

- [14] S. ESPOSITO, E. MAJORANA JR, A. VAN DER MERWE, E. RECAMI, *Ettore Majorana: Notes on Theoretical Physics*, Kluwer, New York 2003.
- [15] S.L. ROSS, *Differential Equations*, University of New Hampshire Blaisdell publishing Company, 1964. G. ARFKEN: *Mathematical Methods for Physicists*, Academic Press, New York 1970 (2<sup>o</sup> ed.).
- [16] S. ESPOSITO, *American Journal of Physics* 70 (2002), 852; E. DI GREZIA, S. ESPOSITO, *Foundation of Physics* 34 (2004), 1431.
- [17] C. MIRANDA, *Rendiconti della Reale Accademia d'Italia* 12 (1934), 286.
- [18] A. MAMBRIANI, *Rend. Lincei* 9 (1929), 142.
- [19] G. SCORZA-DRAGONI, *Rend. Lincei* 8 (1928), 301; 9 (1929), 378.
- [20] F. RASETTI, *Z. Physik* 48 (1928), 546.
- [21] G. GENTILE, E. MAJORANA, *Rend. Lincei* 8 (1928), 301; 9 (1928), 229.
- [22] E. FERMI, *Rend. Lincei* 7 (1928), 342.

GIORGIO DRAGONI

## UN PO' DI LUCE SU IDA NODDACK E LA FISSIONE NUCLEARE: 1934

PREMESSA

A circa setanta anni dalla presentazione da parte di Ida Noddack<sup>1</sup> della prima idea concernente il processo di Fissione nucleare<sup>2</sup> e nonostante diverse ricerche, studi e pubblicazioni tra cui uno condotto dall'autore della presente nota, pubblicato come articolo fin dal 1973,<sup>3</sup> a tutt'oggi non solo non si è fatta ancora giustizia su quel lontano ma importantissimo episodio, ma addirittura, recentemente, sia in convegni, che sulla stampa, che in spettacoli teatrali, si sono fatte più insistenti le voci che attribuirebbero a Lise Meitner<sup>4</sup> gran parte del merito – tradizionalmente assegnato a Otto Hahn, che ricevette il premio Nobel per la Chimica nel 1944 – per quella scoperta.

Mi sembra quindi indispensabile ritornare sull'argomento riportando le parole esatte pubblicate da Ida Noddack (dal 1934 in poi), o scritte e riferitemi dalla stessa studiosa nel 1974.

<sup>1</sup> Ida Eva Tacke Noddack, nata il 25.2.1896 a Lackhausen (Wesel sul Reno), si era diplomata e laureata in ingegneria al Politecnico di Berlino nel 1921, dove, dopo qualche anno di lavoro nell'industria, svolse attività di ricerca nell'Istituto di Fisica tecnica (1924-1935), quindi nell'Istituto di Chimica Fisica di Friburgo in Brisgovia (1935-1942) e nell'analogo Istituto di Strassburgo (dal 1943). Dopo la parentesi della guerra e un soggiorno in Turchia passò, nel 1956, all'Istituto di Geochimica di Bamberg. Ha condotto gran parte delle sue ricerche in collaborazione col marito, Walter Karl Friedrich Noddack (1893-1960), allievo di Nernst. È scomparsa a Bad Neuenahr-Ahrweiler il 24.9.1978.

<sup>2</sup> I. NODDACK, "Über das Element 93", *Ang. Chem.* 47 (1934), 653-655.

<sup>3</sup> G. DRAGONI, "L'Illusoria scoperta del primo elemento transuranico", *Physica* 15 (1973), 351-372.

L'augurio, naturalmente, è che in questo modo possiamo contribuire a far conoscere meglio la sequenza degli eventi, e i contenuti degli articoli più strettamente legati all'ipotesi della fissione nucleare. Auspichiamo così che il merito, che oggettivamente deve essere attribuito a Ida Noddack, le venga effettivamente riconosciuto, fatto salvo l'apprezzamento più completo dell'iniziazione e della corretta interpretazione avvenuta nel 1938 da parte di Lise Meitner della vera natura dei risultati ottenuti da O. Hahn e da F. Strassmann. Merito che è giusto, a quel punto, attribuire proprio a Lise Meitner, soprattutto per la comprensione del significato fisico di fissione nucleare implicito negli esperimenti dei suoi colleghi.

Per tentare di rispettare l'impegno che mi sono assunto con questo scritto, mi sento autorizzato a pubblicare alcune testimonianze e immagini private che Ida Noddack mi aveva fatto conoscere in una corrispondenza appunto del 1974, e che finora non avevo pubblicato in quanto la stessa Ida Noddack mi aveva chiesto di non renderle pubbliche «se non necessario» («... wenn es nicht notwendig ist»)<sup>5</sup>.

Finora ho mantenuto l'impegno morale che avevo preso con lei, nonostante alcune ripetute insistenze da parte di amici, ricercatori e colleghi, che forse non avranno compreso completamente il mio ritegno. Che ora, in considerazione di quanto ho scritto poco sopra, mi sento autorizzato a superare, in quanto assolutamente necessario per amore della verità, che, nonostante sia sempre difficilissima da individuare è, o dovrebbe essere, comunque e sempre, il primo e unico obiettivo di chi si dedica ai nostri studi. E non solo.

Ich habe die beiden letzten Briefe nach dem  
Tode nicht erhalten, wie ich es auch vorher nicht tat. Daher  
bitte ich Sie noch, nicht Straßmann  
zitierten, sondern es selbst nach dem Original  
zu veröffentlichen, wenn es nicht notwendig ist.  
Es würde mich freuen, wenn Sie  
insgesamt 95 Zeilen von dem Brief  
enthalten.  
Mit den besten Grüßen  
Ida Noddack.

FIG. 1 - Stralcio della lettera con correzioni di suo pugno, che Ida Noddack indirizzò all'autore del presente lavoro l'11.1.74 (ultima pagina, foglio 10).

<sup>5</sup> Lettera di I. Noddack all'autore, 11.1.1974, 10 fogli dattiloscritti e firmati; cit. n. 10

## 1. L'ARTICOLO *DAS PERIODISCHE SYSTEM DER ELEMENTE UND SEINE LÜCKEN* E LA POSSIBILE PRODUZIONE DI ELEMENTI TRANSURANICI (MAGGIO 1934)

Ida Noddack già dal maggio del 1934 aveva scritto sulla possibilità che potessero essere prodotti elementi con numero atomico maggiore dell'uranio, ovvero sulla possibile produzione di elementi transuranici.<sup>6</sup> Ecco le sue parole pronunciate nello scritto del maggio del 1934:

«Un' improvvisa interruzione del sistema periodico con l'uranio non è conciliabile con l'idea di una genesi comune degli elementi. Sembra tuttavia possibile che gli elementi che vengono dopo l'uranio - i cosiddetti transuranici - con numero atomico progressivo crescente divergano sempre più di breve durata, e perciò sempre più rari. Tuttavia gli elementi a numero atomico pari 94 e 96, che si trovano subito dopo l'uranio, dovrebbero essere raggiungibili grazie ai nostri odierni mezzi. La loro scoperta dovrà essere preceduta dalla predizione più esatta possibile delle loro caratteristiche chimico-fisiche. Possiamo benissimo aspettarci che proprio in questi punti del sistema periodico ci saranno ancora alcune sorprese» (nota 6).

Come la scienziata presenta chiaramente in una tabella a p. 301 dell'articolo citato.

## 2. L'ARTICOLO *ÜBER DAS ELEMENT 93* E L'INTUIZIONE SULL'ESISTENZA DI UN NUOVO E DIVERSO PROCESSO NUCLEARE (SETTEMBRE 1934)

Poco dopo lo scritto appena commentato, Ida Noddack è attratta dalla quasi immediata e contemporanea doppia notizia da parte della stampa<sup>7</sup> della scoperta effettuata sia in Italia, a Roma da Enrico Fermi, che a Joachimsthal da Odolen Kobilic,<sup>8</sup> dell'avvenuta produzione di elementi transuranici.

Nel Settembre del 1934, pubblicherà i suoi commenti a queste presunte scoperte nell'articolo: *Über das Element 93* (cit. nota 2).

Nell'articolo, la prima parte consiste in un'analisi compiuta direttamente e immediatamente sulle dichiarazioni che leggerà delle ricerche di Fermi

<sup>6</sup> I. NODDACK, "Das Periodische System der Elemente und seine Lücken", *Ang. Chem.* 47 (1934), 301-305.

<sup>7</sup> Per un'analisi dettagliata della posizione assunta da E. Fermi sulla possibilità che nelle sue ricerche si sia manifestata la produzione di elementi transuranici, si rinvia all'articolo citato in nota 3.

<sup>8</sup> O. KOBLIC, "Bohemium", *Chemiker Zeitung* 57 (1934), 581.

tramite la stampa<sup>9</sup>, nella parte finale dell'articolo prenderà in considerazione anche la metodologia seguita da Koblitz.

In entrambi i casi le sue conclusioni saranno negative. Secondo le sue considerazioni in nessuno dei due casi si è pervenuto veramente all'individuazione del primo transuranico. Tuttavia, qui ci occuperemo esclusivamente delle sue riflessioni sul metodo seguito da Fermi.

### 3. LA NOTIZIA

Questo il modo con cui Ida Noddack su *Über das Element 93*, presenta le ricerche di Fermi:

«Per lo studio della radioattività indotta nell'uranio, Fermi ha portato in vicinanza della sua sorgente di neutroni una soluzione di nitrato di uranile, che aveva liberato da tutti i prodotti della dissociazione radioattiva naturale. Con l'aiuto del contatore Geiger ha potuto mostrare che, a causa dell'irradiazione, la soluzione era diventata radioattiva ed emanava raggi  $\beta$ . Dall'interpretazione della curva di sviluppo non è risultato un solo elemento, ma almeno cinque elementi radioattivi, caratterizzati da diversi periodi di dimezzamento. Fermi fa presente, tuttavia, che finora è ancora incerto se questi elementi siano sorti insieme uno accanto all'altro, o successivamente uno dopo l'altro.

Fermi è riuscito a separare per via chimica uno di questi nuovi radioelementi, e precisamente quello con periodo di dimezzamento di 13 minuti. Ha proceduto così: ha mescolato la soluzione nitrata di nitrato di uranile fortemente irradiata con del sale di manganese, ha portato il tutto all'ebollizione e poi ha aggiunto del clorato di sodio. Nel biossido di manganese che così precipitava, era contenuta la maggior parte dell'attività  $\beta$  con periodo di 13 minuti. A questo punto Fermi ha cercato di dimostrare che il radioelemento, dal quale proviene questa attività  $\beta$ , non è isotopo con nessun elemento noto nella vicinanza dell'uranio. Per questo scopo Fermi ha aggiunto alla soluzione nitrata di nitrato di uranile irradiato, uno dopo l'altro, gli isotopi emananti raggi  $\beta$  dei seguenti elementi: protoradio (91), torio (90), actinio (89), radio (88), bismuto (85), e piombo (82), e ha precipitato poi biossido di manganese tramite clorato di sodio. Secondo Fermi, tutti gli elementi emittenti raggi  $\beta$  citati non vanno nei precipitati! Dato però che 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'etacesso (87), Fermi trae la conclusione che esso potrebbe essere l'elemento sconosciuto 93 (o forse anche il 94 o il 95)» (nota 2, 653-54)

<sup>9</sup> L'articolo di Fermi più noto è E. FERMI, "Possible Production of Elements of Atomic Number Higher than 92", *Nature* 133 (1934), 898-899, in cui Fermi chiama "baliadio" l'elemento 91, provocando una certa incomprensione nella Noddack.

### 4. PARS DESTRUENS: LE CRITICHE DI METODO

Ida Noddack commenta nel seguito dell'articolo il lavoro di Fermi con le seguenti decise considerazioni:

«Questa argomentazione non è plausibile. Il fatto che Fermi non confronti non solo l'elemento conosciuto immediatamente vicino all'uranio, il protoradio, con il suo recentemente prodotto emantore di raggi  $\beta$ , ma neanche confronti parecchi altri elementi fino al piombo, dimostra che egli ritiene possibile una serie di processi di composizione seguenti l'uno all'altro (con emissione di elettroni, protoni e nuclei di elio), i quali portano alla formazione finale del radioelemento con periodo di dimezzamento di 13 minuti. 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; infatti la vecchia concezione che la serie ininterrotta di elementi radioattivi cessa con il piombo, piuttosto che con il tallio (81), è del tutto superata con gli esperimenti di Curie e Joliot [...]. Fermi quindi avrebbe dovuto confrontare il nuovo radioelemento con tutti gli elementi conosciuti.

Dalla chimica analitica si sa che numerosi elementi, quando si trovano in una soluzione nitrata come combinazioni atomiche o colloidali, in caso di precipitazione di un sedimento di biossido di manganese, vanno a finire in questo.

Per analizzare il comportamento degli elementi nel metodo di precipitazione impiegato da Fermi, abbiamo preparato 100 cc<sup>3</sup> di una soluzione nitrata al 55%, la quale contiene quasi tutti gli elementi stabili in forma sciolta o colloidale in quantità di alcuni milligrammi ciascuno. Questa soluzione è stata mescolata con 200 milligrammi di nitrato di manganese e scaldata fino all'ebollizione, e sono stati aggiunti poi lentamente 2 grammi di clorato di potassio (in polvere). Il precipitato di biossido di manganese depositatosi, è stato analizzato chimicamente e spettroscopicamente per analizzare gli elementi precipitati con il manganese. Il precipitato conteneva i seguenti elementi: Ti, Nb, Ta, W, Ir, Pt, Au e Si all'incirca quantitativamente, Sb, Pb, Bi, Ni, e Co in parte.

Fermi non ha neppure controllato, come già detto, se nel precipitato di manganese entrava anche il polonio (84). Un esperimento eseguito con il polonio ha mostrato che questo elemento va nella precipitazione di MnO<sub>2</sub> all'incirca quantitativamente. La prova che il nuovo radioelemento sia l'elemento 93 non è dunque ancora del tutto compiuta, in quanto Fermi l'ha tentata soltanto con un procedimento di esclusione eseguito, peraltro, in un modo incompleto.» (2, 654)

### 5. PARS CONSTRUENS: L'IPOTESI DELLA ROTTURA, SCOPPIO DECOMPOSIZIONE, FISSIONE (ZERFALLEN) DEL NUCLEO

A seguito delle considerazioni precedenti, Ida Noddack avanza un'ipotesi alternativa a quella tradizionale comunemente espressa come Legge di Soddy, e sottolinea nel lavoro di Fermi:

«È quindi ugualmente valida l'ipotesi 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  $\alpha$ . Con queste ultime irradiazioni si trovano soltanto trasformazioni nucleari con emissione di elettroni 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.

Sarebbe pensabile 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 si isotopi di elementi noti, però non vicini agli elementi irradiati.» (2, 654)

## 6. ANCORA CRITICHE

Nella continuazione dell'articolo la scienziata tedesca prosegue con ulteriori critiche specifiche e particolarmente competenti in quanto era stata proprio lei con suo marito a scoprire due elementi "mancanti" nel Sistema Periodico: il masurio (43) e proprio il renio (75), in "Die Ekamangan", XIII (1925) pp.567-574. Si comprende quindi bene la seguente citazione:

«Anche la scoperta che il nuovo radioelemento in una soluzione acida, nel caso di precipitazione di solfuro di renio vada in questo precipitato, non parla a favore dell'elemento 93 in quanto: in primo luogo, il solfuro di renio ingloba volentieri anche altre sostanze; in secondo luogo, l'anticipazione di presumibili proprietà del "93" non fa apparire assolutamente certo che questo elemento formerebbe un solfuro resistente all'acido.

Inoltre, dagli esperimenti di Fermi, se la sua interpretazione fosse giusta, risulterebbe la conclusione, da lui menzionata, che dall'elemento 93 irradiante raggi  $\beta$  dovrebbe derivare l'elemento 94. Quest'elemento, tuttavia, si dovrebbe poter separare chimicamente in modo relativamente facile, dal 93.

Si devono aspettare, quindi, ancora altre ricerche prima che si possa affermare che si è scoperto realmente l'elemento 93. In questo senso lo stesso Fermi è prudente. Come già è stato accennato, infatti, solo in una relazione sui suoi esperimenti e nei rapporti della stampa quotidiana si crede di essere già completamente sicuri del risultato». (2, 654)

Come già anticipato, non ci occuperemo delle critiche di Ida Noddack a Koblitz.

Ci limiteremo a riassumere e a commentare brevemente le principali considerazioni effettuate nell'articolo citato (nota 2) da Ida Noddack sul metodo di Fermi, a cui aggiungeremo alcuni ulteriori commenti tratti dalle lettere da Lei gentilmente inviatemi nel 1974 (nota 5).

## 7. LE PROCEDURE DI FERMI SECONDO IDA NODDACK

L'argomentazione di Fermi, secondo Ida Noddack, non è conclusiva per diverse ragioni:

1. L'analisi degli elementi chimici coinvolti nel processo è stata parziale, sia per quelli nelle immediate vicinanze dell'uranio, sia di quelli in generale della Tabella di Mendeleiev; cioè non si è fatto un confronto con tutti gli elementi chimici conosciuti. «Il procedimento di esclusione seguito da Fermi è incompleto.» (nota 2, 654)

2. La tecnica di separazione chimica attuata può far separare anche elementi di numero atomico intermedio, come la scienziata tedesca dimostra sperimentalmente, sia chimicamente, che spettroscopicamente.

3. Ida Noddack formula l'ipotesi 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  $\alpha$ ». Si formula quindi l'ipotesi che il bombardamento neutronico di nuclei pesanti potrebbe dividere il nucleo in grossi frammenti. Precisamente Ida Noddack sostiene che: «È concepibile che nel caso di bombardamento con neutroni dei nuclei più pesanti, questi si possono scomporre in parecchi frammenti piuttosto grossi, che sono per la precisione isotopi si di elementi noti, però non vicini agli elementi irradiati». (2, 654)

4. Non è stato individuato l'elemento 93 perché non è stato ottenuto l'elemento con nucleo atomico 94; «Inoltre, dagli esperimenti di Fermi, se la sua interpretazione fosse giusta, risulterebbe la conclusione, da lui menzionata, che dall'elemento 93 irradiante raggi  $\beta$  dovrebbe derivare l'elemento 94. Quest'elemento, tuttavia, si dovrebbe poter separare chimicamente in modo relativamente facile dal 93». (2, 654). È superfluo ogni commento!

Tuttavia, tutte le Scuole di fisica nucleare del tempo da quella inglese a quella tedesca, francese e italiana, per quattro anni, interpretarono i risultati dei bombardamenti neutronici dell'uranio come produzione di transuratici. Ignorando sia le critiche, che l'interpretazione di Ida Noddack.

## 8. UNA RIVENDICAZIONE IGNORATA (1939)

È fin troppo noto come sono andate le vicende successivamente. Qui ricordiamo solo il primo annuncio (1938) da parte di Hahn e Strassmann che qualcosa non andava nell'interpretazione accettata al tempo, in quanto si erano riscontrati elementi come il bario e il lantanio.<sup>10</sup> Tale articolo

<sup>10</sup> O. HAHN, F. STRASSMANN, "Über den Nachweis und das Verhalten der

giungerà in redazione il 22 dicembre. Dati alle stampe questi risultati Hahn avvisa immediatamente Lise Meitner, la scienziata austriaca che aveva collaborato con lui per quasi trent'anni all'Istituto Kaiser Wilhelm di Berlino e che, proprio in quel periodo, si era rifugiata in Svezia a causa delle leggi razziali naziste. Lise Meitner è la prima persona a capire tutto il significato fisico della presenza del bario e di altri elementi di numero atomico intermedio nei prodotti della disintegrazione dell'Uranio. Formula l'ipotesi della fissione nucleare. Febbrilmente, discute la notizia con Otto Frisch, un giovane fisico suo nipote, fuoriuscito anch'esso dalla Germania, e insieme decidono di recarsi in Danimarca per avvertire al più presto Niels Bohr. Questi partirà poco dopo per gli Stati Uniti e avrà così modo di avvertire i fisici che si trovano sul Nuovo Continente, e quindi anche Fermi. Quando nel 1939 Ida Noddack manderà alla redazione della rivista: "Die Naturwissenschaften"<sup>11</sup> una sua più che logica rivendicazione riceverà, sotto forma di postilla redazionale, la seguente sgarbata risposta: «[Hahn e Strassmann non hanno] né tempo, né voglia di rispondere...».

## 9. UN RICONOSCIMENTO TARDIVO

A lungo il nome di Ida Noddack sarà ignorato. Nonostante i suoi successivi tentativi di informare il Gruppo di Fermi. Ricordiamo e documentiamo, in particolare, la visita compiuta dal Noddack a Palermo nel Settembre 1938 in cui tentarono ancora di convincere Emilio Segré (Fig. 2-3).

Anche in occasione del Premio Nobel per la Chimica assegnato nel 1944 ad Hahn per la scoperta della fissione nucleare, il nome della Noddack verrà fatto, ma solo in senso molto riduttivo: «*This objection was not taken seriously as it appeared to be in opposition to all physical views of nuclear physics*» (Nobel Lectures, "Chemistry", 1942-1962, Elsevier, Amsterdam 1964, 55).

Sarà Segré nel 1955 che, commemorando Fermi, riconoscerà per primo i meriti della Noddack con le seguenti parole: «*Our further conclusion was that the substances thus produced were transuranic. In this we were only to a small extent correct because we were completely blind to the possibility of fission, although, remarkably this was called specifically to our attention by Ida Noddack who sent to us an article in which she clearly predicted the possibility of fission.*»<sup>12</sup>

bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehenden Erdalkalimetalle", *Naturwiss.* 27 (1939), 11-15.

<sup>11</sup> I. NODDACK, "Bemerkung zu den Untersuchungen von O. Hahn, L. Meitner und F. Strassmann über die Produkte, die bei der Bestrahlung von Uran mit Neutronen entstehen", *Naturwiss.* 27 (1939), 212-213.

<sup>12</sup> Memorial Symposium held in Honor of Enrico Fermi at the Washington

Hahn continuerà a lungo a ignorare i meriti di Ida Noddack. Il riconoscimento più significativo Hahn lo darà durante una trasmissione radiofonica che verrà ripresa anche a distanza di anni dai giornali: «*Die Ida hat doch recht gehabt*» ("Ida tuttavia ha avuto ragione"), titolo comparso nella "Rheinische Post" del 5 marzo 1971.

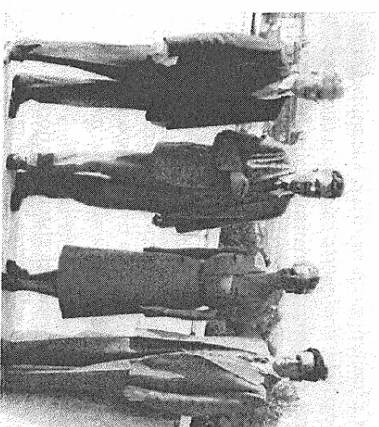


FIG. 2 – Foto scattata sul terrazzo dell'Istituto di Fisica a Palermo nel Settembre del 1938 in cui è possibile riconoscere Ida Eva Tacke Noddack, alla sua sinistra Emilio Segré, e, alla sua destra, Walter Noddack. Per cortesia di Ida Noddack.

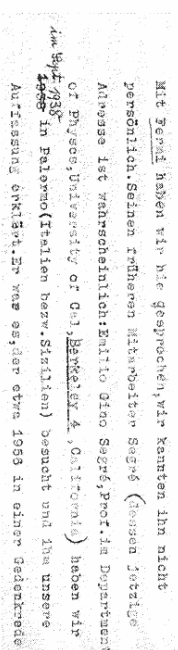


FIG. 3 – Manoscritto cit. in nota 5, p.7. Dopo aver inviato un loro articolo al gruppo di Fermi, illustrarono il loro punto di vista a Segré anche nell'occasione sopra illustrata.

Meeting of the American Physical Society, April 29, 1955 in *Rev. Mod. Phys.* 27 (1955), 249-275; cit. 259.

## 10. IL PUNTO SULLA SITUAZIONE (SECONDO IDA NODDACK, GENNAIO 1974).

Non riporteremo, in questa sede, le molte considerazioni che abbiamo già pubblicato anni fa sulla reale posizione tenuta da Fermi a proposito dei transuratici, e neppure insisteremo sul comportamento di Hahn nei confronti di Ida Noddack. Ci limiteremo a riportare alcuni brani di una lettera ricca di referenze bibliografiche che questa scienziana ci scrisse l'11 Gennaio 1974, in seguito a una mia richiesta di chiarimento in funzione di una ricerca che stavo conducendo su quegli argomenti.

«[...] Io non ho mai scritto una autobiografia, sebbene altre volte sia stata inviata a farlo. Non ho nemmeno l'intenzione di farlo, perché ciò non mi sembra importante. Il modo di dire, spesso usato nei giornali, che avrei predetto la fissione dell'uranio, purtroppo debbo rifiutare come idoneo a condurre facilmente in errore. Io non l'ho mai predetta in qualche conferenza o rivista. *Simpliciter*, nel 1934, ho *correttamente interpretato la fissione dell'uranio eseguita da Fermi, ma mai rimonstrata come tale.* (*Angewandte Chemie* 47, pag. 654, 1934) [5, foglio 1; enfasi nostra]

Nell'«elaborazione» teorica del sistema periodico che abbiamo eseguito ripetutamente e molto approfonditamente [Ida e il marito Walter Noddack] prima di procedere con le nostre ricerche sperimentali ed anche dopo, ci siamo occupati, naturalmente, anche di quella che allora era la parte finale di questo sistema, e della sua eventuale possibile continuazione. In tale occasione giungemmo presto all'opinione che dovevano esistere dei transuratici, almeno quelli corrispondenti agli elementi tra il 93 e il 96. (Vedi pag. 304 dell'allegato lavoro sul sistema periodico e le sue lacune, «Angewandte Chemie» 1934). Iniziammo a valutare le loro proprietà, cioè le caratteristiche chimico-fisiche degli elementi dal 93 al 96. Negli anni che seguirono abbiamo poi ripetutamente - sempre apportando correzioni migliorative - cercato di calcolare le proprietà degli elementi tra il 93 e il 118. Un gigantesco foglio delle curve (alto circa un metro e mezzo) con tutti gli allegati relativi a queste valutazioni sugli elementi chimici è andato bruciato, senza essere mai stato pubblicato.

Io esclusi con certezza (nonostante la nostra ammissione che si potessero produrre transuratici mediante il bombardamento con neutroni dell'uranio) che Fermi avesse prodotto l'elemento 93. Tuttavia, mio marito ed io, non abbiamo mai rifiutato l'esperienza del bombardamento dell'uranio da parte di Fermi. Eravamo troppo occupati con le ricerche sui composti del renio, ed ancor più su quasi tutti gli elementi della crosta terrestre. Noi dimostrammo sperimentalmente che il suo corpo dei 13 minuti non poteva essere il «93», poiché quanto simile al renio nel suo nostra convinzione, non poteva essere in alcun modo tanto simile al renio nel suo comportamento analitico come Fermi presupponeva, e addirittura forniva come dimostrazione della sua identità. Il suo corpo di 13 minuti non aveva le proprietà che noi in precedenza avevamo calcolato esattamente per l'elemento 93 e che ci aspettavamo. Non avevamo però pubblicato questi risultati.

Il modo in cui sono giunta a interpretare l'esperimento di Fermi come una fissione dell'uranio è semplice da chiarire: da uno o due anni ci aspettavamo tale processo, tuttavia non avevamo sperimentato in questa direzione. Quando leggemmo la prima pubblicazione di Fermi sull'elemento 93 (in realtà leggemmo soltanto le comunicazioni dei giornali sull'argomento), dicemmo entrambi spontaneamente: «Questo è il processo che ci eravamo aspettati, l'uranio è scoppiato, si è rotto.» Eravamo convinti che un bombardamento di atomi pesanti con neutroni dovesse avere un'azione completamente diversa da un bombardamento con particelle cariche, come Fermi aveva fatto precedentemente e dove si ottenevano sempre elementi vicini a quelli bombardati. I neutroni avrebbero potuto penetrare nel nucleo e lo trasformare la loro energia cinetica. Il che avrebbe dovuto avere per risultato la fissione elementare del nucleo. Del modo in cui fu accolta dal mondo degli specialisti la mia interpretazione dell'esperimento di Fermi come fissione dell'uranio (allora l'avevo chiamata rottura, scoppio) probabilmente lei l'avrà letto spesso. Lei lo può leggere anche nell'articolo «Die Spiegel» (qui allegato) del 1956. Hahn e Meiner che con Strassmann, in breve tempo cominciarono ad imitare gli esperimenti di Fermi, interpretarono i loro risultati per ben quattro anni come lui. La mia proposta fu ritenuta un non senso, un «assurdo», giacché i fisici teorici di allora, soprattutto il loro «Papsr» Niels Bohr (e certamente anche Lise Meiner) avevano dichiarato questo processo impossibile: non «lo permisero». Con molta tranquillità io pensai e mi dissi allora: «Io rimango della mia opinione e ritengo che i fisici e i chimici un giorno dovranno accorgersi che la mia opinione è giusta. E questo me lo posso aspettare.»

Ricordo, per esempio, che un collaboratore aveva chiesto varie volte al Signor Hahn: «Ma cosa succederà, se la Signora Noddack dovesse avere ragione?» e Hahn aveva risposto: «Ella non può aver ragione, perché una tale fissione non è permessa dalla fisica teorica.» (cit., pp. 6-7)

È chiaro a questo punto che lo splendido isolamento in cui Ida Noddack si era rifugiata, fiduciosa che i suoi colleghi scienziati avessero potuto riconoscere col tempo la fondatezza della sua intuizione non ha dato a tutt'oggi il risultato sperato.

Le resta sicuramente un'ultima consolazione, quello di poter dire a se stessa: «Io attribuisco molta importanza all'intuizione, un felice dono che si ha o non si ha. Noi l'avevamo entrambi.» (cit., p. 9)

## 11. ALCUNE RIFLESSIONI

Sulle ragioni per cui la proposta di Ida Noddack non fu accettata si possono fare varie considerazioni. Si è parlato di antifemminismo e di sessismo della classe accademica internazionale del tempo. Anche se altre celebri coppie di scienziati avevano lavorato o operavano proprio nella chimica-fisica: i Curie, gli Joliot-Curie... Si è parlato di discriminazione

politica a causa di presunte simpatie della coppia per il regime hitleriano; tra l'altro anche in conseguenza della cattedra assegnata nel 1943, dopo l'occupazione della Francia, a Walter Noddack presso l'università di Strasburgo, uno dei centri di eccellenza del regime per la ricerca scientifica. Ma in realtà è noto che non furono mai iscritti al partito e che le indagini post-belliche sul marito lo videro assolto completamente, mentre Ida non fu mai neppure indagata.

Si tratta di ragioni plausibili in gran parte afferenti alla sfera socio-psicologica o politica su cui tuttavia non abbiamo intenzione di insistere; qui cercheremo di prendere in considerazione qualche possibile motivo più tipicamente afferente alla sfera fisica.

La prima critica generale che viene rivolta alla Noddack è che non era una "fisica". Critica che è stata usata spesso, e con una certa prosopopea, in maniera molto squalificante. In realtà, come abbiamo accennato nelle brevi note biografiche era laureata e specializzata in ingegneria chimica e operava con successo nel settore delle analisi delle lacune e dell'ampliamento della Tabella del sistema periodico degli elementi. In questo senso nel 1925 con suo marito aveva ottenuto un grande successo: la scoperta, confermata da tutti, dell'elemento chimico di numero atomico 75, il renio. Nello stesso articolo avevano reclamato la scoperta dell'elemento di numero atomico 43, il masurio. Quest'ultimo elemento non venne rintracciato da altri ricercatori. Si parlerà di falso annuncio, di annuncio prematuro. Si sollevarono dubbi sulla serietà delle loro ricerche. In realtà, studi recenti hanno dimostrato che nei minerali di columbite (niobite) indagati dai due coniugi, effettivamente è contenuto l'elemento da loro reclamato: il masurio, poi chiamato tecnicamente dal suo nuovo scopritore E. Segré.<sup>13</sup> Ha un qualche significato generale ricordare la tecnica utilizzata dal Noddack nelle loro ricerche: la spettroscopia dei raggi X. Tecnica utilizzata dal giovane e fortunato Henry Moseley (1887-1915) nei suoi studi che lo condussero ad individuare la relazione tra frequenza delle righe spettroscopiche nella banda X e un numero intero progressivo, che fu poi chiamato numero atomico. Nell'articolo "Die Ekmanngane" del 1925, i Noddack fanno uso esplicito di questa sensibilissima tecnica - anche grazie allo spettroscopista X, Otto Berg, della Siemens-Halske di Berlino - la più aggiornata e

<sup>13</sup> M. BONARDI, F. GROPP, "Masurio-99m, Masurio-99g, Renio-188g e Renio-188g: Radioelementi chimici isomorfi ma con attività specifica e proprietà chimico-fisiche differenti. Storia e produzione di radio-traccianti. Metodiche di produzione e controllo di qualità", in *SIS - Pubblicazioni, Laboratori Nazionali di Frascati*, INFN, Sez. di Milano, 2001, 1-37.

affidabile del tempo, che consentiva di etichettare ogni elemento in modo estremamente preciso nella sua casella della Tabella di Mendeleiev.

Non si può certo dire che non fossero a conoscenza di avanzate tecniche fisiche di analisi.

Per quanto riguarda la proposta esplicita fatta da Ida Noddack di un processo di scissione del nucleo dell'uranio in varie parti, per bombardamento nucleare, (anche se non si hanno prove certe) si può pensare, con una certa legittimità, che la scienziata fosse molto ben informata delle ultime ricerche in campo fisico. Infatti, a parte l'accettazione dell'idea di originalità assoluta da parte della Noddack del concetto di fissione, si può notare che l'articolo di G. Gamow (1904-1968) sul modello a "goccia di liquido" del nucleo era stato pubblicato nel 1931 per la Clarendon Press di Oxford "Constitution of Atomic Nuclei and Radioactivity".<sup>14</sup> Tale modello a "goccia" del nucleo si fondava su questa esplicita dichiarazione: «*The behaviour of such an aggregate must be rather similar to that of a small drop of liquid*» (nota 14, p. 18). Il modello nucleare di Gamow, basato su aggregati di particelle  $\alpha$ , suggestiva, quasi esplicitamente, attraverso l'idea di effetto "tunnel" e di "goccia di liquido" il concetto di processo di fissione nucleare tramite l'instabilità dei nuclei pesanti: «*an aggregate of a greater number of particles would be unstable*» (nota 14, p. 19).

Si può solo notare che, temporalmente, è possibile che i Noddack fossero informati della teoria di Gamow, in quanto lo stesso testo venne pubblicato in edizione tedesca nel 1932 dalla casa editrice S. Hirzel di Lipsia.<sup>15</sup> Alternativamente, si può pensare che i Noddack fossero arrivati alle stesse idee indipendentemente da Gamow.

Certo è che tutti i gruppi di fisici che lavorano nel settore, per parecchi anni (1931-1938) sembrano ignorare tale possibilità e il modello di Gamow, fino a quando esso verrà ripreso da Bohr e da Wheeler.

Non si può certo parlare di scarso intuito o scarsa conoscenza fisica per Ida Noddack e suo marito! Anche se a posteriori la scienziata ammise che non avevano idea dell'enorme importanza del processo di fissione nucleare.

Tra l'altro, fin dal 1914 era stato pubblicato in Inghilterra il libro di fantascienza di H. G. Wells "The World set free", che in seguito ebbe numerose traduzioni,<sup>16</sup> in cui si prevede, singolarmente per il 1933, la

<sup>14</sup> G. GAMOW, *Constitution of Atomic Nuclei and Radioactivity*, Clarendon, Oxford 1931.

<sup>15</sup> G. GAMOW, *Der Bau der Atomkerne und die Radioaktivität*, Hirzel, Lipsia 1932.

<sup>16</sup> H.G. WELLS, *The World set free*, Billing, Guildford 1914; il testo ebbe numerose traduzioni anche in lingua italiana. Per un rapido accesso ad un'edizione recente del testo ricordiamo H.G. WELLS, *Le opere narrative di H.G. Wells*, 4 voll.,

scoperta della fissione nucleare e le sue successive e straordinarie applicazioni energetiche sia pacifiche, che militari. Gli scenari apocalittici per le sorti dell'umanità descritti da Wells probabilmente sfuggirono all'attenzione dei Noddack, ma non forse a quella di Ettore Majorana (per altro appassionato di letteratura storica militare) che quasi sicuramente aveva letto o era stato informato della proposta dei Noddack. Che Ettore Majorana potesse avere capito certe conseguenze delle ricerche in fisica nucleare è un punto su cui stiamo da tempo lavorando e che cercheremo di approfondire in un prossimo lavoro.

Per quanto riguarda poi la natura dei processi messi in atto dal bombardamento neutronico dell'uranio da parte di Fermi e del suo gruppo nel 1934, studi recenti hanno dimostrato in modo inoppugnabile che si sia effettivamente trattato di una vera e propria reazione di fissione nucleare, in cui venivano prodotti composti radioattivi (elemento dei 13 minuti) ora riconosciuti come elementi di peso atomico intermedio tipici della fissione nucleare.

In conclusione, si può essere decisamente d'accordo con quanto sostenuto nelle ultime sue testimonianze da Otto Hahn: *«Die Ida hat doch recht gehabt»*. Peccato che solo pochi, a tutt'oggi, se ne siano resi conto!

#### RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano per l'attenta lettura e per la preziosa collaborazione redazionale il Prof. Silvio Bergia, e le Signore Magda Giorgi e Martina Lodi. Un sincero ringraziamento anche ai Professori Vincenzo Balzani e Marco Taddea.

---

Mursia, Milano 1966-1981; in *La guerra nell'aria e altre avventure di fantascienza*, IV vol. *La liberazione del mondo*, pp. 217 - 357.

NADIA ROBOTTI

## IL FONDO "OSCAR D'AGOSTINO" IN AVELLINO

Nella Biblioteca dell'Istituto Tecnico per Geometri "Oscar D'Agostino" in Avellino è custodito tutto il materiale lasciato da Oscar D'Agostino (1901-1975), il chimico avellinese che, nel periodo 1934-1935, ha collaborato con Enrico Fermi alle ricerche sulla radioattività indotta da neutroni.

Questo materiale è stato donato nel 1978, da Sofia Melograni, vedova di D'Agostino, in occasione della denominazione della scuola con il nome del marito. In questa occasione è stata anche istituita la "Fondazione Oscar D'Agostino", con il compito di conservare questo materiale. Negli anni successivi il "Fondo Oscar D'Agostino" è stato oggetto di mostre e di una pubblicazione. Un primo inventario è stato compilato da Giovanni Accolla e presentato al XXII Congresso Nazionale di Storia della Fisica e dell'Astronomia (Genova-Chiavari: 6-8 giugno 2002). A seguito di questa presentazione, nel luglio dello stesso anno, assieme a Francesco Guerra, abbiamo raggiunto Giovanni Accolla ad Avellino, per studiare in modo approfondito i contenuti del Fondo. È in questa occasione che abbiamo scoperto, [1] all'interno di questo Fondo, un documento di estrema importanza sia storica che scientifica, che per altro era già stato in parte pubblicato come "quaderno di D'Agostino". [2] Il primo quaderno di laboratorio di Fermi sulla scoperta della radioattività indotta da neutroni. Va ricordato che per questa scoperta, assieme a quella dell'effetto del rallentamento dei neutroni, nel 1938 a Fermi fu conferito il premio Nobel per la Fisica.

Comunque, oltre a questo quaderno, il Fondo D'Agostino contiene materiale del più grande interesse per la Storia della Fisica Moderna. Questo materiale, riguardante in grandissima parte argomenti di chimica, mentre da un lato ci consente di ricostruire in modo completo l'attività di ricerca sulla radioattività indotta da neutroni portata avanti a Roma tra l'Aprile 1934 e il Dicembre 1935, e che fino ad ora era a noi nota, attraverso materiale