

# Lo scienziato che visse tre volte

Luisa Bonolis e Luciano Maiani

Da via Panisperna all'Unione Sovietica inseguendo due grandi passioni: la fisica delle particelle e la politica. Il pisano con gli «occhi da buono», nato cento anni fa, attraversò i momenti cruciali del Secolo Breve. Lasciandovi il segno

**B**runo Pontecorvo ha vissuto tre grandi epoche del Novecento: è stato uno dei ragazzi di via Panisperna a Roma, col fantastico gruppo di giovani fisici guidati da Enrico Fermi. Poi ha vissuto la Guerra Fredda oltre la “cortina di ferro”, diventando protagonista e testimone della fase in cui la scienza e la tecnologia dell'Unione Sovietica sembravano prevalere sul mondo occidentale. Infine ha vissuto la caduta del “socialismo reale”, la sparizione del sistema sovietico e della stessa URSS. Il tutto in ottant'anni di vita (era nato a Pisa nell'agosto del 1913, morto a Dubna, Russia, nel settembre del 1993 e dunque questo è l'anno del suo centenario) attraversati con un carattere timido e «gli occhi da buono», come diceva di lui sua madre. E lasciando intuizioni e scoperte che ne fanno uno dei grandi scienziati del XX secolo.

Pontecorvo arrivò giovanissimo a Roma da Pisa, spinto dal fratello maggiore, Guido, che sarebbe poi diventato, in Inghilterra, un affermato biologo. La personalità di Fermi lo colpì profondamente, sarebbe stato la sua stella polare per tutta la vita, e fu arruolato nel gruppo che avrebbe scoperto la radioattività indotta dai neutroni lenti, la porta verso lo sfruttamento dell'energia nucleare, a scopi pacifici e non.

La seconda personalità che segnò profondamente il giovane Bruno fu Frédéric Joliot-Curie, grande scienziato, premio Nobel insieme alla moglie Irène Curie per la scoperta della radioattività artificiale, ma anche uomo di sinistra profonda-

mente impegnato. La stessa Irène nel 1936 fu sottosegretario di Stato alla ricerca scientifica nel governo del Fronte Popolare di Leon Blum, tra le prime a far parte di un governo francese in un'epoca in cui le donne non avevano ancora diritto di voto.

Pontecorvo era arrivato in Francia nel 1936 con una borsa del Ministero dell'Educazione Nazionale, e lì si era fermato fino al 1940. Ma dalla Francia dovette fuggire, lui, ebreo, sotto l'incalzare dell'avanzata nazista: in bicicletta da Parigi a Tolosa, insieme al fratello minore Gillo, poi in treno attraverso la Spagna con la moglie e il primo figlio Gil, poi in piroscalo da Lisbona a New York.

A Parigi, Bruno aveva intrapreso ricerche autonome e originali sulla nascente fisica nucleare ed era entrato, con fervore, nell'impegno politico legandosi al Partito Comunista Italiano in esilio. A quell'epoca viene fortemente influenzato da suo cugino Emilio Sereni, anch'egli in esilio come moltri altri antifascisti italiani: «Ho cominciato a vedere cose che prima non vedevo, e soprattutto mi sono convinto che ognuno di noi doveva fare qualcosa per cambiare il mondo», racconta Bruno alla Mafai. Parigi è anche il grande crocevia, di chi parte e di chi ritorna dalla Spagna, dove si organizza il reclutamento dei volontari accorsi in difesa della Repubblica dopo lo scoppio della guerra civile spagnola: «Qui ho cominciato a capire nella pratica cosa era il fascismo e cosa era il socialismo o almeno ho creduto di ca-



Bruno Pontecorvo alla fine degli anni Sessanta. Foto: famiglia Bruno Pontecorvo.

pirlo. La Spagna, la guerra di Spagna ha deciso per me da che parte stare, per tutta la vita».

Fisica e passione politica sono le due linee parallele che hanno segnato profondamente la vita di Pontecorvo. Non a caso, al secondo figlio, nato nel 1944, Bruno ha dato i nomi di Tito Niels, in onore di Josip Broz Tito, organizzatore della guerra di liberazione della Jugoslavia, e di Niels Bohr, il creatore della fisica atomica e uno dei padri della meccanica quantistica.

Negli Stati Uniti, impiegato in un'azienda per le ricerche petrolifere, Bruno inventa un metodo di prospezione basato sulla diffusione dei neutroni che è ancora in uso. Passato in Canada, a Montreal e poi a Chalk River, partecipa alla ideazione e costruzione del primo reattore a uranio naturale moderato con acqua pesante, una filiera tutt'oggi impiegata in Canada. Ma è nell'incontro con la fisica delle

particelle elementari che Pontecorvo dispiega il suo talento, una straordinaria capacità di porsi domande non convenzionali e una altrettanto straordinaria comprensione della fisica sperimentale che gli permette di immaginare gli esperimenti capaci di trovare le soluzioni. Miriam Mafai, che ha scritto un bel libro sulla sua vita (Mafai M., *Il lungo freddo*, Mondadori) gli avrebbe chiesto molti anni dopo «quale credi sia la tua maggiore qualità?» e Bruno risponde, in tutta semplicità, «come fisico, credo di aver avuto un po' di fantasia».

Il primo contributo alla fisica delle particelle di Bruno riguardava la natura del cosiddetto mesotrone, una particella di massa intermedia tra quella dell'elettrone e quella del protone, scoperta da Carl Anderson e Seth Neddermeyer nel 1936. L'opinione prevalente era che il mesotrone, oggi noto col nome di "muone", fosse la particella

Bruno Pontecorvo con il fratello Gillo a Mosca nel 1961. Foto: famiglia Gillo Pontecorvo.



predetta all'inizio degli anni Trenta dal fisico giapponese Hideki Yukawa come responsabile del legame dei protoni e dei neutroni dei nuclei atomici. Ma un esperimento effettuato da tre giovani fisici italiani, Marcello Conversi, Ettore Pancini e Oreste Piccioni, nella Roma città aperta del 1945 mostrò che il muone non poteva essere la particella di Yukawa per la scarsa probabilità con cui veniva assorbito dai nuclei atomici leggeri. Mentre il mondo scientifico si interrogava su dove e come si potesse trovare il vero mesone di Yukawa (fu scoperto nello stesso anno da Cesare Lattes, Giuseppe Occhialini e Cecil Powell nella radiazione cosmica ad alta quota), Pontecorvo si pose un'altra domanda: qual è la vera natura del muone? A partire dal risultato dei tre italiani, Pontecorvo mostrò, nel 1947, che il muone (il "mu") è un fratello pesante dell'elettrone e che, proprio come l'elettrone, è soggetto alle forze deboli scoperte da Enrico Fermi negli anni Trenta e responsabili della disintegrazione di alcuni nuclei con emissione di un elettrone e un neutrino. Anzi, i calcoli di Bruno indicavano che le forze deboli sono "universali", hanno cioè la stessa intensità per particelle diverse come il mu, l'elettrone e il protone: proprio come avviene per l'intensità delle forze elettriche, che tra queste particelle sono uguali (a meno del segno) dato che esse hanno cariche elettriche uguali (a meno del segno).

## La svolta

Con il suo lavoro del 1947, Pontecorvo aveva aperto un campo di ricerca cui hanno contribuito i maggiori fisici contemporanei, inclusi Nicola Cabibbo e molti altri italiani, e che si sarebbe concluso solo ai nostri giorni, con la possibile scoperta del bosone di Higgs e l'unificazione delle forze deboli ed elettromagnetiche.

Lo studio della particella mu portò Pontecorvo a interessarsi del neutrino, una particella la cui esistenza era stata ipotizzata da Pauli all'inizio degli anni Trenta, per spiegare l'apparente non conservazione dell'energia nel decadimento di nuclei radioattivi con emissione di elettroni. Per molte persone sensate di quel tempo, occuparsi di neutrini era un po' come ragionare sul sesso degli angeli. Si pensava che una particella capace di attraversare spessori di materia di diversi anni luce, secondo un calcolo di Bethe e Peierls, non sarebbe mai stata rivelata dai nostri apparati, e quindi non valeva la pena di porsi troppe domande sulla loro natura.

Ma Pontecorvo, a Chalk River, sapeva bene che un reattore nucleare, a partire dai neutroni che ne costituiscono il "motore", produce una quantità di neutrini assolutamente straordinaria. Quindi, la probabilità che qualcuno di questi produca delle reazioni visibili non è poi così evanescente. In particolare, propose Pontecorvo nel 1945, un neutrino avrebbe potuto trasformare un nucleo di Cloro in nucleo instabile di Argon. Estrahendo chimicamente l'Argon dal Cloro e misurando il numero di atomi prodotti si sarebbe potuto risalire alle interazioni dei neutrini. Il metodo si sarebbe poi anche rivelato una via per

stabilire se quelli emessi dai reattori nucleari fossero neutrini o antineutrini.

Pontecorvo ne parla con Pauli, che vede con favore l'idea di Pontecorvo, mentre Fermi non si entusiasma pensando che ci vorranno decenni per mettere a punto il metodo: Don Chisciotte non era un eroe di Fermi, scriverà più tardi Emilio Segrè. In ogni modo, Pontecorvo inizia a organizzare il laboratorio in Canada per esplorare la fisica del neutrino.

Ma il problema dei neutrini si intreccia con una svolta drammatica nella sua vita, che ha sollevato per anni sospetti e controversie. Ritornato in Inghilterra nel 1948 per lavorare al centro atomico di Harwell e poi chiamato a coprire una cattedra di fisica all'università di Liverpool, Pontecorvo sparisce con moglie e figli nell'estate del 1950, per ricomparire, cinque anni dopo, nell'Unione Sovietica, come scienziato saldamente inserito nell'establishment scientifico del paese. Le autorità occidentali e la comunità scientifica si interrogarono a lungo: spia atomica in fuga? Oppure scelta di campo motivata ideologicamente, completamento della sua traiettoria verso la sinistra iniziata negli anni di Parigi?

La dedizione di Pontecorvo alla fisica delle particelle, le testimonianze dei fisici che sono venuti in contatto con lui nell'Unione Sovietica e il suo spessore morale depongono decisamente a favore della seconda ipotesi. La lunga intervista che Pontecorvo stesso concede a Miriam Mafai dopo il suo ritorno in Italia del 1978 porta molti elementi convincenti in questa direzione. Né gli argomenti evocati nel libro di Simone Turchetti, (S. Turchetti, *Il caso Pontecorvo*, Sironi editore) che indaga negli archivi dei servizi segreti, portano elementi concreti a favore della prima ipotesi. Tutto sommato, sembra ancora appropriato il giudizio che dava Fermi, che di segreti atomici se ne intendeva, «la mia impressione è che il suo contributo ai lavori dei sovietici non verrà tanto dalle cose di cui può essere venuto a conoscenza in Canada o a Harwell, quanto piuttosto dalla sua competenza scientifica in genere».

Nell'Unione Sovietica di quegli anni stava partendo il programma nella fisica delle particelle, in competizione con gli Stati Uniti e l'Europa, e la creazione di grandi installazioni scientifiche, in particolare i Laboratori di Dubna che Pontecorvo ha diretto per decenni. A questo programma, Pontecorvo ha sicuramente contribuito con il suo prestigio scientifico, le idee, la formazione di nuove leve. Proprio a Dubna, Pontecorvo produce dei risultati di importanza fondamentale nella fisica dei neutrini.

Il primo di questi riguarda la possibilità che il muone e l'elettrone siano associati a due diversi tipi di neutrini. Era

« Ho cominciato a vedere cose che prima non vedevo, e soprattutto mi sono convinto che ognuno di noi doveva fare qualcosa per cambiare il mondo »



Pontecorvo con la fisica francese Jeanne Laberrigie-Frolow a Dubna nel 1964. Foto: famiglia Bruno Pontecorvo.

un'ipotesi che circolava tra i fisici teorici alla fine degli anni Cinquanta: anche Raoul Gatto e Nicola Cabibbo in Italia l'avevano proposta. Pontecorvo, nel 1959, propose il metodo adatto a rivelare sperimentalmente questa differenza, basato su un acceleratore di protoni di alta intensità e alta energia allora in progetto a Dubna. Sarebbe stato possibile, con questa macchina, produrre dei fasci di neutrini che originano dalla disintegrazione dei mesoni di Yukawa, ciascun neutrino in associazione con un muone. Si doveva cercare di osservare gli elettroni o i muoni prodotti nell'interazione di questi neutrini con la materia: se il neutrino muonico è distinto da quello dell'elettrone, si sarebbero osservati solo muoni e non elettroni. La macchina a Dubna poi non si fece. L'esperimento fu eseguito nel 1962 a Brookhaven, USA, da Leon Lederman, Mel Schwarz e Jack Steinberger che in effetti osservarono solo muoni e per questo conseguirono il Premio Nobel, nel 1988.

### Le particelle venute dal Sole

Il secondo settore cui Pontecorvo ha contribuito in modo determinante è quello dei neutrini provenienti dal Sole, anch'esso, come i reattori nucleari, una potente sorgente di queste elusive particelle, come aveva sottolineato Pontecorvo fin dal 1945. Questi neutrini si producono nelle diverse reazioni di fusione dei nuclei leggeri da cui proviene l'energia emessa dalla nostra stella.

L'esperimento per osservare i neutrini dal Sole fu eseguito da Raymond Davis negli Stati Uniti, in una miniera a grande profondità per ridurre la radiazione di fondo dovuta ai raggi cosmici, ed era basato proprio sul metodo di Pontecorvo, di osservare l'Argon prodotto nella reazione dei neutrini con il Cloro. L'esperimento rivelò i neutrini solari nel 1972, venticinque anni dopo l'intuizione di Pontecorvo, ma mise in evidenza un flusso di neutrini di molto inferiore a

quanto atteso dalle reazioni di fusione del Sole, circa un terzo del previsto.

La spiegazione sorprendente di questo fenomeno risiedeva in un meccanismo proposto da Pontecorvo fin dal 1957 e perfezionato poi dieci anni dopo. Nel viaggio dal Sole alla Terra, l'identità dei neutrini potrebbe oscillare tra neutrino elettronico – l'identità di partenza nelle reazioni di fusione nel Sole – e l'identità muonica. I neutrini che si presentavano con l'identità muonica nel rivelatore di Davis e che avrebbero dovuto produrre un muone, per il quale tuttavia non avevano energia sufficiente, non potevano dare luogo ad una interazione.

Il risultato di Davis implicava dunque che due neutrini su tre partivano dal Sole come neutrini elettronici ma arrivavano sulla Terra come neutrini muonici. Era una spiegazione molto anticonvenzionale, tra l'altro implicava che i neutrini avessero una massa non nulla un concetto al tempo piuttosto eretico, e fu accolta con molto scetticismo.

Ma l'anomalia rivelata da Davis si è confermata, anomalie simili sono state trovate nel comportamento dei neutrini prodotti dai raggi cosmici nell'atmosfera, rivelati dall'esperimento giapponese Kamiokande negli anni Ottanta, e poi in quelli prodotti dagli acceleratori (come nel recente esperimento condotto utilizzando il fascio di neutrini dal CERN al Gran Sasso). Il premio Nobel per la fisica del 2002 sarà assegnato a Raymond Davis e Masatoshi Koshiba per il loro contributo all'astrofisica e in particolare per la rivelazione dei neutrini cosmici.

## Conclusioni

L'ipotesi delle oscillazioni avanzata da Pontecorvo ha trovato una piena conferma a partire dai tardi anni Novanta e fa parte oggi del nostro bagaglio. Purtroppo, i dati decisivi, dal Laboratorio sotterraneo del Gran Sasso dell'INFN, con l'esperimento Gallex, e da quello in Canada, con il rivelatore

SNO, sono arrivati troppo tardi per Pontecorvo. L'intero capitolo della massa e delle oscillazioni dei neutrini (divenuti nel frattempo di tre tipi con la scoperta della particella tau, il secondo fratello dell'elettrone) si svolgerà negli anni successivi senza di lui.

Pontecorvo riapparve Roma nel 1978, in occasione dei settant'anni di Edoardo Amaldi e fu accolto con grandissimo entusiasmo. Negli anni successivi, veniva regolarmente a visitare il Dipartimento di Fisica ed aveva un ufficio vicino al mio (l'osservazione è di Luciano Maiani, ndr). Parlavamo spesso di neutrini e di altre particelle, erano gli anni della scoperta di Rubbia dei bosoni intermedi e dell'entusiasmo per la teoria unificata elettrodebole, cui egli stesso aveva dato inizio. Ma parlavamo anche di tennis e di pesca subacquea, le altre passioni della sua vita. Qualche volta gli ho dato un passaggio in auto, il morbo di Parkinson cominciava a manifestarsi. Serbo ancora il ricordo di quelle conversazioni profonde e tranquille. L'Unione Sovietica era di molto cambiata dal 1950, molte speranze si erano rivelate solo illusioni, ma Bruno aveva mantenuto l'entusiasmo di sempre per la fisica, unito ad un riserbo tranquillo ma deciso sulle sue vicende personali. ■

“ Per molte persone sensate di quel tempo, occuparsi di neutrini era un po' come ragionare sul sesso degli angeli ”

## RINGRAZIAMENTI

Ringraziamo il dr. Romeo Bassoli per le numerose conversazioni sull'argomento e per averci aiutato a caratterizzare le tre vite di Bruno Pontecorvo.

Luisa Bonolis  
è storica della fisica del Novecento

Luciano Maiani  
è professore emerito di Fisica Teorica alla «Sapienza» Università di Roma