

Un articolo esclusivo del fisico Vergara Caffarelli

Che cosa ho letto di nuovo nella tesi di Fermi

L di Roberto Vergara Caffarelli*

La tesi autografa è ora nelle mani degli studiosi. Un cognome sbagliato (Terzi invece di Fermi) l'ha nascosta per anni alle nostre ricerche. Ma dalla cronaca della mia fortunata scoperta vorrei passare a un primo, sommario esame dei contenuti.

Il titolo, anzitutto: *Studi sopra i raggi Röntgen*. Più sotto, su due righe: Tesi di laurea in fisica - di Enrico Fermi. La tesi è ripartita in quattro capitoli, suddivisi in paragrafi. A destra del testo, Fermi lascia un largo margine per inserirvi, come nei vecchi libri, di volta in volta, una nota riassuntiva dell'argomento. Di queste note in margine il primo capitolo ne ha ben 81 e se le scrivo tutto di seguito avremmo già un ampio riassunto: *Scoperta dei raggi X - Metodo fotografico fluoroscopico per rivelarli - Propagazione rettilinea - Metodo della camera di ionizzazione per rivelare i raggi X - e i suoi vantaggi - Tubi per raggi X - Ipotesi sopra la natura dei raggi X - Loro indeviabilità in campi elettrici e magnetici - Criptocrosi di Barkla - e radia-*

zioni caratteristiche - Serie K, L ... - L'ipotesi ondulatoria - e primi tentativi di verificarla - Struttura reticolare dei cristalli secondo Bravais - Esperienza di Laue - e sue conclusioni - Metodo di Bragg della riflessione - Applicazione del metodo di Bragg allo studio delle radiazioni - e dei cristalli - Misure assolute e relative delle lunghezze d'onda. Costituzione degli spettri d'alta frequenza.

Dobbiamo smettere perché già con le note riempiamo tutta la pagina. Ogni capitolo è preceduto da un titolo: «I raggi Röntgen» - «Sulla teoria dell'influenza dell'agitazione termica sopra la diffrazione dei raggi Röntgen nei cristalli» - «Struttura delle righe riflesse da lamine sottili» - «Sulla formazione di immagini coi raggi Röntgen per mezzo della riflessione sopra lamine di mica curve». Il primo capitolo, che Fermi nella lettera al collega Enrico Persico (vedi box) del 20 marzo 1922

chiama monografico preannuncia la successiva pubblicazione, coincide con minimi cambiamenti, dovuti soprattutto alla soppressione di alcune figure con la pubblicazione che apparve nello stesso anno e con lo stesso titolo su *Il Nuovo Cimento*.

In questa rivista l'anno successivo Fermi pubblica anche l'ultimo capitolo della tesi, con un titolo semplificato: «Formazione di immagini coi raggi Röntgen». Nel secondo capitolo, inedito, apparso in questi giorni per la prima volta ai nostri occhi, Fermi osserva che Debye aveva preso in esame l'influenza termica sulla diffrazione, usando la stessa rappresentazione dei moti termici che aveva condotto Einstein alla sua formula per il calore specifico dei

corpi solidi. Il modello di Debye e di Einstein era quello di atomi attratti verso la posizione di equilibrio da forze quasi elastiche incoerenti. D'altra parte, Debye aveva migliorato la teoria di Einstein dei calori specifici, ideando una teoria del moto termico dei corpi solidi e dei calori specifici che concordava assai meglio con i dati sperimentali. Fermi si decide a correggere Debye, utilizzando la stessa teoria di Debye, cioè partendo dalla teoria di Debye dei moti termici dei corpi solidi, si propone di perfezionare la teoria di Debye sopra la diffrazione.

Per prima cosa deduce le formule per l'ampiezza riflessa da un cristallo e subito dopo quelle per l'intensità, di cui calcola il valore medio. Discute l'effetto delle onde elastiche longitudi-

Debye aveva trovato il potere risolutivo indipendente dalla temperatura, che ha come unico effetto la diminuzione dell'intensità della riga, che rimane costantemente nitida al variare della temperatura. Fermi trova che una dipendenza del potere risolutivo esiste, ma per temperature elevate è mascherata dalla diminuzione generale dell'intensità, mentre a temperature basse è molto piccola, perché è piccola l'irregolarità termica del reticolo atomico.

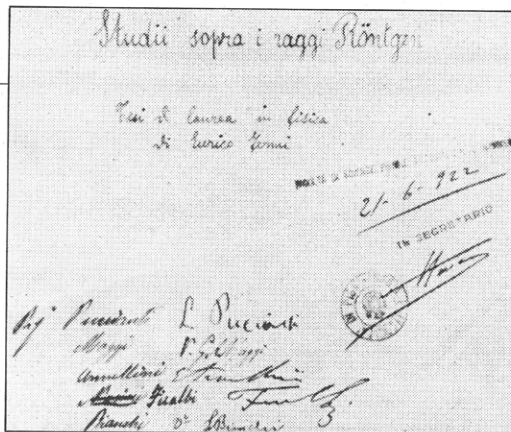
Occorrerebbe l'uso di lunghezze d'onda assai piccole per percepire le irregolarità prodotte dai moti a bassa temperatura. È questa l'unica possibilità di verifica sperimentale della teoria.

Si può ipotizzare che non potendo realizzare tale verifica, secondo un stile che sempre mantenne in seguito, Fermi abbia per questo rinunciato alla pubblicazione sia del secondo capitolo sia del terzo. Infatti Fermi, che era giudice severo anche di se stesso, all'amico Persico nella lettera del marzo 1922 scrive che il programma della sua tesi era modesto, ma in compenso aveva il pregio di essere quasi totalmente eseguito. Il terzo capitolo tratta della

struttura delle righe riflesse da lamine sottili. Studia anzitutto la riflessione delle onde sferiche; calcola poi l'intensità delle onde riflesse; esamina i due casi delle lamine spesse e delle lamine sottili.

Dall'analisi teorica Fermi individua una struttura fine delle onde riflesse, che dovrebbe avere larghezza alquanto inferiore al decimo di millimetro: questa struttura fine potrebbe servire per una misura grossolana del numero di Avogadro. Non ritiene però osservabile il fenomeno, data la larghezza eccessiva della fenditura con la quale si è costretti a operare. Studia poi il potere risolutivo e l'ottimizzazione dello spessore delle lamine. Cita infine alcune esperienze fatte da lui e spiega le ragioni del loro insuccesso.

* Docente di Relatività e storia della Fisica all'Università di Pisa



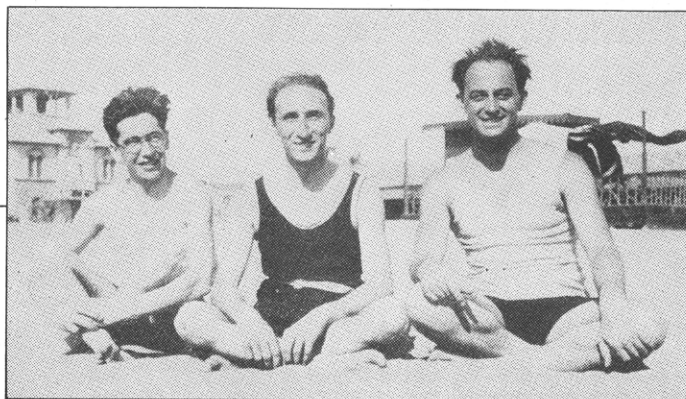
U
18

In alto, il frontespizio della tesi di laurea di Enrico Fermi. Qui accanto, da sinistra, Emilio Segrè, Enrico Persico e Fermi sulla spiaggia di Ostia nel 1927

Caro amico ti scrivo...

Dalle lettere all'amico d'infanzia Enrico Persico, pubblicate nella seconda edizione della biografia scritta da Segrè per Zanichelli, sappiamo che Fermi già all'inizio del secondo anno universitario pensava alla tesi. L'argomento doveva essere «sull'effetto fotoelettrico dei gas». Ma giunto a metà anno accademico, siamo nel maggio del 1920, lo studente si dichiara interessato ai fenomeni di diffrazione dei raggi X nei cristalli, che voleva ricolligere alla teoria statistica. Da come scrive all'amico Persico sembra che il suo professore Luigi Puccianti gli avesse lasciato completa libertà di iniziativa. Franco Rasetti, che con Nello Carrara compose il primo gruppo di ricerca capeggiato da Fermi, dice che avevano carta bianca e che potevano servirsi liberamente della biblioteca e degli strumenti.

Carrara, che un anno prima di Fermi aveva preparato una tesi dal titolo *Cristalli e raggi X*, afferma invece che l'argomento gli fu dato da Puccianti. Si deve credere che in realtà ci fu un confluire di interessi e che questo campo di ricerca fosse suggerito anche da Puccianti che aveva già dato una tesi nel 1917 dal titolo *Sui più recenti mezzi di produzione di raggi Röntgen*. Egli, che fin dal 1920 aveva fatto comparire vari libri sull'argomento (che poi Fermi cita nella sua tesi), nel marzo 1921, cioè al momento giusto, fece acquistare la pompa rotativa a mercurio Cacciari, tipo Gaede, che costò ben



1.350 lire. Con questa pompa il gruppo di Fermi poté utilizzare tubi di raggi X fatti fare appositamente; tubi che avevano la possibilità di essere raffreddati, avevano un vuoto controllato dalla pompa Cacciari e soprattutto avevano una finestrina in alluminio che eliminava il problema dell'assorbimento dei raggi da parte del vetro.

Prima dell'arrivo della pompa Cacciari, nel novembre 1920 Fermi aveva già cominciato, lui e i suoi collaboratori, il lavoro sperimentale, con i normali tubi di raggi Röntgen marca Focus usati in medicina, che, essendo chiusi, avevano un vuoto prefissato, e un antiscudo che non poteva essere cambiato. Siamo proprio nel periodo in cui Nello Carrara inizia la sua tesi. Carrara è felice di riconoscere che nello scrivere l'ampia introduzione teorica della sua tesi fu aiutato moltissimo da Fermi, ma è anche orgoglioso di dire che quasi tutti i dispositivi sperimentali usati poi da Fermi erano stati costruiti e fatti funzionare da lui l'anno prima, con l'aiuto costante di Puccianti, abilissimo sperimentatore.

nali e di quelle trasversali e infine decide di semplificare le formule supponendo che le velocità di propagazione dei due tipi di onde siano tra di loro uguali. Con questa semplificazione Fermi ottiene un risultato differente da quello ottenuto da Debye, e cioè che la intensità media dipende dalla distanza degli atomi. Dopo questo risultato Fermi esamina la dipendenza della sua formula dalla temperatura T. Quando T è molto grande, la formula si semplifica: rimane significativo solo un termine indipendente dalla distanza e si ottiene la formula già trovata da Debye. Quando invece la temperatura è bassa, si vede che l'intensità media decresce rapidamente al crescere della distanza tra gli atomi. Dalle sue formule Fermi ottiene anche la variabilità del potere risolutivo a bassa temperatura.