

L'EREDITÀ DI FERMI MAJORANA E ALTRI TEMI

*Atti del XXIV Congresso Nazionale
della Società Italiana
degli Storici della Fisica e dell'Astronomia (SISFA)*
Napoli-Avellino 3-6 giugno 2004

a cura di
MATTEO LEONE,
BRUNO PREZIOSI E NADIA ROBOTTI



BIBLIOPOLIS

LUISA BONOLIS

BRUNO TOUSCHEK E LA GENESI DI UN'IDEA: ADA, IL PRIMO COLLIDER MATERIA – ANTIMATERIA

Durante la seconda Conferenza per gli acceleratori di particelle, tenuta al Cern nel 1959, fu presentato il progetto di una macchina da 500 MeV a due anelli tangenti per elettroni da costruire a Stanford in vista di un esperimento di scattering elettrone-elettrone come test dei limiti dell'elettrodinamica.¹ A quell'epoca il vantaggio delle collisioni nel centro di massa per ottenere grandi momenti trasferiti era ben chiaro, anche se una realizzazione pratica non sembrava ancora a portata di mano. Verso la fine del 1959, Wolfgang Panofsky tenne a Roma un seminario presentando le attività in corso a Stanford, in particolare il progetto per due anelli tangenti elettrone-elettrone. Sembrava proprio che la proposta di O'Neill potesse combinare intensità dei fasci e collisioni nel centro di massa, usando un normale sincrotrone per iniettare le particelle e farle collidere nella sezione retta comune ai due anelli. «Dopo il seminario Touschek intervenne più volte», ricorda Raul Gatto.² «Molta discussione fu di tipo macchinistico e non ricordo i dettagli [...]. La questione del solo anello invece di due anelli fu quasi certamente dibattuta. Ricordo che Bruno insisteva sul CPT quale invarianza che avrebbe garantito la stessa orbita per elettroni e per positroni dentro l'anello», afferma Gatto. Nicola Cabibbo ricorda che «quasi come commento Bruno disse [...] perché non fare elettrone-positrone, è più conveniente si possono annichilare [...] e poi disse è anche più pratico, si utilizza lo stesso

¹ W.C. BARBER ET AL., *Stanford University Report HEPL 170* (June 1959). G. O'NEILL, "Experimental Methods for Colliding Beams", in L. Kowarski (ed.), *International Conference on High Energy Accelerators and Instrumentation*, Proceedings (CERN, Geneva 1959), 23-28; G.K. O'NEILL, "Storage Rings for Electrons and Protons", *ibid.*, 125-136.

² R. GATTO, comunicazione personale (2 dicembre 2003).

anello».³ Tale possibilità fu quindi menzionata nel corso del seminario, ma Panofsky commentò «*che tale sviluppo avrebbe presentato difficoltà tecniche addizionali e che per il momento era stato rimandato*»[corsivo mio].⁴

I fotoni "space-like" con grandi quantità di moto e piccole energie dominano nello scattering di tipo elettromagnetico elettrone-elettrone, che non era interessante dal punto di vista di Touschek. Nel corso dell'annichilazione elettrone-positrone si producono invece fotoni "time-like", il cui quadripulso $2E$ è molto fuori del mass-shell. Questa concentrazione di energia ($2E$) a sua volta è in grado di produrre nuove particelle. Il sistema elettrone-positrone è dotato degli stessi numeri quantici di un bosone neutro, tale da poter diventare una sorgente elettromagnetica di particelle ad alte energie, particolarmente per studiare sia le interazioni forti che quelle elettrodinamiche. Nella visione di Touschek la fisica e la macchina si fondevano in un'unica entità: i positroni hanno la stessa massa e carica opposta rispetto ai loro partner elettroni, così che in uno stesso campo magnetico due fasci di particelle avrebbero potuto circolare con gli stessi ritmi nella stessa orbita. Un passo concettuale garantito «dal teorema CPT», affermava Touschek, la cui profonda conoscenza delle macchine e della fisica teorica gli consentiva di «passare dall'una all'altra con la stessa matematica».⁵

La miglior dimostrazione delle idee di Touschek riguardo ciò che si doveva esplorare è rappresentata dai lavori stimolati da quelle discussioni e comparsi all'inizio del 1960. Il primo, scritto da L. Brown e F. Calogero (ricevuto il 5 febbraio), calcolava l'effetto del fattore di forma del pione sul propagatore del fotone.⁶ Il secondo, pubblicato nello stesso numero del *Physical Review Letters*, fu scritto da Nicola Cabibbo e Raul Gatto: «Recenti sviluppi tecnici che mostrano la fattibilità di esperimenti a fasci collidenti rendono interessante la possibilità di una misura diretta dei vertici fotone-pione attraverso processi del tipo $e^+ + e^- \rightarrow n$ pioni».⁷ Il lavoro fu mandato con «poca speranza che sarebbe stato accettato»,

³ N. CABIBBO, intervista in E. Agapito e L. Bonolis, *Bruno Touschek e l'arte della fisica*, Mediascienza e Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN, 2004.

⁴ R. GATTO, "Memories of Bruno Touschek", in M. Greco e G. Panzeri (a cura di), *Bruno Touschek Memorial Lectures, Frascati Physics Series Vol. XXXII* (INFN-Laboratori, Frascati 2004), 69-75; 71.

⁵ N. CABIBBO, intervista in *Bruno Touschek e l'arte della fisica*, cit.

⁶ L. M. BROWN, F. CALOGERO, "Effects of pion-pion interaction in electromagnetic processes", *Phys. Rev. Lett.* 4 (1960), 315-317.

⁷ N. CABIBBO, R. GATTO, "Pion form factors from possible high-energy electron-positron experiments", *Phys. Rev. Lett.* 4 (1960) 313-314.

ha ricordato Gatto.⁸

Nella seconda metà del 1959 l'elettrosincrotrone di Frascati aveva raggiunto un pieno regime di sperimentazione. Nel frattempo erano state presentate diverse proposte e bozze di progetti per acceleratori convenzionali a elettroni o a protoni; inoltre, a quell'epoca stava cominciando a funzionare il protosincrotrone del Cern. Durante una riunione dedicata alla creazione di un gruppo teorico presso i Laboratori di Frascati, tenuta il 17 febbraio 1960, Touschek propose quasi a sorpresa quella che al momento apparve un'idea temeraria: trasformare il sincrotrone nuovo di zecca in un anello in cui far circolare elettroni e positroni.⁹ Touschek espresse con chiarezza quale dovesse essere «la meta futura» dei laboratori: l'esplorazione di una fisica nuova, quella delle annichilazioni elettrone-positrone,¹⁰ da lui definita «una esperienza che sarebbe veramente di punta, e che sarebbe capace di attirare i teorici a Frascati».¹¹ Giorgio Ghigo, presente alla riunione, suggerì invece di costruire un prototipo da 250 MeV, per realizzare l'esperienza proposta da Touschek.

Il giorno dopo, 18 febbraio, Touschek inaugura un quaderno di appunti, dopo aver discusso con Ghigo.¹² Nella prima pagina compare la formula per la luminosità dell'anello, il fattore di proporzionalità tra le intensità dei fasci e il numero di eventi rilevanti prodotti per unità di tempo. Nell'eccitazione del momento scrive q invece di L , il simbolo con cui nelle pagine seguenti, e in un dattiloscritto di poco successivo,¹³ denoterà la luminosità.¹⁴ Touschek mostra che i parametri sono plausibili

⁸ R. GATTO, comunicazione personale (24 novembre 2003).

⁹ Si veda F. AMMAN, "The early times of electron colliders", in M. De Maria et al. (eds.), *The Restructuring of physical sciences in Europe and the United States, 1945-1960*, World Scientific, Singapore 1989, 449-476; si veda anche il verbale originale della riunione (copia personale di Amman e copia proveniente dalle carte di Giorgio Ghigo nell'archivio personale di Carlo Bernardini).

¹⁰ B. TOUSCHEK, "A Brief Outline of the Story of AdA", dattiloscritto (Archivio Touschek, Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "La Sapienza", fasc. 11.92) pp. 5-6.

¹¹ Si veda il verbale della riunione del 17 marzo.

¹² B. TOUSCHEK, "Quaderno SR" (A. T., fasc. 11.88).

¹³ B. TOUSCHEK, "On the Storage Ring", manoscritto incompleto (A. T., fasc. 11.92). Il manoscritto contiene un riferimento al primo lavoro di Gatto e Cabibbo datato 15 marzo, ma inviato a *Physical Review Letters* il 17 febbraio.

¹⁴ Apparentemente questo termine sembra sia stato introdotto dallo stesso Touschek. Nel "Quaderno SR" (che va dal 18 ad almeno il 25 febbraio) Touschek usa dovunque la lettera Q , mentre nel dattiloscritto "On the Storage

per ottenere risultati.

Nella seconda pagina Touschek annota «Chiedere a Gatto e Cabibbo» per invitarli a calcolare le probabilità dei processi di annichilazione e poco tempo dopo, nel dattiloscritto "On the storage ring" affermerà: «*Preferisco considerarlo un esperimento, piuttosto che una macchina...come esperimento propongo di studiare le reazioni $e^+e^- \rightarrow 2\gamma, \mu^+\mu^-, \pi^+\pi^-(2\pi^0)$* » [corsivo mio].¹⁵ La migliore dimostrazione della profonda differenza culturale tra la sua filosofia e quella dei "costruttori di macchine" dell'epoca.

Nelle pagine successive Touschek affronta una serie di problemi riguardanti la vita dei fasci, il numero di particelle accumulabili in una vita media, l'iniezione, gli effetti di radiazione e la stabilità di fase. Esegue ovunque accurati calcoli numerici.

Il 7 marzo, a Frascati, ha luogo lo storico seminario in cui Touschek illustra le potenzialità dei processi di annichilazione elettrone-positrone. Il progetto sarà varato nel giro di pochi giorni con il nome AdA (Anello di Accumulazione). Al disegno e alla costruzione della macchina si dedicheranno Carlo Bernardini, Gianfranco Corazza (figura chiave per le soluzioni di difficili problemi del vuoto), Giorgio Ghigo, nonché i servizi tecnici dei Laboratori Nazionali di Frascati e, naturalmente, lo stesso Touschek.¹⁶

Nel 1961 le potenzialità di un universo fisico del tutto nuovo sarebbero state di lì a poco studiate in dettaglio in un articolo che divenne noto come la "Bibbia" nei circoli di Frascati.¹⁷ «Nel fare questo lavoro – ha ricordato

Ring" figura la lettera L. Il termine "luminosità" viene esplicitamente usato a pagina 9 del "Quaderno di AdA" (A. T. fasc. 11.89) la cui prima pagina è datata 3 aprile 1960.

¹⁵ B. TOUSCHEK, "On the Storage Ring", cit., p. 1.

¹⁶ C. BERNARDINI, "AdA: the first electron-positron collider", *Physics in Perspective* 6 (2004), 156-183.

¹⁷ N. CABIBBO, R. GATTO, "Electron-positron colliding beam experiments", *Phys. Rev.* 124 (1961), 1577-1595. Si veda anche N. CABIBBO, R. GATTO, "Theoretical

Cabibbo – abbiamo avuto l'esperienza stimolante di espanderci nel vuoto: per alcuni anni gli unici lavori teorici sulla fisica $e^+ e^-$ furono quelli prodotti a Roma o a Frascati.¹⁸ Era la dimostrazione più eclatante della assoluta novità dell'impresa avviata da Touschek, che nel febbraio di quel 1961 si era materializzata nei primi elettroni accumulati nell'anello AdA.

discussion of possible experiments with electron-positron colliding beams", *N. Cimento* 20 (1961), 185-193.

¹⁸ N. CABIBBO, "e⁺e⁻ physics...", cit., 223.