda qui richiamata l'articolo di Leone, Robotti (2004).

3. Ida Tacke Noddack

Una critica ancora più interessante fondata sulle caratteristiche del sistema periodico degli elementi e quindi di carattere chimico (e con analisi spettroscopiche), ma con una sorprendente proposta di carattere teorico, fu avanzata da Ida Tacke Noddack, moglie e collaboratrice di Walter Noddack, con cui aveva studiato e individuato l'elemento chimico Renio sin dal 1925, e con cui diede importanti contributi al completamento della Tabella di Mendeleev (Noddack et als 1925, p. 400; Noddack 1934, pp. 3012-305). Ida Noddack in questo caso solleverà tutta una serie di osservazioni (Noddack 1934, p. 653-655) al citato lavoro (*vedi nota 2*) di Fermi del 1934. Ecco qui di seguito alcune delle dettagliate critiche avanzate nel settembre del 1934 da Ida Noddack:

Fermi è riuscito a separare per via chimica uno di questi nuovi radioelementi, e precisamente quello con periodo di dimezzamento di 13 minuti ... il radioelemento sconosciuto va nella precipitazione di manganese, e dato che esso, per il suo comportamento, non può essere isotopo neppure del radon (86) e dell'ekacesio (87), Fermi trae la conclusione che esso potrebbe essere l'elemento sconosciuto 93 (o forse anche il 94 o il 95) [Noddack 1934, pp. 653-654] ... Se Fermi fa questo, allora non si capisce perché tra uranio (92) e piombo (82) non prenda in considerazione anche il polonio (84), e perché si fermi proprio al piombo (Noddack 1934, p. 654).

Inoltre la scienziata tedesca presenta una diversa, anzi, rivoluzionaria interpretazione:

L'ipotesi è che con questo nuovo tipo di bombardamento nucleare mediante neutroni, abbiano luogo "reazioni nucleari" completamente diverse da quelle finora osservate con l'azione di protoni e raggi α . Con queste ultime irradiazioni si trovano soltanto trasformazioni nucleari con emissione di elettroni, protoni e nuclei di elio, con i quali – nel caso di elementi pesanti – la massa dei nuclei atomici irradiati si trasforma solo di poco, poiché sorgono elementi strettamente vicini. Si potrebbe pensare che nel caso di bombardamento con neutroni dei nuclei più pesanti, questi nuclei si scompongano [*zerfallen*] in parecchi frammenti piuttosto grossi, che sono per la precisione isotopi di elementi noti, però non vicini agli elementi irradiati [*Es wäre denkbar, daß bei der Beschießung schwerer Kerne mit Neutronen, diese Kerne in mehrere größere Bruchstücke zerfallen, die zwar Isotope bekannter Elemente, aber nicht Nachbarn der bestrahlten Elemente sind.*] (Noddack 1934, p. 654).

La proposta di Ida Noddack non sarà accettata, anzi verrà considerata dagli esperti del tempo una vera e propria violazione delle leggi della fisica, in particolare quelle di Rutherford-Soddy. Si osservi a questo riguardo la citazione che farà Otto Hahn – famoso fin dall'inizio del secolo quando ancora giovanissimo scoprì il radiotorio (1905) e il radioattinio (1906) e diversi altri radioelementi negli anni seguenti – al momento della redazione della sua *Nobel Lecture* in chimica per il premio assegnatogli per il 1944. Infatti il 13 dicembre del 1946,³ Hahn scriverà:

³ Come risulta dal *Presentation speech* tenuto dal Professor A. Westgren che si rammarica che Hahn non possa essere stato presente a ricevere il Premio nel 1945. Infatti in quell'anno Hahn era ancora internato a Farm Hall in Inghilterra.

From another direction (Ida Noddack) the objection was raised that all elements of the Periodic System must first be excluded before it was possible to draw the conclusion that an element 93 had been obtained. This objection was not taken seriously as it appeared to be in opposition to *all physical views of nuclear physics* (Hahn 1964, p. 55).

Sarà l'unica volta (tra l'altro solo in nota) che Hahn citerà Ida Noddack nel discorso ufficiale. Nella stessa occasione Hahn citerà 10 volte Lise Meitner e 5 volte i fisici francesi Irène Curie Joliot e Frédéric Joliot. Questo nonostante che la Noddack avesse tentato ripetutamente tra il 1934 e il 1939 di convincere Hahn (così come fece con Fermi e la Meitner) della validità della sua proposta (vedi nota 1).

4. Irène Joliot Curie, Lise Meitner, Otto Hahn

Le citazioni dei fisici Joliot-Curie sono più che meritate. Infatti fu, tra l'altro, proprio per accondiscendere (inizialmente contro voglia) alle richieste, personalmente presentategli nel 1938 da Frédéric Joliot, che Hahn ripeté gli esperimenti di bombardamento nucleare dell'uranio eseguiti da Irène Curie, in cui la scienziata francese sosteneva singolarmente e incredibilmente di avere rintracciato presenze di metalli alcalino-terrosi. Cioè la presenza di elementi con numero di massa intermedio rispetto a quello dell'uranio. In particolare i francesi avevano individuato un radioelemento con periodo di dimezzamento di 3,5 ore difficilmente collocabile all'interno del Sistema di Mendeleev: "Dans l'ensemble, les propriétés de $R_{3,5h}$ sont celles du lanthane ... Nous apercevons tout des suite la difficulté qu'il y a à placer $R_{3,5h}$ dans ce tableau" (Curie, Savitch 1938, p. 356). Gli autori francesi segnalano quindi nel 1938 la possibile, ma inspiegabile, presenza di una terra rara: il lantanio di numero atomico intermedio (57), rispetto all'uranio (92). Hahn, presa la decisione di una ripetizione di questi esperimenti – che effettuerà verso la fine del 1938 (la sua comunicazione alla rivista *Naturwissenschaften* sarà ricevuta in data 22 dicembre) - in effetti troverà un elemento con proprietà tipiche degli elementi alcalino-terrosi, quali il bario (56):

Die Summe der Massenzahlen Ba+Ma, also z. B. 138 + 101, ergibt 239! Als Chemiker müßten wir aus den kurz dargelegten Versuchen das oben gebrachte Schema eigentlich umbenennen und statt Ra, Ac, Th die Symbole Ba, La, Ce einsetzen. Als der Physik in gewisser Weise nahestehende "Kernchemiker" können wir uns zu diesem, allen bisherigen Erfahrungen der Kernphysik widersprechenden, Sprung noch nicht entschließen. Es könnten doch noch vielleicht eine Reihe seltsamer Zufälle unsere Ergebnisse vorgetäuscht haben (Strassmann 1939).⁴

Tuttavia Hahn non comprese il significato fisico-chimico della presenza di un elemento alcalino-terroso tra i prodotti dei bombardamenti nucleari ottenuti. Gli autori pensano

⁴ Si noti nella prima riga della citazione sopra riportata Die Summe der Massenzahlen Ba+Ma, il riferimento al bario e al masurio. Successivamente negli anni compresi tra il 1939 e il 1944 Hahn troverà diversi altri elementi di numero atomico compreso tra il 35 e il 46.

addirittura che una serie di strane coincidenze possano avere falsato i loro inspiegabili risultati. Infatti ancora in data 12 luglio 1938 Otto Hahn e il suo collaboratore Fritz Strassman, in un articolo firmato anche da Lise Meitner⁵, avevano continuato a credere nella produzione di elementi transuranici nel bombardamento dell'uranio con neutroni, e precisamente: Ekarenio (93), Ekaosmio (94), Ekairidio (95), Ekaplatino (96) e, con qualche incertezza, l'Ekaoro (97) (Hahn et als. 1938, p. 475).

In questo contesto i dubbi di Hahn e la sua mancata comprensione fisica del risultato trovato, sono testimoniati da una lettera (Hahn 1975)⁶ che scrisse a Lise Meitner il 19 dicembre del 1938 chiedendole se “poteva immaginare qualche spiegazione fantasiosa, che desse ragione del fatto che gli isotopi trovati si comportavano con le proprietà del bario” (Friedman 2005, p. 45). Nella stessa lettera, citata anche dalla studiosa Maria Nigro che ha esaminato i manoscritti originali della corrispondenza conservati a Berlino, si legge: “Ci sentiamo [io e Strassmann] sempre più spinti verso una conclusione assurda: i nostri radioisotopi non si comportano come radio, ma come bario. Siamo, ovviamente, convinti che l'uranio non possa spaccarsi in bario” (Nigro 2004, p. 318). Lise Meitner, che si avvale anche della presenza in Svezia di suo nipote, il fisico teorico Otto Frisch, dopo alcune esitazioni comprenderà il valore fisico di quella scoperta: la produzione di effetti di fissione nucleare nei bombardamenti dei nuclei dell'uranio. In data 11 febbraio 1939 Lise Meitner e Otto Frisch – dopo un incontro che i due fisici ebbero con Niels Bohr in Danimarca - mandarono alle stampe il celebre articolo *Disintegration of Uranium by Neutrons: a New Type of Nuclear Reaction* in cui esposero la loro proposta per un nuovo tipo di reazione nucleare: la Fissione nucleare (Meitner, Frisch 1939). Si trattò di un articolo brevissimo, di due sole pagine, ma di enorme importanza non solamente per la fisica, ma per l'intera umanità.

5. Considerazioni conclusive

Come sintetiche considerazioni conclusive vogliamo proporre al Lettore solo due riflessioni. La prima riguarda la piena comprensione fisica delle potenzialità energetiche della fissione nucleare almeno sin dal 1939 e la sua immediata divulgazione scientifica. La seconda, consiste in una nostra proposta per associare, se pur con meriti diversi, le tre grandi scienziate considerate come le vere autrici di quella straordinaria, ma anche sconvolgente, acquisizione scientifica.

Per il primo obiettivo ci piace riportare le parole di uno dei grandi scienziati francesi degli anni '30: Jean-Baptiste Perrin (1870-1942), premio Nobel per la fisica nel 1926. Sono tratte dal suo famoso e più volte riedito libro *Les atomes*, che venne pubblicato per la prima volta nel 1913 e di cui citeremo un brano dalla III edizione del 1939. Nel paragrafo 175, l'ultimo del testo, che aveva per titolo *Un seul neutron peut amorcer une chaîne illimitée d'explosions nucléaires*, si legge:

⁵ La collaboratrice di Hahn di tutta una vita, responsabile della sezione di fisica teorica del laboratorio, che era fuggita dalla Germania hitleriana rifugiandosi in Svezia nel 1938, proprio grazie all'aiuto di Hahn.

⁶ In cui è contenuta una parte della corrispondenza scambiata tra Hahn e Meitner nel periodo compreso tra il novembre del 1938 e l'aprile del 1939.

Les mêmes neutrons [...] déterminent parfois des explosions profondes où un atome lourd se brise en fragments de masses comparable (hypothèse discutée par Hahn, vérifiée chimiquement par Irène Joliot-Curie, la projection de noyaux lourds étant directement prouvée par F. Joliot). Par exemple uranium en krypton et xénon, avec projection de neutrons. Cette émission de nouveaux neutrons, capable de désintégrer à leur tour d'autres atomes d'uranium, a été prouvée, par F. Joliot, Halban et Kowarsky. Une réaction par chaîne pourrait ainsi s'amorcer, avec désintégration explosive et spontanée, accompagnée d'un dégagement prodigieux d'énergie [...] (Perrin 1939, p. 285).

Quali parole più efficaci di queste – a parte un non celato sciovinismo – per indicare il futuro che si sarebbe presentato tra pochi anni?

Per il nostro secondo obiettivo conclusivo, ricordiamo che dalle pagine che abbiamo soprariportato appare evidente il ruolo fondamentale svolto da tre grandi scienziati nel lungo e complesso percorso che ha portato alla scoperta dell'effetto della fissione nucleare mediante bombardamento con neutroni dei nuclei di uranio. Ida Noddack capì anticipatamente, sin dal 1934, la strada sbagliata su cui si era posta la fisica del tempo nella presunta individuazione di elementi transuranici e propose in maniera drammaticamente chiara una totalmente diversa interpretazione degli stessi fenomeni che venivano ad essere visti come dovuti alla scissione, fissione, dei nuclei dell'uranio. Irène Curie Joliot tentò ripetutamente dal 1937 in poi di convincere Otto Hahn della presenza di elementi chimici alcalino-terrosi nei prodotti risultanti dal bombardamento neutronico su nuclei dell'uranio. Hahn accettò solo alla fine del 1938 questo suggerimento ed effettuò i relativi controlli, non comprendendo però il significato fisico della presenza di metalli di quel tipo tra gli elementi risultanti dal bombardamento neutronico dell'uranio. Fu merito di Lise Meitner, e di suo nipote Otto Frisch, il rendersi conto della straordinaria importanza della presenza di quegli elementi a testimonianza chimico-fisica dell'avvenuta fissione nucleare. Fu solo in seguito ad una esplicita segnalazione di Lise Meitner che Otto Hahn poté ufficialmente segnalare l'avvenuta scoperta della fissione dei nuclei atomici. Come è noto il Premio Nobel per la Chimica del 1944 fu assegnato nel 1946 al solo Hahn per "*his discovery of the fission of heavy nuclei*" (AA.VV. 1964).

Bibliografia

- AA.VV. (1964). *Nobel Lectures, Chemistry 1942-1962*. Amsterdam: Elsevier.
- Amaldi G., Capon Fermi L. (1936). *Alchimia del tempo nostro*. Milano: Hoepli.
- Cerrato S., Curti A. (2004). *La forza nell'atomo. La vera vita di Lise Meitner*. Trieste: Editoriale Scienza.
- Curie I., Savitch P. (1938). "Sur le radioélément de période 3,5 heures formé dans l'uranium irradié par les neutrons". *Le Journal de Physique et le Radium*, 9, pp. 355-359.
- Dragoni G. (1973). "L'illusoria scoperta del primo elemento transuranico". *Physica*, 15, pp. 351-374.

- Dragoni G. (2007). *Un po' di luce su Ida Noddack e la fissione nucleare: 1934*, in Leone M., Preziosi B., Robotti N. (a cura di), *Atti del XXIV Congresso della Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia* (Napoli-Avellino, 3-6 giugno 2004). Napoli: Bibliopolis, pp. 73 - 86.
- Fermi E. (1963). *Nobel lectures, Physics, 1922-1941*. Amsterdam: Elsevier.
- Fermi E. (1934). "Possible production of elements of atomic number higher than 92". *Nature*, 133, pp. 898-899.
- Friedman R.M. (2005). *Ricordando Lise Meitner*. Bologna: Pendragon.
- Greco P. (2014). *Lise Meitner*. Roma: L'asino d'oro.
- Greison G. (2017). *Le sei donne che hanno cambiato il mondo*. Torino: Bollati Boringhieri.
- Grosse A.V. (1934a). "Metallic Element 91". *Journal of American Chemical Society*, 56 (10), pp. 2200-2201.
- Grosse A.V. (1934b). "The atomic weight of Protactinium". *Journal of American Chemical Society*, 56 (11), p. 2501.
- Grosse A.V. (1935). "The chemical properties of elements 93 and 94". *Journal of American Chemical Society*, 57 (3), pp. 440-441.
- Grosse A.V., Agruss M.S. (1934). "The Isolation of 0.1 gram of the oxide of element 91 (Protactinium)". *Journal of American Chemical Society*, 56 (10), pp. 2200-2200.
- Hahn O. (1962). *Vom Radiothor zur Uranspaltung. Eine wissenschaftliche Selbstbiographie*, Vieweg & Sohn, Braunschweig, Traduzione italiana in Hahn O. (1968). *Dal radiotorio alla fissione dell'uranio. Autobiografia scientifica*. Torino: Boringhieri.
- Hahn O. (1964). *From the natural transmutations of uranium to its artificial fission. Nobel Lecture, 13 December, 1946*, in AA.VV., *Nobel Lectures, Chemistry 1942-1962*. Amsterdam: Elsevier.
- Hahn O. (1975). *Erlebnisse und Erkenntnisse*, a cura di D. Hahn. Düsseldorf-Vienna: Ecom.
- Hahn O., Meitner L., Strassmann F. (1938). "Ein neues langlebiges Umwandlungsprodukt in den Trans-Uranreihe". *Naturwissenschaften*, 26, pp. 475-476.
- Hahn O., Strassmann F. (1939). "Über den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehenden Erdalkalimetalle". *Naturwissenschaften*, 27, pp. 11-15.
- Kerner C. (1998). *Lise, Atomphysikerin*. Weinheim: Beltz.
- Leone M., Robotti N. (2004). *Enrico Fermi e la presunta scoperta dei transuranici*, in Tucci P., Garuccio A., Nigro M. (a cura di), *Atti del XXIII Congresso di Storia della Fisica e dell'Astronomia* (Bari, 5-7 giugno 2003). Bari: Progedit, pp. 231-244.
- Meitner L., Frisch O.R. (1939). "Disintegration of uranium by neutrons: A new type of nuclear reaction". *Nature*, 143, pp. 239-240.
- Nigro M. (2004). *Hahn, Meitner e la teoria della fissione*, in Tucci P., Garuccio A., Nigro M. (a cura di), *Atti del XXIII Congresso di Storia della Fisica e dell'Astronomia*, (Bari, 5-7 giugno 2003). Bari: Progedit, pp. 312-321.

- Nigro M. (2004). *Hahn, Meitner e la teoria della fissione*, in Tucci P., Garuccio A., Nigro M. (a cura di), *Atti del XXIII Congresso di Storia della Fisica e dell'Astronomia* (Bari 5-7 giugno 2003). Bari: Progedit, pp.312-321.
- Noddack I. (1934). "Das Periodische System der Elemente und seine Lücken". *Angewandte Chemie*, 47, pp. 301-305.
- Noddack I. (1934). "Über das Element 93". *Angewandte Chemie*, 47, pp. 653-655.
- Noddack W., Tacke I., Berg O. (1925). "Zwei neue Elemente der Mangangruppe, Chemischer Teil". *Sitzungsberichte der preussischen Akademie der Wissenschaften, Physikalisch-mathematische Klasse*, 19, p. 400.
- Perrin J. (1939). *Les Atomes*. Parigi: Alcan-Presses Universitaires de France.
- Rife P. (1999). *Lise Meitner and the dawn of the nuclear age*. Berlino: Birkhäuser.
- Sime R.L. (2001). *Lise Meitner*. Francoforte: Insel.
- Villone B. (2008). *Lise Meitner, la "Marie Curie tedesca": La sua partecipazione al dibattito scientifico e politico del '900*, in *Atti del XXV Congresso nazionale di Storia della Fisica e della Astronomia* (Milano, 10-12 novembre 2005). Milano: SISFA, pp. c14.1-c14.6.