MICHELANGELO DE MARIA, ANTONIO RUSSO (*)

La scoperta del positrone

La scoperta del positrone (1932) segna una svolta importante nella storia della fisica dei raggi cosmici, contribuendo a spostare l'interesse principale nello studio della radiazione penetrante, dalla problematica di tipo cosmologico-astrofisico a quella relativa alle interazioni tra i costituenti fondamentali della materia e della radiazione. Al fisico americano C. D. Anderson spetta la priorità della scoperta della nuova particella; all'inglese P. M. S. Blackett e all'italiano G. P. S. Occhialini va attribuita, d'altra parte, la scoperta degli sciami elettrofotonici e il riconoscimento del legame con la teoria di Dirac. L'analisi critica di queste due diverse e indipendenti scoperte del positrone è l'oggetto di questa comunicazione.

Nel 1930 Anderson ebbe assegnato da Millikan il compito di misurare le energie di raggi cosmici per mezzo di una camera di Wilson associata a un potente magnete. Questa linea di ricerca si inquadrava in un programma più vasto avviato quell'anno da Millikan per trovare conferme all'ipotesi elettromagnetica sulla natura della radiazione primaria e alla sua teoria circa l'origine di questa. Le prime fotografie significative furono ottenute da Anderson nell'autunno del 1931, e queste mostravano un fenomeno del tutto inaspettato. Si osservava infatti la produzione, da parte dei raggi cosmici, di particelle positive in numero pressoché uguale a quello degli elettroni. L'interpretazione immediata di tale fenomeno, discusso per la prima volta da Millikan nel novembre 1931, nel corso di un ciclo di conferenze in Europa, fu che i raggi cosmici interagivano con i nuclei atomici provocando così l'espulsione di protoni.

Nei mesi successivi si accumularono però nuovi dati che mettevano in dubbio l'ipotesi che le particelle positive fossero dei protoni. C'era una contraddizione infatti tra l'energia delle particelle, misurata attraverso il raggio di curvatura nel campo magnetico, e la densità di ionizzazione prodotta nel passaggio attraverso la camera. La contraddizione veniva meno se si attribuiva alle particelle una massa pari a quella dell'elettrone. In questo caso però occorreva ipotizzare l'esistenza di elettroni di carica positiva oppure supporre che le tracce osservate fossero dovute a elettroni in moto dal basso verso l'alto. Un secondo elemento di contraddizione derivava dal fatto che le energie misurate in alcuni dei processi osservati risultavano molto maggiori di quelli compatibili con la

(*) M. De Maria, Dipartimento di Fisica, Università di Roma « La Sapienza »; A. Russo, Istituto di Fisica, Università di Palermo.

teoria di Millikan. Si ebbe così un contrasto tra Anderson e Millikan, il primo interessato soprattutto a investigare senza preconcetti la nuova fenomenologia, il secondo deciso a riportare i nuovi risultati nel quadro della sua teoria.

Negli articoli pubblicati in quel periodo Anderson fu costretto ad accettare l'impostazione del suo capo, ma non rinunciò a studiare ulteriormente il problema delle particelle positive. In particolare egli inserì una lastra di piombo nella camera, al fine di ottenere un informazione non ambigua sulla direzione del moto. Il 2 agosto 1932 ottenne finalmente il risultato aspettato: la traccia di una particella di massa uguale a quella di un elettrone e la cui traiettoria attraverso la lastra rivelava inequivocabilmente una carica positiva. Questa fotografia, insieme ad altre due, fu descritta da Anderson in una lettera a *Science*: « For the interpretation of these effects it seems necessary to call upon a positively charged particle having a mass comparable with that of an electron ». Nessun commento o tentativo di interpretazione teorica di tale risultato venne proposto in questa lettera, la quale peraltro non suscitò alcuna reazione significativa. Lo stesso Millikan, impegnato in quei giorni nella sua polemica con Compton a proposito dell'effetto di latitudine, si limiterà a ripetere che tali particelle vengono emesse in seguito all'interazione dei raggi cosmici con i nuclei atomici.

In quegli stessi giorni la rivista inglese *Nature* pubblicò una lettera di Blackett e Occhialini con la descrizione di una nuova tecnica sperimentale per lo studio dei raggi cosmici: una camera di Wilson azionata dalla scarica in coincidenza di due contatori Geiger posti l'uno sopra e l'altro sotto la camera. Occhialini era arrivato al Cavendish Laboratory nel luglio 1931, con una borsa di studio per tre settimane. Sarebbe rimasto fino alla primavera del 1934. Il compito del giovane ricercatore del gruppo di B. Rossi era quello di imparare la tecnica della camera di Wilson, di cui Blackett era uno dei massimi esperti. La « *counter controlled cloud chamber* » fu il frutto della collaborazione tra i due, in cui Occhialini avrebbe portato la tecnica dei contatori Geiger in coincidenza sviluppata da Rossi, insieme alla problematica dei raggi cosmici, fino ad allora estranea agli interessi del Cavendish.

Vari elementi contribuirono alla riscoperta del positrone da parte della coppia del Cavendish, che qui possono solo essere elencati schematicamente.

Un primo elemento è costituito dagli esperimenti di F. Joliot e I. Curie, a Parigi, e di J. Chadwick, al Cavendish, sulla radiazione prodotta dal bombardamento del berillio con i raggi alfa del polonio. In questa radiazione, come è noto, Chadwick scoprì, nel febbraio 1932, la presenza dei neutroni. Nella stessa radiazione sono presenti fotoni di alta energia, il cui passaggio attraverso la materia provoca l'emissione di elettroni. Tra le tracce osservate in camera di Wilson Joliot e Curie ne avevano trovate alcune che, dalla densità di ionizzazione e dal segno della curvatura, sembravano essere dovute a elettroni in moto verso la sorgente.

Un secondo elemento è costituito dagli esperimenti di L. H. Gray e G. T. P. Tarrant sull'interazione dei raggi gamma di alta energia con la materia, tendenti a verificare la validità della formula di Klein-Nishina. I risultati mostravano che

per energie superiori a 1.5-2 MeV l'assorbimento della radiazione era maggiore di quello previsto dalla teoria e si manifestava inoltre la presenza di una radiazione diffusa la cui distribuzione energetica era indipendente dalla natura del materiale assorbente e presentava due picchi per valori pari a circa 0.5 e 1 MeV. Inoltre si aveva sempre una differenza di energia di circa 1 Mev tra i fotoni primari e i prodotti delle loro interazioni.

Il terzo elemento, infine, che va ricordato è la teoria di Dirac, che Blackett era uno dei pochi a considerare seriamente. Lo stesso Dirac ebbe lunghe discussioni con i due sperimentali circa il loro lavoro, offrendo l'aiuto della sua competenza teorico-matematica.

Tra la fine del 1932 e l'inizio del 1933 l'apparato messo a punto da Blackett e Occhialini cominciò a fornire i primi risultati significativi e i diversi tasselli del mosaico trovarono così la loro giusta collocazione. Il 16 febbraio 1933, alla Royal Society, i due fisici presentarono le splendide fotografie ottenute grazie alla loro tecnica, in cui poteva riconoscersi la particella già osservata da Anderson, cui peraltro venne esplicitamente attribuita la priorità della scoperta. Nella comunicazione la complessa fenomenologia connessa alla produzione degli elettroni negativi e degli sciami venne discussa in tutti i suoi aspetti, con esplicito riferimento alla teoria di Dirac, nonché agli esperimenti sull'assorbimento anomalo dei raggi gamma e agli strani elettroni « retrogradi » osservati da Joliot e Curie.

A differenza della nota di Anderson di cinque mesi prima, la comunicazione di Blackett e Occhialini creò enorme sensazione dentro e fuori della comunità scientifica. Il giorno stesso della comunicazione un telegramma del direttore dell'agenzia *Science Service* informò Anderson, il quale si affrettò a pubblicare le sue fotografie del positrone su *Physical Review*, precedendo così la pubblicazione dell'articolo di Blackett e Occhialini sui *Proceedings of the Royal Society*. In quell'articolo, in cui Anderson, ancora ignaro del contenuto completo della comunicazione della coppia del Cavendish, non fa alcun riferimento alla teoria di Dirac, venne introdotto per la prima volta nella letteratura scientifica il termine positrone, suggerito nello stesso telegramma di *Science Service*. La raccomandazione del fisico americano di usare il termine « negatrone » per l'elettrone negativo, invece, come è noto, non ebbe successo.

Malgrado l'iniziale scetticismo di Bohr circa la validità dei risultati del Cavendish, l'esistenza dei positroni e la sua identificazione con i « buchi » della teoria di Dirac fu presto confermata da altri esperimenti. In particolare, fu osservata da vari ricercatori la produzione di coppie elettrone-positrone da parte di raggi gamma di alta energia, escludendo così che i positroni fossero prodotti da neutroni (una possibilità suggerita da Blackett, Occhialini e Chadwick, probabilmente per influenza di quest'ultimo). Nello stesso tempo la scoperta della nuova particella stimolò il lavoro dei teorici, con la collocazione del positrone e degli sciami nel quadro teorico della nuova elettrodinamica quantistica. La fisica dei raggi cosmici diventava così il principale banco di prova sperimentale della fisica delle alte energie, cessando di essere, come in precedenza, « fisica cosmica ».