

# LA SCOPERTA DELLA RADIOATTIVITÀ INDOTTA DA NEUTRONI RICOSTRUITA ATTRAVERSO IL PRIMO QUADERNO DI LABORATORIO DI ENRICO FERMI

NADIA ROBOTTI

Università di Genova

## 1. Introduzione

Forse non tutti sanno che i documenti originali relativi all'intensa attività scientifica svolta da Enrico Fermi, dagli anni del Liceo (1918), fino alla partenza per gli Stati Uniti d'America (1938) sono rimasti in Italia. Questo materiale d'archivio, a eccezione di un quaderno di laboratorio, di cui parlerò in seguito e che è stato recentemente trovato ad Avellino<sup>1</sup>, è quasi tutto conservato presso la Domus Galilaeana di Pisa. Si tratta complessivamente di 27 quaderni di appunti, di 9 quaderni di laboratorio, di 600 schede di registrazione di dati, di 38 tra manoscritti e dattiloscritti, di 39 lettere, oltre che di una miscellanea di documenti personali<sup>2</sup>.

I risultati raggiunti da Fermi in questo periodo «italiano» furono strepitosi. Basti ricordare la formulazione della così detta statistica di Fermi-Dirac (1927), la teoria della struttura iperfine (1930), la teoria del decadimento  $\beta$  (1933), la scoperta della radioattività indotta da neutroni e dell'effetto del loro rallentamento (1934).

Nel caso di Enrico Fermi avere a disposizione le sue carte originali è molto importante, perché egli aveva l'abitudine di annotare sistematicamente tutto ciò su cui rifletteva o tutto ciò che leggeva. Di conseguenza l'analisi del materiale depositato alla Domus Galilaeana ci consente di ricostruire il contesto in cui determinate teorie sono state formulate, i processi che hanno portato a queste teorie, l'organizzazione del lavoro sperimentale e le metodologie seguite, i momenti delle scoperte, e così via.

Quando, nel 2001, in occasione delle Celebrazioni per il Centenario della nascita di Enrico Fermi, assieme a Matteo Leone e a Carlo Segnini, ho fatto un primo catalogo di questo fondo archivistico pensavo che esso esaurisse tutto ciò che è rimasto in relazione all'attività scientifica svolta da Fermi in Italia. Invece nell'estate del 2002, come dirò in seguito, abbiamo trovato un documento di Enrico Fermi d'eccezione, il suo primo quaderno di laboratorio in cui è testimoniata la scoperta della radioattività indotta da neutroni.

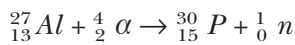
<sup>1</sup> Un primo resoconto su questo argomento si trova in: G. Acocella, F. Guerra e N. Robotti (2003), *Enrico Fermi's Discovery of Neutron-Induced Artificial Radioactivity: The Recovery of His First Laboratory Notebook*, in *Physics in Perspective*, vol. 5; G. Acocella, F. Guerra e N. Robotti (2003), *La scoperta della radioattività indotta da neutroni: il ritrovamento ad Avellino del primo quaderno di Enrico Fermi*, in «Il Nuovo Saggiatore», 19, 2003, pp. 9-18.

<sup>2</sup> Un catalogo completo di questo materiale è pubblicato in: M. Leone, N. Robotti e C.A. Segnini, *Fermi Archives at the Domus Galilaeana in Pisa*, in «Physis», XXXVII, 2000, pp. 501-533.

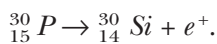
Al di là della rilevanza come documento storico, perché è importante questo quaderno? Che cosa ci dice in più di quanto già sappiamo? Per capirlo andiamo ad analizzare quali sono i documenti che ci consentono una ricostruzione della scoperta di Fermi e che cosa ci dicono.

## 2. Le fonti pubblicate

Tra i vari documenti a cui far riferimento, innanzi tutto prendiamo in esame la lettera di Enrico Fermi alla rivista del C.N.R. «La Ricerca Scientifica», datata 25 marzo 1934 e dal titolo *Radioattività indotta da bombardamento di neutroni*<sup>3</sup>, in cui per la prima volta viene comunicata la scoperta. Si tratta di una lettera molto stringata, in cui Fermi, in primo luogo, fa riferimento al lavoro di Frederch Joliot e di Irene Curie, apparso sui *Comptes Rendus* del 15 gennaio 1934<sup>4</sup>, in relazione alla radioattività indotta da particelle  $\alpha$ . Questi ultimi, bombardando con particelle  $\alpha$  alcuni elementi leggeri (Al, Bo, Mg), avevano scoperto che venivano prodotti nuovi isotopi radioattivi, che non esistevano in natura e che decadevano spontaneamente emettendo positroni, ovvero che poteva essere prodotta la cosiddetta «radioattività artificiale». Ad esempio nel caso dell'Alluminio aveva luogo la seguente reazione:



dove  ${}_{15}^{30}\text{P}$  era un nuovo isotopo radioattivo del Fosforo, con una vita media di circa 3'15" , che emettendo positroni decadeva in un isotopo stabile del Silicio, ossia:



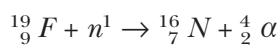
Una volta ricordata questa scoperta, Fermi dà subito una brevissima descrizione dell'apparato sperimentale utilizzato al fine di verificare se è possibile provocare una «radioattività artificiale», utilizzando neutroni, al posto delle particelle  $\alpha$ . L'attrezzatura consisteva in una sorgente di neutroni, realizzata introducendo, all'interno di un piccolo tubo di vetro, polvere di Berillio e Radon, e in un contatore Geiger, in grado di rivelare l'eventuale emissione  $\beta^-$  proveniente dalle varie sostanze, dopo che erano state sottoposte, per periodi più o meno lunghi, al bombardamento di neutroni. Fermi comunica che fino a quel momento l'esperimento ha dato esito positivo nel caso di due elementi, il Fluoro e l'Alluminio, con un tempo di dimezzamento dell'attività  $\beta$  rispettivamente di circa 10 secondi e di circa 12 minuti. La Lettera si conclude con un'interpretazione teorica in termini di cattura

<sup>3</sup> E. Fermi, *Radioattività indotta da bombardamento di neutroni*, in «La Ricerca Scientifica», 5, 1934, p. 283; ristampato in E. Amaldi, E. Persico, F. Rasetti ed E. Segrè (a cura di), *Enrico Fermi, Collected Papers (Note e Memorie)*, vol. I. *Italy 1921-1938*, University of Chicago Press, Chicago - Accademia Nazionale dei Lincei, Roma 1962, pp. 645-646.

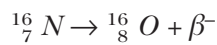
<sup>4</sup> I. Curie e F. Joliot, *Un nouveau type de radioactivité*, in «Comptes Rendues», 198, 1934, pp. 254-256.

del neutrone da parte del nucleo irradiato, successiva emissione di una particella  $\alpha$ , e conseguente formazione di un nucleo instabile in grado di avere un'attività  $\beta$  ritardata.

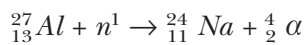
In particolare, per il Fluoro propone la seguente reazione:



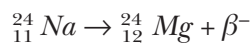
dove  $\underline{{}^{16}_7N}$  è un nuovo isotopo radioattivo dell'Azoto che decade, emettendo  $\underline{\beta^-}$ , in un isotopo stabile dell'Ossigeno, ossia:



Analogamente per l'Alluminio:



dove  $\underline{{}^{24}_{11}Na}$  è un nuovo isotopo radioattivo che decade, emettendo,  $\underline{\beta^-}$ , in un isotopo stabile dell'Mg, ossia:



Con la proposta di questa interpretazione si chiude questa prima comunicazione di Fermi, senza darci alcuna informazione sui vari passi che hanno portato alla scoperta della radioattività indotta da neutroni. Dello stesso tenore sono la seconda lettera alla «Rivista Scientifica»<sup>5</sup> e la lettera a «Nature»<sup>6</sup> spedite intorno al 10 aprile 1934, entrambe a firma di solo Enrico Fermi, in cui vengono comunicati i nuovi risultati raggiunti (relativi a una decina di nuovi elementi).

Un'altra fonte di informazioni sulla genesi della scoperta della radioattività indotta da neutroni sono le numerose ricostruzioni storiche fatte. Queste, in grandissima parte, sono dovute ai successivi collaboratori di Fermi in questo campo (Edoardo Amaldi, Oscar D'Agostino, Bruno Pontecorvo, Franco Rasetti, Emilio Segrè) oltre che alla moglie, Laura Capon, e si fondano essenzialmente sul «ricordo personale». Esistono poi le ricostruzioni fatte dagli storici di professione, che si basano a loro volta sulle ricostruzioni prima ricordate. Tutte queste ricostruzioni concordano su una serie di questioni. In primo luogo la scoperta di Fermi viene fatta risalire a una «delusione» da lui sofferta. In particolare, nell'inverno del 1933, dopo aver formulato la teoria del decadimento  $\beta$ , invia l'articolo *Tentativo di una teoria dell'emissione dei raggi beta* alla «Ricerca Scientifica»<sup>7</sup>, che lo pubblicherà nel fasci-

<sup>5</sup> Fermi, *Radioattività provocata da bombardamento di neutroni* cit., pp. 330-331.

<sup>6</sup> E. Fermi, *Radioactivity induced by neutron bombardment*, in «Nature», 133, 1934, p. 757.

<sup>7</sup> E. Fermi, *Tentativo di una teoria dell'emissione dei raggi beta*, in «La Ricerca Scientifica», 4, 1933, pp. 491-495.

colo 4 dello stesso anno 1933, e, contemporaneamente, ne manda una versione in inglese, sotto forma di lettera, alla rivista «Nature», che però, con grande dispiacere di Fermi, la respinge, in quanto dai contenuti troppo astratti. Contemporaneamente sui Comptes Rendus viene comunicata la scoperta dei Joliot-Curie sulla radioattività indotta da particelle  $\alpha$ . Fermi viene subito a conoscenza di questa scoperta e di qui la sua decisione di trasformarsi da fisico teorico in fisico sperimentale, per tentare di provocare la radioattività indotta usando neutroni.

Per quanto riguarda il procedimento seguito da Fermi e i risultati ottenuti riportato, a titolo di esempio, quanto ha scritto Amaldi nel «Physics Reports» del 1984, *From the discovery of the neutron to the discovery of nuclear fission*<sup>8</sup>:

Fermi systematically bombarded the elements in order of increasing atomic number, starting from hydrogen and following with lithium, beryllium, boron, carbon, nitrogen and oxygen, all with negative results. Finally, he was successful in obtaining a few counts on his Geiger-Muller counter when he bombarded fluorine and aluminium. These results and their interpretation in terms of (n,  $\alpha$ ) reactions were announced in a letter to «Ricerca Scientifica» on March 25, 1934. The title. *Radioattività indotta da bombardamento di neutroni-I* indicated his intention to start a systematic study of the phenomenon which would have brought to the publication of a series of similar papers.

Fermi wanted to proceed with the work as quick as possible and therefore asked Segrè and me to help him with the experiments, as it appears also from the acknowledgement at the end of his second Letter to the editor of the Ricerca Scientifica, where he reported preliminary results obtained in a number of other elements (Si, P, Cl, Fe, V, Cu, As, Ag, Te, J, Cr, Ba).

Questo è quanto sappiamo dalle fonti pubblicate riguardo alla scoperta di Fermi della radioattività indotta da neutroni. Andiamo ora a vedere che cosa ci dice di più o di diverso il quaderno ritrovato ad Avellino. Prima però può essere interessante ricordare come siamo giunti al ritrovamento di questo quaderno.

### 3. Il primo quaderno di laboratorio di Fermi, ovvero «il quaderno della scoperta»

Nella Biblioteca dell'Istituto Tecnico per Geometri «Oscar D'Agostino» in Avellino, è conservata una raccolta di materiale, appartenuta al chimico Oscar D'Agostino, e donata nel 1978 dalla vedova, in occasione della decisione di intitolare la Scuola con il nome del marito, scomparso nel 1975.

Un primo elenco di questo materiale è stato preparato da Giovanni Acocella, e presentato al XXII Congresso Nazionale di Storia della Fisica e dell'Astronomia, che si è tenuto a Genova e a Chiavari il 6-7-8 giugno 2002. Nella sua relazione<sup>9</sup>, Aco-

<sup>8</sup> E. Amaldi, *From the discovery of the neutron to the discovery of nuclear fission*, in «Physics Report», 111, 1984, pp. 3-371.

<sup>9</sup> G. Acocella, *La «Donazione» Oscar D'Agostino*, in *Atti del XXII Congresso Nazionale di Storia della Fisica e dell'Astronomia*, Genova-Chiavari 2002, in corso di stampa.

cella ha fatto presente che questo materiale, tra le varie cose, include quattro quaderni di laboratorio e 16 fogli staccati di quaderni di laboratorio, relativi al periodo 1934-35 (quando D'Agostino era prima a Parigi, presso l'Institut du Radium, e poi, dalla fine di marzo del 1934, a Roma, come collaboratore di Fermi sulle questioni di chimica connesse con lo studio della radioattività indotta da neutroni) e ha osservato che il «Quaderno di laboratorio n. 4» contiene un lungo calcolo su alcune autofunzioni atomiche, certamente non attribuibile a D'Agostino, sia per l'argomento, sia per la scrittura. In seguito a questa relazione, sulla base delle mie precedenti ricerche svolte sull'«Archivio Fermi» della Domus Galilæana, ho pensato che fosse opportuno studiare accuratamente questo fondo archivistico. In particolare, ritenevo importante paragonare i quaderni di laboratorio con quelli dello stesso periodo, conservati alla Domus Galilæana, in modo da ricostruire in maniera completa gli esperimenti, compiuti da Fermi e dai suoi collaboratori, sulla radioattività artificiale indotta da neutroni, e sugli effetti del loro rallentamento. Francesco Guerra, che era presente al Congresso, si è mostrato interessato a questo tipo di ricerca, offrendo la sua collaborazione come esperto sulle questioni di fisica teorica e sulle procedure di laboratorio. Pertanto, è stata organizzata una visita alla Biblioteca in Avellino per venerdì 5 Luglio 2002.

Dopo un breve studio del «Quaderno n. 4», è risultato immediatamente chiaro che esso non solo apparteneva a Fermi, sia per la calligrafia che per il contenuto, ma che rappresentava il suo primo quaderno sulla radioattività indotta da neutroni, ovvero «il quaderno della scoperta». Di fatto, nell'«Archivio» della Domus Galilæana non esiste alcuna traccia dei primi esperimenti di Fermi sulla radioattività indotta da bombardamento di neutroni. I quaderni di laboratorio partono soltanto dal 20 aprile 1934, mentre la scoperta di Fermi risale al 25 marzo 1934. Sembrava quindi che più di un mese di attività di ricerca, nella fase decisiva, non avesse lasciato un segno scritto. Questo quaderno ritrovato in Avellino, invece, copre proprio il periodo marzo-aprile 1934, e, come cercherò brevemente di mostrare, e come è ampiamente illustrato nei lavori segnalati in nota 8, ci consente una ricostruzione dettagliata di tutti i passi fatti da Fermi per giungere alla scoperta della radioattività indotta da neutroni, i suoi ritmi di lavoro, le sue scelte metodologiche.

Un lato del quaderno è dedicato a problemi relativi al decadimento  $\beta$ . Dalla prima pagina, fino a pagina 15 troviamo, infatti, calcoli su orbitali atomici che vengono utilizzati per valutare la probabilità che un elettrone proveniente dal decadimento  $\beta$  sia assorbito su un orbitale k. La relativa formula, del tipo «Regola d'oro di Fermi», viene semplificata trattando l'elettrone nell'approssimazione non relativistica, e assumendo che il neutrino emesso abbia energia quasi uguale a quella dell'elettrone.

In figura 1 è riportata la prima pagina di questo lato del quaderno.

Dopo le prime quindici pagine con i calcoli teorici, il quaderno è stato girato nell'altro verso, ed è stato utilizzato per registrare appunti di laboratorio. Questa operazione di capovolgimento del quaderno e gli stessi contenuti teorici ci rafforzano nell'idea che la nuova attività sperimentale di Fermi sia stata dettata da una forte spinta teorica, derivante dalle problematiche connesse con il decadimento  $\beta$ . In questo lato del quaderno vi sono 141 pagine numerate da Fermi, con la prima

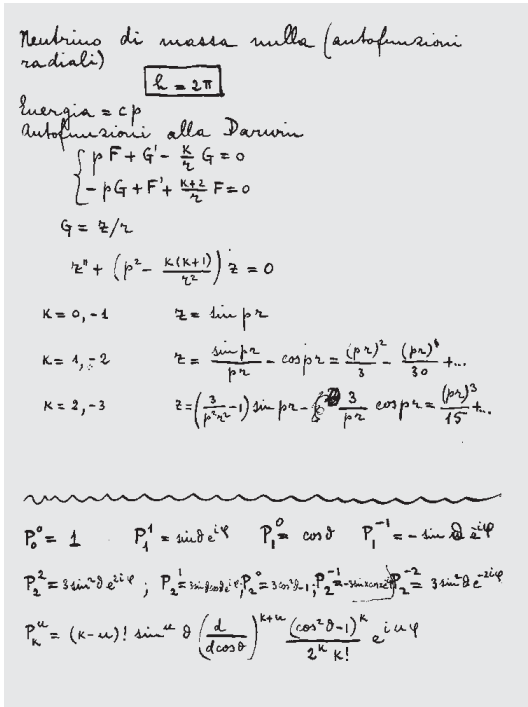


Fig. 1 Dal quaderno di Enrico Fermi trovato ad Avellino.

data, corrispondente al 27 marzo 1934, scritta in cima alla pagina 44 (!), e l'ultima, del 24 aprile, alla pagina 140. Dunque già le date, ma, come vedremo, soprattutto i contenuti, ci consentono di identificare questo quaderno come «il primo quaderno» di Fermi sulla radioattività indotta da neutroni.

Nelle prime 17 pagine di questo lato del quaderno, ritroviamo, infatti, gli schemi elettrici di alcuni circuiti per contatori Geiger, con la ricostruzione delle caratteristiche delle valvole impiegate, e le registrazioni del fondo, effettuate con contatori in varie condizioni di schermaggio e con varie tensioni applicate, in modo da trovare le condizioni ottimali di lavoro. Queste sembrano essere finalmente raggiunte a pagina 17. A questo punto, a partire da pagina 18, iniziano le misure.

Fermi, contrariamente a quanto comunemente creduto, sceglie il Platino come prima sostanza da irradiare. In figura 2 è riportata la pagina 18 del quaderno, relativa a questa sostanza.

Fermi, innanzi tutto, fa una misura del fondo su 35 minuti, ottenendo circa 9.7 conteggi al minuto, nei primi 30 minuti. Quindi irraggia il Platino per 15 minuti. La differenza dei conteggi tra la fine della misura sul fondo (8757) e l'inizio delle misure sul campione di Platino (8923) corrisponde approssimativamente a 17 minuti, giusto il tempo necessario per spostarsi nella stanza dove si trova la sorgente di neutroni, irradiare il campione per 15 minuti e ritornare nella stanza dove si trova il contatore. Infatti, è ben noto che le sorgenti Radon-Berillio, oltre che emettere neutroni, hanno anche un'attività  $\beta$  molto intensa, che avrebbe certamente disturbato il contatore. Di conseguenza sorgente e contatore dovevano essere tenu-

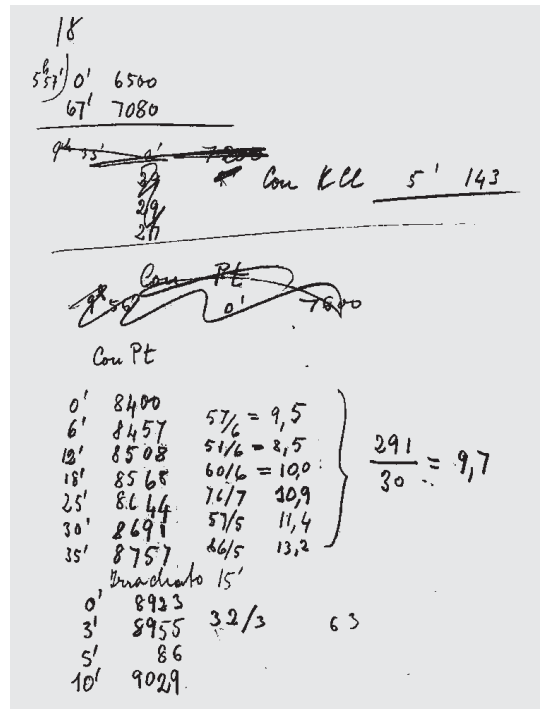


Fig. 2 Dal quaderno di Enrico Fermi trovato ad Avellino.

ti ben separati. Da notare che nell'interpretare queste misure, conoscendo il fondo, abbiamo potuto utilizzare il contatore come l'equivalente di un orologio. I conteggi sul Platino irradiato vengono effettuati a intervalli di 3 minuti, 5 minuti, 10 minuti e non mostrano alcun effetto. I valori riscontrati, infatti, risultano statisticamente equivalenti al fondo.

Immediatamente dopo, a pagina 19, viene studiato l'Alluminio. Si veda la figura 3, che riporta la pagina del quaderno relativa a questo elemento.

Come prima operazione viene misurato il fondo, che risulta di 10.5 conteggi al minuto. Il tempo di irraggiamento non è riportato, ma, sulla base dei conteggi registrati, può essere stimato intorno ai 20 minuti. Qui qualche effetto si vede. Infatti nei primi 5 minuti vengono rilevati 82 conteggi e nei successivi intervalli di 5 minuti rispettivamente altri 74, 59, 57 conteggi, mentre il fondo risultava dare, nello stesso intervallo di tempo, circa 50 conteggi. Nei giorni successivi le misure sull'Alluminio vengono ripetute quattro volte, irradiando l'Alluminio rispettivamente per 12 ore, per 3 ore e 30 minuti, per 90 minuti e infine per 15 ore e filtrando i neutroni attraverso uno spessore di Piombo da 1mm. I risultati sono riassunti a pagina 36. Questa pagina è riportata in figura 4.

Qui l'effetto è pienamente evidente, con un tempo di decadimento stimabile intorno ai 10 minuti, così come è stato comunicato da Fermi nella prima lettera alla «Ricerca Scientifica».

A questo punto, dunque, la radioattività indotta da neutroni, nel caso dell'Alluminio, è un fatto ben stabilito.

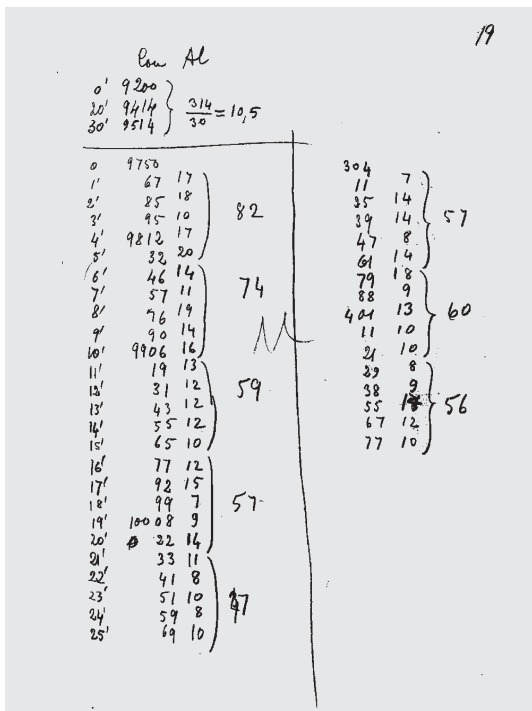


Fig. 3 Dal quaderno di Enrico Fermi trovato ad Avellino.

Proseguendo nell'analisi del quaderno, si potrebbero ricostruire i passi che hanno portato Fermi alla scoperta della radioattività indotta da neutroni anche nel caso del Fluoro, e constatare come alle pagine 35 e 36 del Quaderno, tutte le prove necessarie per l'annuncio nella prima lettera alla «Ricerca Scientifica» siano ormai state raccolte.

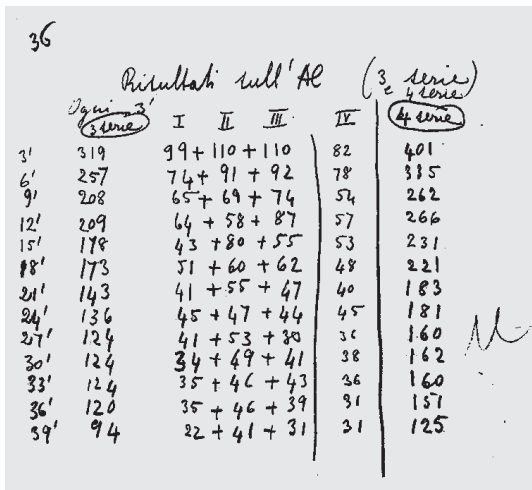


Fig. 4 Dal quaderno di Enrico Fermi trovato ad Avellino.



A questo punto Fermi dava l'avvio a un progetto di grande respiro che riguardava la ricerca sistematica su tutta la tavola periodica. Ne è testimonianza una tabella, riportata da Fermi nelle pagine 37, 38, 39. La prima pagina è riprodotta in figura 5.

In questa tabella, vengono riassunti per tutti gli elementi chimici, sia i risultati raggiunti fino a quel momento, sia quelli riportati nelle pagine successive del Quaderno (si noti il «sì» oppure il «nulla» riportati accanto al simbolo di alcuni elementi). Questi risultati verranno pubblicati da Fermi in due lettere, spedite intorno al 10 aprile 1934, rispettivamente alla «Ricerca Scientifica»<sup>11</sup> e a «Nature»<sup>12</sup>, e, assieme a quelli sull'alluminio e sul fluoro, lo porteranno verso l'assegnazione, nel 1938, del premio Nobel per la Fisica.

Questo quaderno, inoltre, ci fornisce informazioni anche sulla formazione iniziale del gruppo di lavoro che affiancherà Fermi, fino alla fine del 1935, nelle ricerche sulla radioattività indotta da neutroni. Come si può vedere a pagina 48 (si veda la figura 6), a una data corrispondente al 27 marzo (cioè soltanto due giorni dopo la pubblicazione della prima lettera di Fermi alla «Ricerca Scientifica») compare una calligrafia diversa. È quella di Oscar D'Agostino, che, d'ora in poi, entra in scena con un ruolo attivo nelle misure.

1	H	nulla			
2	He				37
3	Li	C	LiNO <sub>3</sub> estrazione	65,66,67	SG
4	Be				
5	B				SG
	C	nulla			
	N		Cianamide CN <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	47	
	O	nulla			71
	F	si			
10	Ne			90,28,29	(di)
	Na			49,56	di
	Mg		Polvere metallica	79,72	SG 5'
	Al	Al	57,60	55,56, 41, 42, 59, 32, 33	di
	Si			45,50,51	di
	P			74,75,76,77, 80,81, 82, 83, 84	di
	S			55,58, 67, 68	SG 5'
	Cl	Cl <sub>2</sub>	CCl <sub>4</sub>		SG
	A				
20	K				
	Ca		Biossido	48	
	Fe				
	Ti		TF Cagliari		
	V				
	Cr		metallo		
	Mn		bruciato	64	
	Fe			49,51,59,63	
	Co		CoO		
	Ni			76	
	Cu	92,93			
30	Zn				
	Ga		Pararossi		
	Gx				
	As		bruciato		
34	Se		metallo		

Fig. 5 Dal quaderno di Enrico Fermi trovato ad Avellino.

<sup>10</sup> Acocella, Guerra e Robotti, *La scoperta della radioattività* cit.

<sup>11</sup> Fermi, *Radioattività indotta da bombardamento di neutroni* cit.

<sup>12</sup> *Ibidem*.

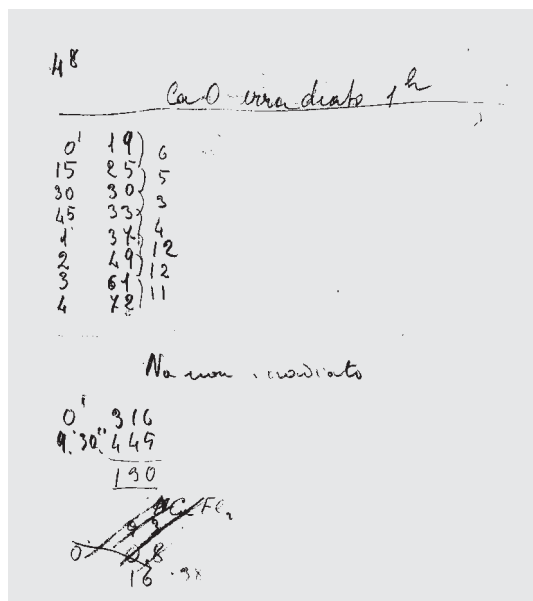


Fig. 6 Dal quaderno di Enrico Fermi trovato ad Avellino.

#### 4. Altri documenti inediti riletti

Nel fondo «Oscar D'Agostino» di Avellino sono conservati anche 18 fogli di quaderno sciolti e parzialmente numerati, che erano stati in precedenza catalogati come «quaderno n° 4». Se questi fogli (in cui compaiono le calligrafie di Fermi, di D'Agostino, e di Segrè) vengono letti alla luce del «primo quaderno di Fermi» si capisce che in essi sono riportate le misure sulla radioattività indotta da neutroni effettuate, da un certo momento in poi, parallelamente a quelle riportate nel «primo quaderno», in particolare dal 7 aprile 1934 fino al 20 aprile. La ragione del perché sono stati usati questi fogli è chiara. In quella data era ormai iniziato un lavoro sistematico sulla tavola periodica, che investiva vari fronti e in cui erano coinvolte più persone; di conseguenza un unico registro di laboratorio non era più sufficiente e occorreva avere almeno un altro posto dove registrare le misure. In realtà questi diciotto fogli facevano parte di un altro quaderno di laboratorio, che abbiamo recentemente identificato all'interno del «Fondo Fermi» della Domus Galilaeana. Si tratta del «Registro A». In questo registro si vede chiaramente che sul davanti non solo sono stati strappati dei fogli, ma che sulla prima pagina è rimasto inciso quanto scritto sull'ultimo dei diciotto fogli conservati ad Avellino (e riportato in figura 7).

Inoltre, come si vede, in basso alla figura 9, è scritto «Fine misure. Quaderno Segrè»: il «Registro A» inizia proprio con la calligrafia di Segrè (si veda figura 8).

Alla luce del «primo quaderno» di Fermi è stato inoltre possibile individuare un'ulteriore testimonianza della prima fase della scoperta. Essa si trova a Roma, in un quaderno di Edoardo Amaldi, custodito nell'«Archivio Amaldi» del Dipartimento di Fisica dell'Università La Sapienza. Questo quaderno, prevalentemente dedicato alla spettroscopia e risalente, come prima data all'ottobre 1933, nella parte fina-

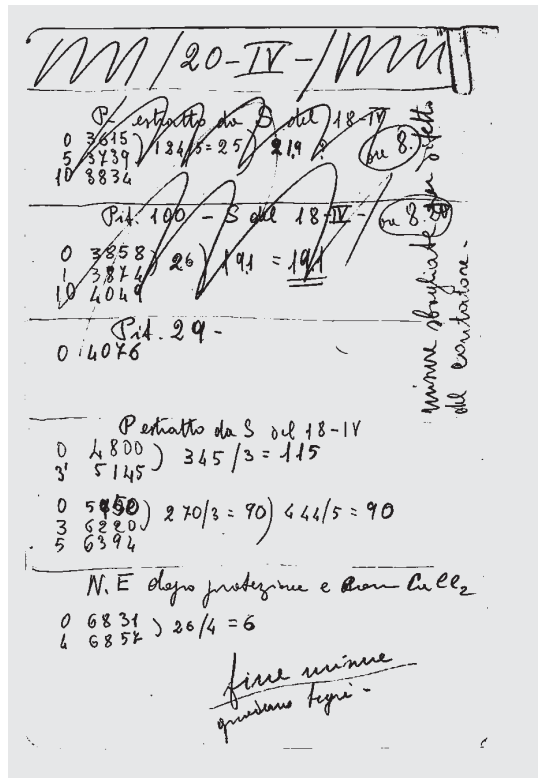


Fig. 7 Dai «fogli» trovati ad Avellino.

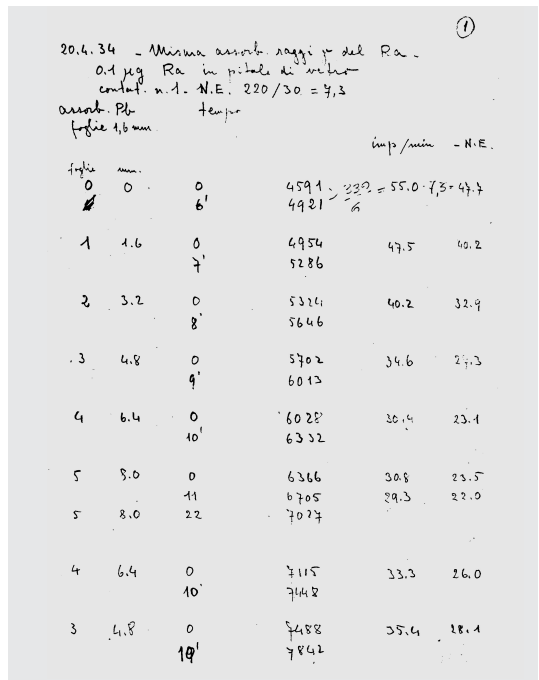


Fig. 8 Dal «Registro A» custodito alla Domus Galilæana.

le, in particolare a partire da pagina 130, contiene una serie di misure sulla radioattività indotta eseguite a partire dal 24 marzo fino al 3 aprile. Analizzando queste misure ci si accorge che si tratta di misure effettuate in parallelo a quelle trascritte sul «primo quaderno». Inizialmente la scrittura è solo quella di Fermi (si veda la figura 9), mentre il 3 aprile compare quella di Amaldi, a testimonianza della nuova collaborazione (che alla luce di questi documenti si colloca tra quella di D'Agostino e quella di Segrè).

Insomma, il «primo quaderno» di Fermi, assieme ai 15 fogli staccati e a queste pagine del quaderno di Amaldi rappresentano una fonte unica di materiale inedito, che fornendoci un quadro completo della prima fase di ricerca, ci consente una ricostruzione fedele di questa grande scoperta di Fermi.

### 5. Conclusione

Il «primo quaderno» di Fermi sulla radioattività indotta è un tipico quaderno di laboratorio, in cui sono annotati i dati sperimentali senza commenti o spiegazioni, che testimonia il momento della scoperta. E proprio nel far questo, ci fa capire che la storia di questa scoperta va riscritta.

Quarzo irradiato		Alluminio irradiato	
0'	1393	0'	1873
1'	1458 65	3'	1984
2'	1517 59	6'	2076 } 111
3'	1564 47	9'	2158 } 92
4'	1592 28	10'	2222 } 82
5'	1618 26	15'	2272 } 64
6'	1640 22	18'	2319 } 50
7'	1657 17	21'	2369 } 47
8'	1675 13	24'	2409 } 50
9'	1683 8	27'	2439 } 40
10'	1693 10	30'	2479 } 30
11'	1701 8	32'	2586 } 40
12'	1710 9		107 $\frac{3}{4}$ ) 80
13'	1717 7		
14'	1729 12		
15'	1738 9		
16'	1746 8		
17'	1751 5		
18'	1756 5		
19'	1762 6		
20'	1773 11		
20	1848 $\frac{75}{10}$ 7,5		

Fig. 9 Dal quaderno di Edoardo Amaldi custodito all'Università La Sapienza di Roma.

Nello stesso tempo, l'analisi di questo quaderno solleva una serie di questioni.

Perché Fermi ha iniziato la sua ricerca di una radioattività indotta con il platino, ha proseguito con l'alluminio, con il piombo, con il fluoruro di calcio, fino a che non ha trovato un effetto positivo con l'alluminio e con il fluoro?

Perché, di fronte a una radioattività prodotta nel fluoruro di calcio, ha deciso che era il fluoro e non il calcio ad attivarsi?

È solo casuale che da un lato del quaderno ci siano i calcoli teorici sulla teoria del decadimento  $\beta$  e dall'altro lato l'inizio di un'attività sperimentale volta alla ricerca di un'attività artificiale di tipo  $\beta$ -?

Perché Fermi faceva misure anche filtrando i neutroni in spessori di piombo e di rame? Esiste un legame tra queste misure e la successiva scoperta del 20 ottobre 1934 dell'effetto del rallentamento dei neutroni?

Su queste domande stiamo da tempo studiando e presto daremo una prima risposta.

### ***Ringraziamenti***

Voglio ringraziare la Fondazione «Oscar D'Agostino» di Avellino, la Domus Galilæana di Pisa e il Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma La Sapienza per avermi concesso l'opportunità di consultare i loro fondi archivistici e di riprodurre parte dei documenti conservati.