

## *Prefazione*

In questo libro estremamente avvincente, Giovanni Caprara ripercorre settant'anni di storia del CERN attraverso le vicende scientifiche e umane di alcuni tra gli scienziati italiani che più hanno contribuito al suo successo. Ne nasce una narrazione che intreccia biografie, idee, sfide gigantesche e scoperte, restituendo al lettore non solo i risultati più importanti della fisica delle particelle, ma anche il contesto umano, culturale e politico in cui hanno preso forma.

La tradizione italiana nel campo della fisica delle particelle affonda le sue radici in una stagione straordinaria della scienza del Novecento, quella dei “ragazzi di via Panisperna”, che seppero coniugare creatività teorica e ingegno sperimentale, lasciando un'eredità duratura. Da allora, generazioni di fisici, ingegneri e tecnici hanno proseguito questo cammino, contribuendo in modo determinante allo sviluppo della fisica delle alte energie e trovando nel CERN un luogo naturale di espressione e collaborazione.

L'Italia ha avuto un ruolo centrale nella creazione, nella crescita e nei successi del CERN, tanto sul piano scientifico quanto su quello istituzionale. Determinante fu la visione di Edoardo Amaldi, tra i fondatori dell'Organizzazione e suo segretario generale tra il 1952 e il 1954, che contribuì a delinearne fin dall'inizio lo spirito e la missione. Da allora, il CERN ha potuto contare sul sostegno costante dei governi italiani e sul contributo determinante dell'Istituto nazionale di fisica nucleare e delle università, pilastri di una comunità tra le più numerose e attive: circa 2800 persone su 17.700, il contingente nazionale più ampio. Anche il sistema industriale italiano ha dato un apporto decisivo, fornendo tecnologie avanzate e soluzioni innovative che hanno reso possibili molte delle grandi imprese sperimentali. A coronamento di questo impegno, la presenza di figure italiane ai vertici dell'Organizzazione – con un segretario generale e

tre direttori generali – testimonia un ruolo di primo piano ampiamente riconosciuto.

Le figure ritratte in queste pagine sono solo alcuni esempi di un contributo italiano ben più ampio e articolato. Attraverso le loro storie, il libro offre uno sguardo privilegiato su come nascono le grandi idee, su come si costruiscono le collaborazioni internazionali e su come si affrontano le sfide scientifiche e tecnologiche più complesse. Emergono così non solo i risultati, ma anche i dubbi, i problemi, le intuizioni, i momenti di svolta e le dinamiche collettive che caratterizzano la ricerca di frontiera.

La narrazione è condotta con vivacità e coinvolgimento, rendendo accessibili temi complessi senza rinunciare alla profondità. Il lettore è accompagnato dietro le quinte delle grandi scoperte, dove coglie il contesto storico e intellettuale e l'evoluzione del pensiero teorico insieme al progresso delle tecniche sperimentali. Ne scaturisce un affresco affascinante di quasi un secolo di fisica, insieme a una riflessione più ampia sul valore della cooperazione internazionale, sulla capacità della scienza di unire competenze, visioni e culture diverse, e sul ruolo della creatività e del coraggio umano nelle grandi imprese.

Questo libro non è solo una celebrazione del passato, ma anche uno sguardo verso il futuro. In un'epoca in cui le sfide globali richiedono sforzi condivisi, l'esperienza del CERN e il contributo italiano qui raccontati offrono un esempio concreto di ciò che si può realizzare quando talento, passione e collaborazione si incontrano. È un invito a proseguire su questo cammino con la stessa curiosità, la stessa determinazione e lo stesso spirito che hanno animato chi ci ha preceduto, e a trasmettere questo patrimonio alle giovani generazioni, chiamate a raccoglierne l'eredità e a tracciare nuovi percorsi.

Fabiola Gianotti

## Introduzione

La costituzione del CERN a Ginevra è stata una delle più grandi imprese che l'Europa abbia saputo compiere. Gli interessi talvolta contrapposti dei Paesi che la compongono hanno portato al fallimento di altre rilevanti iniziative. Quanto, invece, una vera integrazione, soprattutto sul piano politico, sia indispensabile per far fronte a un'evoluzione sociale sempre più rapida è sotto gli occhi di tutti. Nell'Unione Europea, dopo la sua fondazione nel 1992 con il Trattato di Maastricht, solo la moneta unica adottata dieci anni dopo, nel 2002, in dodici nazioni ha fornito l'esempio migliore del raggiungimento di un obiettivo in grado di fondere necessità e intenti rimasti, purtroppo, un'aspirazione in altri settori della vita comunitaria.

Il CERN nasceva nel 1954 ed era frutto di un clima politico e di tre uomini che credevano nella rinascita del continente dopo la devastante guerra: Alcide De Gasperi, Konrad Adenauer e Robert Schuman. Se questa era la cornice di pensiero si doveva però soprattutto alla convinzione e alla forza di due straordinari personaggi, Edoardo Amaldi e Pierre Auger, se un'idea nuova, difficilissima da realizzare, si poteva materializzare. Quell'idea rappresentava uno degli elementi fondamentali per il futuro europeo, e mirava alla creazione di un laboratorio di ricerca scientifica in grado di unire cervelli, tecnologie e risorse in uno spirito unico che raffigurasse l'anima della rinascita di un popolo. Non si poteva immaginare un domani senza la scienza, e la conoscenza fisica che in Europa aveva avuto la sua culla più illustre si offriva come la base su cui ricostruire il mondo perduto.

L'impresa, appunto, non era facile: tante erano le esigenze delle nazioni per tornare alla normalità e ritrovare una posizione di valore tra i continenti garantendo lo sviluppo. Ma l'idea di Amaldi e Auger aveva una forza che andava oltre le difficoltà, perché un popolo non può vivere senza un'anima

da cui trarre visione, fede e coraggio. L'Europa aveva perduto nella scienza i suoi uomini migliori, da Albert Einstein a Enrico Fermi, e un nuovo grande laboratorio avrebbe creato le condizioni per la formazione di donne e uomini nuovi. Ma solo la condivisione delle energie delle nazioni avrebbe permesso la realizzazione di grandi e costosi progetti di ricerca con i quali formare cervelli e conquistare inediti orizzonti nella conoscenza. La rinascita dell'Europa dipendeva, dunque, anche dalla scienza, come Amaldi e Auger sostenevano, combattendo per convincere gli scettici nella politica ma anche in alcuni ambienti scientifici. La loro fede era indistruttibile e il CERN prendeva forma e cresceva, facendo addirittura convergere sull'Europa gli interessi di altri continenti.

In questa meravigliosa storia di un popolo che crede nella scienza per il suo futuro, l'Italia e gli italiani hanno giocato un ruolo decisivo. Ho seguito negli anni della mia attività di giornalista scientifico al "Corriere della Sera" le vicende della ricerca e in particolare della fisica e dell'esplorazione cosmica. Ho condiviso eventi e dialoghi con i protagonisti, cogliendo i valori più belli delle storie che via via emergevano. Una di queste storie riguarda proprio il CERN che ho voluto raccontare soprattutto per ricordare, assieme alle scoperte conquistate, i protagonisti italiani attori di primo piano delle ardue tappe affrontate esprimendo genialità e creatività, superando conflitti e manifestando capacità che collocano la fisica italiana al vertice della scena internazionale. Il loro ruolo è stato determinante per arrivare alla realtà del CERN oggi, il più importante centro di ricerca nel mondo per la fisica delle particelle decifrando le nostre origini e la nostra natura.

Certamente i fisici italiani che, sotto l'ombrello dell'Istituto nazionale di fisica nucleare e delle università collegate, del CERN e di altri istituti di tutto il mondo, hanno contribuito alla straordinaria avventura del laboratorio ginevrino sono più numerosi di quelli che ho raccontato. Tutti meriterebbero altre righe ma intanto ho scelto coloro che, come la punta dell'iceberg, sono stati tra i più significativi nella storia, forse più intrigante, dell'Europa. Perché, se oltre le idee, sono i fatti a distinguere l'evoluzione dell'uomo, il CERN è stato nei suoi primi settant'anni uno dei laboratori più prodighi di risultati da parte dei ricercatori arrivando ai tre Premi Nobel Georges Charpak, Simon van der Meer e Carlo Rubbia. Rendendo inoltre possibile, grazie al collisore LHC, la scoperta del bosone di Higgs, e quindi

l'assegnazione del Nobel per la fisica a Peter Higgs e François Englert che lo avevano teorizzato.

Non è soltanto l'Europa in quanto tale – scriveva Carlo Rubbia – che deve essere riconoscente ad Amaldi per l'attuale solidità delle sue istituzioni scientifiche, ma anche l'Italia... Sebbene ad Amaldi non piacesse ricevere le congratulazioni dei colleghi, è indubbio che fu uno dei più grandi politici della scienza del dopoguerra in Europa. La lezione della sua vita rimarrà fonte di ispirazione per il futuro dell'Europa scientifica.

G.C.

## Ringraziamenti

Per questo libro devo ringraziare prima di tutto Ugo Amaldi che è stato la mia guida e il riferimento prezioso nei lunghi passi della magnifica storia. E sono grato a Fabiola Gianotti per la sua disponibilità, la sua lettura e i suoi suggerimenti. Altrettanto ringrazio per aver letto queste pagine Paola Catapano e Lucio Rossi. Tutti mi hanno consentito di arrivare al risultato e ogni eventuale manchevolezza è soltanto mia. Infine, aggiungo un grazie a Marina Martelli di Hoepli che ha accettato l'idea contribuendo con passione alla sua realizzazione.

# 1

## Edoardo Amaldi e la nascita del CERN

### *La grande impresa europea della scienza*

Edoardo Amaldi aveva deciso. Nel 1946, durante una visita a Chicago, Enrico Fermi gli offriva la possibilità di una cattedra nella celebre università dove anche lui insegnava. La proposta era allettante ma invece di entusiasmarlo lo turbava. Altrettanto Ginestra che accompagnava il marito nell'esplorazione del nuovo mondo della fisica americana, emerso dopo la costruzione della bomba atomica esplosa l'anno precedente. Entrambi condividevano l'idea e il senso di responsabilità di guardare all'Italia, all'Europa distrutta dalla guerra. Dal 1945 Alcide De Gasperi, diventato presidente del Consiglio, aveva davanti la ricostruzione del Paese, compresa la scienza. Amaldi aveva condiviso con Enrico Fermi le numerose scoperte conquistate all'Università di Roma tra cui il rallentamento dei neutroni, determinante per controllare la fissione nucleare tra i nuclei di uranio. Fermi era premiato con il Nobel e nel 1938 fuggiva negli Stati Uniti per sottrarsi con la famiglia alle leggi razziali che avrebbero colpito la moglie Laura Capon. A Roma il gruppo dei fisici creato da Fermi, all'avanguardia nelle ricerche di fisica nucleare, pian piano era disperso dalle vicende belliche e dall'impossibilità di continuare gli studi. Degli illustri studiosi non rimaneva quasi più nessuno. Amaldi sentiva il vuoto intorno e la necessità di intraprendere un'ardua rinascita. Le sue origini avevano radici nel piacentino, a Carpaneto, dove nasceva il 5 settembre 1908 da Luisa Basini e Ugo Amaldi, noto professore di matematica, docente a Cagliari, Modena, Padova e Roma. Per questo gli studi del giovane Edoardo erano frammentati fra le varie città, ma concentrati soprattutto tra Padova e Roma

dove raggiungeva la maturità classica. E nell'estate 1925 avveniva l'incontro che segnava la sua vita. Era in vacanza con i genitori sulle Dolomiti con altre famiglie di professori amici del padre. E c'era anche Enrico Fermi con il quale condivideva una gita in bicicletta. Ascoltava i discorsi non sempre comprensibili per la sua età, ma era l'inizio. Nello stesso anno il direttore dell'Istituto di fisica dell'Università di Roma, Orso Mario Corbino, ex Ministro della Pubblica Istruzione, chiamava sulla cattedra di fisica teorica appena istituita Enrico Fermi, docente a Pisa. Corbino era convinto che il futuro sarebbe stato nella fisica nucleare e per questo rivolgeva un appello agli studenti di ingegneria a seguire questo corso di studi. Tra quelli che accettarono l'invito c'erano anche Amaldi ed Emilio Segrè, tre anni più anziano: il primo seme del gruppo dei "ragazzi di via Panisperna" nato intorno a Fermi iniziava a formarsi. Poi arriveranno Bruno Pontecorvo e Franco Rasetti. Ed è così che iniziava una delle più belle storie della scienza italiana.

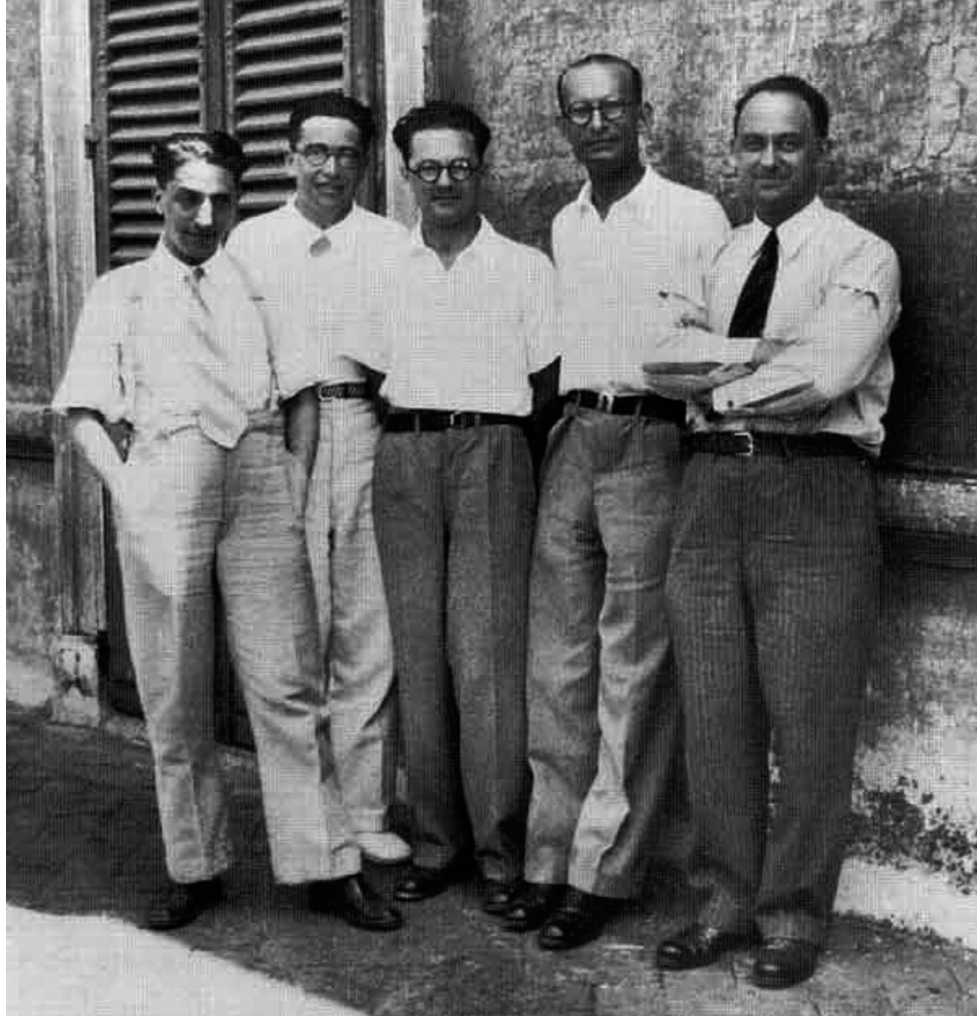


FIGURA 1.1. Enrico Fermi e i “ragazzi di via Panisperna”, 1930 ca. Da sinistra a destra: Oscar D’Agostino, Emilio Segrè, Edoardo Amaldi, Franco Rasetti ed Enrico Fermi.

### *La spia americana gli propone di emigrare*

Ma il no che Amaldi pronunciava quando il maestro, e ormai amico, gli proponeva un lusinghiero futuro di scienziato nell’università americana non era il primo. Infatti già due anni prima, nel giugno 1944, mentre le forze alleate sbarcavano in Normandia arrivava a Roma Moe Berg, un agente dell’Office of Strategic Service (OSS). Berg era un personaggio di grande fascino e cultura, noto giocatore di baseball nella squadra dei Red Sox di Boston. Aveva studiato all’Università di Princeton, conosceva bene sette lingue, tra cui l’italiano, padroneggiava pure il greco antico e persino il sanscrito. Si trovava a suo agio a Londra, Parigi o Bucarest e aveva

dimostrato le sue qualità di agente segreto sia in Giappone che in Sudamerica. In Italia aveva due obiettivi: convincere Antonio Ferri del centro di ricerche di Guidonia dell'Aeronautica Militare, e già noto specialista di aerodinamica a livello internazionale, a trasferirsi negli Stati Uniti; il secondo scopo era incontrare Edoardo Amaldi e Gian Carlo Wick per capire le conoscenze acquisite in campo nucleare, gli eventuali scambi avuti con gli scienziati tedeschi e la possibilità di un trasferimento negli Stati Uniti. Amaldi precisava di non aver mai sviluppato applicazioni militari, nemmeno a livello teorico, e di non aver avuto scambi con i colleghi in Germania. Infine rifiutava ogni ipotesi di attraversare l'Atlantico. Antonio Ferri, invece, accetterà andando a dirigere un laboratorio al Politecnico di New York, collaborando agli studi sul volo supersonico, e altrettanto Gian Carlo Wick. Altri fisici si aggiungeranno, da Bruno Rossi a Giuseppe Cocconi.

Così continuava il suo sforzo all'Istituto di fisica Guglielmo Marconi dell'Università di Roma cercando la rinascita. E nel luglio del 1946 partecipando a un convegno sulle particelle elementari all'Università di Cambridge, in Inghilterra, discutendo con il fisico John Cockcroft nasceva l'idea di un'iniziativa europea. Era un sogno ma in quegli anni diversi uomini di cultura europei cercavano un nuovo futuro per il Vecchio Continente, a partire dalla scienza decimata dalla guerra. Intanto, per estendere le ricerche sui raggi cosmici che interagendo con l'atmosfera generavano nuove particelle nucleari, in Italia, per iniziativa di Gilberto Bernardini, si costruiva nel 1947 il laboratorio Testa Grigia al Plateau Rosa perché l'alta quota favoriva la registrazione degli eventi. C'è un aneddoto in proposito che merita di essere ricordato. Amaldi, alle prese con i pochi fondi a disposizione, inventava un'iniziativa chiedendo l'autorizzazione della polizia per vendere e diffondere marche chiudi-lettera per raccogliere denari necessari alle attività del Testa Grigia. Era il 1949 e la notizia arrivava a livello governativo spingendo l'allora sottosegretario di Stato Giulio Andreotti a intervenire. Andreotti scriveva una lettera al Ministero dell'Interno, Direzione Pubblica Sicurezza, giudicando infondate le lamentele di Amaldi per i pochi fondi a disposizione, precisando che la presidenza del Consiglio dei ministri non poteva "sostenere l'iniziativa" impedendo la "diffusione marche chiudi-lettera pro laboratorio studi nucleari di Cervinia". Amaldi due anni dopo cercava di rilanciare l'operazione, ma di nuovo veniva bocciata.

## *A Firenze il sostegno del Nobel americano Isidor Rabi*

Era in questo clima di difficoltà che attanagliava tutte le nazioni, che il noto filosofo e scrittore ginevrino Denis de Rougemont lanciava la Conferenza europea della Cultura condivisa da 22 Paesi. Siamo sempre nel 1949, veniva tenuta a Losanna e tra 170 delegati esponenti di diverse discipline culturali c'era Gustavo Colonnetti, presidente del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Nella sua memoria egli si occupava proprio del tema dell'organizzazione internazionale della ricerca scientifica. Era un primo indizio di interesse. Ma il passo che segnava un vero inizio della storia veniva compiuto nel giugno 1950 a Firenze durante le giornate del 5° Convegno Generale dell'UNESCO. Qui il Premio Nobel americano Isidor Rabi, che negli Stati Uniti era stato uno dei fondatori del Laboratorio di Brookhaven, proponeva dopo averne discusso a Roma con Edoardo Amaldi durante una visita alla Sapienza e a Firenze con il francese Pierre Auger, allora direttore per le Scienze esatte e naturali dell'UNESCO, una risoluzione chiedendo al direttore generale "di assistere e incoraggiare la fondazione e l'organizzazione di centri e laboratori di ricerca regionali". La miccia era accesa, con un piccolo giallo. Rabi ha sempre sostenuto che la proposta era il frutto di un suo pensiero maturato sulla nave che lo portava in Italia, ma Edoardo Amaldi raccontava che Rabi era venuto a Roma prima del Convegno convincendolo nell'incontro a concretizzare l'idea di un laboratorio europeo. E questo è stato confermato dal ritrovamento di un documento del CNR che riporta data e titolo del seminario che in quell'occasione Rabi tenne alla Sapienza. Rabi ha sempre smentito il suo viaggio a Roma. Amaldi non ha mai compreso questo atteggiamento probabilmente dovuto all'orgoglio di un'iniziativa di cui non voleva condividere il merito, come hanno sostenuto alcuni storici. Comunque l'approvazione della risoluzione a Firenze era importante perché dimostrava l'opportunità di una collaborazione tra i Paesi europei nel campo della fisica e nello stesso tempo indicava l'apertura e il supporto da parte americana. Da quel momento Amaldi e Auger diventavano i motori di un'idea destinata rapidamente a diventare un meraviglioso programma. Con una velocità incredibile, durante la commissione dell'Unione internazionale di fisica pura e applicata (IUPAP), Amaldi, che ne era il vicepresidente, era incaricato di contattare i fisici europei per raggiungere un accordo sui problemi di fondo da affrontare per istituire un centro comunitario.

Tuttavia, fra i partecipanti della riunione non brillava l'entusiasmo. E per evitare che tutto svanisse rapidamente Amaldi, consapevole del pensiero comune con Auger, appena tornato gli scriveva per un coordinamento tra l'IUPAP e l'UNESCO, di cui lo stesso Auger era direttore del Dipartimento di Scienze esatte e naturali, nella stesura di un piano nel quale considerare il luogo dove realizzare il laboratorio, la gestione e il finanziamento. La risposta di Auger era immediata e nel dicembre 1950 convocava al Centro Europeo della Cultura di Ginevra una riunione di importanti fisici e amministratori scientifici: per l'Italia i rappresentanti erano Amaldi e Colonnetti. Il risultato era straordinario. Tutti si dimostravano consapevoli di un impegno sulla frontiera della fisica nucleare e decidevano che l'Europa doveva costruire un laboratorio con un acceleratore più potente di tutti quelli esistenti nel mondo.



FIGURA 1.2. Edoardo Amaldi e Pierre Auger.

*La prima riunione all'UNESCO a Parigi*

Negli Stati Uniti infatti ne erano già attivi due: il Cosmotrone da 3 GeV al Brookhaven National Laboratory e il Bevatrone da 6 GeV all'Università di Berkeley in California. A quel punto bisognava scendere nei dettagli di un progetto e Auger, dopo essersi consultato con Amaldi che per lui era "consulente super per quanto concerne la fisica", organizzava nel maggio 1951 una riunione di esperti di Francia, Svizzera, Belgio, Svezia, Norvegia, Gran Bretagna e Italia (con Amaldi) all'UNESCO a Parigi. Ne usciva la proposta di un acceleratore della potenza di 3-6 GeV da costruire in cinque anni con un costo stimato di 20-25 milioni di dollari. La cifra non era affrontabile da parte dei singoli Paesi ma lo sforzo comune avrebbe impedito la continua emigrazione dei fisici europei negli Stati Uniti. I governi interessati iniziarono ad affrontare i vari aspetti amministrativi, ma intanto emergevano i primi dissensi e interessi nazionali contrari al piano. Alcune voci erano illustri e di peso nell'orientare le scelte. Ad esempio i Nobel Niels Bohr, uno dei padri della meccanica quantistica, e James Chadwick, lo scopritore del neutrone, sostenevano che era meglio iniziare con una macchina più piccola da installare presso un'istituzione già esistente. Inoltre c'era la preoccupazione che le risorse da dedicare all'impresa comune finissero per essere sottratte ai programmi nazionali. Il Consiglio dell'operazione costituito all'UNESCO con Amaldi difendeva l'idea e, grazie a due riunioni tra esperti e politici tra la fine dell'anno e l'inizio del nuovo, consentiva di smussare le difficoltà, arrivando in questo modo al decisivo "Consiglio di rappresentanti degli Stati europei per la progettazione di un laboratorio internazionale e di altre collaborazioni per la ricerca nucleare", con una prima riunione nel maggio 1952 all'UNESCO a Parigi. Nelle settimane seguenti il nome sarà abbreviato in Consiglio europeo per la ricerca nucleare e nasceva quindi l'acronimo CERN che da allora rimarrà invariato.



FIGURA 1.3. Pierre Auger, Edoardo Amaldi e Lew Kowarski a Parigi (maggio 1952).

Ma proprio nel momento in cui si battezzava la creazione del laboratorio, in Italia c'era chi voleva eliminare la figura di Edoardo Amaldi, diventato per alcuni troppo ingombrante sulla scena europea. La delegazione ufficiale italiana alla prima conferenza intergovernativa a Parigi era rappresentata da Casati e Colonnetti. Amaldi che ne era stato il protagonista principale veniva escluso. Il provvedimento era il frutto del delegato permanente dell'Italia all'UNESCO Alberto De Clementi, portatore di suggerimenti politici nazionali. Quando gli scienziati invitati se ne rendevano conto scoppiava un caso che poteva generare gravi conseguenze. Ritenendo inaccettabile il provvedimento cercavano di provvedere e Colonnetti chiamava immediatamente Amaldi, chiedendogli di raggiungerlo subito nella capitale francese. Il giorno dopo all'apertura dei lavori del Consiglio il delegato britannico Sir George Thomson pronunciava un caloroso benvenuto ad Amaldi chiudendo la sgradevole vicenda. Non

solo. Proprio in questa occasione Amaldi sarà nominato segretario generale del CERN con il compito di gestire la progettazione e l'avvio della costruzione dei laboratori a Ginevra. Nello stesso tempo si assegnavano le responsabilità di quattro gruppi di studio per definire i vari aspetti del progetto e gli strumenti necessari: Odd Dahl e Cornelis Jan Bakker guidavano i gruppi Cosmotrone e Sincrociclotrone, Lev Kowarski il sito e gli edifici e Niels Bohr dirigeva le ricerche teoriche. Il lavoro iniziava e ogni settimana dovevano presentare un resoconto ad Amaldi.

Il CNR fu tra i primi a contribuire alle spese con un versamento di due milioni di lire per la nascita di un ufficio presso la sede parigina dell'UNESCO e Colonnetti informava il capo del governo Alcide De Gasperi scrivendogli nel dicembre 1950 una lettera nella quale lo informava dei passi compiuti in Europa per la nascita del laboratorio sostenuto dall'Italia con il CNR in prima linea. Intanto nella Penisola fervevano alcune discussioni sul come orientare l'impegno della ricerca anche legata al CERN per quanto riguardava il nucleare evidenziando tre linee: il nucleare proiettato alle applicazioni civili, all'area della difesa e alla ricerca di base. E anche in Europa c'era chi tendeva a mischiare le carte immaginando pure delle attività con un reattore nucleare. Per quanto riguarda la ricerca militare Amaldi era sempre stato decisamente contrario e già nell'inverno del 1941 il gruppo romano aveva deciso di abbandonare le ricerche sulla fissione per evitare di essere coinvolto dalla Germania nella costruzione dell'atomica. Dunque il CERN doveva concentrarsi sull'ultimo aspetto fondamentale per la conoscenza. E a tal fine nel 1952 sarà il promotore, con Gilberto Bernardini che ne diventava il primo presidente, della nascita dell'Istituto nazionale di fisica nucleare (INFN), mentre per l'indirizzo civile già nel 1946 egli favoriva la costituzione a Milano del CISE (Centro Italiano Studi ed Esperienze), una denominazione vaga per aggirare i problemi con i limiti imposti dal trattato di pace. Il centro aveva il supporto delle industrie interessate agli aspetti energetici (Edison, Montecatini, FIAT, Società Adriatica di Elettricità, Falck e Pirelli) e contava sulla consulenza per gli aspetti di fisica di base del gruppo romano diretto da Amaldi. Al CISE il professor Mario Silvestri del Politecnico di Milano svilupperà il primo reattore nucleare italiano Cirene, poi abbandonato. Altrettanto accadeva ad esempio in Francia con diverso successo.

Mentre a Parigi si cristallizzava l'idea del CERN la politica italiana mostrava le sue contraddizioni rivelando posizioni discordanti. Il senatore

Emilio Sereni del Partito Comunista in un intervento molto polemico manifestava la sua contrarietà all'adesione dell'Italia al piano europeo. Con lo stesso tono si esprimevano alcuni rappresentanti del Partito Socialista di Pietro Nenni. E le stesse avversità emergevano per la scelta del luogo in cui doveva essere insediato. In proposito il Comune di Como avanzava la sua candidatura poi ritirata per le avversità politiche, per la paura che la città potesse diventare in caso di guerra un obiettivo da colpire e per un fraintendimento (orchestrato) sulla natura degli studi che avrebbe ospitato. Ma questo era il clima dell'epoca. La Svizzera si era più volte proposta per ospitare il nuovo centro europeo a Ginevra per il quale si era parlato anche di Oslo e Copenhagen e di altre ipotesi olandesi e francesi. La neutralità del Paese durante la guerra, la presenza di altre organizzazioni internazionali e la centralità geografica erano giudicati elementi di favore e nel febbraio 1953 venne accettata. A quel punto la storia prendeva a correre: nel giugno 1953 dodici nazioni firmavano la convenzione che istituiva il CERN e nell'ottobre dell'anno successivo si apriva a Ginevra la prima riunione del Consiglio permanente, mentre nella campagna di Meyrin, nei sobborghi di Ginevra, iniziavano i lavori per la costruzione del centro. Tra molti distinguo tra i partiti, l'Italia approverà l'adesione al CERN nel febbraio 1965 mettendo a segno un'altra tappa nell'adesione all'europeismo sostenuto dai governi di Alcide De Gasperi.

### *Edoardo Amaldi nominato segretario generale*

Come segretario generale Edoardo Amaldi presentava il suo rapporto finale, chiudendo il ciclo iniziale del nuovo ente di ricerca europeo, e il Consiglio nominava Felix Bloch primo direttore generale. In realtà questa era stata una soluzione di ripiego perché l'offerta era stata avanzata ad Amaldi il quale rifiutava spiegando i due motivi che spingevano alla rinuncia. Il primo era il desiderio di tornare alla ricerca e il secondo era quello di cancellare il sospetto che il suo impegno fino ad allora profuso senza sosta fosse motivato da un interesse personale. Felix Bloch accettava con molte riserve. Per il CERN rappresentava la giusta immagine da porre al vertice in sostituzione di Amaldi perché era un illustre europeo che, docente all'Università americana di Stanford, aveva vinto il Premio Nobel per i suoi lavori sulla risonanza magnetica e ora rientrava in Europa. Ma Bloch era disponibile part-time perché non voleva interrompere le sue ricerche. Per

questo il Consiglio pregava Amaldi di rimanere come vice di Bloch assegnandogli la responsabilità degli aspetti organizzativi e amministrativi. Amaldi accettava. La soluzione non poteva funzionare. Dopo cinque mesi Bloch si ritirava e il Consiglio nominava Cornelis Bakker direttore generale, un fisico olandese che Amaldi riteneva, da prima della nomina di Bloch, la persona adeguata ad assumere l'importante ruolo.

Edoardo Amaldi rientrava quindi a Roma ma non abbandonava il CERN, influenzandone l'organizzazione e le scelte. Dal 1957 al 1975, infatti, condivideva il comitato per la politica scientifica presiedendolo per tre anni. Nello stesso tempo faceva parte del Consiglio coordinandolo anche per un biennio. Però forse l'impegno che più lo appassionava era la guida e l'avvio degli studi con i nuovi acceleratori che il CERN stava costruendo a partire dal 1960, cioè l'anello di accumulazione a intersezione ISR e il Super Proton Synchrotron SPS.

Il CERN era stato concepito per fornire all'Europa e alle altre nazioni partecipanti potenti strumenti necessari nell'indagine del mondo delle alte energie capace di decifrare l'origine, la natura e la struttura dell'universo. Al CERN Amaldi trasmise anche lo spirito innovativo praticato da Enrico Fermi nell'organizzare le ricerche all'Università di Roma. Per la prima volta, infatti, Fermi aveva creato un gruppo che agiva sommando competenze individuali, come ha evidenziato lo storico di Harvard Gerald Holton. Un'innovazione nel metodo che favorì l'evoluzione della ricerca scientifica.

### *La nascita degli acceleratori di particelle*

Gli studi sulla struttura della materia condotti fino ad allora misurando gli effetti generati dai raggi cosmici nelle interazioni con l'atmosfera potevano essere realizzati con gli acceleratori bombardando la materia con particelle subatomiche, ad esempio elettroni e protoni, come aveva dimostrato Ernest Lawrence a metà degli anni Trenta brevettando il primo acceleratore di particelle, il ciclotrone, che gli valse il Nobel nel 1939. Da allora si potevano generare artificialmente nelle collisioni delle particelle accelerate con i nuclei della materia, nuove particelle comprendendo le forze che agiscono all'interno dei nuclei in dettagli altrimenti irraggiungibili. Oltre che negli Stati Uniti anche in Francia e in Gran Bretagna si costruivano degli acceleratori. Altrettanto in Italia nel 1953 l'INFN dava il via alla

realizzazione a Frascati del primo elettrosincrotrone da 1100 MeV diretto da Giorgio Salvini che poi diventerà anche Ministro dell'Università e della Ricerca. Ma la loro potenza era contenuta limitando gli studi. Invece con il CERN, unendo le risorse economiche assieme alle capacità ingegneristiche e scientifiche, si potevano costruire macchine più potenti compiendo un balzo rilevante nella conoscenza e competere prima di tutto in modo efficace con la capacità americana frenando l'emorragia dei cervelli oltre Atlantico. Una grande sfida politica, economica, scientifica che l'Europa aveva avuto il coraggio di affrontare cercando di costruire un futuro migliore.

Ma l'anima del politico-manager della scienza di Edoardo Amaldi si manifesterà presto su un altro fronte altrettanto importante e strategico per la crescita dell'Europa. Nel 1957 l'Unione Sovietica lanciava lo Sputnik, il primo satellite artificiale intorno alla Terra. L'anno successivo gli Stati Uniti spedivano in orbita il loro primo satellite Explorer-1 con il quale il fisico James Van Allen scopre l'esistenza delle fasce intorno alla Terra che oggi portano il suo nome e dove il campo magnetico intrappola e blocca le radiazioni cosmiche e solari proteggendo il pianeta. E ciò consentiva la nascita della vita. La tecnologia spaziale e l'impiego dei razzi sviluppati durante la Seconda guerra mondiale permettevano ora di affrontare la scienza spaziale e comprendere le condizioni cosmiche in cui il "pianeta blu" si trovava. E un giorno a pranzo – ricordava il figlio Ugo Amaldi, anche lui più tardi protagonista a Ginevra – Edoardo condivideva i nuovi pensieri a cui la sua mente stava dedicando attenzione affermando che dopo il CERN era giunto il momento di fondare anche una Euromoon, come la battezzava. Ne parlava di nuovo con il vecchio amico Pierre Auger, con il Nobel Rabi e con Theodore von Kármán a capo del gruppo di ricerca aeronautica della NATO e definiva la sua idea in un articolo (*Créon une Organisation Européenne pour la Recherche Spatiale*) pubblicato nel 1959 sulla rivista "Expansion de la Recherche Scientifique". Una nuova storia iniziava e proprio al CERN si terrà una conferenza internazionale da cui uscirà una Commissione che preparerà il primo programma spaziale europeo, portando alla nascita nella prima metà degli anni Sessanta di due organismi: l'ESRO (European Space Research Organization), dedicata alla realizzazione di satelliti, e l'ELDO (European Launcher Development Organization) per costruire un vettore spaziale. Amaldi non guarderà di buon occhio questo secondo ente, giudicandolo un regalo al mondo militare

e industriale e non alla scienza. Comunque i due organismi saranno poi fusi assieme e nel 1975 nascerà l'agenzia spaziale europea, ESA. In riconoscimento del suo impegno anche nello spazio l'ESA battezzerà con il nome Amaldi il terzo dei veicoli automatici ATV che, lanciato nel 2012, compì il rifornimento della stazione spaziale internazionale.

### *Inizia la costruzione a Meyrin*

Dopo la nomina a segretario generale nel 1952, Amaldi aveva governato con rigore le tappe iniziali del CERN e nell'agosto 1954 le scavatrici iniziavano il loro lavoro nel terreno di Meyrin regalato dal cantone ginevrino sotto gli occhi dell'architetto zurighese Rudolf Steiger a cui era stato assegnato il progetto del centro. In realtà sarà il giovane figlio Peter a occuparsene di ritorno da uno stage nello studio americano di Frank Lloyd-Wright, portando nel disegno qualche traccia dell'architettura del genio. In parallelo si approfondivano le discussioni sulla prima macchina acceleratrice da costruire per consentire l'inizio delle ricerche. Si guardava con grande interesse a un sincrotrone a protoni di una potenza di 25 GeV ma costi e tempi avrebbero allungato l'attesa. Quindi gli interessi si concentrarono su un piccolo sincrociclotrone (SC) di protoni, realizzabile in un triennio secondo Cornelis Bakker che dirigeva il piano. E così accadde: il 1° di agosto 1957 entrava in funzione. La sua energia era di 600 MeV e il comunicato stampa del CERN sottolineava che era il terzo acceleratore di questo tipo al mondo. Formato da un anello circolare con una circonferenza di 15,7 metri, i magneti acceleravano un fascio di protoni 54 volte ogni secondo fino a una velocità di circa 240 mila chilometri al secondo, l'80 per cento della velocità della luce.

L'accensione del primo sincrociclotrone al CERN coincideva con la nomina alla direzione delle ricerche del centro di Gilberto Bernardini (1906-1995), ruolo in cui sarebbe rimasto fino al 1964 coordinando anche il gruppo di ricerca per il protosincrotrone governando le attività di studio nei diversi rivoli della fisica del laboratorio. Bernardini aveva già conquistato grandi meriti di ricercatore in Italia dopo aver studiato a Berlino con Otto Hahn e Lise Meitner, scopritori della fissione nucleare. Nel dopoguerra, diventato ordinario all'Università di Roma, dopo aver trascorso un periodo di ricerca e insegnamento nelle università americane (Columbia, Urbana e Chicago) fondava con Amaldi l'Istituto nazionale di fisica nucleare

diventandone il primo presidente. Prima aveva insegnato all'Università di Bologna e, istituita una scuola nazionale sui raggi cosmici, per studiarli costruiva e dirigeva il laboratorio della Testa Grigia a 3500 metri sul Cervino. Con Amaldi, quindi, era protagonista della rinascita della fisica italiana dando il via, anche scegliendo Giorgio Salvini come direttore, alla costruzione dei laboratori di Frascati e del primo elettrosincrotrone da 1100 MeV che rimase per qualche anno il più potente del mondo. E fu proprio grazie a questo strumento che la scuola di fisica italiana acquistava in fretta una posizione di rilevanza internazionale. Al CERN Bernardini guidava i ricercatori impegnati con il protosincrotrone e, contemporaneamente, dal 1964 al 1977 anche la Scuola Normale Superiore di Pisa. Dopo il ritiro dalla scena sulla quale si era meritato gli allori di grande scienziato e grande manager della ricerca, trascorreva gli ultimi anni nella campagna toscana nella sua casa di San Casciano, in Val di Pesa, dove si spegneva ricordato per i notevoli contributi alla scienza europea.

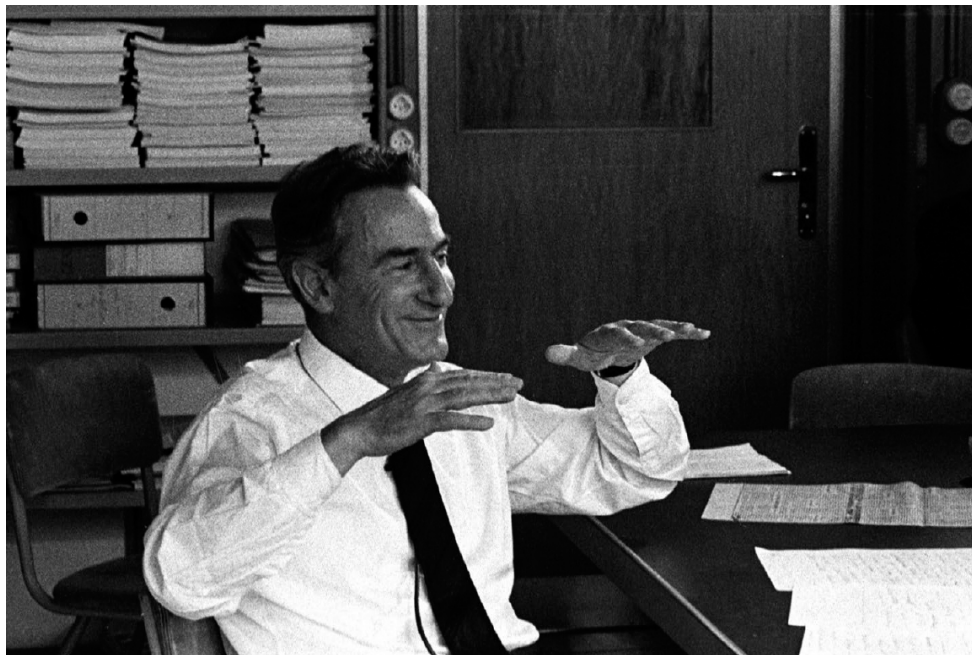


FIGURA 1.4. Gilberto Bernardini, © 1962 CERN.

## 2

# Il primo acceleratore e la prima scoperta

## Protagonisti Giuseppe e Maria Fidecaro

Quando entrava in servizio il primo acceleratore del CERN si era da poco festeggiata la scoperta nel 1955 dell'antiprotone conquistata da Emilio Segrè e Owen Chamberlain con il sincrotrone Bevatron del Lawrence Livermore Laboratory di Berkeley in California. Premiati con il Nobel per la fisica confermavano la previsione che Paul Dirac aveva avanzato vent'anni prima, dopo aver anticipato anche l'esistenza del positrone, cioè l'antielettrone con carica elettrica positiva (invece che negativa). Carl David Anderson ne registrava poi la presenza nel 1932. Erano le prime antiparticelle che andavano ad arricchire il panorama delle particelle elementari a cui si aggiungeva nel 1956 anche la scoperta del neutrino elettronico da parte di Frederick Reines e Clyde Cowan ipotizzato da Wolfgang Pauli e battezzato da Enrico Fermi. Poco dopo se ne identificava anche un altro tipo chiamato neutrino muonico. Dato il numero in rapida crescita si incominciava a parlare in modo colorito di "zoo delle particelle". Ora si sapeva che il nucleo di un atomo ben descritto da Ernest Rutherford era formato dai protoni come li chiamava lo stesso Rutherford agli inizi del secolo e da neutroni scoperti da James Chadwick nel 1932. Poi si aggiungevano il muone, il pione (con il contributo di Giuseppe Occhialini), il kaone e l'esistenza dei raggi X e gamma (che sono dei fotoni) e delle particelle alfa. L'insieme rappresentava i primi mattoni della teoria del "Modello Standard" definita negli anni immediatamente successivi disegnando la natura fondamentale della materia. E ciò avveniva grazie all'impiego sempre più massiccio degli acceleratori via via più potenti

costruiti negli Stati Uniti, in Europa e in Russia. Questo era il panorama della conoscenza del mondo subatomico fino a quel momento e in rapido cambiamento.

Grazie al primo ciclosincrotrone la ricerca del laboratorio europeo poteva finalmente iniziare e numerosi saranno gli studi affrontati riguardanti anche temi legati alla medicina, come l'impiego dei radioisotopi. Venivano particolarmente scrutati e misurati i muoni, ma era soprattutto l'osservazione del decadimento di un pione che portava al primo importante risultato per cui l'acceleratore sarà ricordato. Era la prima grande scoperta del CERN e ne era protagonista il fisico italiano Giuseppe Fidecaro (1926-2024), per decenni una figura quasi mitica. "Pippo", come era chiamato, lo si poteva incontrare a braccetto con la moglie Maria nei corridoi del centro ginevrino perché anche lei era una scienziata del CERN. Fidecaro, messinese di nascita, era stato un allievo di Edoardo Amaldi all'Università di Roma, aiutandolo a costruire un rivelatore per studiare i mesoni che piovevano dall'atmosfera su un bersaglio di ferro esplorando la forza nucleare forte. Per questo andava nel laboratorio Testa Grigia a 3500 metri sul Cervino per intercettare i raggi cosmici. Quando Amaldi diventava segretario generale del CERN suggeriva a Fidecaro di trascorrere un po' di tempo all'Università di Liverpool per conoscere il sincrociclotrone che già gli inglesi avevano costruito. Quindi arrivava al CERN e veniva assegnato subito al progetto del sincrociclotrone intorno al quale organizzava un gruppo di ricercatori preparando gli strumenti necessari. L'obiettivo era indagare un'intrigante ipotesi legata al decadimento dei pioni, particelle instabili formate da combinazioni di un quark e un antiquark, fino ad allora mai confermata. Il nuovo acceleratore aveva la potenza adeguata per esplorare quanto i fisici teorici avevano previsto. In aiuto era giunto in quel periodo il primo computer Ferranti Mercury di cui il centro veniva in possesso e che consentiva di effettuare le simulazioni Montecarlo, preziose da allora in poi per scovare nuove particelle. Queste simulazioni, tutt'ora molto utilizzate, si basano su numeri casuali analoghi a quelli delle roulette nel celebre casinò, e mostrano appunto ciò che succede quando le particelle emerse dagli scontri reciproci interagiscono con i rivelatori. In questo modo palesano quello che il rivelatore secondo la fisica nota dovrebbe mostrare. La differenza tra le simulazioni e le misure reali nasconderebbe qualcosa di nuovo, sconosciuto fino a quel momento.

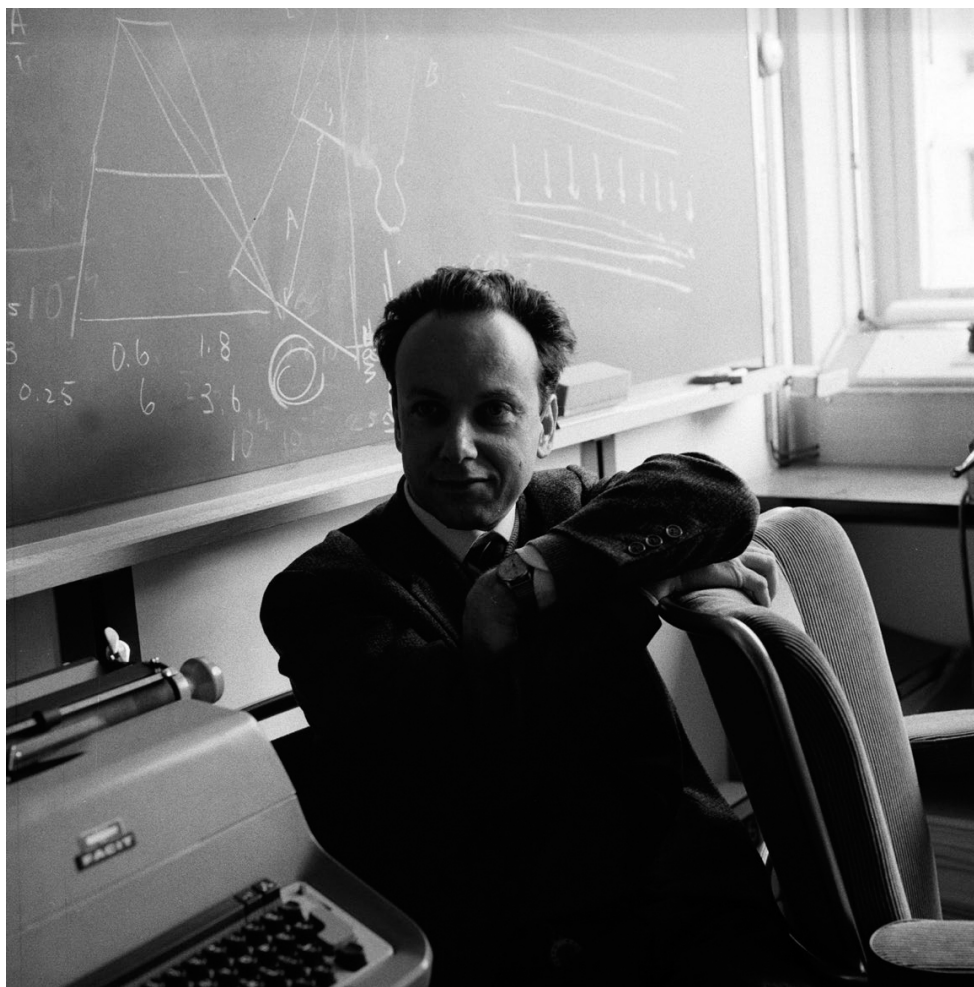


FIGURA 2.1. Giuseppe Fidecaro.

*Scoperta: il pione decade in un elettrone e in un neutrino*

La presenza dell'elaboratore si rivelò presto preziosa. Nel 1958 gli esperimenti condotti dimostravano che in un caso su diecimila il pione decadeva in un elettrone e in un neutrino proprio come previsto teoricamente. Il processo confermato risultava importante anche per un'altra ragione, perché contribuiva a sostenere l'esistenza dell'interazione universale di Enrico Fermi. Per la scoperta era stata efficace l'integrazione al sincrociclotrone di un generatore di impulsi realizzato da Oreste Piccioni, arrivato al CERN come visiting professor dopo un soggiorno a Brookhaven. Piccioni era stato studente di Enrico Fermi all'Università di Roma, emigrando poi al Massachusetts Institute of Technology. Al Lawrence Radiation Laboratory di Berkeley scopriva l'antineutrone assieme a B.B.

Cork, G.R. Lambertson e W.A. Wenzel, rimanendo quindi per sempre negli Stati Uniti.

“La notizia fece il giro del mondo in una notte” raccontava Fidecaro e la scoperta veniva presentata alla conferenza “Atomi per la pace” organizzata a Ginevra nell’autunno dello stesso anno. I giornali presentavano con enfasi il risultato: era la prima scoperta ottenuta al CERN rivelandone anche a livello popolare la sua esistenza. Come conseguenza l’ufficio informazioni del laboratorio veniva subissato dalle richieste di visita che nell’annata raggiungevano il record di seimila persone provenienti da 58 nazioni. Tra gli altri compiti non secondari del sincrociclotrone c’era anche quello di alimentare il separatore di isotopi Isolde che forniva fasci di ioni radioattivi utili a condurre esperimenti in campi diversi, dalla ricerca medica all’astrofisica. Nel corso degli anni il sincrociclotrone veniva ammodernato e potenziato soddisfacendo sempre meglio le ricerche degli scienziati. Rimaneva attivo un tempo lunghissimo fino al 1990. E dopo 33 anni iniziava per così dire una nuova vita perché, esposto nell’edificio in cui aveva operato, animava un’aerea espositiva aperta ai visitatori.

Dopo la scoperta Giuseppe Fidecaro proseguiva le sue ricerche con i successivi acceleratori più potenti protosincrotrone e superprotosincrotrone, misurando gli antiprotoni e sviluppando con Giovanni Carboni e Walter Scandale una tecnica per estrarre protoni, impiegata poi anche nel grande Large Hadron Collider che permise la scoperta del bosone di Higgs. Intanto la sua attività si espandeva oltre le indagini scientifiche, che continuavano assumendo un incarico al comitato scientifico del Centro internazionale di fisica teorica di Trieste e coordinando i rapporti anche con il centro di ricerche sovietico di Dubna.

### *Alla caffetteria assieme alla moglie Maria*

E ogni giorno lo si poteva incontrare a pranzo nella caffetteria assieme alla moglie Maria Cervasi (1930-2023). Si erano conosciuti entrambi studenti all’università e poi si ritrovavano nel laboratorio Testa Grigia sul Cervino condividendo passioni e ricerca. Entrambi volavano all’Università di Liverpool nel 1954, lei grazie a una borsa di studio della International Federation of University Women. L’anno successivo si sposavano e nel 1956 entravano sempre insieme al CERN lavorando al sincrociclotrone. “Allora eravamo circa 400 persone e i fisici abitavano in baracche”

ricordava Maria che dedicava le sue ricerche allo sviluppo di un nuovo metodo per generare fasci di protoni polarizzati. “Le donne erano poche – aggiungeva – ma eravamo rispettate e nel mio gruppo ero semplicemente uno di loro”. Maria compiva ricerca in campi diversi del mondo delle particelle che andavano dalla simmetria al decadimento dei kaoni, progettando e costruendo anche nuovi strumenti. Nel 1991 Giuseppe e Maria si ritiravano insieme continuando a rimanere membri onorari del CERN. Nel 2014 festeggiavano con gli amici nella caffetteria i 60 anni trascorsi al laboratorio diventato ormai un riferimento mondiale di primo piano e i visitatori potevano incontrarli quando Giuseppe commentava il documentario dedicato al sincrociclone. Si era intanto appassionato di storia della fisica a cui dedicava il suo tempo mentre Maria amava ripercorrere le ricerche che l’avevano appassionata. Ma nel 2023 la vita di Maria si compiva, seguita l’anno successivo da Giuseppe, a 97 anni. E con loro scompariva la “memoria vivente” del CERN.

## L'arrivo del protosincrotrone (PS)

Marcello Conversi, Vanna Tongiorgi, Giuseppe Cocconi:  
dall'atomo alle stelle

Negli anni 1952-1954, mentre si discuteva dell'allestimento del sincrociclotrone, si approfondiva anche il piano di un acceleratore molto più potente che avrebbe consentito un ampliamento delle ricerche. L'obiettivo ambito era un protosincrotrone che accelerava i protoni e le prime valutazioni erano avviate ancora nel 1953 pensando allo studio dei mesoni, ma non solo, quando gli antiprotoni non erano stati scoperti. Per la nuova macchina nei successivi Consigli del CERN ci si accordava su una potenza di 25 GeV e il progetto prevedeva un anello di 628 metri di circonferenza con installati 277 magneti convenzionali funzionanti a temperatura ambiente e 100 dipoli per piegare i raggi nell'anello. Il 24 novembre 1959 il protosincrotrone costruito sotto la direzione di John Adams entrava in azione e per un breve periodo era la macchina a maggiore energia esistente al mondo. Arrivarci dopo una serie di test durati mesi non era stato facile. Ma ora, a cinque anni dalla nascita, la sfida del CERN (quindi dell'Europa) agli Stati Uniti cominciava a farsi seria. Per premiare Cornelis Bakker che come direttore generale aveva condotto a buon fine l'impresa oltre a far crescere fino a mille il numero dei ricercatori, per lo più ingegneri, tecnici e fisici, il Consiglio approvava il suo rinnovo per altri cinque anni alla direzione del laboratorio. Purtroppo ciò non accadeva perché nell'aprile 1960 Bakker rimaneva vittima di un incidente aereo. Nel giro di poco tempo si assistette quindi alla successione di nuove nomine. Prima era scelto John Adams (1920-1984) che rimaneva per poco tempo avendo

accettato di organizzare un nuovo centro di ricerca a Culham, in Inghilterra. Di conseguenza, nell'agosto 1961, Victor "Wiki" Weisskopf (1908-2002) assumeva l'incarico di quarto direttore del centro ginevrino. Weisskopf era un personaggio molto noto. Fisico teorico di alto livello, a Los Alamos durante il progetto Manhattan era vicecapo della divisione teorica. La sua origine era austriaca e negli anni Trenta aveva lavorato a Copenhagen con Niels Bohr, contribuendo in modo significativo allo sviluppo della teoria quantistica. Essendo ebreo fuggiva poi negli Stati Uniti e mancava il Nobel per la sua "insicurezza" negli aspetti matematici delle teorie che sviluppava, come lui stesso confessava. Vari erano i suoi interessi nella ricerca garantendo ai suoi collaboratori importanti contributi pure nella fisica dell'elettronica, nel campo dei semiconduttori, consentendo lo sviluppo dei circuiti integrati. Docente al MIT di Boston suggeriva agli studenti di pensare come i fisici e non di memorizzare le equazioni. Dopo la guerra Weisskopf era tra i fondatori della Union of Concerned Scientist, l'associazione americana degli scienziati impegnati contro la proliferazione nucleare. Dato il suo attivismo su questo fronte, papa Giovanni Paolo II lo mandava con una delegazione di altri tre scienziati a chiedere al presidente americano Ronald Reagan di proibire l'uso delle armi nucleari. Egli rimaneva al governo del CERN fino al 1966 e successivamente, tornato in America, con l'astrofisico Carl Sagan si impegnava nel difendere l'idea di proteggere meglio la Terra, l'unico nostro pianeta.

### *Aumenta l'intensità del fascio del protosincrotrone*

Il protosincrotrone nel corso degli anni subiva molte modifiche aumentando l'intensità del fascio di protoni di mille volte rispetto al momento della partenza e arrivando a 26 GeV d'energia. Nei decenni, oltre ad accelerare protoni e antiprotoni, accelerava anche varie altre particelle tra cui nuclei di elio (detti particelle alfa), nuclei di piombo, elettroni e antielettroni (positroni). Successivamente iniettava fasci di ioni pesanti nell'anello ionico a bassa energia (Leir) e varie particelle di energia maggiore negli altri acceleratori. Nel 1960, pochi mesi dopo il protosincrotrone del CERN, entrava in funzione nel laboratorio americano di Brookhaven l'acceleratore antagonista AGS dalle iniziali di "sincrotrone a gradiente alternato", con un'energia superiore di 33 GeV. Il confronto si faceva sempre più acceso e la fisica delle alte energie apriva nuove finestre del sapere.

Nel 1925 il ventitreenne Werner Heisenberg, ritirato sull'isola di Helgoland nel Mare del Nord per curare un raffreddore da fieno, gettava le basi teoriche della meccanica quantistica, fornendo un quadro per spiegare le interazioni più intime fra i costituenti di base degli atomi. Un esperimento condotto al CERN confermava poi, in particolare, la teoria dell'elettrodinamica quantistica (nota con l'acronimo QED) descrivendo i fenomeni elettromagnetici. Rimanevano da decifrare le interazioni deboli che agivano su brevi distanze, ma anche quelle forti. Intanto le indagini con i raggi cosmici venivano gradatamente superate e abbandonate. Le risposte adesso erano ricercate e attese dai nuovi acceleratori che, aspetto determinante, consentivano soprattutto di riprodurre i risultati ottenuti secondo le regole galileiane della scienza.

Negli anni Sessanta due fisici americani George Zweig e Murray Gell-Mann (personaggio eclettico che parlava correttamente varie lingue) si chiedevano in maniera indipendente che cosa si nascondesse all'interno di protoni e neutroni, non accettando che questi fossero i costituenti ultimi della materia. I fisici sperimentali si misero subito alla caccia per confermare o smentire le intuizioni che, se fossero state vere, avrebbero modificato non poco la nostra conoscenza. Sarebbe stato un passo avanti importante nella conquista dell'invisibile partita dalla remota intuizione di Democrito andando ancora di più nelle profondità della natura. Infatti nel 1969, mentre il mondo era elettrizzato dai due astronauti che sbarcavano per la prima volta su un altro corpo celeste, sulla Luna, l'acceleratore dello Slac National Laboratory di Stanford rivelava l'esistenza di tre particelle sconosciute all'interno di protoni e neutroni, messe in evidenza bombardando con elettroni bersagli di idrogeno e deuterio liquidi. Gell-Mann le aveva battezzate Quark (ispirato dal termine incontrato nel romanzo *Finnegans Wake* di James Joyce), classificandole secondo la loro stranezza e carica elettrica. Zweig, tra l'altro, aveva immaginato la loro esistenza durante un anno di studio al CERN ma non era stato creduto e il suo articolo, in cui le descriveva, rifiutato. Le tre particelle erano quark up, down e strange e Jerome Friedman, Henry Kendall e Richard Taylor che le avevano scoperte con il "Progetto M" (M da mostro, riferito all'acceleratore lineare lungo tre chilometri a cavallo della faglia di Sant'Andrea) andarono a Stoccolma nel 1990 per ritirare il Premio Nobel. In questo modo si è visto che un neutrone è formato da un quark up e due quark down e un protone da due quark up e uno down. Un altro passo nelle nascoste profondità era

compiuto. Ma la storia dei quark non era finita e presto sarebbe continuata con il CERN protagonista.

### *Dagli atomi alla vita nell'universo*

Nel 1967 alla carica di direttore della ricerca al CERN era nominato Giuseppe Cocconi (1914-2008), un fisico capace di accendere gli entusiasmi anche al di fuori degli atomi, fino alla vita nell'universo. Il suo nome ha lasciato un segno in molti modi nelle stanze ginevrine dove era giunto la prima volta nel 1959. Vi rimaneva per un paio d'anni trascorrendo un periodo sabbatico lasciando la Cornell University negli Stati Uniti dove era giunto nel 1947 accettando l'offerta della cattedra di fisica di Hans Bethe, futuro Premio Nobel. Non a caso, perché le sue ricerche erano già note oltre i confini nazionali. Cocconi era nato sulle rive del lago di Como dove il buio della notte lo invitava ad alzare gli occhi al cielo sin da ragazzo, come amava ricordare mentre nel tempo libero disegnava meridiane nelle ville degli amici. La sua storia scientifica, dopo aver studiato fisica all'Università di Milano, iniziava però a Roma agli inizi del 1938 dove Edoardo Amaldi lo chiamava a seguire un corso di specializzazione all'Istituto di fisica di via Panisperna. L'occasione era preziosa perché collaborava con Enrico Fermi negli ultimi mesi di permanenza italiana prima di volare verso il Nobel e gli Stati Uniti alla fine dell'anno. Incontrava pure Ettore Majorana poi scomparso in quei mesi. Insieme a Fermi aveva costruito una camera a nebbia per rivelare la radiazione cosmica, un tema che lo impegnò e appassionò per tutta la vita, e che portava al Passo Sella sulle Dolomiti per raccogliere i raggi celesti decifrandone il loro contenuto (scoprendo la presenza dei neutroni), le loro possibili origini e il decadimento dei mesoni che li compongono. Molti di questi esperimenti li condivideva con Vanna Tongiorgi di cui era stato relatore di tesi e che poi sposava nel 1945. Insieme, rimasero uniti dalla fisica per l'intera vita andando con la loro camera pure negli Stati Uniti salendo sul Monte Evans nelle Montagne Rocciose, in Colorado, scoprendo altri aspetti delle piogge celesti. "Queste particelle sono davvero cosmiche e persino la galassia sembra troppo piccola per contenerle" spiegava nel 1955 alla Conferenza di Ganajuato in Messico.

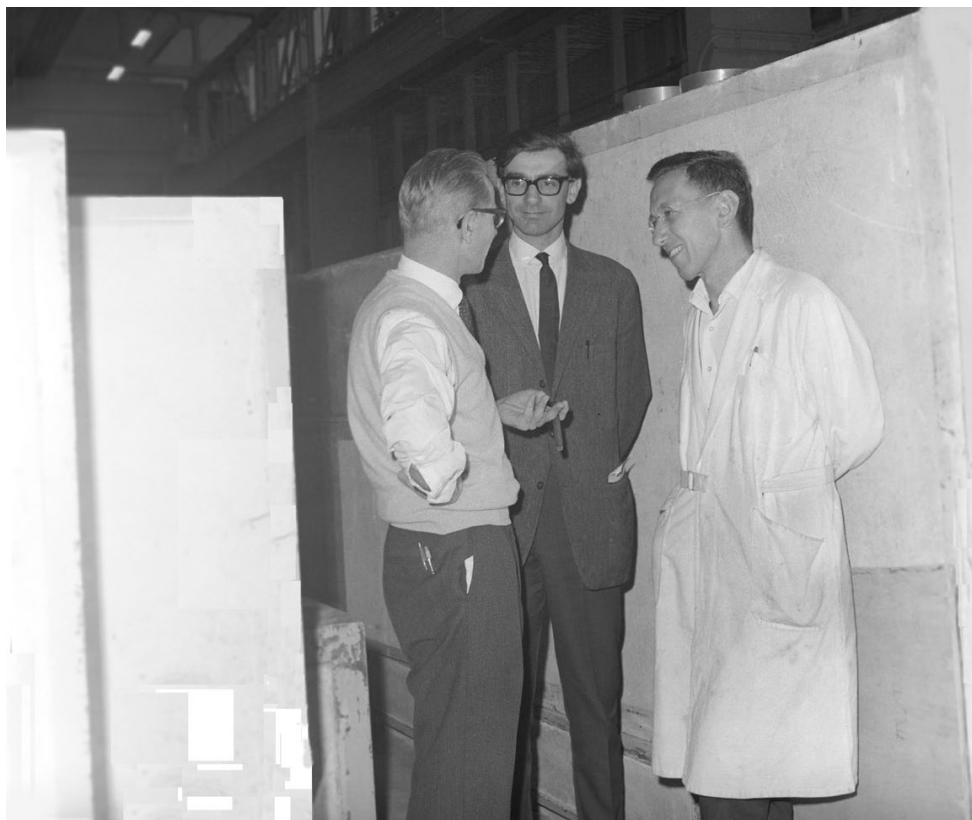


FIGURA 3.1. Giuseppe Cocconi (a destra), © CERN.

Intanto al CERN si pensava alla costruzione del protosincrotrone e per questo era invitato nel 1959 a condividere la progettazione e poi le prime ricerche sugli effetti degli scontri tra particelle. Rimarrà a Ginevra un paio d'anni tornando quindi negli Stati Uniti per effettuare sperimentazioni al Brookhaven National Laboratory.

Ginevra però doveva essere rimasta nel cuore e nella mente se Giuseppe e Vanna nel 1963 varcavano definitivamente la soglia del CERN mettendo radici stabili e ampliando con efficacia le loro indagini e Giuseppe, rivelando doti di guida, veniva designato direttore della ricerca per un biennio. Dopo Gilberto Bernardini era il secondo italiano chiamato a dirigere i lavori del laboratorio europeo. Negli anni successivi condividerà numerose ricerche approfondendo con Ugo Amaldi, Guido Barbiellini Amidei e Giorgio Bellettini gli effetti delle interazioni tra protoni ottenendo risultati addirittura non previsti dalle teorie. Nel contempo con nuovi rivelatori e con altri gruppi di ricercatori di Roma, Pisa e Stony Brook (USA) esplorerà il mondo dei neutrini. “Insieme” – ricorda Ugo Amaldi – “abbiamo lavorato all’esperimento Charm proprio legato ai neutrini ma

quando iniziava la collaborazione all'esperimento DELPHI con il LEP disse che non voleva continuare altre ricerche con gli acceleratori per tornare agli amati raggi cosmici.”

Giuseppe e Vanna mantenevano un affiatamento dentro e fuori i laboratori. “Amavano l'arte e le montagne” – ricordano i colleghi – “Ogni sabato mattina visitavano le gallerie di Ginevra. Erano prodighi di suggerimenti, che si trattasse di consigliare giovani fisici o di iniziare gli amici alla loro prima discesa della Vallée Blanche.”

### *Tutto nasce dall'incontro con Philip Morrison*

Mai, però, si eclissava l'altra anima di Giuseppe Cocconi rivolta agli astri e rimasta sempre viva nelle sue esplorazioni. Tutto era iniziato nella discussione mattutina in una stanza del CERN assieme a Philip Morrison dell'Università di Cornell e uno dei fisici del Progetto Manhattan per la bomba atomica, anche lui giunto a Ginevra per un anno sabbatico.

Un giorno di primavera del 1959 – ha ricordato Morrison in un'intervista – Giuseppe Cocconi entrò nel mio ufficio. Stavamo pensando ai raggi gamma di origine naturale quando ci siamo resi conto che sapevamo anche come crearli. Ne facevamo molti al sincrotrone di Cornell. Così Cocconi chiese se potessero essere usati per comunicare tra le stelle. Era chiaro che avrebbero funzionato, però non era molto facile usarli. La mia risposta fu entusiasta ma cauta. Non dovremmo, mi chiesi, guardare in tutto lo spettro elettromagnetico per trovare la lunghezza d'onda migliore per una comunicazione del genere? Quello è stato il germe dell'idea.

E Cocconi aggiunse nella stessa intervista: “Un piccolo scoppio di radiazione gamma potrebbe essere un segnale che può viaggiare lontano e diritto nello spazio galattico ed essere abbastanza peculiare da essere riconosciuto. Quello è stato il fattore scatenante.”

Così, assieme, idearono il modo più efficiente per comunicare tra le stelle. E analizzando le diverse frequenze scelsero l'emissione dell'idrogeno neutro, 1420 MegaHertz, l'elemento più abbondante dell'universo. Era una regione relativamente tranquilla dello spettro radio naturale e se una civiltà aliena volesse che i suoi segnali fossero percepiti fra tutti i rumori celesti

naturali, questa era la frequenza logica su cui trasmettere, ritenevano. Cocconi e Morrison chiesero a Sir Bernard Lovell di usare il radiotelescopio inglese di Jodrell Bank, uno dei più grandi dell'epoca, per inviare un segnale verso Alpha Centauri, il sistema solare più vicino al nostro, ma Lovell non si entusiasmò alla proposta. I due fisici perfezionarono comunque la loro ricerca che raccontarono sulla rivista britannica "Nature" il 19 settembre 1959 in un articolo dal titolo *Searching for Interstellar Communications*. Da allora le loro indicazioni e la frequenza scelta diventarono il punto di riferimento nella ricerca di segnali intelligenti dei programmi SETI (Search for Extra-Terrestrial Intelligence) in tutte le nazioni. E ancora oggi lo sono. Ma, a parte questo sguardo a trovare tracce sull'esistenza di altri esseri nell'universo, grazie alle sue esplorazioni tra fisica e cosmologia, studiando ad esempio il neutrino, Cocconi aiutò a sviluppare il nuovo mondo dell'astrofisica. Nel discorso pronunciato all'assegnazione del Premio Nobel nel 1976, Samuel Ting ricordò:

Sono andato al CERN come borsista della Ford Foundation. Lì ebbi la fortuna di lavorare con Giuseppe Cocconi al Proton Synchrotron e imparai molta fisica da lui. Ha sempre avuto un modo semplice di vedere un problema complicato, ha effettuato esperimenti con grande cura e mi ha profondamente impressionato.

Il piacere della scienza alimentava le indagini di Vanna e Giuseppe che, pur essendo di ampie vedute, disponibile verso i giovani e interessato a tutto ciò che avveniva nel mondo anche al di fuori della fisica, aveva un'idea precisa della sua identità e del suo modo di essere. Rinunciava di associarsi ad accademie e non accettava premi e onorificenze. E dopo il pensionamento rifiutò sempre di parlare in pubblico della sua vita scientifica. Amante soprattutto della natura, preferiva camminare tra i monti distaccandosi dal mondo che lo aveva prima visto protagonista di primo piano. Vanna, oltre alle ricerche condivise col marito, divenne il cuore del progetto di collaborazione europea di una camera a bolle per le alte energie nell'arco degli ultimi 18 anni al CERN. Scomparve nel 1997 e la rivista del CERN scrisse: "Era una grande lavoratrice e un eccellente fisico. Allo stesso tempo aveva una maturità unica e un giudizio infallibile che esprimeva con gentilezza." Giuseppe le sopravviverà fino al 2008. Con loro finiva una storia di vita unica al CERN.

## *Conversi, Piccioni e la vita del mesone*

Tra gli scienziati che compivano ricerche al CERN con il protosincrotrone e poi con il superprotosincrotrone c'era anche il fisico Marcello Conversi (1917-1988) le cui capacità lo portavano alla vicepresidenza del comitato scientifico del centro mantenuta dal 1969 al 1975. Conversi era famoso per aver scoperto che il mesone dei raggi cosmici non era, come fino allora ritenuto, il mesone dell'interazione forte ipotizzato dal grande fisico teorico giapponese Hideki Yukawa, bensì una particella sensibile soltanto all'interazione debole e che sarebbe stata presto denominata muone. La scoperta era il frutto di una lunga serie di esperimenti condotti dal 1942 al 1945 da Conversi e Oreste Piccioni sulla vita del mesotrone poi completati nel 1946 con la collaborazione di Ettore Pancini. L'insieme diventava noto come "Esperimento CPP" dalle iniziali dei tre cognomi. La sua storia ha tratti avventurosi sottolineandone l'eccezionalità.

L'impresa, infatti, era condotta a Roma durante l'occupazione tedesca mentre Piccioni fuggiva dagli obblighi militari e Conversi, esonerato dal servizio militare, violava il coprifuoco. Per il timore che il loro strumento con cui effettuavano le ricerche venisse distrutto da un bombardamento dell'università, i tre giovani scienziati lo trasportavano su un carretto al liceo Virgilio di via Giulia più vicino al Vaticano e quindi meno a rischio. Il gruppetto era seguito da Edoardo Amaldi in bicicletta e la vicenda diventava anche il canovaccio del film-documentario "I ragazzi di Via Giulia" del regista Adolfo Conti. Gli esperimenti e i risultati conquistati dal terzetto sono stati considerati determinanti nella nascita della fisica delle particelle (detta anche fisica delle alte energie) che gli acceleratori avrebbero in seguito sviluppato.

Marcello Conversi si era laureato all'Università di Roma ed era stato allievo di Enrico Fermi, Edoardo Amaldi e Gilberto Bernardini. Ottenuta la cattedra di fisica superiore all'Università di Pisa tra i suoi allievi c'era il futuro Nobel Carlo Rubbia che ricorda: "Non ha mai tentato di dominare la personalità dei giovani allievi. Cercava invece di ispirarli. Di guidarli e noi tutti conserviamo, pensando a lui, un senso di libertà e, cosa ancora più importante, la coscienza delle nostre responsabilità che è riuscito ad instillarci."

Durante il periodo pisano conduceva ricerche sui raggi cosmici salendo al laboratorio Testa Grigia a Plateau Rosa a 3500 metri d'altezza davanti

alla vetta del Cervino. Conversi amava così profondamente la musica, di cui spesso parlava, tanto da essere incerto agli inizi giovanili nella scelta del suo futuro, preferendo poi la fisica, diventando un geniale fisico sperimentale e ideando sofisticati rivelatori, cioè gli strumenti determinanti per il conseguimento dei risultati. Ma Conversi conquistava un altro merito per cui è da ricordare. Quando negli anni Cinquanta era all'Università di Pisa guidava la realizzazione di un centro di calcolo elettronico d'avanguardia, il Centro Studi Calcolatrici Elettroniche (CSCE) seguendo un suggerimento che Enrico Fermi aveva scambiato con lui, Giorgio Salvini e Gilberto Bernardini durante il Congresso di Varenna nel 1954. Da questa iniziativa nasceva la scuola di informatica italiana e la costruzione del primo calcolatore elettronico italiano, il CEP. Anche per questo ottenne la medaglia d'oro del Presidente della Repubblica nel 1961. Negli anni, partecipò alla realizzazione del Laboratorio del Gran Sasso avviato da Antonino Zichichi, mentre al CERN progettò diversi apparati tra cui la Big European Bubble Chamber, la più grande camera a bolle con cui vedere la nascita di nuove particelle. Tra i collaboratori delle sue ricerche c'erano Giorgio Salvini, Gilberto Bernardini e Carlo Rubbia e i suoi studi aiutarono pure a definire il *quark charm*.



FIGURA 3.2. Le celebrazioni del Premio Nobel a Samuel Ting nella Salle des Pas Perdus. Marcello Conversi è il secondo da destra, accanto a Samuel Ting, © CERN, PhotoLab.

Pur avendo dimostrato notevole abilità nella guida delle numerose iniziative rifiutò categoricamente la carica di presidente dell'Istituto nazionale di fisica nucleare. Amava troppo la ricerca fisica per sostituirla, in parte, con attività manageriali, anche se il suo personaggio sarebbe stato simbolico e rappresentativo a livello internazionale.

### *L'incontro improvviso al "Corriere della Sera"*

Incontrai per la prima volta Conversi agli inizi degli anni Ottanta. Arrivava all'improvviso una sera al "Corriere della Sera". Era di passaggio da Milano e voleva approfittare dell'occasione per parlare dei suoi ultimi lavori. Ascoltavo le sue parole animate dalla convinzione e dalla passione tra atomi e computer. Ma poi, concluso il suo discorso, se ne andava, quasi

all'improvviso come era apparso. "La moderna fisica delle particelle" – scriveva il Premio Nobel per la fisica Luis Álvarez – "ebbe inizio durante gli ultimi giorni della Seconda guerra mondiale, quando un gruppo di giovani italiani, Conversi, Pacini e Piccioni, iniziarono un notevole esperimento."

Dal protosincrotrone, a cui Cocconi aveva dato il suo contributo, arrivavano scoperte che aprivano strade diverse: agli inizi degli anni Settanta un fascio di neutrini prodotti dal protosincrotrone del CERN nella camera a bolle Gargamelle confermava l'esistenza di uno dei mediatori delle forze elettrodeboli, il cosiddetto bosone intermedio neutro Z.

Per comprendere l'importanza di questa scoperta bisogna risalire a Newton che nel Seicento aveva compreso che la gravità, governatrice dei cieli, era la stessa forza che ci teneva con i piedi per terra. Maxwell nell'Ottocento scriveva le equazioni che unificavano elettricità e magnetismo spiegando la forza elettromagnetica. Nel Novecento Sheldon Glashow, Steven Weinberg e Abdus Salam, lavorando separatamente, affrontavano pure l'unificazione tra l'elettromagnetismo e la forza debole che è la forza che causa l'emissione di una coppia elettrone-neutrino da certi nuclei. È quello che si chiama il "decadimento beta" dei nuclei la cui teoria era ideata da Enrico Fermi nel 1933. Glashow, Weinberg e Salam riuscivano nell'impresa dell'unificazione della forza elettromagnetica e debole proponendo che, così come la forza elettromagnetica tra due elettroni è dovuta allo scambio di un fotone neutro, altrettanto la forza tra un neutrino e un elettrone dipende dallo scambio di una particella neutra Z oppure da una particella carica W. Sono tutte dei bosoni e sono spesso chiamate particelle forza per distinguerle dalle particelle materia che sono gli elettroni, i neutrini e i quark. Il bosone W, inoltre, può essere di carica positiva o negativa; ecco quindi i tre bosoni, fotone, Z e W, che unificano le forze elettromagnetica e debole in un'unica forza chiamata elettrodebole, per la quale meritavano il Premio Nobel per la fisica nel 1979.

Per Abdus Salam, barba folta e occhiali spessi, indiano d'origine e professore di fisica teorica all'Imperial College di Londra, il riconoscimento arrivava quando dirigeva a Trieste l'International Centre for Theoretical Physics che aveva contribuito a fondare, al fine di aiutare gli studenti del Terzo Mondo da cui egli stesso proveniva. Lo guiderà fino al 1993, trasformandolo in un centro importantissimo per la ricerca teorica nei Paesi in via di sviluppo.

Bisognava però scoprirli i due bosoni Z e W e questo sarà uno dei capitoli più belli della storia del CERN e che ha avuto come protagonista la camera a bolle Gargamelle. Si trattava di un rivelatore pesante mille tonnellate che mostrava otticamente l'effetto del passaggio dei neutrini quando attraversavano i 12 metri cubi di freon liquido pesante di cui era riempita, mostrando e misurando le tracce delle particelle create dall'urto dei neutrini con i nuclei di freon. Questo strumento era stato costruito in Francia per iniziativa di André Lagarrigue nell'ambito di una collaborazione internazionale. Il gruppo più competente in fisica dei neutrini era quello dell'Università di Milano diretto da Ettore Fiorini (1933-2023), veronese di nascita e milanese d'adozione. Egli fu una delle figure di riferimento dell'esperimento Gargamelle, guidando il contributo italiano all'analisi delle interazioni di neutrino che portarono alla scoperta degli eventi mediati dallo scambio del bosone Z. Il suo più stretto collaboratore, Tonino Pullia, ebbe un ruolo diretto nella selezione degli eventi nei quali venivano prodotti adroni, l'aspetto più delicato e discusso dell'esperimento. Questo lavoro venne svolto in stretta collaborazione con i fisici francesi, in particolare François Vannucci, e contribuì in modo decisivo a rendere solida e credibile l'interpretazione dei dati sperimentali. Così il gruppo di Milano fu protagonista di un'altra grande scoperta raggiunta al CERN.

### *Fiorini, instancabile scienziato sperimentale*

Fiorini era un instancabile scienziato sperimentale con un entusiasmo che contagiava facilmente i giovani studenti. Tra le altre sue imprese è da ricordare l'allestimento nel "garage 17" nel traforo del Monte Bianco dell'esperimento Nusex per la ricerca del decadimento del protone; era uno dei primi esperimenti condotti sottoterra in Europa ottenendo risultati competitivi con quelli in corso negli Stati Uniti e in Giappone. Altre esperienze lo porteranno a condividere le ricerche con il rivelatore Gallex nel laboratorio sotterraneo del Gran Sasso dell'INFN, misurando i neutrini solari prodotti dalle reazioni di fusione protone-protone ottenendo la prima dimostrazione sperimentale del meccanismo di produzione di energia nel Sole. I neutrini, infatti, rappresenteranno sempre un tema molto caro ai suoi studi. Ma Fiorini brillava anche per la sua ampia cultura che andava oltre la scienza e che distillava sorridendo con una citazione o un motto latino. Non solo. Negli ultimi anni aveva esteso il suo campo d'azione anche alle

ricerche sull'ambiente, alla fisica sanitaria e all'archeometria iniziata con l'avventuroso recupero di mille lingotti di piombo di epoca romana trovati nei fondali al largo dell'isola di Mal di Ventre in Sardegna; operazione sostenuta da Nicola Cabibbo allora presidente dell'INFN.

Nel frattempo al CERN si era costruito l'Intersecting Storage Rings, il primo collisore di adroni (formati da quark e gluoni), come i protoni. Entrava in funzione nel 1971 favorendo lo sviluppo di una nuova fisica. La macchina era figlia di un'impresa compiuta in Italia dall'INFN nei laboratori di Frascati dove il geniale fisico Bruno Touschek (1921-1978) ideava il primo collisore AdA (Anello di Accumulazione) provocando lo scontro tra elettroni e positroni facendoli circolare in un anello, in direzioni contrarie, fino all'impatto. Touschek, di origine austriaca, era espulso dall'università all'arrivo dei nazisti perché ebreo. Accusato di spionaggio, sfuggiva ai tedeschi dopo essere stato ferito. Era l'ultimo anno di guerra, gli sparavano e cadeva svenuto. Credendolo morto lo abbandonavano e si salvava nascondendosi. Chiuso il conflitto, si trasferiva a Glasgow, in Inghilterra, collaborando alla costruzione del primo acceleratore britannico. Nel 1952 raggiungeva la sorella che abitava a Roma. Edoardo Amaldi, conosciuta la sua storia, lo convinceva a rimanere come collaboratore dell'INFN. E proprio a Frascati nel laboratorio dell'elettrosincrotrone dell'INFN, dimostrando le sue eccellenti capacità di fisico teorico e sperimentale, concepiva il primo acceleratore di nuovo tipo AdA. Una macchina analoga entrò in funzione poco dopo in Russia, a Novosibirsk. Molte altre venivano realizzate con energia sempre maggiore negli Stati Uniti e in Europa.

### *Due anelli intrecciati di 300 metri*

Nell'Intersecting Storage Rings ginevrino si scontravano protoni circolanti in due sincrotroni che si incrociavano in otto "punti d'intersezione"; era quindi un diverso tipo di collisore protone-protone, e rimaneva in servizio fino al 1984. Raggiungeva l'energia massima di 62 GeV perché ciascuno dei protoni che si scontravano aveva un'energia massima di 32 GeV. Formato da due anelli intrecciati del diametro di 300 metri, la sua costruzione avveniva a cavallo del confine tra Svizzera e Francia. Con una battuta amara gli scienziati dicevano che l'ISR "sarà ricordato per ciò che non ha mai scoperto". In realtà è stato decisivo nello sviluppo di tecnologie

(come il raffreddamento stocastico) che poi saranno determinanti nella conquista di grandi scoperte nei successivi collisori.

## Campioni della teoria

*L'angolo di Cabibbo, la supersimmetria e la supergravità di Zumino e Ferrara, l'equazione Altarelli-Parisi, la Teoria delle stringhe di Fubini e Veneziano e l'invenzione da Nobel di Charpak*

Mentre i fisici sperimentali costruivano macchine e cercavano nuove particelle, tra gli anni Sessanta e Settanta al CERN c'erano fisici italiani campioni della teoria che introducevano nuove visioni e concetti. Era il 1962 quando entrava per due anni come ricercatore invitato dal laboratorio ginevrino Nicola Cabibbo (1935-2010). Nato e formatosi nella scuola romana, proveniva dai laboratori di Frascati dell'Istituto nazionale di fisica nucleare e durante la permanenza a Ginevra si divideva temporaneamente anche con il Lawrence Berkeley National Laboratory, in California. Ed è proprio in questo periodo tra la Svizzera e gli Stati Uniti che pubblicava un articolo che lo renderà famoso nella comunità scientifica internazionale. Nel 1963, infatti, inviava alla "Physical Review Letters" uno scritto nel quale proponeva l'introduzione di quello che diventerà noto come "l'angolo di Cabibbo" capace di spiegare i cambiamenti di sapore dei quark durante i decadimenti deboli, in particolare la rarità del decadimento di un quark "strano" in un quark normale di tipo "up", un fatto osservato già nei raggi cosmici e rimasto inspiegato. L'articolo, secondo una statistica del 2006, diventava la pubblicazione in fisica più citata di tutti i tempi. A ispirarne la scrittura, come ricordava Cabibbo, erano stati i suoi precedenti studi sulle interazioni dei fotoni di alta energia con i cristalli. Partendo dalla sua idea, dieci anni dopo i fisici giapponesi Kobayashi e Maskawa ipotizzarono l'esistenza di almeno tre famiglie di quark. Il record in realtà ne seguiva un

altro perché già nel 1961 aveva pubblicato, assieme al suo maestro Raoul Gatto, un precedente articolo che conteneva i calcoli teorici di tutte le sezioni d'urto dei processi di collisione alla Touschek tra elettroni e positroni: i colleghi lo avevano battezzato la "Bibbia" data la sua importanza come riferimento assoluto per gli esperimenti di fisica iniziati a Frascati con il collisore AdA. Cabibbo era uomo di grandi e svariati interessi. Inizialmente attratto dall'astronomia sviluppava un'intensa passione per la letteratura americana condivisa dalla moglie Paola Iandolo, insegnante della materia all'Università di Salerno. Cabibbo per molti aspetti era un vagabondo della ricerca e continuerà le sue esperienze di studio e didattiche in numerose università americane, dall'Institute for Advanced Study di Princeton a New York, da Harvard a Syracuse ma anche in Europa, all'Università di Parigi VI. Infine metterà radici all'Università di Roma avviando iniziative che avrebbero sostenuto in modo più efficace le ricerche. I problemi più d'avanguardia legati agli aspetti quantistici degli adroni, le particelle fatte di quark come il neutrone e il pione, richiedevano capacità di calcolo superiori a quelle disponibili. Per questo avviava il progetto APE 100 nel cui ambito si costruivano tre supercomputer di cui dirigeva anche la realizzazione, con i quali diventavano possibili simulazioni e calcoli prima irraggiungibili e da lui stesso utilizzati nelle indagini. Le eccezionali capacità anche manageriali lo porteranno sia alla presidenza dell'Istituto nazionale di fisica nucleare e in seguito a quella dell'ENEA, l'ente per le energie alternative.

### *L'evoluzione e la religione cattolica*

Cabibbo era uomo di grande cultura e aperto ai dibattiti più ardui sui temi più controversi tra scienza e fede e sugli aspetti etici tanto da essere nominato presidente della Pontificia Accademia delle scienze. In numerose interviste a media nazionali e stranieri sosteneva come la teoria dell'evoluzione non fosse in contrasto con la religione cattolica. "Tra gli scienziati cattolici" – affermava in un'intervista – "è chiarissimo che si può benissimo credere nell'evoluzionismo e nella Creazione (non nel creazionismo). Dire il contrario è come sostenere che la Terra è piatta o che il Sole si muove perché così dice la Bibbia." In un suo scritto aggiungeva:

La Teoria dell'evoluzione può essere fastidiosa per i cristiani perché sembra entrare in conflitto con l'idea della creazione divina. Questa paura è, tuttavia, infondata. Ciò che entra in contrasto con la creazione divina è la possibile estensione della teoria dell'evoluzione in una direzione materialistica, il cosiddetto evoluzionismo. Ciò che l'evoluzionismo sembra dire, e sto pensando ad autori come Dawkins, è che non c'è necessità di Dio. Ma questa estensione della teoria di Darwin non è parte di ciò che è stato scoperto nella scienza.

A sottolineare l'impegno e il contributo alle conoscenze fisiche interveniva più volte il suo allievo e collaboratore Giorgio Parisi, poi Premio Nobel per la fisica nel 2021. Parisi ne ricordava il suo valore nel discorso di conferimento del Premio a Stoccolma e nella sua autobiografia testimoniava l'amarezza del mondo scientifico per la mancata assegnazione del Nobel da tutti ritenuto più che dovuto per la scoperta dell'angolo che porterà per sempre il suo nome. A Stoccolma andarono Kobayashi e Maskawa e Parisi sottolineava: "Fu uno scandalo e un'ingiustizia." Infatti nel 2008 il Nobel per la fisica era stato conferito a tre fisici giapponesi, Yoichiro Nambu, Makoto Kobayashi e Toshihide Maskawa, per risultati ottenuti estendendo gli studi di Nicola Cabibbo. Essendo nota la questione, l'enigma diventava internazionale come dimostrava un intervento apparso sulla rivista scientifica britannica "New Scientist" nel quale si chiedeva come mai Cabibbo fosse stato escluso "nonostante le sue ricerche avessero gettato le basi della scoperta". "Non si può spiegare il Modello Standard della natura se si ignorano le idee di Nicola Cabibbo", affermava Michelangelo Mangano, illustre teorico del CERN. In Italia la tristezza era diffusa. "Non possiamo tacere il profondo rammarico" sottolineava Luciano Maiani, presidente del CNR ed ex direttore generale del CERN.

Nella divisione teorica del laboratorio europeo due personaggi Bruno Zumino e Sergio Ferrara intrecciavano speculazioni e formule su due temi che ancora oggi sfidano in modo arduo i fisici: la supersimmetria e la supergravità. Bruno Zumino (1923-2014) entrava al CERN nel 1968 come ricercatore senior. Arrivava dalla New York University dopo essersi formato all'Università di Roma. Le sue esplorazioni affrontavano le simmetrie in natura. "Penso che Bruno abbia capito prima della maggior parte delle persone quanto sarebbe stata importante la simmetria nello sviluppo della fisica" disse il Premio Nobel Steven Weinberg. Infatti, egli

sviluppa agli inizi degli anni Settanta la teoria della supersimmetria secondo la quale ogni particella che conosciamo ha un partner supersimmetrico battezzato (ad esempio squark, seletttrone ecc.). “La supersimmetria è così bella e suggestiva che la maggior parte di noi pensa che debba emergere in natura anche se finora non è successo” aggiunge Weinberg. Infatti, rimane ancora uno degli obiettivi da conquistare. Ma Zumino andava oltre, occupandosi di un altro tema intrigante della fisica, cioè la rottura della simmetria non rispecchiandosi nelle leggi della natura. Il bosone di Higgs, ad esempio, è un sottoprodotto dei processi fisici che rompono la simmetria tra le forze deboli ed elettromagnetiche.

### *Nuovi strumenti matematici per spiegare la natura*

Successivamente Zumino e Stanley Deser, estendendo le loro elaborazioni e inserendo anche la gravità, mettevano le prime basi della teoria della supergravità. Zumino, altrettanto famoso per essere stato pioniere di nuovi strumenti matematici in grado di spiegare le forze della natura, nel 1981 si trasferiva a Berkeley per seguire la moglie Mary K. Gaillard assunta come prima donna docente a tempo indeterminato nel dipartimento di fisica di UC Berkeley. E per accompagnarla – raccontava – accettava la riduzione dello stipendio rispetto al CERN. Agli inizi degli anni Novanta la sua salute peggiorava costringendolo ad abbandonare le amate aule chiudendo, infine, la sua esistenza dopo lunghe sofferenze.

La scoperta della teoria della supersimmetria nel 1974 aveva anche un altro “padre” che era Sergio Ferrara. Aveva studiato all’Università La Sapienza e nel 1973 trascorreva un paio d’anni come borsista al CERN diventando poi, dagli anni Ottanta, membro dello staff dei teorici. Fra i numerosi argomenti delle sue ricerche a Roma c’era anche la teoria quantistica dei campi per la quale aveva collaborato con il futuro Nobel Giorgio Parisi. Nel 1976 nuove ricerche lo portavano alla scoperta della supergravità assieme a Zumino, Daniel Freedman del MIT e Peter van Nieuwenhuizen dell’Università di Stony-Brook. Ma i suoi interessi lo orientavano su fronti diversi indagando molte proprietà delle teorie delle superstringhe e della teoria “M”. Dal 2009 al 2014 era stato Principal Investigator al CERN di un Advanced Research Grant assegnato dal Consiglio Europeo della Ricerca dedicato in particolare a “Supersimmetria, Gravità Quantistica e Campi di Gauge”. Ma era solo una tappa delle sue

ricerche perché negli ultimi anni della sua attività, come professore emerito, era affascinato dagli sguardi verso l'universo e dedicò il suo tempo ai legami esistenti tra la cosmologia e la rottura della supersimmetria, quest'ultima applicata ai modelli dell'inflazione per decifrare una delle fasi più misteriose delle origini cosmiche.

Negli anni Settanta alla divisione teorica del CERN brillavano altri due scienziati italiani, una coppia eccezionale di maestro e discepolo in grado di aprire visioni nuove sia nella fisica che nella collaborazione internazionale. Nel 1972 la direzione del centro offriva a Sergio Fubini (1928-2005) la nomina di "senior physicist" nel comitato direttivo a tempo indefinito, riconoscendo che "egli era uno dei più eminenti teorici della sua generazione nel campo delle particelle elementari. Ed è evidente" – aggiungeva la motivazione – "che avere il suo impegno full-time al CERN sarà di grande valore per la Divisione teorica e altrettanto per il livello scientifico generale dell'Organizzazione." I contributi che egli aveva dato in numerosi campi abbracciavano dall'interazione forte alla teoria dei pioni, dalle algebre infinito-dimensionali a nuovi metodi di indagine che diventeranno strumenti efficaci nella ricerca.

### *In Svizzera per sfuggire alle leggi razziali*

Di origini torinesi e costretto con la famiglia ebraica a riparare in Svizzera per sfuggire alle leggi razziali, dopo la laurea trascorreva un triennio negli Stati Uniti e nel 1952 entrava al CERN, nella divisione teorica. Dieci anni dopo inizierà a insegnare prima a Padova, poi a Torino e poi al Massachusetts Institute of Technology di Cambridge (USA) che gli propose la cattedra di fisica teorica. Qui stringerà uno stretto rapporto anche d'amicizia con Bruno Coppi, fisico dei plasmi già trasferito negli Stati Uniti. Fubini anche oltre oceano manteneva rapporti col CERN, dove poi tornava definitivamente nel 1972 con il nuovo blasone e l'incarico che manterrà fino al 1980. In quegli anni stava nascendo il LEP e nella fase di pianificazione il suo ruolo sarà determinante.



FIGURA 4.1. Sergio Fubini durante una lecture in occasione del centenario della nascita di Einstein, © 1979 CERN.

Fubini era attratto anche da un'altra impresa, cercando la via per promuovere la pace in Medio Oriente attraverso la scienza, da sempre naturale ed eccezionale canale di dialogo. Per questo organizzava il Sinai Physics Meeting a Dahab sul Golfo di Aqaba, in Egitto, nel novembre 1985. Fu un incontro storico che riunì fisici arabi, israeliani e occidentali e che portò alla nascita della “Cooperazione scientifica per il Medio Oriente” (MESOC), cioè di una rete di scienziati che promuoveva la ricerca tra Europa, USA e Medio Oriente.

Dagli incontri nasceva un'idea che sembrava quasi impossibile: costruire un impianto internazionale di radiazione di sincrotrone che avrebbe coinvolto strettamente il CERN. Tuttavia, l'autorità di Fubini consentiva di passare dalle parole ai fatti e durante un workshop nel 1997 con Herman Winick dello Stanford Linear Accelerator Center, in California, e Gustav-Adolf Voss ex direttore di DESY (Deutsches Elektronen-Synchrotron) di Amburgo (Germania), Voss suggeriva di utilizzare per un nuovo laboratorio in Medio Oriente i componenti della macchina Bessy-1

di Berlino programmata per essere chiusa nel 1999. Sergio Fubini e Herwig Schopper, ex direttore del CERN, avanzavano la proposta al governo tedesco che acconsentiva la donazione del dismesso sincrotrone e il suo trasferimento nella regione medio-orientale dove nulla del genere esisteva. Bessy-1 veniva quindi installato in Giordania e il nuovo laboratorio, costituito sotto l'egida dell'UNESCO, era battezzato SESAME (Luce di sincrotrone per la scienza sperimentale e le applicazioni nel Medio Oriente). Una grande impresa che offrì opportunità di indagine di grande importanza per gli scienziati dell'area.

Ma il nome di Fubini rimane legato soprattutto a un capitolo della scienza che proietterà nei decenni seguenti sviluppi nella fisica da cui germoglieranno altre teorie. Mentre era al MIT di Cambridge stringeva un intenso rapporto di studio con il suo allievo Gabriele Veneziano e insieme collaboravano alla nascita della Teoria delle stringhe della quale diventavano i legittimi padri. Veneziano, fiorentino di nascita (1942) e di formazione, dopo il dottorato all'Istituto Weizmann di Rehovot in Israele e il soggiorno al MIT come Assistant Professor nel 1978 varcava la soglia del CERN, diventando nel 1994 per un triennio il direttore della divisione di fisica teorica.

### *Un modello e un colpo di genio*

Il suo contributo più importante alla fisica riguarda, nel 1981, l'ideazione del "modello Veneziano"; un colpo di genio che si rivelò essere la prima espressione matematica della Teoria delle stringhe per la quale elaborava già nel 1968 i primi modelli teorici. L'obiettivo era ambizioso e presto avrebbe coinvolto schiere di teorici per trovare una risposta all'idea che affascina i fisici ma non solo. La teoria tenta di unificare in un unico quadro tutte le forze fondamentali della natura, comprese la gravità e le interazioni quantistiche cercando di costruire una visione unificata dell'universo. In parole semplici, la teoria immagina che le forze e le particelle siano differenti manifestazioni di un'unica entità fondamentale costituita dalla vibrazione di una stringa. Tutto ciò che esiste dagli atomi, allo spazio al tempo, sarebbe formato da minuscole corde aperte o chiuse che vibrano. E dal loro diverso vibrare nascerebbero appunto sia le particelle sia le forze della natura. La meta resta ancora lontana, oltre che ardua, e finora alcuna prova o indizio è stato raccolto per trovare conferma.

Veneziano estendeva le sue ricerche anche al Big Bang, le origini dell'universo, e a una teoria cosmologica del tutto, elaborando pure un modello del pre-Big Bang.

Sono ancora idee speculative – scriveva – ma non è filosofia. Con l'energia del Large Hadron Collider del CERN si può indagare il plasma di quark e gluoni dell'universo primordiale. Ma se fossero vere le ipotesi di questa nuova cosmologia, potremmo esplorare fenomeni cosmologici ancora più antichi. Quanto al fatto che il puzzle si complica sempre di più, questo è vero. Ci piacerebbe molto descrivere la natura con una sola equazione; ma se questa equazione cela una matematica così sofisticata da rendere la sua risoluzione impossibile, allora la semplicità è illusoria.

Dalla fine degli anni Settanta agli anni Ottanta emergeva la figura di un altro fisico teorico italiano, Guido Altarelli (1941-2015). Anche lui cresceva nel prolifico ambiente scientifico dell'Università La Sapienza di Roma e i suoi maggiori interessi erano dedicati alle applicazioni della cromodinamica quantistica (QCD) che descrive l'interazione forte che tiene uniti protoni e neutroni e lega tra loro i quark di cui sono formati. Il suo contributo più importante sono le equazioni che descrivono l'evoluzione della densità di quark e gluoni all'interno degli adroni (neutroni e protoni, appunto) ottenute in collaborazione con il futuro Premio Nobel Giorgio Parisi, tanto da essere universalmente conosciute come equazioni di "Altarelli-Parisi". Dopo esperienze condotte in Francia, negli Stati Uniti e la cattedra prima alla Sapienza, poi all'Università Roma Tre, nel 1987 entrava come fisico senior dello staff teorico del CERN rimanendovi fino al 2006, anche guidandone per quattro anni la ricerca teorica. Ma al di là della famosa equazione che porta il suo nome, Guido Altarelli contribuiva a quasi tutti gli aspetti del Modello Standard che descrive le particelle fondamentali e le loro interazioni interpretando i risultati ottenuti ai grandi acceleratori del CERN, in discussioni continue con i fisici degli esperimenti LEP e LHC, proponendo strategie di ricerca e analizzandone i risultati. Cercò pure con grande entusiasmo attraverso calcoli originali e precisi di intravedere segnali di fenomeni oltre questa teoria. "Le sue equazioni" – ha scritto Luciano Maiani – "hanno influenzato tutti i successivi sviluppi delle

interazioni forti.” Aggiungendo: “Combinava una grande e naturale gentilezza con un senso dell’umorismo ironico e la capacità di autoironia.”

### *Una innovazione con tante applicazioni*

Naturalmente tra gli illustri fisici teorici del CERN c’è anche Luciano Maiani, diventato poi direttore generale del CERN e di cui racconteremo l’ingresso in scena nel 1999. Intanto dalla fine degli anni Sessanta i fisici sperimentali potevano indagare meglio i loro esperimenti grazie a un’innovazione del fisico francese Georges Charpak (1924-2010), entrato al CERN nel 1959. La sua famiglia era di origine polacca e la vita di Georges era segnata dalla tragedia della guerra, perché facendo parte della resistenza antinazista veniva catturato e internato nel campo di concentramento di Dachau. Riusciva per fortuna a sopravvivere e dopo aver studiato ingegneria mineraria si specializzava in fisica nucleare. La sua preparazione tecnologica e nella scienza di base lo portava a costruire uno strumento che si dimostrerà prezioso nella ricerca delle particelle elementari. Nel 1968 infatti ideava la “camera proporzionale multifilo”, un rivelatore semplice nella concezione ed economico nella realizzazione ma di grande efficacia nell’analizzare e vedere la presenza di nuove particelle elementari e prima identificate soprattutto con metodi fotografici. La camera consisteva in un gran numero di fili sottili e paralleli disposti in un piano tra due piani catodici a pochi centimetri di distanza. Charpak, contrariamente alla credenza generale, si rese conto che ogni filo si sarebbe comportato come un contatore proporzionale consentendo di rivelare una quantità di nuove particelle mille volte superiore rispetto ai metodi passati, grazie anche al ricorso a una moderna elettronica e al collegamento con un computer. Il sistema avrebbe trovato preziose applicazioni pure al di fuori della fisica, in medicina e in biologia tanto che nel 1989 fondava la società Biospace Med specializzata in imaging biomedico. L’importanza della sua invenzione per i vantaggi consentiti nella ricerca veniva riconosciuta dall’Accademia delle scienze di Svezia che nel 1992 gli assegnava il Premio Nobel per la fisica quando da un anno aveva abbandonato il CERN dedicandosi soprattutto alla sua società.

## Il superprotosincrotrone e il Premio Nobel a Carlo Rubbia

Il primo acceleratore erede delle conoscenze acquisite anche con l'ISR era proprio il Super Proton Synchrotron, costruito da un team guidato da John Adams, che nel 1976 diventava direttore del CERN, mentre collaudava la macchina ottenendo nella fase di prova l'energia di 400 GeV e un paio d'anni dopo anche di 500 GeV. Lo stesso valore era stato raggiunto negli Stati Uniti al Fermilab. Anche per questo si meditava la ricerca di una soluzione di cui era protagonista Carlo Rubbia, con un obiettivo preciso: catturare i bosoni che confermavano la teoria elettrodebole. Fino a quel momento al CERN si era macinata una buona fisica, ricostruendo una tradizione europea che la guerra aveva distrutto. Inoltre si era giunti a padroneggiare anche una capacità tecnologica nella costruzione di acceleratori ormai competitiva con quella americana. Infine si erano ottenuti anche buoni risultati, però non così clamorosi da conquistare un Nobel. Il momento, sia pure con non poche difficoltà, era finalmente arrivato con l'inizio del decennio Ottanta. Tutto iniziava con una sfida tra il CERN e il Fermilab di Chicago perché dovunque la caccia alla fine degli anni Settanta era concentrata sulle particelle W e Z previste teoricamente e giudicate raggiungibili. Bisognava arrivarci. Al CERN Carlo Rubbia, goriziano di origine (1934), era entrato nel 1960. La sua storia (come quella di Fermi) iniziava alla Scuola Normale Superiore di Pisa proseguendo poi con un periodo di ricerche alla Columbia University di New York. In seguito trascorreva un anno all'Università La Sapienza di Roma come assistente dell'illustre fisico Marcello Conversi. Alla fine degli anni Sessanta cercava di ottenere una cattedra in una università italiana "ma fui

respinto. Anzi la parola giusta è bocciato”, rivelava in una intervista a un quotidiano nazionale. Il fatto non lo turbava granché e, determinato come sempre nei suoi progetti, quando nel 1970 gli veniva offerta una cattedra all’Università americana di Harvard accettò immediatamente diventando Higgins Professor di fisica, consapevole del ruolo che poteva giocare data la rinomanza mondiale dell’ateneo.

Vi rimaneva per diciotto anni dividendo il suo tempo tra Ginevra, Cambridge e Chicago tanto da essere soprannominato da qualcuno “Professor Alitalia” (dal nome della vecchia compagnia aerea italiana) a causa dei suoi frequenti spostamenti attraverso l’Atlantico per seguire le lezioni e gli esperimenti nei due laboratori. Le lunghe trasvolate erano allietate dalle amate letture dei gialli di Agatha Christie attirato dalle storie di Poirot che sempre riesce a risolvere casi apparentemente impossibili; un po’ come accade in fisica. I suoi impegni nella ricerca riguardavano diversi fronti e tra questi c’erano anche le correnti neutre. Quella di maggior successo iniziava nel 1976, quando proponeva al CERN la costruzione di un collisore nel quale scontrare protoni e antiprotoni circolanti nello stesso anello ottenendo energie dieci volte più elevate di quelle generate dalle macchine esistenti fino a quel momento. In questo modo si apriva la possibilità di nuovi campi d’indagine e di produrre i bosoni lungamente cercati, portatori dell’interazione debole. Rubbia avanzava la stessa proposta anche al Fermilab di Chicago due anni più tardi, ma l’allora direttore Robert Wilson la bocciava clamorosamente non giudicandola adeguata. Wilson era tra l’altro un appassionato della storia sulla scomparsa in Sicilia del fisico Ettore Majorana ricostruita nel libro di Leonardo Sciascia. Rubbia ricordava l’incontro tumultuoso con Wilson come “la strage del mercoledì sera”.

### *Un rifiuto che nascondeva un progetto*

Nel rifiuto c’era l’idea di un progetto tutto americano. Ma le difficoltà a trovare i finanziamenti necessari non consentivano la realizzazione e Wilson per protesta rassegnava le dimissioni. Al suo posto di direttore si sedeva nel 1978 il Nobel Leon Lederman che cambiò idea orientandosi su un acceleratore diverso, il Tevatron con energie più elevate (TeV) che si sarebbe concretizzato anni dopo. Questo ritiro lasciò via libera al CERN per la caccia alle fatidiche particelle, approvando nello stesso anno il piano

della conversione del superprotosincrotrone (SPS) in un collisore adeguato per i due esperimenti con tecnologie diverse che avrebbero dovuto dimostrare l'esistenza dei bosoni Z e W. L'esperimento UA1 era diretto da Carlo Rubbia e quello in parallelo UA2 da Pierre Darriulat. Ma tutti guardavano a Rubbia. La decisione di procedere tuttavia era anche il frutto della geniale invenzione dell'ingegnere olandese Simon van der Meer, già noto per aver ideato un concentratore di particelle per neutrini. Infatti, il problema dei fasci di particelle era che queste rimanevano troppo disperse rendendo difficili gli impatti e quindi la generazione di nuove particelle. Van der Meer quindi metteva a punto un sistema che compattava le nuvole delle particelle (battezzato raffreddamento stocastico) riducendo la loro agitazione e per questo si usava il termine raffreddamento. Ciò aumentava la possibilità di scoprire i bosoni. I test compiuti con l'acceleratore ISR confermavano l'efficacia garantendo la fiducia sulla sfida.

Così il collisore potenziato registrava le prime collisioni nel 1981 con un'energia di 546 GeV e quattro anni dopo sarebbe stata elevata a 630 GeV. Nel 1983 l'esperimento di Rubbia (con l'energia dell'acceleratore a 546 GeV) osservava i primi bosoni Z e W portatori della forza elettrodebole descritta da Salam, Weinberg e Glashow. La scoperta attesa (e prevista) era conquistata. Il Comitato del Nobel non perdeva tempo nel riconoscerla e nel 1984 Rubbia e van der Meer volavano insieme a Stoccolma per ricevere il Premio Nobel per la fisica. Il Comitato precisava l'assegnazione con queste parole "Simon l'ha resa possibile, Carlo l'ha realizzata."

Arrivarci era stata una corsa spasmodica e accelerata che aveva mobilitato i 150 fisici del gruppo UA1 (Underground Area One). Carlo Rubbia era famoso per essere travolgente nei suoi metodi, battendo il ritmo delle ricerche con tempi insostenibili per alcuni (che decidevano di abbandonare). Nei primi giorni del 1983, appena tornato da una vacanza in Egitto con la famiglia, in una conferenza dedicata alla presentazione degli ultimi risultati ottenuti al CERN, lo scienziato offriva un anticipo sulla scoperta delle tracce delle fatidiche particelle. Di più non poteva dire perché tutto doveva accadere a Ginevra. Segnali favorevoli erano stati raccolti anche nell'esperimento concorrente UA2, ma il suo direttore Darriulat riteneva necessario compiere altre verifiche prima di pronunciarsi. La rivalità continuava. Il giorno storico segnato sul calendario era il 20 gennaio, quando Carlo Rubbia si presentava nell'auditorium del CERN gremito di fisici. Il seminario era stato programmato per dare l'atteso

annuncio e con oltre cento diapositive esibite con la tradizionale rapidità dimostrava la sua vittoria.



FIGURA 5.1. Simon van der Meer e Carlo Rubbia celebrano il Nobel nel 1984 al CERN, © 1984-2026 CERN.

### *Gli applausi e l'attesa del Nobel*

Gli applausi erano incontenibili, perdonandogli un carattere che talvolta creava non poche difficoltà nei rapporti. Ma tutti ormai sapevano che, a quel punto, il primo Nobel conquistato al CERN era una formalità. Ne erano felici dopo trent'anni di intenso lavoro iniziato con un altro grande italiano, Edoardo Amaldi, condiviso dal francese Pierre Auger. Il Nobel Leon Lederman del Fermilab ricordava: “La celerità con cui sono stati analizzati i dati e presentati i risultati è stata veramente straordinaria, considerata la complessità delle collisioni, la sofisticatezza dei rivelatori e le orde di fisici sperimentali.” L'allora direttore del CERN Herwig

Schopper aveva sempre sostenuto Rubbia anche perché non voleva farsi sfuggire per la seconda volta una grande scoperta.

Infatti Lederman e Luigi Di Lella avevano effettuato un esperimento con l'ISR raccogliendo i segnali della particella  $J/\psi$ . Ma ingannati dal rumore di fondo decidevano di ignorare qualsiasi traccia con un'energia minore di 3,2 GeV. La  $J/\psi$  era a 3,1 GeV. Così nacque il "Club della  $J/\psi$  mancata", come lo battezzò Lederman. A catturarla ci riuscirono invece Burton Richter e Samuel Ting separatamente nei rispettivi laboratori SLAC di Stanford e al Brookhaven National Laboratory, entrambi premiati con il Nobel. Infatti la particella, un mesone, confermava l'esistenza del quark charm ed era giudicata rilevante perché contribuiva a comprendere meglio le interazioni fra le particelle. Per questo la sua identificazione era stata battezzata "la rivoluzione di novembre".

Dopo Rubbia, il giorno seguente toccava all'italiano Luigi Di Lella, rappresentante del gruppo UA2 e co-ideatore del sistema concorrente, raccontare i dati ottenuti. Anche Di Lella, napoletano d'origine (1937), era uscito dalla Scuola Normale Superiore di Pisa dove si incontrava con Rubbia e di cui era tre anni più giovane, e per un biennio aveva insegnato alla Columbia University di New York. Dopo il periodo dell'UA2 condurrà al CERN ricerche sui neutrini e sugli assioni prodotti dal Sole. Quel giorno l'auditorium era meno affollato e le prove esibite frutto dell'esperimento parallelo non facevano altro che confermare l'annuncio di UA1. La corsa di Rubbia non era però ancora finita: bisognava arrivare primi anche nella pubblicazione della scoperta sulla rivista europea "Physics Letter". "Il tempo incalzava. Se avessimo aspettato tre settimane le nostre rivendicazioni di priorità sarebbero andate a farsi benedire" diceva a un giornalista. L'annuncio al CERN era avvenuto il mercoledì e dopo qualche resistenza del suo vice Bernard Saudolet, Rubbia il lunedì successivo spediva l'articolo alla redazione della rivista ad Amsterdam che lo pubblicava. Immediatamente il quotidiano "New York Times" la riprendeva in prima pagina. La pubblicazione dei risultati di UA2 sulla stessa rivista, invece, avveniva il mese successivo.

Oltre oceano i fisici si rendevano conto di essere stati superati dai colleghi del Vecchio Continente. E lo manifestava per tutti, dimostrando come fosse diventato di senso comune, un bruciante titolo del "New York Times" riferendo della scoperta: *Europe 3, U.S. Not Even Z-Zero* (Europa 3,

Stati Uniti nemmeno Z-Zero, giocando sul nome completo del bosone Z, Z0 che si legge zeta-zero).

### *Salvini, futuro Ministro della Ricerca*

Nel gruppo degli scienziati italiani partecipanti alle ricerche sui due bosoni a Ginevra c'era anche Giorgio Salvini (1920-2015). Nato a Milano dove si laureava, trascorso un periodo negli Stati Uniti studiando i raggi cosmici, al rientro insegnava all'Università di Cagliari, di Pisa e, infine, alla Sapienza di Roma. Dopo essere stato uno degli uomini chiave della rinascita della fisica italiana e aver guidato prima la costruzione dell'elettrosincrotrone di Frascati e poi i laboratori che lo custodivano, nel 1966 diventava presidente dell'Istituto nazionale di fisica nucleare – INFN. Chiusa la parentesi delle ricerche a Ginevra, date le sue doti ormai riconosciute di manager della ricerca, durante il governo Dini gli veniva affidato l'incarico di Ministro dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica. Più tardi sarà anche chiamato a riordinare l'Agenzia spaziale italiana – ASI. Da ricordare che in origine quando vennero presentate le proposte alla direzione del CERN per scovare i due fatidici bosoni si era fatto avanti anche il Premio Nobel Ting con una sua idea che però era bocciata in favore di quella di Rubbia annunciata nel 1978.

Il cuore dell'esperimento UA1 era il rivelatore capace di mostrare l'esistenza delle particelle cercate. Costruito in diverse parti, quella centrale era concepita e progettata direttamente da Carlo Rubbia con il suo vice Bernard Soudolet. Le particelle cariche elettricamente che entravano al suo interno ionizzavano le molecole di un miscuglio di gas argon-etano rilasciando elettroni. Questi erano raccolti da una rete di 6125 cavi-rivelatori la cui distribuzione geometrica consentiva di ricostruire gli eventi delle collisioni in tre dimensioni. L'insieme colpiva per la sua semplicità, commentava Mario Calvetti, un giovane e brillante fisico che aveva contribuito per gli aspetti dell'elettronica e così immerso nella partecipazione ai doveri del progetto – si racconta – da arrivare in ritardo in clinica alla nascita del suo primo figlio. Il rivelatore usciva fondamentalmente dalla passione e dalle capacità ingegneristiche di Rubbia per tutto ciò che riguardava gli apparati elettronici. Sin da giovane studente amava affrontare queste tecnologie mettendoci le mani nel costruire apparati, e organizzando le sue ricerche non si lasciava sfuggire alcuna

novità d'avanguardia. Nel rivelatore centrale di UA1 aveva espresso il meglio della sua innata predisposizione tecnologica oltre che scientifica.

Dunque se Edoardo Amaldi aveva creato il CERN, Carlo Rubbia lo portava al Nobel: fatti indiscutibili. Rubbia era l'uomo giusto nel posto giusto anche se al CERN molti lo amavano ma altrettanti lo odiavano per il suo modo di essere e fare. Da tutti era comunque considerato l'uomo in attesa di Nobel per le sue doti e le sue capacità d'azione. Ad ogni livello. Quando un giornalista americano andò a intervistare ancora nel 1982 il Premio Nobel Sheldon Glashow all'Università di Harvard sul possibile futuro degli acceleratori, si sentì rispondere che stava parlando con la persona sbagliata. Doveva rivolgersi al collega del primo piano dove Carlo Rubbia aveva la sua stanza perché "lui si sarebbe portato a casa il Nobel in capo ad un paio d'anni". E così accadde. Caratterialmente non si può dire che brillasse di modestia però era riuscito non solo a riportare e consolidare l'Europa al top della fisica, ma anche a battere dopo decenni di supremazia la potenza della fisica americana. E da allora la storia continuava invertendo il segno geografico dello sviluppo.

### *Una coppia geniale per il Nobel*

L'Accademia delle Scienze svedese non tardava a riconoscere il valore della scoperta di Rubbia e nell'ottobre 1984 annunciava l'assegnazione del Premio Nobel per la fisica a lui e all'olandese Simon van der Meer che aveva condiviso l'avventura a Ginevra. "Non sapevo nulla e quel giorno non ho ricevuto la famosa telefonata dalla Fondazione Nobel" – ricorda Rubbia.

Appresi dall'annuncio del giornale radio che stavo ascoltando seduto in taxi mentre andavo all'aeroporto di Malpensa a Milano. Il tassista mi disse: "Ma chi è questo Rubbia?" Sorpreso dalla mia risposta che l'annuncio mi riguardava, non volle ricevere il prezzo della corsa. Il Nobel fu un episodio bellissimo ma che non ha modificato le mie principali abitudini.

E il 10 dicembre volava a Stoccolma con van der Meer per ricevere il più importante premio riservato alle scienze dalle mani del re Carlo Gustavo.

Rubbia era un fisico sperimentale. E come tale per arrivare al successo doveva avere molte identità. Prima di tutto una grande preparazione scientifica, seguita da passione, capacità innovative, resistenza nel sostenere gli obiettivi e una rilevante dose politica. Per Rubbia erano tutte doti fuse insieme ed espresse al meglio a seconda delle occasioni. Inoltre, nulla poteva fermarlo se aveva individuato l'obiettivo da raggiungere. Con ogni mezzo: per questo alcuni sostenevano che oltre ai trattati di fisica egli aveva "letto e assimilato Machiavelli". Ma nello stesso tempo – aggiungevano – disponeva di una mente in grado di sfornare idee a ripetizione. Il suo ritmo di lavoro era forsennato, senza tregua. Le vacanze erano una rarità, anche se talvolta nei corridoi fumando le Gauloises si lamentava per sentirsi annoiato. "Però" – aggiungeva ancora Glashow – "quando viene indirizzato su qualcosa di valido lo trova." E Georges Charpak, grande fisico europeo e anche lui Nobel, faceva notare: "Carlo è un animale di fisica delle alte energie, perfettamente adattato all'ambiente. Quelli che si lamentano di questo non lo sono più." E secondo i suoi collaboratori chi non viveva al cento per cento per UA1 non era degno di appartenervi e prima di tutto doveva accettare ritmi di lavoro massacranti.

"Ha la fama. Ha il potere" – sottolineava Ugo Amaldi, figlio di Edoardo e illustre protagonista della ricerca al CERN – "Dal punto di vista umano ha un carattere difficile: fa soffrire le persone, alcune veramente tanto. Ma d'altro canto avere un Premio Nobel come direttore generale del CERN è un grande vantaggio per l'organizzazione." Infatti, quando si trattò di scegliere il successore di Herwig Schopper nel 1989, emerse spontaneamente la candidatura di Rubbia. E dopo Edoardo Amaldi che ne era stato segretario generale alle origini, Carlo Rubbia diventava il primo direttore generale italiano del grande centro ginevrino.



FIGURA 5.2. Carlo Rubbia tra Simon van der Meer e sir Alec Morrison, presidente del CERN.

## La sfida alla direzione del CERN

Antonino Zichichi e l'ambasciatore Umberto Vattani

In passato, nel 1979, l'Italia era andata vicino alla direzione del CERN. La storia assunse toni molto accesi e merita di essere raccontata. Nella rotazione dell'incarico c'è infatti la regola non scritta che prevede un'alternanza tra i Paesi membri e per questo sembrava giunto il momento di un fisico italiano. Dalla circostanza nasceva in quei mesi una vicenda che finì per riempire le pagine dei giornali e scatenare uno scontro politico non trascurabile. Il tutto attorno al nome che il Ministro della Ricerca Vito Scalia aveva proposto come candidato alla direzione generale del CERN, il professor Antonino Zichichi. Si doveva decidere nel Consiglio del 20 dicembre, ma apparve subito che nessun rappresentante delle 11 nazioni firmatarie oltre l'Italia era d'accordo sul nome. Il ministro, avuto sentore delle posizioni avverse, rilasciava in quei giorni un'intervista esclusiva alla rivista scientifica inglese "Nature" (20-27 dicembre) nella quale minacciava di dissociarsi dal CERN se non si chiarivano le scelte sui futuri programmi. Inoltre, intendeva bloccare il bilancio dell'agenzia spaziale europea ESA perché i ritorni industriali erano insufficienti e anche il finanziamento al centro europeo di ISPRA se non si accettava l'installazione dell'impianto Super Sara per un esperimento sulla fusione nucleare come l'Italia proponeva.

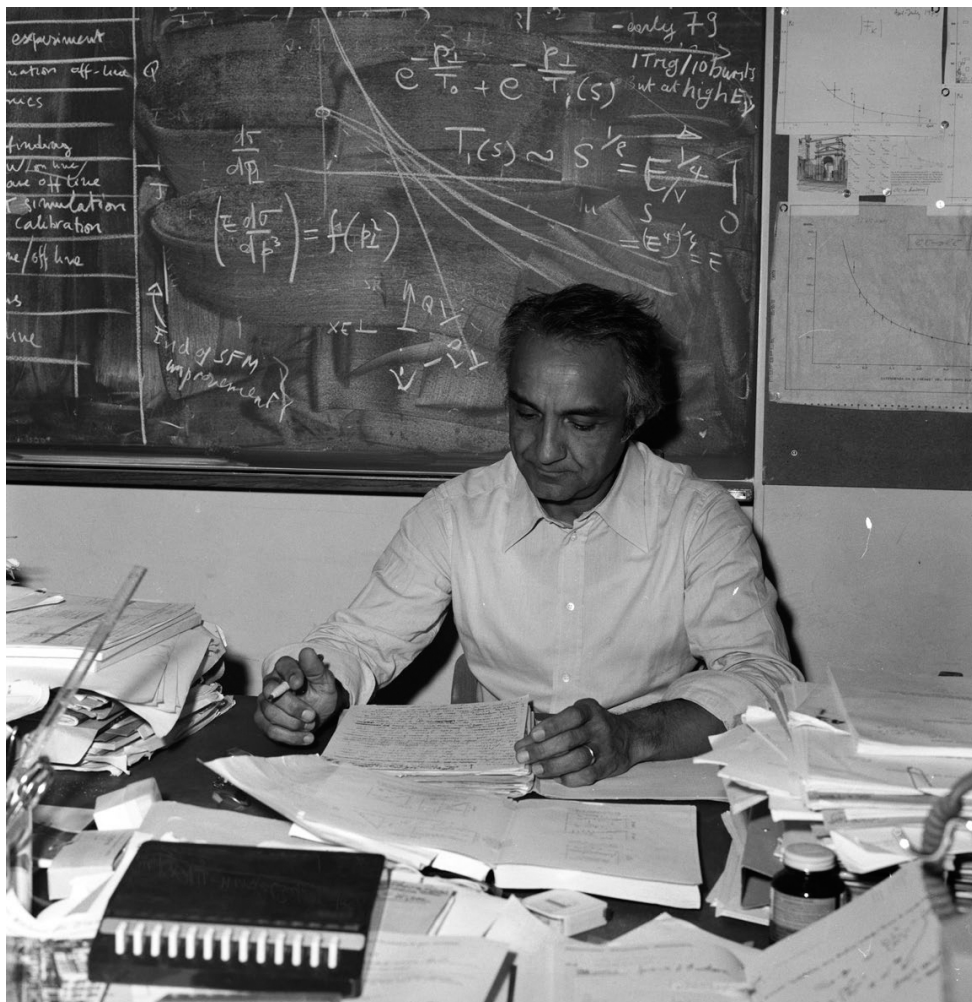


FIGURA 6.1. Antonino Zichichi, ©1977 CERN PhotoLab.

Il candidato antagonista proposto in alternativa a Zichichi era il professor Herwig Schopper direttore del laboratorio DESY, ad Amburgo. Qui i tedeschi lavoravano per la costruzione dell'acceleratore HERA, che era visto come un concorrente del nuovo acceleratore LEP considerato nei piani del CERN. Ciò, diceva Scalia, avrebbe creato un conflitto col centro europeo e bisognava quindi sostenere un personaggio il cui europeismo non fosse in dubbio. La minaccia di ritirarsi da Ginevra nel ruolo di semplice Paese osservatore scatenava accese reazioni perché dopo essere stati protagonisti di primo piano nella fondazione della grande istituzione scientifica comunitaria ora i fisici non avrebbero più potuto lavorarci come protagonisti. Edoardo Amaldi scriveva una lettera a Jean Teillac presidente del Consiglio del CERN per dissociarsi dalle affermazioni del ministro. E Scalia lo accusava di indebolire così la posizione dell'Italia, precisando che

era stato lo stesso Teillac a proporgli due nomi più un terzo, l'americano Burton Richter. Ovviamente il ministro sosteneva Zichichi ma saputo del rifiuto generale, proseguì oltre concentrando i suoi interventi sulle altre partecipazioni europee dove, e questo era vero, l'Italia era penalizzata. Insomma, era nato un incidente diplomatico complicato da risolvere.

Naturalmente Antonino Zichichi era un nome e uno scienziato ben conosciuto fuori e dentro il CERN dove aveva incominciato a fare ricerca ancora nel 1962 con ottimi risultati. Aveva guidato esperimenti sulle collisioni materia-antimateria nei laboratori nazionali di Frascati e a Ginevra con il suo gruppo scopriva l'antideutone. Inoltre aveva condotto altre ricerche importanti che avevano aperto la strada a scoperte i cui autori premiati con il Nobel lo ricordavano nell'assegnazione a Stoccolma del riconoscimento. In quel periodo Zichichi oltre a essere docente di fisica superiore all'Università di Bologna era anche il presidente dell'Istituto nazionale di fisica nucleare INFN e in quella veste era stato promotore e protagonista della nascita del Laboratorio del Gran Sasso, il laboratorio sotterraneo all'epoca più grande del mondo, che consentiva ricerche di punta con apparati schermati dai raggi cosmici in arrivo dallo spazio. In aggiunta era anche presidente della Società Europea di Fisica.

### *Il centro di cultura scientifica "Ettore Majorana"*

Nel 1963 aveva fondato a Erice, in Sicilia vicino a Trapani, dove era nato nel 1929, il Centro di cultura scientifica Ettore Majorana, dove scienziati italiani e stranieri organizzavano scuole e congressi sui temi d'avanguardia della ricerca scientifica. Proprio a Erice nel 1973 insieme con il Premio Nobel Isidor Isaac Rabi e altri personaggi della fisica fondava la World Federation of Scientists per affrontare le emergenze planetarie attraverso la collaborazione internazionale. E tra gli illustri partecipanti c'era anche il fisico Edward Teller, il padre della bomba all'idrogeno.

Tutto ciò era il frutto di un'abilità politica e della capacità di tessere rapporti in ogni direzione, compresa la Chiesa. A parte il rapporto familiare con il cugino, arcivescovo di Monreale, aveva costruito un legame prezioso con il papa Giovanni Paolo II favorendo la riabilitazione di Galileo Galilei dopo la storica condanna. E proprio Galilei e la divulgazione della scienza erano i suoi temi preferiti che lo impegnavano scrivendo sui giornali e collaborando a servizi televisivi. Su questo fronte era talvolta criticato dai

colleghi per eccessi di volgarizzazione, ma il suo interesse nel parlare di scienza era un impegno a cui si dedicava da sempre con convinzione.

Dunque Zichichi aveva una fama diffusa nell'ambiente scientifico, solida nella ricerca e nella sua gestione ma invisibile a molti, pure in altri Paesi, per le sue posizioni e legami politici e religiosi. Nonostante ciò, non aveva "mai ceduto ai reiterati inviti a candidarsi" direttamente in politica come ricordava Giulio Andreotti con cui tessava un filo prezioso. Nel governo presieduto da Francesco Cossiga aveva trovato un sostegno deciso dal ministro, ex sindacalista della CISL, Vito Scalia, conterraneo siciliano. L'attivismo di Zichichi, i suoi rapporti politici, la grande presenza sui media non erano apprezzati dai rappresentanti degli altri Paesi del CERN e al momento del voto erano tutti compatti contro la proposta italiana. Scoppiata quindi una crisi diplomatica nei rapporti con il più importante centro di ricerca europeo, se ne usciva grazie all'azione dell'ambasciatore Umberto Vattani, chiamato nell'agosto 1979 ad affrontare la situazione. Vattani era appena stato nominato dal ministro suo Capo di gabinetto quando veniva inviato a Ginevra per partecipare al Consiglio del CERN in cui si doveva votare il nuovo direttore generale. Vattani arrivò qualche giorno prima per approfondire la situazione parlando con diversi scienziati e, in particolare, con Giuliano Preparata. Preparata (1942-2000) era un illustre fisico teorico che aveva varcato la soglia del CERN nel 1974 dopo aver insegnato nelle Università americane di Princeton e Harvard. Il suo impegno maggiore era rivolto alla fisica delle particelle contribuendo allo sviluppo di un modello alternativo al Modello Standard non basato sui quark. Preparata informava l'ambasciatore dell'orientamento degli scienziati dei diversi Paesi tutti contrari senza incertezze a Zichichi, che ben conoscevano per i pluriennali rapporti nelle ricerche all'interno del laboratorio ginevrino.

### *I sondaggi con gli ambasciatori*

Vattani sondava altri rappresentanti alla riunione a partire dall'ambasciatrice della Svizzera Francesca Pometta, che anticipava l'orientamento ferreo dei delegati verso il voto del candidato tedesco Herwig Schopper, allora direttore del Laboratorio DESY ad Amburgo; la scelta gli veniva presto confermata negli altri contatti preliminari con i diversi ambasciatori. Quindi incontrava Jean Teillac, commissario europeo per l'energia atomica e presidente del Consiglio del CERN, chiedendo un

rinvio del Consiglio nel quale Vattani era accompagnato dall'ambasciatore Vittorio Cordero di Montezemolo. La proposta veniva accettata. In quel periodo (si era nell'agosto 1979) si discuteva della realizzazione del nuovo acceleratore LEP (Large Electron-Positron) e alcune nazioni, soprattutto le più piccole, erano inquiete per gli elevati costi previsti che potevano incidere soprattutto se la sua realizzazione fosse allungata nel tempo. Inoltre c'era la preoccupazione della competizione con gli americani altrettanto agguerriti nella caccia alle particelle W e Z. Vattani nel suo intervento prima dichiarava inaccettabile la lettura di una lettera sottoscritta da una ventina di fisici del CERN che sollecitavano la nomina del direttore generale, sostenendo che era impropria in un consesso di natura politica e che la lettera indeboliva la posizione italiana. Poi chiedeva di vedere il risultato della riunione preparatoria del comitato di lavoro dedicato al LEP, durante la quale Schopper affermava che il CERN doveva tener conto nei suoi piani anche dei programmi del laboratorio di Amburgo da lui diretto per non intralciarli.

La richiesta era ovviamente inaccettabile agli occhi dell'ambasciatore Vattani che vedeva un ostacolo al progetto del nuovo acceleratore LEP e da quel momento non parteciperà per mesi alle riunioni successive del CERN. Si era creata una crisi difficile e per tentare di risolverla Teillac, consapevole che non poteva esserci futuro del laboratorio senza l'Italia, veniva a Roma per incontrare il ministro Scalia. Sui giornali nazionali gli scienziati dalle rispettive posizioni si lanciavano frecce avvelenate contro o in difesa. "Si era anche diffusa la voce che l'Italia intendesse retrocedere al ruolo di osservatore del CERN, non partecipando più alle ricerche come ritorsione alla mancata nomina di Zichichi" – racconta l'ambasciatore Vattani – "ma non era assolutamente vero. Cercavo solo una soluzione adeguata che non penalizzasse il nostro Paese." Il timore che i ricercatori italiani perdessero le grandi opportunità garantite dal centro che avevano contribuito a fondare scatenava quindi la comunità scientifica. In particolare, accadeva in un incontro all'Istituto nazionale di fisica nucleare a Roma, dove l'ambasciatore era atteso immediatamente dopo il ritorno dal Consiglio al CERN.

La sala era affollatissima di fisici tra i quali c'erano anche Edoardo Amaldi e Giuseppe Fidecaro – ricorda – tutti convinti di una mia azione di ricatto al CERN per la scelta di Schopper al posto di

Zichichi. Invece il mio intervento al Consiglio del CERN era andato nella direzione esattamente contraria a protezione dei nostri investimenti e della nostra storia di fondatori, chiedendo informazioni sui futuri programmi. Quindi, leggevo dai miei appunti le affermazioni di Schopper in difesa dei suoi interessi tedeschi che mettevano a rischio, se accettati, i piani del centro. La lettura portava il silenzio nella sala e lo stesso Edoardo Amaldi puntando il dito affermava “spero lei abbia ragione”. La riunione si concluse.

### *Le interpellanze in Parlamento e il ministro Vito Scalia*

Intanto in Parlamento fiorivano interpellanze alle quali rispondeva il ministro Scalia difendendo l'ambasciatore. Quindi arrivava a Roma Teillac, come egli aveva chiesto, per discutere con il ministro. E dopo averlo ascoltato avanzava una possibile soluzione, offrendo due posizioni direttoriali alle spalle del direttore generale: Emilio Picasso a capo del nuovo progetto LEP e Giorgio Brianti come direttore tecnico del CERN. Il ministro rispondeva che avrebbe considerato la proposta. “L'offerta era eccellente, di grande responsabilità per il futuro del centro” – notava l'ambasciatore Vattani – “E difficile da non considerare.” Così, dopo una riunione del comitato preparatorio del Consiglio, Vattani chiedeva a Herwig Schopper, che confermava, un impegno formale a completare nei tempi stabiliti l'acceleratore LEP per evitare un aumento dei costi.

Arrivati quindi al Consiglio votai per il nuovo direttore generale tedesco e aggrappandomi ai programmi avevo salvato la situazione evitando una cattiva figura a Zichichi che altrimenti avrebbe avuto, senza le trattative avvenute, soltanto il mio sostegno. Di conseguenza, con la nomina dei due scienziati italiani conquistai la fiducia dei nostri fisici, a partire da Amaldi. Con il figlio Ugo sarei poi diventato amico, perché aveva capito che avevo difeso la nostra presenza a Ginevra. E Teillac mi offrì addirittura la vicepresidenza del Consiglio del CERN.

Il professor Zichichi in un'intervista affermava di non aver mai posto la sua candidatura e precisava che non desiderava il ruolo proposto perché era impegnato “in altre attività che mi stavano a cuore”. Quindi non era

disponibile a interrompere per cinque anni la sua attività di ricerca. Zichichi, infatti, aveva in animo un grande progetto proposto dagli anni Settanta al CERN ma anche a tutte le altre nazioni interessate a dividerlo. Col nome Eloisatron, da Eurasian Long Intersecting Storage Ring (ELN), era un gigantesco acceleratore circolare con la circonferenza di 300 chilometri capace di raggiungere un'energia di 500 TeV che fu disegnato in alcuni studi finanziati dall'Istituto nazionale di fisica nucleare (INFN) riguardanti gli aspetti tecnologici e scientifici. Le aree considerate per l'installazione erano la Sicilia oppure la Pianura Padana; tuttavia le difficoltà di realizzazione e i costi altrettanto giganteschi non portavano mai a una decisione. Durante un workshop dell'INFN Zichichi precisava che anche prima della caduta del muro di Berlino il progetto ELN era sostenuto dai tre leader mondiali Ronald Reagan, Mihail Gorbacëv e Deng Xiaoping.

Zichichi e Rubbia erano considerati già negli anni Sessanta i due migliori giovani fisici sperimentali italiani del CERN, emergenti nello stesso tempo, anche per le ambizioni, tanto da meritare la nomina di "condottieri" da parte del direttore generale Weisskopf. Inevitabile quindi tra i due anche una "contrapposizione" gestita a seconda del momento con forza o diplomazia per soddisfare i rispettivi interessi di ricerca. Come quando Zichichi voleva installare uno strumento per rivelare i muoni nell'esperimento UA1 di Rubbia nel cui gruppo lo scienziato siciliano non era molto amato. Rubbia da politico aveva di fronte il creatore dei laboratori nazionali del Gran Sasso oltre che il più potente fisico italiano. E proprio al Gran Sasso Rubbia aveva interesse a condurre esperimenti sul decadimento del protone. Risultato: egli gestì la questione con ragionata cautela e Zichichi non varcò mai la soglia di UA1.

### *Due scoperte e la riconquista della fisica europea*

Le due scoperte del CERN sulle correnti deboli neutre e i bosoni Z e W avevano consolidato il riconquistato ruolo della fisica europea ed erano state previste con buona accuratezza dal Modello Standard delle particelle. Il Modello Standard veniva concepito a tappe nella seconda metà del ventesimo secolo grazie alle intuizioni dei molti fisici teorici che cercavano di comporre un disegno unitario del mondo delle particelle e delle interazioni che le governavano (elettromagnetica, debole e forte) mentre il numero di particelle dette "fondamentali" era in rapida crescita tanto da

essere battezzato lo “zoo delle particelle”. Ciò era il frutto della diffusione degli acceleratori nei quali si facevano scontrare soprattutto elettroni e protoni provocando la creazione di nuovi corpuscoli del mondo subatomico prima sconosciuti. A definire il Modello Standard intervenivano soprattutto l’idea e gli esperimenti che furono capaci di abbattere un muro che sembrava invalicabile nella descrizione della natura che risaliva addirittura al greco Democrito. Il primo sasso lo gettavano due geniali fisici teorici: il fantasioso e poliglotta americano Murray Gell-Mann e George Zweig anche lui americano nato da famiglia ebrea a Mosca e eclettico nella formazione, avendo anche una laurea in neurobiologia. Indipendentemente, nel 1964 proponevano che gli adroni, come protoni e neutroni costituenti del nucleo atomico e i pioni, non erano le particelle fondamentali ma erano formati a loro volta da particelle più piccole che chiamano in modo diverso: Zweig che amava giocare a carte le chiamava “assi” (perché sembrava ne esistessero solo quattro), Richard Feynman coniava il termine “partoni” e Gell-Mann alla fine le battezzava Quark. Quark è una parola slava che descrive una specie di ricotta oppure la spazzatura, ma egli l’aveva incontrata leggendo il romanzo di James Joyce *Finnegans Wake* (cfr. *supra*, p. 33). I due personaggi ebbero fortune diverse: a Gell-Mann era assegnato il Premio Nobel, a Zweig no. Entrambi immaginavano tre tipi di quark diversi, distinti poi col termine “sapore” e chiamati up, down e strange e pertanto indicati con i simboli  $u$ ,  $d$  e  $s$ . Poco dopo Sheldon Lee Glashow e James Bjorken immaginavano un quarto sapore di quark chiamato charm, con fascino, perché la sua presenza avrebbe potuto aiutare a spiegare l’interazione debole.

### *Il contributo di Maiani per spiegare il terzo quark*

Quando nel 1968 allo Stanford Linear Accelerator Center (SLAC) in California si scoprivano le tracce dei quark up e down, si brindò. Il muro era abbattuto: nuove particelle ancora più piccole di neutroni, protoni e pioni esistevano davvero e non solo nelle teorie. Ma la storia non era ancora finita e un passo importante era compiuto nel 1970 da Glashow, Ioannis Iliopoulos e Luciano Maiani, che spiegavano in un modo originale e nuovo le proprietà del terzo quark che fino ad allora erano rimaste misteriose. Conseguenza matematica del “meccanismo GIM” (iniziali dei nomi) da loro proposto era l’esistenza di un quarto quark, quello già immaginato e

battezzato charm. La sua esistenza veniva provata nel 1974 di nuovo al centro SLAC californiano da Burton Richter e al laboratorio di Brookhaven sulla costa Est da Samuel Ting con la scoperta del mesone J/psi riconosciuto come uno stato legato di un quark charm e un quark anti-charm. E i due fisici americani volavano insieme a Stoccolma nel 1976 per ritirare il Nobel.

Intanto, da tempo, si cercavano indizi, se non prove, su un tema riguardante un principio di simmetria fondamentale, la simmetria di comportamento tra materia e antimateria. L'interesse a comprenderla è tuttora rilevante perché se questa simmetria fosse perfetta, poiché nel Big Bang delle origini sono state prodotte esattamente tante particelle quante antiparticelle, nelle frazioni di secondo successive ogni particella si sarebbe annichilita con un'antiparticella dello stesso tipo e l'universo costituito solo di particelle nel quale viviamo non avrebbe potuto esistere. Pertanto, alla rottura della simmetria tra materia e antimateria è legata la nascita dell'universo di materia che vediamo. Tutta l'antimateria che doveva esistere nel fatidico momento delle origini è scomparsa ed è rimasta soltanto la materia. Oggi rappresenta una delle indagini più appassionanti dell'astrofisica. Tracce di questa violazione nota come "violazione CP" venivano trovate nel tempo nei decadimenti del quark s e nel 1973 i fisici giapponesi Makoto Kobayashi e Toshihide Maskawa, partendo dalla scoperta dell'angolo di Cabibbo, sostenevano che la violazione CP poteva essere spiegata con la presenza di un'altra coppia di quark per i quali l'anno successivo Haim Harari coniava i termini *top* e *bottom*. L'ipotesi della loro esistenza era corretta come dimostrava nel 1977 Leon Max Lederman che al Fermilab osservava con i suoi collaboratori il quark bottom consolidando la necessità teorica anche del successivo quark top la cui individuazione però si dimostrò molto più complicata. Solo con la costruzione del Tevatron al Fermilab si riuscì ad arrivare all'energia di 1,96 TeV e a scoprirlo nel 1995. La sua massa era molto più elevata di quanto si era immaginato e dominava tutti gli altri superando di venti volte il già pesante quark beauty. A questo punto il modello a sei quark era completato. Tenuti insieme dalla forza forte, una coppia formava i pioni e gli anti mesoni e un terzetto formava i barioni, come neutroni e protoni costituenti la maggior parte della massa visibile dell'universo. I loro nomi bizzarri (fascino, bellezza ecc.) con cui si distinguevano erano stati assegnati per lo stupore generato dalla loro scoperta. Alla conquista del risultato aveva contribuito anche Giorgio

Bellettini dell'Università di Pisa che dal 1992 per sei anni era stato pure membro del Scientific Policy Committee del CERN.

Tuttavia il quadro del Modello Standard non era ancora completo: mancavano altri tasselli per i quali i fisici del CERN erano pronti a dar battaglia nel confronto con i loro colleghi americani sempre impegnati a potenziare il loro Tevatron di Chicago.

## Il LEP, primo grande acceleratore

*Due italiani lo costruiscono e Carlo Rubbia guida il CERN*

Tra Chicago e Ginevra, dopo la conquista del Nobel da parte di Carlo Rubbia, la sfida si faceva sempre più accesa. Per vincerla al CERN si stava pensando a una nuova macchina acceleratrice, il Large Electron-Positron (LEP) in cui scontrare elettroni e positroni, con l'obiettivo di studiare in modo approfondito i bosoni Z e W e scoprire il bosone di Higgs previsto già nel 1964 separatamente dai teorici Peter Higgs, britannico, e dai belgi François Englert e Robert Brout per spiegare la rottura della simmetria elettrodebole. La prova della sua esistenza era indispensabile per completare il disegno del Modello Standard. Intanto si avvicinava la scadenza della direzione di Herwig Schopper e bisognava trovare un successore. Ma tra i Paesi membri del CERN le idee non erano chiare e, tra le varie ipotesi, tornava a galla la proposta del candidato italiano rifiutato cinque anni prima.

Intanto, all'inizio del 1985, si era sparsa la voce che Rubbia si sarebbe ritirato per un anno sabbatico; forse, si diceva, per organizzare un esperimento sul decadimento del protone nel laboratorio del Gran Sasso di Antonino Zichichi, abbandonando quindi la responsabilità dell'esperimento UA1. Pochi ci credevano. Il governo italiano attraverso il Ministro della Ricerca Luigi Granelli proponeva la candidatura di Carlo Rubbia alla direzione generale con due motivazioni: dopo il ruolo iniziale di Edoardo Amaldi l'Italia non aveva più avuto la guida del laboratorio europeo; in secondo luogo Rubbia dopo aver conquistato un Nobel al CERN era quindi il più autorevole personaggio per la carica da assegnare. Ma non tutti i Paesi

erano d'accordo e nei discorsi di alcuni correva anche la paura che Rubbia, una volta diventato direttore, annullasse il progetto del LEP per puntare direttamente all'acceleratore protoni-protoni a cui era più interessato. A nulla valsero gli interventi del governo di Roma e alla fine il Consiglio del CERN votava un provvedimento non previsto dalle regole fino a quel momento: l'estensione per altri tre anni del mandato a Schopper. Un colpo di mano; con una compensazione per tacitare gli scontenti, a partire da Rubbia.

Durante le trattative si arrivò infatti a un compromesso: a Rubbia sarebbe stata assegnata la presidenza del gruppo di lavoro sul futuro del laboratorio. Quindi il suo compito sarebbe stato organizzare il passo successivo con la nuova macchina di cui si discuteva, il Large Hadron Collider, di cui era il "padre", cercando di convincere i vari Paesi a finanziarne la realizzazione. Nello stesso tempo la conferma a Schopper garantiva la realizzazione del LEP e l'avvio, almeno, della prima fase delle attività. Tra l'altro, nello sviluppo del progetto egli aveva vinto la battaglia per la circonferenza di 27 chilometri mentre altri sostenevano la limitazione a 22 chilometri per evitare le difficoltà geologiche del sottosuolo e procedere più rapidamente nella costruzione e nelle ricerche. Ma, pensando al futuro, arrivare a 27 chilometri avrebbe creato le condizioni necessarie anche per l'installazione nello stesso tunnel del LEP di un ancora più potente collisore protone-protone, il Large Hadron Collider; come in effetti poi avvenne.

### *Emilio Picasso alla guida della costruzione del LEP*

A capo della straordinaria impresa ingegneristica Schopper aveva già nominato nel 1980 (per l'accordo col ministro italiano nella controversia sul caso Zichichi) l'italiano Emilio Picasso (1927-2014), ora sempre più impegnato nel passare dai progetti alla costruzione. Genovese di nascita e di laurea, Picasso era un fisico di variegata esperienza che, dopo aver lavorato al sincrotrone di Frascati dell'INFN, si trasferiva a Bristol effettuando studi sui raggi cosmici con il Nobel Cecil Powell nel gruppo che lanciava palloni aerostatici per inviare ad alta quota dei pacchi di emulsioni nucleari.

Poi accadde l'episodio che cambiava la direzione della sua vita. Così lo descriveva Francis Farley, un grande fisico inglese allora giovane. "Mai una

carriera così illustre al CERN è stata appesa a un filo di probabilità tanto sottile” – racconta.

Lui era a Genova, io a Ginevra. Eravamo forse destinati a incontrarci? A Bristol? Per effetto di una minuscola coincidenza? Emilio era al suo ultimo giorno di un anno sabbatico. Per me, il primo giorno di visita. Nella sua ultima sera, Emilio volle dare l’addio a Bristol e andò in un bar. Tra centinaia di possibilità, anch’io finii proprio nello stesso bar... e vi trovai un’accoglienza calorosa.

Farley e Picasso discussero degli interessi comuni e decisero di collaborare alla misura difficilissima ma fondamentale del momento magnetico del muone, che si comporta come un minuscolo magnetino.

Il muone era un tema di tradizionale interesse dei fisici italiani tanto che la sua natura di elettrone pesante (la massa è 200 volte maggiore dell’elettrone) era stata scoperta ancora nel 1946 da Marcello Conversi, Ettore Pancini e Oreste Piccioni. Per misurare il momento magnetico Picasso si trasferiva al CERN, dove rimase fino alla pensione, effettuando con Farley, Simon van der Meer (futuro Nobel) e altri fisici illustri due esperimenti di precisione che lo impegnarono per molti anni. L’esperimento diventato noto come “g-2” aveva risonanza mondiale per i risultati ottenuti, perché, oltre a misure sempre più precise del momento magnetico del muone, consentiva un’accuratissima misurazione della dilatazione del tempo con la velocità, prevista nel 1905 dalla relatività ristretta di Albert Einstein e mai verificata direttamente prima di allora.

In seguito Picasso lavorò a un nuovo tipo di rivelatore superconduttore di onde gravitazionali diverso da quelli che erano stati costruiti prima a Frascati da Edoardo Amaldi e Guido Pizzella e poi al CERN agli inizi degli anni Novanta con il nome Explorer. Formato da una barra metallica cilindrica lunga tre metri e col diametro di 60 centimetri, sospesa nel vuoto di un criostato a una temperatura di meno 270 gradi centigradi grazie all’elio liquido superfluido, doveva risuonare al passaggio di un’onda gravitazionale. Explorer faceva parte di una rete di rivelatori distribuita nei continenti: all’Università della Louisiana (USA) c’era Allegro, nei laboratori italiani di Legnaro Auriga e a Frascati Nautilus, mentre alla Western University in Australia era installato Niobe. Tutti insieme affrontavano il primo grande esperimento per cercare le fantomatiche onde

previste da Albert Einstein nella teoria della relatività nel 1905. La sfida era notevole ma infruttuosa perché non portò ad alcun risultato.

### *La passione per le onde gravitazionali*

A questa ricerca Picasso contribuì in due modi. Innanzitutto inventava con Luigi Radicati di Brozolo della Normale di Pisa un rivelatore costituito da due cavità risonanti superconduttrici accoppiate. Il rivelatore veniva costruito negli anni al CERN ma non arrivò a raggiungere la sensibilità delle barre risonanti. Comunque la ricerca continuava con altri strumenti ancora più precisi e Picasso incoraggerà e aiuterà la creazione, sotto la direzione di Adalberto Giazotto, del progetto Virgo condotto dall'INFN assieme al CNRS francese e alla nascita della stazione a Cascina di Pisa con un rivelatore basato su fasci di raggi laser lunghi chilometri che interferiscono. Dopo decenni di vane ricerche, nel 2015 i due interferometri nel frattempo realizzati negli Stati Uniti con il progetto LIGO, uno a Livingston in Louisiana, non lontano da New Orleans, e l'altro a Hanford nello Stato di Washington, a 400 chilometri da Seattle, “ascolteranno” la prima onda gravitazionale registrata sulla Terra e generata dalla fusione di due buchi neri confermando l'esistenza di un fenomeno come Einstein aveva appunto predetto un secolo prima.

L'esperienza di Picasso nei superconduttori diventava intanto preziosa nella fabbricazione del LEP che guidava dal 1980. “La sua scelta” – ricorda Ugo Amaldi – “scontentò molti grandi esperti di acceleratori di cui il CERN era ricco, ma alla lunga si rivelò vincente date le difficoltà del progetto e la necessità di costruire la macchina con molti meno fondi di quanti non fossero inizialmente previsti.” E rispettando i tempi, come aveva ufficialmente promesso durante un incontro col presidente francese François Mitterrand, nel mese di luglio 1989 il grande acceleratore iniziava la sua storia. Tre anni dopo, però, Picasso si ritirava dal CERN, tornando definitivamente in Italia e accettando di dirigere la Scuola Normale Superiore di Pisa nella quale già occupava una cattedra di fisica.

Tornando ai lavori del LEP, nel febbraio 1985 iniziavano gli scavi per la grande impresa e tre anni dopo erano conclusi consentendo le installazioni degli impianti: era formato da 5176 magneti e 128 cavità per l'accelerazione e il mantenimento in orbita circolare per molte ore dei fasci di elettroni e positroni (gli anti-elettroni con carica positiva). Un singolo

scontro fra particelle di due fasci, che correvano in direzione contraria nello stesso sincrotrone con 27 chilometri di circonferenza, avrebbe generato decine di particelle al centro dei quattro imponenti rivelatori collocati lungo l'anello in quattro punti di collisione: ALEPH, DELPHI, L3, OPAL. Le collaborazioni erano formate ciascuna da 300-400 fisici. ALEPH e L3 erano guidati da due Premi Nobel (Jack Steinberger e Samuel Ting) e DELPHI e OPAL da due italiani (Ugo Amaldi e Aldo Michelini).

La grande macchina, la più grande mai realizzata fino a quel momento, era una meraviglia della tecnologia. Quando veniva accesa aveva un'energia di 91 GeV (miliardi di elettronvolt) e il primo obiettivo era lo studio dettagliato delle proprietà del bosone Z scoperto da Rubbia assieme al bosone W. Entrambi sono responsabili della forza debole che produce e controlla anche la combustione nucleare del Sole.

### *Aldo Michelini, portavoce dell'esperimento OPAL*

Nel 1981 Aldo Michelini (1930-2020) fu nominato portavoce di OPAL, il più piccolo dei quattro grandi esperimenti del LEP. Era entrato al CERN nel 1960, dopo un'importante esperienza alla Columbia University di New York, dove aveva lavorato con il Nobel Jack Steinberger in un periodo cruciale per la fisica delle particelle. Fin dagli inizi si distinse per una rara combinazione di inventiva sperimentale e rigore tecnico. In collaborazione con Mario Morpurgo, pioniere dei magneti superconduttori, Michelini contribuì allo sviluppo di strumenti innovativi che segnarono una svolta nelle tecniche di rivelazione. Nei primi anni al CERN fu attivamente coinvolto anche nelle ricerche sui raggi cosmici, allora ancora centrali per lo studio delle particelle elementari. Attraverso esperimenti condotti in quota e con apparati sofisticati, Michelini partecipò a quel passaggio storico in cui la fisica dei raggi cosmici si trasformava progressivamente in fisica da acceleratore, portando con sé metodi, intuizioni e una cultura sperimentale che avrebbe lasciato un'impronta duratura. Il suo contributo più noto resta tuttavia legato allo spettrometro OMEGA, uno strumento di notevole versatilità concepito per essere adattabile a diversi programmi di ricerca. OMEGA, infatti, venne utilizzato prima al Proton Synchrotron e poi al Super Proton Synchrotron, diventando per quasi vent'anni una vera e propria spina dorsale della fisica sperimentale del CERN.

Sotto la sua guida, OPAL giocò un ruolo chiave nella fase iniziale di presa dati del nuovo acceleratore e contribuì in modo decisivo, nell'agosto del 1989, all'identificazione del primo bosone Z, uno dei pilastri sperimentali del Modello Standard. Michelini rimase alla guida dell'esperimento fino al pensionamento dal CERN nel 1995, lasciando un segno profondo non solo nei risultati scientifici, ma anche nello stile di lavoro: diretto, appassionato e fortemente formativo per generazioni di studenti e giovani collaboratori, che ricordano sempre la sua capacità di trasmettere entusiasmo e metodo.

L'analisi di precisione dei decadimenti di milioni di bosoni Z, prodotti nelle collisioni elettrone-protone del LEP, era l'unico modo per testare la teoria del Modello Standard cercando conferme o smentite. Nei primi sette anni di attività di LEP i quattro rivelatori registravano 17 milioni di particelle Z rafforzandone la conoscenza e misurando con estrema precisione tutti i decadimenti. Ma al CERN volevano andare oltre e quindi il Consiglio del centro approvava un rafforzamento dell'acceleratore potenziandolo soprattutto nelle cavità di accelerazione superconduttrici aggiungendone 288 e più che raddoppiando l'energia a disposizione. In questo modo si producevano coppie di bosoni W e nel 2000 si superavano i 209 GeV alla ricerca del bosone di Higgs. Però, nonostante il gran numero di cavità superconduttrici, 209 GeV non erano sufficienti. Il LEP non aveva abbastanza energia per scoprire la fatidica particella. Ma negli 11 anni di attività consentiva di esplorare in dettaglio l'interazione della forza debole, arrivando a confermare nei particolari il Modello Standard delle particelle e a dimostrare che ci sono soltanto tre generazioni di particelle-materia: la prima include l'elettrone e i quark up e down, la seconda il muone e i quark strange e charm, e la terza il leptone tau e i quark top e bottom.

### *Ugo Amaldi e l'esperimento DELPHI*

I quark b (beauty) erano i più interessanti tra tutte le particelle prodotte nel decadimento dei milioni di eventi di creazione dei bosoni Z e i quattro rivelatori avevano sviluppato una nuova tecnica per scovarli: c'erano dei sottilissimi rivelatori di silicio che circondavano il tubo di dieci centimetri di diametro, lungo 27 chilometri, al centro del quale avvenivano le collisioni elettrone-positrone. Dopo la collisione i quark b "volavano" nel vuoto uno o due millimetri e poi decadevano in altre particelle misurate con

dimensioni micrometriche. Il rivelatore al silicio costruito da DELPHI era il più preciso per scelta di Ugo Amaldi che, con l'amico Guido Barbiellini Amidei, nel 1980, aveva raccolto molte centinaia di fisici di venti diversi Paesi per formare una collaborazione di coloro che volevano misurare con inedito dettaglio le proprietà dei quark, in particolare dei quark b che decadono in altre particelle dopo appena un milionesimo di milionesimo di secondo. Un compito indubbiamente arduo che però mobilitava un'ampia schiera di fisici attratti dalla sfida. "Il mio obiettivo era quello di includere gruppi più piccoli e ricercatori provenienti da contesti diversi" – racconta Ugo Amaldi.

Per questo ho deliberatamente invitato molti gruppi dalle università del Nord Europa (Finlandia, Norvegia e Svezia) e dall'Unione Sovietica coinvolgendo pure scienziati che tradizionalmente avevano lavorato con le camere a bolle e non con i rivelatori elettronici di particelle. In questo modo in DELPHI aleggiava uno spirito unico: non stavamo solo facendo scienza, si costruivano ponti tra comunità scientifiche lontane, anche culturalmente.

Era lo spirito delle origini del CERN che il padre Edoardo aveva iniettato assieme a Pierre Auger.

Nel 1961 Ugo Amaldi arrivava come borsista al CERN iniziando a lavorare con Giuseppe Fidecaro, già noto per le sue scoperte a Ginevra. La sosta durava poco e dopo due anni tornava a Roma al Laboratorio di fisica dell'Istituto Superiore di Sanità dove era entrato dopo la laurea: la fisica medica rimarrà sempre una delle sue passioni. Ma nel 1971 varcava di nuovo la soglia del CERN e questa volta per sempre. Con un gruppo di ricercatori dell'Istituto di Sanità organizzava un esperimento originale detto "Roman pots" al collisore protone-protone Intersecting Storage Rings collaborando con il gruppo di un altro italiano mitico del CERN, Giuseppe Cocconi. Analizzava i dati e per primo si rendeva conto di un fenomeno inatteso perché in contraddizione con la teoria allora da tutti accettata: la probabilità di collisione di due protoni aumenta con l'energia della collisione. "Sull'argomento mi chiesero anche di scrivere un articolo per Scientific American", ricorda.

*La fisica medica e l'impegno nella divulgazione*

Ugo Amaldi aveva altre due anime che ha sempre mantenuto vive. La prima è la fisica medica nella quale compiva i primi passi da ricercatore realizzando una grande impresa, dopo aver dato a 57 anni le dimissioni da spokesman di DELPHI. Egli, infatti, concepiva e dirigeva la progettazione di un sincrotrone che nel 2011 entrava in servizio a Pavia: era il cuore del centro CNAO (Centro nazionale di adroterapia oncologica) di cui era legittimo “padre” e strenuo sostenitore fino alla sua realizzazione, superando con ottimismo i molti ostacoli che impedivano l’iniziativa. Al CNAO fino al 2025 sono stati trattati 6000 pazienti con fasci di protoni e di ioni carbonio, che possono guarire, senza danneggiare i tessuti sani circostanti, i tumori radioresistenti ai convenzionali raggi X. Quando Umberto Veronesi nel 2000 era Ministro della Salute garantiva il primo finanziamento per la costruzione del CNAO, aprendo la possibilità di curare con l’adroterapia pazienti italiani nel quadro del Servizio sanitario nazionale.

La seconda anima di Ugo Amaldi riguardava la divulgazione della scienza nel senso più ampio. Iniziava collaborando con il padre Edoardo alla scrittura di libri di testo di fisica e dopo la sua scomparsa, nel 1989, continuava il prezioso impegno da solo. Negli ultimi trentacinque anni milioni di studenti delle scuole superiori italiane si sono formati sui suoi manuali pubblicati dalla casa editrice Zanichelli. A questo arduo compito si aggiungeva poi la scrittura di articoli e libri che raccontavano i progressi della fisica. Certamente Ugo aveva ereditato dalla madre Ginestra la passione del raccontare le conquiste scientifiche. Ginestra, infatti, tra le altre cose aveva scritto nel 1936 assieme a Laura Fermi il libro *Alchimia del tempo nostro*, edito da Hoepli.

I successi del LEP erano anche il frutto di un grande ingegnere italiano, Giorgio Brianti (1930-2023), per quarant’anni un pilastro fondamentale del CERN. Nato a Parma (la madre aveva un negozio di profumeria) e laureato all’Università di Bologna, aveva la fortuna che il suo relatore di tesi lo indirizzasse a Edoardo Amaldi, dicendogli: “Vada a Roma dal professor Amaldi che sta reclutando giovani ingegneri per un nuovo laboratorio di fisica che si costruirà a Ginevra.” Brianti era attratto dalla ricerca e faticoso diventava l’incontro con Amaldi nel giugno 1954 a Roma nel quale parlavano del nascente CERN.



FIGURA 7.1. John B. Adams (a sinistra) e Giorgio Brianti, © 1979 CERN PhotoLab.

Edoardo Amaldi mi ricevette molto calorosamente – scrisse più tardi – e dopo varie discussioni mi disse: “Puoi tornare a casa e riceverai presto una lettera di nomina da Ginevra.” Ho così avuto il privilegio di partecipare a una delle avventure intellettuali più importanti d’Europa e forse del mondo, che in mezzo secolo ha reso il CERN il laboratorio mondiale per la fisica delle particelle.

Così assieme alla compagna Maria Clotilde Casati da poco sposata si trasferiva nella città svizzera dove rimaneva per tutta la vita senza mai dimenticare Parma dove tornava appena il tempo e gli impegni glielo consentivano.

*Giorgio Brianti direttore tecnico del CERN*

Varcata la soglia del CERN si trovava accanto a John Adams, un inglese di poco più grande, anche lui reclutato di recente da Amaldi, e verso il quale

nutrirà sempre una profonda ammirazione. “John aveva solo 34 anni” – scriveva, ricordando il primo incontro – “ma aveva un’ autorità molto naturale. Dire che abbiamo avuto una conversazione sarebbe un’ esagerazione, visto il mio inglese ancora molto titubante, ma ho capito che ero stato assegnato al gruppo dei magneti.” Così partecipava alla progettazione dei principali magneti di flessione, cioè che imprimevano la curvatura al fascio di particelle circolanti, del sincrotrone protonico. Poi Adams lo inviava a Genova per controllare nella fabbrica costruttrice, l’ Ansaldo, la costruzione dei cento magneti ordinati. Al ritorno a Ginevra era nominato alla guida della divisione Sincrociclotrone diventando protagonista di altri progetti, attraversando un periodo che giudicherà tra i più felici della sua vita. Nel frattempo Adams, che aveva guidato la realizzazione del protosincrotrone, diventava direttore del CERN, affidando a Brianti prima la progettazione e poi la direzione tecnica del laboratorio secondo gli accordi stipulati all’ epoca del caso Zichichi-governo italiano. Dopo Adams, infatti come raccontato, veniva eletto Herwig Schopper il quale mantenendo la contropartita offerta al ministro Scalia nel 1980, oltre alla direzione del LEP assegnata a Emilio Picasso nominava Giorgio Brianti direttore tecnico del CERN. “Gli obiettivi principali del mio mandato” – scriveva Brianti – “erano appunto quelli di garantire la costruzione del LEP e il completamento del programma SPS, un’ impresa molto rischiosa, ma il cui successo nel 1982 e nel 1983 è stato decisivo per il futuro del CERN.”

L’ enorme lavoro tecnico necessario per trasformare l’ SPS in un collisore protone-antiprotone, che avrebbe portato alla scoperta dei bosoni W e Z da parte di Rubbia, si svolgeva in parallelo con la costruzione del LEP e pure con il lancio del progetto Large Hadron Collider (LHC) al quale Giorgio Brianti si dedicava personalmente a partire dal 1982. E sarà un’ operazione che lo impegnerà intensamente per quindici anni partendo dal nulla che ricordava con entusiasmo. Scriveva:

Inizialmente si è trattato di un’ attività quasi clandestina per evitare possibili reazioni dei delegati degli Stati membri che non avrebbero compreso un’ iniziativa parallela a quella del LEP. La prima apparizione pubblica del potenziale progetto, che portava già il nome di Large Hadron Collider, ebbe luogo in occasione di un workshop tenutosi a Losanna e al CERN nella primavera del 1984.

E della nuova sfida il primo protagonista sarebbe stato di nuovo Giorgio Brianti.

Smentendo le paure e le voci contrarie che lo avevano accompagnato a metà degli anni Ottanta quando era stato rifiutato come direttore generale del CERN, Carlo Rubbia nel 1989 conquistava l'ambita, legittima, nomina alla guida del laboratorio ginevrino sostenendo il lavoro di potenziamento del LEP previsto dal predecessore. E negli anni della sua direzione fino al 1993 creava le condizioni per l'ambizioso passo verso l'acceleratore grande collisore protone-protone, il Large Hadron Collider LHC, a cui da anni aveva guardato e che avrebbe consentito un balzo ambizioso raggiungendo energie dieci volte maggiori del LEP, pur essendo installato nello stesso tunnel di 27 chilometri di circonferenza. In questo modo si sarebbero aperte nuove finestre nella conoscenza della natura, a partire dal bosone di Higgs. Ma la prospettiva rimaneva ancora lontana e tutta da conquistare, dati gli investimenti richiesti.

### *L'invenzione del WWW di Tim Berners-Lee*

Se lo sviluppo del nuovo acceleratore era la sua priorità, altre attività segnavano gli anni della sua direzione perché sosteneva le ricerche nel campo applicativo dei materiali superconduttori per trasportare corrente elettrica e favoriva la definizione e lo sviluppo del World Wide Web, il mitico WWW, presentato da Tim Berners-Lee nel 1991. "Il mio unico merito nella nascita del web è quello di non essermi opposto", affermava ironicamente Rubbia in un'intervista. Ma era un'autentica rivoluzione nata al CERN e messa a disposizione dell'umanità senza limiti, perché da sempre i risultati ottenuti dagli scienziati a Ginevra erano di dominio pubblico e mai coperti da brevetti.

A Rubbia succedeva alla direzione del CERN nel 1994 il fisico britannico Christopher Llewellyn Smith. La storia del Nobel italiano proseguiva su altri fronti nazionali e internazionali. Al CERN tra il 1996 e il 1998 lavorava all'esperimento TARC dove dimostrava che un fascio di protoni prodotti da un acceleratore lineare di alta energia può generare, in un opportuno bersaglio, un intenso flusso di neutroni capace di trasmutare le scorie nucleari abbassandone la "vita radioattiva" e di produrre energia in modo più sicuro, aprendo la strada al concetto di reattori nucleari guidati da acceleratori. Il progetto diventato noto come "Rubbiatron" (poi brevettato

da una società norvegese), consistente nell'innovativo reattore autofertilizzante a torio e uranio, era pensato per sostituire gli altri tipi di reattori a fissione, producendo energia in modo più efficace e più sicuro.

Iniziava così la sua apertura e il suo interesse al mondo dell'energia nel quale nel 1999 veniva nominato presidente dell'ENEA dall'allora presidente del Consiglio Massimo D'Alema. La sua avventura in questa fase è ricca di successi ma anche di difficoltà. All'ENEA approfondiva l'utilizzo del Rubbiatron finalizzato al trattamento dei rifiuti radioattivi, avviava il progetto per l'accumulo e la generazione di idrogeno promuovendone l'impiego e dava il via al progetto Phocus, mirato alla costruzione di un impianto fotovoltaico a concentrazione di energia solare. Ma nel 2005 a causa dei contrasti con il consiglio di amministrazione il suo incarico da presidente dell'ente non veniva rinnovato. Continuava così le ricerche riguardanti svariati argomenti, dalla stabilità del protone, alla fissione e fusione nucleare controllata, ampliando gli interessi tanto da guardare persino all'esplorazione di Marte. Nel 2001, sotto l'egida dell'Agenzia Spaziale Italiana ASI, presentava il "Progetto 242", vale a dire un motore di tipo nucleare di cui dotare un'astronave che sarebbe stata in grado di trasportare un equipaggio sul Pianeta Rosso riducendo in modo notevole i tempi necessari tra sei/otto mesi. Il nome dato al piano elaborato nel suo ufficio al CERN derivava dall'uso come combustibile di 2,5 chilogrammi di americio 242. Per scoprire i segreti dell'idea andai a trovare Rubbia al CERN. "In 45 giorni con questo motore arriviamo su Marte" prometteva soddisfatto del lavoro, spiegandone i dettagli. Lo proponeva anche in Europa e all'Università di Pavia iniziava una prima attività di indagine. Ma le risorse richieste erano ingenti e il progetto alla fine veniva abbandonato. Insieme svaniva anche il suo interesse marziano che si era acceso, come sempre accadeva quando affrontava un'idea che per varie ragioni non trovava rapidamente seguito. "È un enorme peccato che non si vada su Marte con i piedi e la bandiera" – ricordava – "La Luna è un sasso, nulla. Marte invece ha tutto."

### *Rubbia e l'energia solare in Sicilia*

Come in passato aveva avuto un ruolo significativo nella costituzione dell'acceleratore luce di sincrotrone a Trieste, in seguito guiderà anche la nascita del centro di supercalcolo in Sardegna e diventerà consulente della

Commissione Europea e del governo spagnolo. “Me ne vado in Spagna a fare quello che non mi hanno consentito di realizzare in Italia” diceva risentito facendo riferimento al Progetto Archimede, un impianto per il solare termodinamico che aveva proposto in Sicilia.

Infine ritornerà alla sua fisica, concentrando gli interessi sul neutrino e nel 2011 nei laboratori nazionali del Gran Sasso dell'INFN darà il via all'esperimento ICARUS da lui ideato e progettato per studiare l'oscillazione dei neutrini che arrivano sulla Terra dallo spazio. Una curiosità inesauribile. “La scienza è un'avventura piena di dubbi” – spiegava in un'intervista – “di fallimenti e di momenti di emozioni straordinarie. Ci resta quasi tutto da capire. Posso dire che la scienza ha illuminato la mia vita.” Nel 2013 veniva nominato senatore a vita dal presidente della Repubblica Giorgio Napolitano. Un'ombra rimaneva sulla sua figura a causa di alcune affermazioni dubbie sul cambiamento climatico. Ma tutto svaniva in fretta. E nell'ottobre 2024 il CERN festeggiava con un affollatissimo simposio i 90 anni da poco raggiunti dal suo Nobel, che rimarrà uno dei personaggi più importanti della sua storia.

## Luciano Maiani governa il CERN oltre la crisi

### *Nasce LHC con i magneti superconduttori di Lucio Rossi*

Quando venne il momento di decidere la successione di Carlo Rubbia i rappresentanti delle varie nazioni votavano per il fisico teorico britannico Christopher Llewellyn Smith dell'Università di Oxford, con un passato alla direzione del programma di fusione nucleare inglese oltre a soggiorni di ricerca al CERN e a Stanford. Il periodo del suo mandato iniziato nel 1994 segnava soprattutto due decisioni importanti: il potenziamento del LEP e il via al progetto del Large Hadron Collider LHC, il più potente acceleratore del mondo con notevoli sfide da affrontare per sciogliere alcuni enigmi della fisica delle particelle rimasti insoluti nel disegno del Modello Standard. Intanto nel 1995 un esperimento del CERN portava alla fabbricazione per la prima volta di atomi di anti-idrogeno, nove per l'esattezza, che volavano quasi alla velocità della luce ma che rapidamente si dissolvevano nell'interazione con atomi di materia. Osservazioni simili erano compiute poco dopo anche al Fermilab di Chicago. Da un decennio, però, era iniziata una delle pagine più nere della fisica americana. Già aveva subito la pesante sconfitta inflitta da Carlo Rubbia al CERN con la scoperta dei bosoni W e Z, suonando un campanello d'allarme non ascoltato. Da tempo ormai si era capito che la meta finale della ricerca su cui concentrare interessi e sforzi era la caccia al bosone di Higgs, il quale rimaneva la particella mancante della teoria del Modello Standard, essenziale per completarlo e determinante nella conoscenza perché definiva la massa di tutte le altre particelle. L'intuizione dell'esistenza del bosone era stata di tre

teorici che, lavorando separatamente, erano giunti allo stesso risultato: il britannico Peter Higgs dell'Università di Edimburgo lo aveva ipotizzato nel 1964, e altrettanto Robert Brout e François Englert dell'Université libre di Bruxelles. Ma non erano i soli: altri scienziati americani avevano lavorato in questa direzione con qualche mese di ritardo. Per trovare risposta era, dunque, giunto il momento di costruire una macchina capace di raggiungere le energie necessarie negli scontri tra protoni all'interno delle quali doveva nascondersi il fatidico bosone.

I fisici statunitensi partivano veloci riuscendo a farsi approvare dal presidente Ronald Reagan nel 1986 un progetto presentato dal Dipartimento dell'Energia (DoE), ratificato l'anno successivo dal Congresso. L'idea era gigantesca e prevedeva una galleria sotterranea di 83 chilometri di circonferenza nella quale correva un anello acceleratore formato da magneti superconduttori in grado di sprigionare un'energia di 20 TeraElettronVolt (TeV) per ogni fascio di protoni. Il finanziamento richiesto era di 4,4 miliardi di dollari, tutto compreso, dalle opere edili alla macchina. Lo scavo iniziava nel 1988 in Texas, vicino a Dallas, e il progetto era battezzato SSC Superconducting Collider, ma più familiarmente Desertron, essendo immerso nel nulla con intorno rari insediamenti umani. La scelta e il progetto avevano escluso il Fermilab di Chicago che immaginava di avere un ruolo di primo piano nella difficile avventura tanto da aver avanzato una proposta poi rifiutata. I lavori entravano nel vivo, il tempo trascorreva, e alla Casa Bianca si insediava Bill Clinton che assieme al Congresso avviava un esame dei grandi e più costosi progetti in corso ma ancora incompiuti. Tra questi c'erano Desertron e la stazione spaziale Freedom della NASA, realizzata assieme a europei, giapponesi e canadesi. Ma gli eventi della storia incidevano sulle valutazioni.

La stazione spaziale veniva salvata nonostante i miliardi di dollari spesi senza aver inviato in orbita alcun pezzo perché, con il crollo dell'Unione Sovietica, si voleva impedire che gli eccellenti cervelli russi coinvolti venissero attratti da Paesi politicamente instabili. Quindi Stati Uniti e Russia si univano per costruire assieme la stazione spaziale internazionale ISS. Essendo coinvolte tante altre nazioni, diventava il più grande progetto di collaborazione internazionale mai realizzato. La stazione, trasformata in un'operazione politica, era salva. Destino diverso subiva Desertron per il quale si era scavato un gigantesco tunnel spendendo oltre due miliardi di dollari. Ma il buco più costoso del mondo capace di contenere New York

era ancora vuoto. E Clinton cancellava l'ambiziosissimo piano il cui costo, nel frattempo, stava raggiungendo addirittura i 14 miliardi di dollari.

### *Approvato il piano per il Large Hadron Collider*

Intanto l'Europa era in trasformazione dopo la caduta del muro di Berlino e la riunificazione della Germania. Alla ricerca di una maggiore integrazione tra le nazioni, nel 1992 si firmava il Trattato di Maastricht. Però la fiducia nei grandi progetti di Big Science cominciava a incrinarsi e ad essere criticata sulle due sponde dell'Atlantico, complice anche l'economia che, entrata in recessione, limitava le visioni. Tra i contrari c'era anche il celebre fisico americano Freeman Dyson. Carlo Rubbia nell'ultima fase della sua direzione generale aveva cercato in tutti i modi di far approvare il Large Hadron Collider LHC a cui era particolarmente legato essendone di fatto il "padre", senza purtroppo riuscirci. Il successore Christopher Llewellyn Smith avrà la meglio e nel 1996 il Consiglio del CERN (dopo una prima approvazione nel dicembre 1994 con una soluzione "al risparmio" che permise di far partire il piano) approvava definitivamente l'ambizioso progetto LHC stabilendo una data dell'accensione nel 2005. A questo punto il confronto tra gli Stati Uniti e l'Europa si faceva sempre più complicato. Il Fermilab rimaneva con la sua macchina, il Tevatron, la cui energia non poteva estendersi molto sopra i 2000 GeV (2 TeV con 1 TeV per fascio). LHC, quando sarebbe entrato in funzione, avrebbe raggiunto i 14 TeV; un balzo enorme rispetto alle possibilità americane. Il loro piano era stato sottovalutato sotto molti aspetti e ora erano sguarniti nella sfida della ricerca al bosone a cui il direttore del Fermilab, il Nobel Leon Lederman aveva dedicato un libro che rimase storico soprattutto per il titolo *La particella di Dio*, cambiato dall'editore per renderlo più accattivante commercialmente. E aveva ragione: anche se la spiegazione fisica restava complessa, l'attrazione saliva alle stelle, come presto ci si accorgerà.

### *Il progetto dell'ingegnere Giorgio Brianti*

Il progetto del CERN poteva sembrare più contenuto rispetto agli obiettivi ormai tramontati del Desertron a stelle e strisce. Ma in realtà era più calcolato e mirato sotto i vari aspetti. Intanto nella sua lunghezza poteva essere ospitato nel tunnel del LEP, come era stato previsto, tagliando i costi

di un nuovo scavo. Il progetto era stato elaborato dall'ingegnere Giorgio Brianti. Ma essendo sulla via della pensione Christopher Llewellyn Smith aveva nominato suo successore alla direzione progetto il gallese Lyndon Evans, collaboratore di Brianti, che aveva alle spalle l'esperienza della costruzione del Super Proton Synchrotron e della sua trasformazione, come serviva alla ricerca di Carlo Rubbia in collisore protone-antiprotone. Evans rivide soprattutto il disegno dei magneti per renderli più semplici e più economici. Questo aspetto della tecnologia era il più critico e il più arduo da concretizzare, alimentando in quel momento una brezza pessimistica (alcuni sostenevano che non avrebbe mai funzionato) alimentata dagli inglesi la quale, tuttavia, non avrà il sopravvento. La strada era voluta e ben tracciata. Indietro non si tornava più, pur nella consapevolezza delle difficoltà da superare, e avrebbe portato l'Europa a dominare la fisica mondiale.

E qui i tecnologi e gli scienziati italiani, ancora una volta, diventeranno determinanti per raggiungere l'obiettivo. Personaggio chiave della nuova fase diventava Lorenzo Foà, nominato direttore della ricerca del CERN nel 1994. Foà arrivava dall'importante culla della fisica pisana dove erano cresciuti Enrico Fermi e Carlo Rubbia. Fisico sperimentale di formazione, era noto per le sue ricerche nei laboratori internazionali, dal tedesco DESY a quelli russi e statunitensi. Inoltre aveva diretto l'esperimento Aleph con l'acceleratore LEP misurando con precisione proprietà fondamentali, come la massa dei bosoni W e Z, essenziali per confermare la validità della teoria del Modello Standard. Determinante è stato il suo ruolo nel coinvolgimento di altre nazioni al programma LHC favorendo gli accordi di partecipazione degli Stati Uniti, del Giappone e della Russia. La loro presenza era rilevante sia per la costruzione che per le prime ricerche: i russi contribuivano per 133 milioni di franchi svizzeri costruendo nei laboratori di Novosibirsk, in Siberia, alcuni magneti tradizionali; i giapponesi garantivano in particolare dei cavi superconduttori mentre gli americani diventavano i maggiori contributori arrivando a 530 milioni di dollari. Una volta terminato il suo incarico durante il quale aveva anche sostenuto lo sviluppo del WEB come strumento di comunicazione principale tra gli scienziati, Lorenzo Foà partecipava all'esperimento CMS condotto con LHC e poi veniva nominato alla guida dello European Committee for Future Accelerators (ECFA), l'organismo che studiava i futuri possibili acceleratori a cui guardare. Intanto tornava nella sua Pisa assumendo l'incarico di vicedirettore della

Scuola Normale Superiore e il suo carisma come scienziato e manager della scienza e la sua disponibilità lo rendevano popolare tra gli studenti, trasmettendo, come raccontano, la scintilla della passione per la ricerca. Nel 2014 scompariva a San Giuliano Terme.



FIGURA 8.1. Luciano Foà nel 1994, fotografato da Michael Hoch, © CERN.

### *L'Italia e gli investimenti nella superconduttività*

Grazie al sostegno e alla visione di tre direttori dell'Istituto nazionale di fisica nucleare italiano, ossia Antonino Zichichi, Nicola Cabibbo che a Milano creava il laboratorio LASA (Laboratorio di superconduttività avanzata) e Luciano Maiani, i fisici e alcune industrie italiane avevano sviluppato conoscenze e capacità nel campo della superconduttività. Queste attività coinvolgevano aziende come Ansaldo Energia ed Europa Metalli

che, in collegamento col CERN, progettavano e realizzavano i primi esemplari sperimentali di magneti superconduttori. Sarà proprio Luciano Maiani a firmare col CERN la costruzione del primo prototipo lungo 15 metri, fornito da Ansaldo Energia e nato sotto la direzione di Emilio Acerbi e Lucio Rossi dell'Università di Milano. Acerbi e Rossi avevano alle spalle l'esperienza del primo ciclotrone superconduttore italiano realizzato secondo un piano di Antonino Zichichi e poi installato a Catania nei Laboratori del Sud dell'INFN.

Nel frattempo per il laboratorio ginevrino era tempo di cambiamenti. Si attendeva la successione di Christopher Llewellyn Smith, ormai alla fine dell'incarico e impegnato ad arginare gli effetti delle nuvole nere che si stavano addensando sul CERN. Infatti, Germania e Gran Bretagna riducevano il loro contributo e questo costringeva l'adozione di manovre finanziarie per proseguire i lavori della nuova macchina spostando momentaneamente in avanti le difficoltà. Il tempo le avrebbe aggravate diventando un problema non di poco conto per il successore, il fisico Luciano Maiani nominato il 19 dicembre 1997. “Appena un anno prima ero stato eletto alla carica di presidente del Council” – raccontava:

Il fatto che Carlo Rubbia fosse stato il diretto predecessore di Llewellyn Smith aveva fatto pensare a molti, me incluso, che non ci sarebbero stati direttori italiani per un bel po' di tempo e questo mi aveva convinto ad accettare il compito della presidenza del Council per seguire da vicino la costruzione di LHC che avevo sostenuto nel comitato della politica scientifica del CERN sia come presidente dell'Istituto nazionale di fisica nucleare italiano.

In quei momenti non c'era alcun interesse da parte dei vari Paesi a estendere il mandato al direttore uscente e la nomina di Maiani era il frutto delle buone azioni condotte dall'ambasciatore Giuseppe Baldocci, rappresentante italiano presso le Organizzazioni internazionali di Ginevra e dall'addetto scientifico Filippo Menzinger. Trasferito con la moglie Pucci e l'ultima figlia Camilla, Maiani quando entrava in carica all'inizio del 1999 la prima decisione che prendeva era la conferma di Lyndon Evans alla guida del progetto LHC e la chiamata dell'inglese Roger Cashmore all'organizzazione degli esperimenti da condurre con il nuovo superacceleratore.

Essere arrivato dopo l'esperienza della presidenza dell'INFN mi aiutò molto. Il primo progetto che approvai al CERN – aggiunge Maiani – era l'esperimento che doveva confermare l'oscillazione del neutrino nella quale il neutrino mu diventava neutrino tau. La proposta era italiana e si trattava di lanciare da Ginevra un fascio di neutrini che attraversava il rivelatore Opera installato nel laboratorio del Gran Sasso dell'INFN dopo aver percorso in linea retta 730 chilometri attraverso la crosta terrestre. Convincere il Consiglio del CERN ad approvare l'investimento non si rivelò molto facile. Nei confronti dell'idea italiana non c'era grande disponibilità. Ma alla fine ci riuscii e l'esperimento fu un successo confermando una importante teoria legata alla più effimera delle particelle.

### *La sfida della nuova macchina*

L'impegno del nuovo direttore italiano al CERN era trasformare il più difficile disegno mai concepito per la realizzazione di una macchina in cui scontrare protoni in una realtà per migliaia di fisici che sarebbero arrivati da ogni angolo della Terra. Se l'anello sotterraneo in cui installarlo già esisteva ed era quello del LEP, bisognava però scavare due grandi sale a cento metri di profondità in cui ospitare i due giganteschi esperimenti che si sarebbero contesi la caccia al bosone di Higgs. Battezzati Atlas e CMS e studiati con un approccio tecnologico diverso nel rivelatore, soprattutto il primo aveva bisogno di un volume straordinario capace di contenere almeno quattro volte l'arco di Costantino. Ma la sfida maggiore era la costruzione dell'imponente sequenza dei magneti superconduttori da mantenere alla temperatura più bassa di quella dell'universo. “Era qualcosa che nessuno aveva mai non dico fatto, ma nemmeno avvicinato come dimensioni” – ricorda Maiani – “Non per niente era la macchina più grande del mondo. E la più fredda. E la più vuota.” Non solo. Gli ostacoli da superare nella progettazione erano altrettanto notevoli e mai prima affrontati. Per fare un esempio si doveva neutralizzare un effetto noto come “nuvola di elettroni” generato dalla circolazione dei protoni, i quali alle elevate energie di LHC lanciavano dei fotoni che bombardavano le pareti del tubo vuoto ed emettevano elettroni. L'effetto poteva incidere sul sistema di raffreddamento aumentando la pressione del gas nell'anello anche diecimila volte e provocando la dispersione dei fasci di protoni nel collisore lungo 27

chilometri. Ma si trovò la soluzione, come per altri ostacoli che inesorabilmente si presentavano essendo un'avventura mai affrontata né dagli scienziati né dai tecnologi ed era proprio la simbiosi creata fra i due mondi che consentiva di procedere.

Luciano Maiani era un fisico teorico ben noto a livello internazionale per aver condiviso una scoperta che portava anche il suo nome. Cresciuto nella scuola romana, a partire dal 1969 trascorreva sette anni al Lyman Laboratory della Harvard University. In quel periodo collaborava con due illustri fisici, Sheldon Lee Glashow e Ioannis Iliopoulos, elaborando un'estensione del modello a quark allora conosciuto in cui erano presenti tre quark: up, down e strange. Tenendo conto di alcune anomalie del Modello Standard i tre fisici descrivevano un meccanismo diverso che prevedeva un quarto quark. La nuova idea veniva definita "meccanismo GIM" dalle iniziali dei tre autori e apriva nuove indagini sperimentali per trovare conferma (cfr. *supra*, p. 86). Infatti, poco dopo, nel 1974, l'atteso quark battezzato charm veniva scoperto quasi simultaneamente sia allo SLAC Stanford National Accelerator Laboratory dal gruppo di Burton Richter sia al Brookhaven National Laboratory da parte di Samuel Ting. Il quadro dei sei quark oggi noti (più gli anti-quark) si completerà al Fermilab quando Leon Lederman individuerà nel 1974 il quark bottom, la cui presenza deponeva a favore dell'esistenza dell'ultimo quark top. Tuttavia per riuscire a scovarlo bisognerà attendere il 1995 quando sarà registrata la sua esistenza sempre nello stesso laboratorio di Chicago. Con una sorpresa, perché la sua massa era molto più grande di quanto ci si aspettasse e quasi analoga a quella di un atomo di oro. A questo punto, mancava solo il bosone di Higgs per completare e confermare il quadro del Modello Standard. E ora toccava a LHC.

### *La crisi dei costi e la ricerca di una soluzione*

Tuttavia arrivare alla meta non si mostrò facile, non tanto per gli aspetti scientifici e tecnologici quanto per quelli economici imponendo scelte che nessuno voleva compiere. In Europa si introduceva nel 1999 la nuova moneta, l'euro, e nel 2001 il mondo era scosso dall'attacco terroristico alle Torri Gemelle di New York con l'impressionante e tragico elenco di vittime. Al CERN emergeva la crisi dei costi, conseguenza anche delle scelte rinviate nel passato, che prospettava persino l'abbandono del progetto

che avrebbe fatto la fine del concorrente americano SSC. La fisica europea avrebbe perso la sua storica occasione. Le necessità impellenti da soddisfare erano diverse. Tra queste era necessario soddisfare i finanziamenti per le risorse di calcolo, cioè una potenza di elaborazione imponente indispensabile a garantire le analisi dei dati generati dall'acceleratore. Inoltre i costi degli scavi delle due sale per gli esperimenti Atlas e CMS erano aumentati per difficoltà geologiche impreviste e altrettanto il prezzo dei magneti superconduttori che era stato sottostimato. Risultato: il CERN era in deficit, "Il comitato finanze reagì negativamente" – racconta Maiani – "accusandomi di aver tenuta nascosta ad arte la situazione, il delegato olandese chiese le mie dimissioni e un'onda di ansia si sparse nel CERN e negli Stati membri. Avevo però il sostegno della Germania a proseguire." Mancavano 800 milioni di euro e la previsione di spesa era salita del 30 per cento. La situazione non era brillantissima e lo spettro della cancellazione sembrava materializzarsi. Maiani tra le ondate sempre più minacciose avviava intanto una spending review, una revisione delle spese nei diversi settori, riducendo per risparmiare anche il tempo di utilizzo di altri acceleratori. Inoltre si riprogrammava il lavoro estendendo il completamento dell'opera di un paio d'anni. Si risparmiava. Ma un aiuto determinante a uscire dai guai arrivava dalla Commissione Europea con Romano Prodi presidente e Philippe Busquin, commissario alla ricerca. Attraverso questa via si otteneva un prestito dalla Banca Europea di investimenti di 300 milioni di euro che permise di coprire i debiti e di rivedere il sereno nei conti e nel progetto. Il Consiglio del CERN approvava l'operazione ed era una prima assoluta nella ricerca europea.

Così, l'orizzonte rischiarato consentiva nel 2002 di proseguire nella realizzazione della straordinaria macchina. Nell'organizzare la costruzione, la parte più critica riguardava i 1232 magneti superconduttori ciascuno del costo di 700 mila franchi svizzeri. Insieme rappresentavano il cuore tecnologico e mai si era affrontata una sfida del genere. Basti pensare che gli avvolgimenti dei loro cavi in lega niobio-titanio, con una lunghezza complessiva di settemila chilometri, erano mantenuti con l'elio superfluido alla temperatura di 1,9 gradi Kelvin sopra lo zero assoluto, vale a dire 271,1 gradi sotto lo zero centigrado. Inoltre la gestione del lungo serpente tecnologico di 27 chilometri diventava possibile solo con l'introduzione di una serie innumerevole di innovazioni.

## *Dall'Università di Milano alla direzione Unità magneti*

A governare l'ardua parte di LHC nel 2001 veniva chiamato dall'Università di Milano Lucio Rossi che assumeva il ruolo della direzione Unità magneti.

Lavoravo su questa frontiera ormai da un decennio – ricorda Lucio Rossi – e nel 2000 venni chiamato al CERN per un gruppo di seminari sui magneti superconduttori. Era un segnale, e infatti poco dopo ricevetti una chiamata da Lyn Evans direttore di LHC che mi proponeva di guidare la costruzione dell'intero anello superconduttore gestendo la metà del budget dell'acceleratore. Inizialmente se n'era occupato Romeo Perin del Politecnico di Milano collaboratore di Giorgio Brianti, il primo direttore di LHC.

Era l'inizio di una lunga storia con vicende che riempiranno talvolta con inaspettate difficoltà la sua permanenza al CERN fino al 2020.

Sciolti gli ostacoli economici, l'impresa dell'acceleratore proseguiva. Ma per concentrare le forze Luciano Maiani aveva davanti una decisione complessa il cui pensiero ancora lo turba: chiudere il LEP.

Occorreva uccidere LEP, il re del CERN, per costruire un gigante più grande, LHC – ricorda Maiani – Per me era un esercizio cocciuto di razionalità. Con questa decisione non si trattava solo di chiudere una macchina per aprirne un'altra. Deludevo le aspettative di molti ricercatori, cambiavo la vita di centinaia di persone, toglievo speranze di gloria ad anziani scienziati che avevano dedicato la loro esistenza alla fisica.

Anche perché LEP era stato un acceleratore di successo in grado di continuare a raccogliere dati importanti di elevata precisione. Al punto che si era pensato di riuscire a scoprire con le sue capacità pure il bosone di Higgs. Anche Ugo Amaldi insisteva con Maiani per mantenere attivo LEP al fine di verificare le stranezze dei dati che si riscontravano. Quindi si accettava di spostare di un anno, fino al 2000 lo spegnimento della macchina. In effetti, nella caccia si incontravano delle anomalie nei dati raccolti con il rivelatore Aleph del LEP che apparivano indizi interessanti. Esplorando lo stesso campo di energia intorno a 110-120 GeV, ciò accadeva anche al Fermilab con il Tevatron certificando tra gli scienziati una gara

sempre più accesa mentre gli anni passavano tra Chicago e Ginevra. Ma gli eventi anomali si manifestavano talvolta nelle indagini lasciando poi i ricercatori con le mani vuote quando cercavano conferme.

Sciolte le illusioni, la data della chiusura stabilita si avvicinava inesorabilmente e nel settembre 2000 alla presenza di ministri e rappresentanti degli Stati membri del CERN si procedeva allo spegnimento di LEP. Tra l'altro, l'ipotesi di andare oltre sarebbe costata troppo, come si dimostrava, danneggiando il piano LHC. Intanto nascevano anche i due grandi rivelatori concepiti per la cattura con l'LHC del bosone con due diverse tecnologie per essere certi del risultato da confrontare.

### *Rivelatori italiani per LHC*

Per rivelare i fotoni di alta energia emessi nelle collisioni di CMS si costruiva un rivelatore a cristalli partendo da un'idea del Nobel Samuel Ting, realizzato in Italia nel laboratorio ENEA alla Casaccia. Atlas invece adottava un calorimetro ad argon liquido sviluppato da un gruppo con Fabiola Gianotti. Semplificando, i due rivelatori dovevano in particolare misurare l'energia di una coppia di fotoni che zampillava dalla disintegrazione del bosone di Higgs fornendo la prova della sua esistenza. Il tutto mentre usciva da un miliardo di collisioni al secondo che ogni rivelatore analizzava. Per dimostrare come l'ambizioso progetto fosse in grado di generare conoscenze utili alla vita quotidiana, è bene ricordare che al CERN, come era accaduto per l'idea del Web, veniva creato l'Openlab al quale partecipavano diverse industrie di primo piano dell'ICT, l'Information Technology, tra cui HP, Oracle e Siemens e anche la cinese Huawei. Si creava così una griglia di elaborazione che oggi viene chiamata "nuvola".

L'imponente lavoro di costruzione dell'acceleratore e delle infrastrutture necessarie a farlo funzionare giungeva a compimento nel 2008. Intanto Luciano Maiani aveva lasciato la direzione del CERN al francese Robert Aymar. Era riuscito a navigare abilmente tra le difficoltà attraversate dal laboratorio europeo trovando la via per proseguire nella straordinaria impresa garantendo un futuro sulla scena mondiale della fisica. Mentre si arrivava all'accensione di LHC Maiani, tornato in Italia, veniva nominato presidente del Consiglio Nazionale delle Ricerche. E in questa circostanza cadeva vittima di una triste contrapposizione politica. La Commissione

Cultura del Senato bloccava la nomina con il motivo che il suo nome risultava tra i firmatari di un appello che non condivideva un intervento di papa Benedetto XVI all'Università La Sapienza di Roma nell'inaugurazione dell'anno accademico. Secondo gli oppositori ciò era incompatibile con un atteggiamento equilibrato e laico. Il Governo sbloccava la nomina ma in Parlamento subiva attacchi in particolare da parte della deputata Gabriella Carlucci, ex soubrette televisiva che metteva in discussione addirittura la sua reputazione scientifica. Le affermazioni erano prontamente smentite dal Nobel Sheldon Glashow e Ioannis Iliopoulos con una lettera inviata a Romano Prodi, presidente del Consiglio dei ministri, chiudendo l'amara vicenda e garantendo la guida del CNR all'illustre scienziato.

## Si accende il superacceleratore LHC

*I fisici italiani Fabiola Gianotti e Guido Tonelli guidano la ricerca del bosone di Higgs. Sergio Bertolucci, direttore scientifico del CERN*

Superati gli imprevisti e le difficoltà che inevitabilmente un'impresa tanto complessa poteva riservare, si arrivava alla faticosa data dell'accensione del superacceleratore Large Hadron Collider – LHC. Erano occorsi dieci anni per completare l'opera con un costo di 7,5 miliardi di euro, coinvolgendo migliaia di scienziati e centinaia di università e laboratori di oltre cento nazioni. Ma ora LHC era pronto ad affrontare e abbattere l'ultimo muro della conoscenza che il Modello Standard dei teorici aveva tracciato, e gli esperimenti del LEP confermati nei dettagli, per scoprire la prova del bosone di Higgs. C'erano ovviamente altre mete ipotizzate, come le particelle supersimmetriche, ma prima di tutto bisognava trovare il bosone, la "chiave di volta" della teoria. Il primo fascio di protoni all'interno del tunnel di LHC veniva fatto correre il 10 settembre 2008 e un nuovo capitolo della storia della fisica delle particelle iniziava a essere scritto. Nel frattempo Luciano Maiani dal 2004 aveva lasciato la direzione generale al francese Robert Aymar a cui toccava ora dare il via alla nuova avventura.

Quel mattino dell'8 settembre al CERN l'entusiasmo era stellare nella sala di controllo di LHC da dove seguiva l'evento. Altrettanto la tensione perché per la prima volta al mondo una macchina con magneti superconduttori di quella taglia entrava in funzione e le sorprese potevano non essere così remote, data la sua complessità e le migliaia di parti in

azione obbligate a funzionare perfettamente in condizioni estreme mai collaudate prima.

Proprio la complessità e la sofisticatezza di LHC, capace di spingersi a energie mai prima raggiunte, alimentava al di fuori del laboratorio delle paure davanti alle quali gli scienziati dovevano fornire qualche risposta per tranquillizzare gli inquieti. Il fenomeno, sia pure in forma minore, si era già manifestato nel 2000 quando nei laboratori americani di Brookhaven entrava in attività il Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC), un acceleratore che permetteva di far collidere ioni d'oro a velocità prossime a quelle della luce generando un plasma di quark e gluoni, uno stato di materia ritenuto esistente solo pochi istanti dopo il Big Bang originale. Allora alcune persone interpretarono le affermazioni degli scienziati sugli esperimenti in modo anomalo, ritenendo possibile la generazione di particelle di "materia strana" e di buchi neri entrambi in grado di distruggere il mondo in cui viviamo. Per sciogliere i pericolosi dubbi si istituiva una commissione di illustri fisici presieduta dal noto teorico John Iliopoulos che forniva spiegazioni adeguate eliminando le terribili prospettive paventate.

### *Le teorie del complotto tra l'Europa e gli Stati Uniti*

Mentre si avvicinava l'inaugurazione di LHC tornavano a circolare le stesse teorie del complotto enfatizzate ancor di più, in tal caso, da Internet che diffondeva e replicava opinioni di ogni genere, e più erano catastrofiche più correivano nel Web. In questo caso si evocava soprattutto la generazione di buchi neri distruttivi. In realtà il fisico britannico Stephen Hawking aveva ipotizzato teoricamente la possibilità della nascita di minuscoli buchi neri che però si dissolvevano rapidissimamente in altre particelle con l'evaporazione dell'energia in essi contenuta. Ma lo scenario degli incubi sostenuti da coloro che immaginavano il peggio e a cui non bastavano le spiegazioni degli scienziati si ampliava sempre più in modi diversi. A incrementare il fenomeno interveniva la pubblicazione del thriller *Angeli e Demoni* di Dan Brown che partendo, nel racconto, da un omicidio compiuto al CERN poi si dipanava su una bomba di antimateria portata in Vaticano per impedire il Conclave imminente. La BBC, inoltre, realizzava una trasmissione dal titolo equivoco "End Day" (Il giorno della fine) raccontando una storia inventata, con protagonista uno scienziato, la cui conclusione era la distruzione del mondo. Poco aiutavano i credenti della

storia le immagini finali nelle quali il vero scienziato Frank Close affermava: “Questa è della grande fantascienza, ma possiamo dormire tranquilli.”

È allora che Paola Catapano dell’Ufficio Comunicazione del CERN, per affrontare e dipanare false credenze legate al romanzo di Dan Brown, con una brillante iniziativa pubblicava nel sito Internet del laboratorio ginevrino spiegazioni sul vero e il falso contenuto nel thriller che ormai spopolava proprio grazie a queste tremende suggestioni. E dal libro, inevitabilmente di successo, veniva anche tratto un film che enfatizzava la vicenda. Naturalmente, l’encomiabile operazione mediatica del CERN non bastava ad annientare i dubbi. Nello stesso tempo una voce scientifica cercava di rafforzare le spiegazioni. Michelangelo Mangano, fisico teorico del CERN, rispondeva alle chiamate di coloro che volevano parole più sicure. Mangano era un illustre scienziato. Formato alla Scuola Normale Superiore di Pisa, e prima di entrare al CERN aveva svolto ricerca negli Stati Uniti, all’Università di Princeton e al Fermilab di Chicago. Focalizzando i suoi studi sulle alte energie, sviluppava dei calcoli utilizzati nell’interpretazione dei risultati che scaturivano dagli acceleratori e contribuiva alla scoperta del quark top nel 1994. Ma nella sua vita di scienziato era sempre stato interessato anche al dialogo col mondo esterno, alla comunicazione e, in particolare, alla formazione degli insegnanti in corsi dedicati nei quali aiutava a decifrare le conquiste della fisica; compresa la nuova frontiera di LHC dove era protagonista anche nell’analisi dei dati.

Da tempo seguivo a Ginevra per il mio giornale, il “Corriere della Sera”, i passi che si compivano verso l’accensione di LHC. Per testimoniare meglio il clima che si respirava del grande evento credo che alcuni articoli che inviavo al giornale dal CERN, testimoniando ciò che accadeva e facendo parlare i diretti protagonisti, possano essere efficaci nel rispecchiare l’ansia, l’attesa, l’inquietudine e la concitazione che si era creata per ciò che si stava materializzando dopo anni di faticoso lavoro. Consapevoli di essere sulla soglia di una grande scoperta.

### *Il superacceleratore non distruggerà la Terra*

Ginevra, 8 settembre 2008 – “Non c’è d’aver paura: il nostro superacceleratore non distruggerà la Terra.” Non c’è incertezza nelle parole di Fabiola Gianotti, la ricercatrice italiana alla guida di Atlas, uno dei

quattro esperimenti permessi dal nuovo Large Hadron Collider, il superacceleratore di particelle che si accenderà il 10 settembre al CERN di Ginevra. Ma due americani si sono rivolti al tribunale chiedendo sia bloccato perché potrebbe creare buchi neri distruttivi. I due non sono scienziati. “È una paura ridicola” – spiega Fabiola – “perché in natura ogni secondo avvengono spontaneamente, grazie ai raggi cosmici che piovono dallo spazio, collisioni da cui si sprigionano energie miliardi di volte più elevate di quelle da noi ottenute. E se riusciremo a generare buchi neri come una teoria ipotizza, questi saranno microscopici ed evaporeranno subito, nella frazione di un secondo.” Fabiola Gianotti, amante della musica e della danza (ma è un ricordo lontano), è cresciuta con la supermacchina che ora dirige e che, tutti aspettano, rivoluzionerà la fisica e la nostra conoscenza. Corre in una galleria sotterranea e al suo interno viaggeranno nuvole di microscopici protoni che, scontrandosi, scateneranno un’energia straordinaria. “Così” – dice la scienziata – “riprodurremo le condizioni dell’universo esistenti un milionesimo di milionesimo di secondo dopo il Big Bang da cui tutto ha avuto origine grazie ad energie di 14 teraelettronvolt (14 mila miliardi di elettronvolt), le più alte mai ottenute.” La storia dell’LHC è la storia di Fabiola e di una grande aspirazione materializzata. “Avevo appena conseguito il dottorato all’Università di Milano nel 1990 quando entrai al CERN studiando uno strumento che sarebbe stato installato sull’esperimento Atlas.” L’impresa, per arrivare all’LHC, è stata lunga e gigantesca perché ha richiesto passi avanti nella tecnologia (come i magneti superconduttori costruiti da Ansaldo-Finmeccanica congelati a 271 gradi sotto zero), nella scienza e un robusto finanziamento di quattro miliardi di euro. L’Italia partecipa attraverso 2400 persone, tra cui 600 ricercatori dell’Istituto nazionale di fisica nucleare (INFN). Ora il traguardo si sta tagliando. E anche Fabiola, grazie ai risultati che otteneva, da semplice ricercatrice del CERN macinava posizioni sempre più elevate. A Parigi era eletta nel comitato scientifico del Consiglio nazionale delle ricerche francese, a Chicago (USA) entrava a far parte del comitato supervisore del Fermilab, il più celebre centro di ricerca fisica americano. E nel 2004 entrava nei record del CERN come la prima donna ad essere nominata vice-coordinatrice di Atlas: ora lo dirige. “La prospettiva è eccitante perché sarò alla guida di un gruppo di circa 3000 scienziati provenienti da 37 nazioni di cinque continenti, con culture e formazioni diverse. Non è stato facile, ma al CERN è possibile perché non

c'è discriminazione di nazionalità e genere, ciò che conta sono le capacità.” Dalla supermacchina si aspettano grandi risultati. “Sarà come aprire la porta di un giardino delle meraviglie – dice –. Gli obiettivi sono tanti: trovare il bosone di Higgs, soprannominato la particella di Dio che spiega l'origine delle masse delle particelle elementari; decifrare la natura della materia oscura dell'universo, individuare nuove particelle o incontrare addirittura dimensioni sconosciute.” Ma quale era l'aspirazione segreta di Fabiola Gianotti? “Spiegare la natura delle cose che prima cercavo nella filosofia e poi ho trovato nella fisica.” E la scienza basta? “No, quando la sera rientro e suono il pianoforte inizio un viaggio in una dimensione altrettanto fantastica.”

### *Fabiola Gianotti alla guida di Atlas*

Nel marzo 2009, infatti, Fabiola Gianotti era stata nominata alla guida del gruppo dei circa 3000 ricercatori di Atlas (al CERN viene chiamata “spokesperson”). Nata a Roma da un padre geologo e una madre letterata, ma di formazione scientifica milanese, Fabiola evoca alcuni ricordi che la portarono alle vette della scienza. Prima di tutto la lettura, giovanissima, della biografia di Marie Curie e la spiegazione data da Albert Einstein dell'effetto fotoelettrico di cui era lo scopritore. Il Premio Nobel a Carlo Rubbia la spingeva ad affrontare il dottorato proprio sulle particelle elementari, effettuando la tesi sulla ricerca delle particelle supersimmetriche con i dati raccolti dall'esperimento UA2, il parallelo di quello di Rubbia nel quale era preminente il contributo di Luigi Di Lella. Per cercare queste particelle sviluppava nuove tecniche di rilevamento poi impiegate anche nell'acceleratore Tevatron americano. Proseguiva in seguito le sue indagini sullo stesso fronte con l'esperimento Aleph del LEP. Quindi estendeva le attività riguardanti i rivelatori sviluppando, appunto, il calorimetro ad argon liquido che poi sarebbe stato integrato in Atlas. E, infine, dopo un periodo da vice-spokesperson diventava, appunto, la coordinatrice della squadra mantenendo l'incarico, con un rinnovo, fino al 2013.

Per fortuna nelle ore precedenti l'accensione di LHC non c'erano solo le visioni complottistiche e di una scienza del terrore. A rendere le ore più agitate si era infatti aggiunta una voce autorevole che dell'ironia della vita aveva fatto il suo credo. A pronunciarsi era addirittura il grande fisico

britannico Stephen Hawking, lanciando una sfida di cui avevo discusso la sera precedente a cena con Fabiola Gianotti in attesa del giorno fatidico.

10 settembre 2008 – “Ho scommesso cento dollari perché spero che la famosa ‘particella di Dio’, il bosone di Higgs, non riesca a scoprirlo il nuovo superacceleratore che oggi si accende al CERN di Ginevra.” La battuta di sfida è di Stephen Hawking, il più celebre scienziato vivente, il “maestro del tempo” e dei segreti dei buchi neri. Hawking ama le scommesse e non è la prima volta che perde. “L’acceleratore LHC sprigiona un’energia mai raggiunta prima e secondo le teorie dovrebbe essere sufficiente per trovare questa fantomatica particella la quale spiega la massa delle cose, e quindi rappresenta una misura fondamentale per decifrare la materia”, ha spiegato lo scienziato alla BBC. “Ma credo – ha aggiunto il celebre scienziato – che sarebbe più eccitante se non lo trovassimo, il bosone di Higgs. Dimostrerebbe che c’è qualcosa di sbagliato nelle nostre idee e che dobbiamo pensare di più per trovare altre spiegazioni. Per questo ho scommesso cento dollari che non lo troveremo.” Hawking guarda con maggior fascino alla possibilità di scovare traccia della supersimmetria, anche questa prevista dai teorici, la quale dimostrerebbe che esistono delle particelle simmetriche a quelle che conosciamo. In realtà il superacceleratore ginevrino aprirà le porte di una nuova fisica che in parte nemmeno gli scienziati costruttori della macchina possono oggi immaginare. Anzi sperano caldamente di trovare molte cose di cui non hanno mai discusso o ipotizzato. “La sfida di Hawking è molto interessante ed ha ragione per molti aspetti perché sarebbe affascinante non trovare il desiderato bosone, per le implicazioni che genererebbe” commenta Fabiola Gianotti che dirige Atlas, uno dei quattro esperimenti permessi dall’acceleratore, e con il quale si dovrebbe rivelare la particella di Dio. “Ma in questo caso” – aggiunge Fabiola – “dovremmo vedere qualche altra particella che ne fa le veci, oppure scoprirla in condizioni diverse da quelle immaginate. Di certo sarà comunque stimolante perché dimostrerebbe come la Natura sia molto più intelligente di noi.” La Gianotti è alla guida dei 3000 scienziati, provenienti da 37 nazioni dei cinque continenti, che da oggi si metteranno alla ricerca della famosa particella. Intanto Hawking non perde occasione per demolire l’idea che la creazione di micro-buchi neri forse generati dalla macchina possa “distruggere” la Terra. “In natura” –

conclude – “questi fenomeni accadono spontaneamente ogni giorno senza scatenare niente di terribile.”

### *Stephen Hawking spera che il bosone non venga scoperto*

Al grande scienziato britannico che siede sulla cattedra di Newton si può credere perché è stato proprio lui a ipotizzare l'esistenza degli speciali e microscopici buchi neri che forse zampilleranno dalla macchina di Ginevra. Ed è proprio lui a spiegare con la teoria che porta il suo nome (*Hawking's radiation*) che evaporeranno all'istante senza guai. La famosa “particella di Dio”, punto centrale dell'esperimento che si avvia oggi nel superacceleratore del CERN di Ginevra – il cui ispiratore fu Carlo Rubbia – venne scoperta da Peter Higgs, scienziato scozzese, negli anni Sessanta e battezzata “particella di Dio” dal premio Nobel per la fisica Leon Lederman. Che venga trovata oppure no, come auspica Hawking, con l'acceleratore l'Europa si pone all'avanguardia nelle ricerche sulla fisica, retrocedendo al secondo posto gli Stati Uniti.

La situazione era tuttavia ghiotta per altre imprese, in tal caso non verbali, al di là della scienza e soprattutto inaccettabili, per dimostrare una certa forma di potere occulto ma sempre insidioso e pericoloso per gli effetti che poteva generare: entravano in scena anche gli hackers.

14 settembre 2008 – C'era da aspettarselo dopo i tentativi falliti di intrusione alla NASA e al Pentagono. Potevano gli hackers lasciarsi sfuggire un'occasione come il CERN di Ginevra nel momento in cui è al centro dell'attenzione mondiale? Infatti mercoledì nel giorno dell'accensione dell'acceleratore Large Hadron Collider, la rete informatica del centro ha subito un attacco senza subire danni. L'obiettivo era uno dei quattro esperimenti, il CMS dedicato alla ricerca della particella di Dio, il Bosone di Higgs, in concorrenza con l'esperimento Atlas. “Gli hackers sono arrivati sino a un computer interno dedicato a funzioni non vitali e quindi non ha causato guai” precisa Guido Tonelli, vice-responsabile dell'esperimento. Infatti gli aggressori si sono limitati a lasciare traccia sul sito depositando una pagina dal titolo “The Greek Security Team”, dimostrando di voler solo mettere in risalto che la rete del CERN non è inviolabile. “L'aggressione è stata bloccata prima che raggiungesse parti

vitali della macchina, il sistema di protezione ha funzionato”, aggiunge Fabiola Gianotti responsabile dell’esperimento Atlas. “Però dopo il tentativo fallito – precisa la scienziata – abbiamo alzato ulteriormente le protezioni per evitare altre iniziative del genere.”

Il grande acceleratore, apice di un’impresa europea iniziata con Edoardo Amaldi e Pierre Auger mezzo secolo prima, cristallizzava la presenza intorno ad esso nel governo del potente strumento e della ricerca del bosone di Higgs, oltre a Fabiola Gianotti, di altri tre illustri fisici italiani, creando una situazione unica nel momento più importante della storia del CERN. A guidare infatti l’esperimento CMS antagonista di Atlas, era stato eletto nel 2009 Guido Tonelli, anche lui dopo un biennio da vice-spokesperson. Guido, nato in Lunigiana, proveniva dalla scuola pisana nella cui università insegnava fisica generale. Aveva condiviso diversi esperimenti al Fermilab negli Stati Uniti e dal 1985 con Aleph del LEP di Ginevra effettuando le prime misure precise sulla vita media dei mesoni, sulla massa dei bosoni W e Z, affrontando in seguito studi sul bosone di Higgs. Da collaudato fisico sperimentale contribuiva all’ideazione e alla costruzione del rivelatore a semiconduttori con tracciatori al silicio installato poi nell’esperimento CMS di cui poi diventava spokesperson.

### *Bertolucci, il manager della ricerca*

Nelle ore di tensione per l’accensione di LHC il personaggio più inquieto era certamente Lucio Rossi, il fisico piacentino d’origine (terra anche di Edoardo Amaldi) ma anche lui di scuola milanese e responsabile dei magneti superconduttori, l’elemento più critico e più innovativo della complessa macchina. Ne aveva progettato e diretto la costruzione delle componenti che garantivano la potenza dell’acceleratore collaudando quindi le loro capacità secondo il disegno. Adesso era giunto il momento della dimostrazione finale consentendo l’avvio di ricerche prima impossibili.

A completare il favorevole momento, dal giugno 2009 direttore della ricerca al CERN era nominato Sergio Bertolucci. Originario di La Spezia. Anche lui studiava all’Università di Pisa svolgendo poi ricerche nel laboratorio DESY di Amburgo, in Germania, e al Fermilab di Chicago. Nel 2002 diventava direttore dei Laboratori Nazionali di Frascati dell’Istituto nazionale di fisica nucleare. Bertolucci, fisico sperimentale, nella sua

carriera di ricercatore ideava diversi strumenti che contribuivano, tra le altre cose, anche alla scoperta del quark top. Successivamente assumeva la guida scientifica del CERN in un momento storico speciale, negli anni segnati dalla scoperta del bosone di Higgs. La straordinaria esperienza con cui maturava una rilevante capacità manageriale, una volta lasciata la direzione scientifica nel 2015, lo portava a coordinare lo sforzo dei centri italiani interessati al progetto sul neutrino avviato negli Stati Uniti. Egli era infatti uno dei protagonisti di maggior spicco del programma americano-internazionale DUNE e oltre all'Italia portava anche il CERN a collaborare per la prima volta a un importante piano al di fuori delle mura europee. All'interno del laboratorio ginevrino promuoveva inoltre attività di innovazione e la sua passione a tessere rapporti fra le nazioni facilitava il rafforzamento dei legami con la Commissione Europea, la quale sosteneva il lancio del suo programma Attract per stimolare l'innovazione.

In conclusione, la caccia al bosone di Higgs con il superacceleratore LHC era guidata dai fisici italiani.

## La nuvola nera sul CERN

*Lo scoppio nell'anello di LHC – Lucio Rossi governa la rinascita*

Purtroppo, ciò a cui nessuno voleva pensare, accadde. Erano appena trascorsi nove giorni dall'attivazione del più grande e potente acceleratore del mondo LHC. L'euforia era alle stelle in quei giorni al CERN. La giornata dell'accensione era stata magica: 800 emittenti radiotelevisive avevano diffuso il passo compiuto. Il pubblico televisivo collegato per seguire ciò che stava accadendo a Ginevra era stimato in un miliardo di persone. Sugli schermi del centro di controllo dell'imponente collider correvano le tracce di conferma dei fasci di protoni che viaggiavano alla velocità più vicina possibile a quella della luce nell'anello sotterraneo di 27 chilometri. E i computer macinavano i primi dati. Finché non arrivò un venerdì nero che seminò la paura per il futuro. Ecco che cosa succedeva al CERN il 19 settembre 2009. Raccontarlo nei miei articoli sul "Corriere della Sera" non era facile. Inseguendo comunque un pensiero positivo, l'idea di una soluzione, tutti cercavano risposte che non potevano ancora essere trovate.

21 settembre 2008 – Uno scoppio nella galleria sotterranea, una vampata di calore e il superacceleratore Large Hadron Collider del CERN di Ginevra è rimasto paralizzato. È accaduto venerdì intorno a mezzogiorno, ma solo ieri si è delineata la situazione. Le ricerche sono bloccate, per riparare il danno ci vorranno oltre due mesi. "Con esattezza lo sapremo solo lunedì quando entreremo nella galleria", precisa il professor Lucio Rossi, a capo dei "sistemi criomagnetici" nei quali si è verificato l'incidente. "Il guaio è nato

dalle connessioni fra i magneti superconduttori.” Sono gli elementi più critici (e innovativi) della macchina: magneti superconduttori che permettono di raggiungere un’energia di 14 teraelettronvolt per ricostruire le fasi dell’universo primordiale subito dopo il Big Bang. Ma per funzionare, devono essere raffreddati ad una temperatura di 271 gradi sottozero facendo circolare dell’elio liquido. “Un cortocircuito elettrico ha innescato l’incidente portando ad una sovrappressione, alla rottura del condotto e alla fuoriuscita dell’elio. Ora dovremo valutare quanti magneti rimpiazzare e soprattutto verificare le condizioni degli altri per evitare che il problema si ripresenti.” Il Large Hadron Collider era entrato in funzione il 10 settembre. Per Roberto Petronzio, presidente dell’INFN, alla guida dei 600 dei 2400 ricercatori italiani impegnati a Ginevra, “lavorando con tecnologie estreme – dice – le sorprese sono da mettere in conto. Recupereremo il tempo perduto.”

Perché era accaduto un simile disastro nonostante il certosino lavoro di costruzione e controllo di migliaia di specialisti? Forse perché l’esplosione e la distruzione erano avvenute nell’invisibile galleria sotterranea, quasi non si credeva che qualcosa di tanto grave fosse successo. Le domande che tutti si ponevano erano scontate: che cosa accadrà ora? Sarà possibile porre rimedio? Potrà ancora avere un futuro LHC? “Naturalmente la macchina era stata provata a vuoto, senza far circolare i protoni, giorni prima dello Start Up e tutto era stato verificato a dovere”, precisava Lucio Rossi. A causa della perdita di elio liquido che si era verificata, c’era una temperatura bassissima nel tunnel che rendeva impossibile l’accesso.

### *La nuvola nera dell’amarezza sopra LHC*

24 settembre 2008 – La nuvola nera dell’amarezza non si è ancora dissolta sulla piccola foresta in cui sono immersi i candidi edifici del CERN, il laboratorio europeo per le ricerche nucleari. A cento metri sottoterra, nella galleria di 27 chilometri il nuovo acceleratore LHC-Large Hadron Collider acceso il 10 settembre è paralizzato. Un cortocircuito tra la congiunzione di due magneti ha scatenato venerdì scorso un grave incidente. Uno scoppio, una fiammata, l’elio liquido che sprizza sulle pareti mentre una spessa piastra di ghiaccio ricopre il pavimento. Un’onda di pressione percorre l’aria diventata irrespirabile e incide sulle strutture provocando cedimenti.

Un inferno sotterraneo che lascia i seimila ricercatori coinvolti dalla supermacchina con la matita in mano e i computer spenti in attesa che tutto sia rimesso in ordine. “Non prima di aprile-maggio dell’anno prossimo” – avverte Lucio Rossi a capo dei sistemi superfreddi dove si è scatenato il guaio – “perché dobbiamo sostituire i magneti fuori uso e controllare tutti gli altri. Inoltre c’è l’interruzione invernale programmata a causa dell’eccessivo costo dell’energia.” “Abbiamo vissuto un week-end tremendo”, aggiunge Guido Tonelli viceresponsabile di CMS, uno dei quattro grandi esperimenti che dovevano prendere il via. Nei corridoi dove si parla si chiede l’anonimato. “Non bisognava” – dicono – “aver fretta, era meglio compiere tutti i test necessari prima di mettere in moto uno strumento da cinque miliardi di euro. Quale figura abbiamo fatto dopo aver suonato la grancassa invitando i giornalisti da tutto il mondo? Qualcuno dovrebbe rispondere di queste scelte.” Non sono pochi al CERN ad avanzare critiche. E si aggiunge una considerazione rivolta al direttore generale Robert Aymar che termina il suo mandato in dicembre: “Per questo si voleva a tutti i costi far partire l’acceleratore entro questa data.” Si racconta che l’anno scorso quando il direttore generale propose la data dell’inaugurazione per l’ottobre del 2008 Lyn Evans, project manager della macchina abbia risposto seccato: “Lo faremo quando avremo finito di lavorare.” Non è stato così. “Abbiamo provato tutto ciò che era opportuno controllare” – risponde Robert Aymar – “e quando lo abbiamo acceso ha dimostrato di funzionare bene, sia pure a bassa energia. Quanto è successo rientra nella complessità della macchina e nella normalità del rodaggio come è accaduto in altri casi. Il particolare del cedimento del suolo è dovuto alla geologia non favorevole del luogo. Ora rimediamo al danno riparabile senza problemi e gli scienziati potranno ripartire con le loro ricerche. Naturalmente l’inaugurazione del 21 ottobre con i capi di Stato si terrà secondo i piani.” Non tutti sono, però, d’accordo. Il presidente della Repubblica Giorgio Napolitano, dopo una conferma iniziale, ha rimesso in discussione la sua presenza. Da parte italiana si preferirebbe chiarire meglio l’accaduto. Oggi a Ginevra si riuniscono le missioni dei Paesi che sostengono il CERN per decidere un atteggiamento comune. E c’è un partito dei contrari alla celebrazione di fine ottobre sostenuto dalla Germania favorevole ad uno slittamento all’anno prossimo quando tutto sarà in ordine e quando alla guida del centro ginevrino ci sarà il tedesco Rolf-Dieter Heuer, attualmente alla guida del laboratorio DESY di

Amburgo. Le prime conseguenze negative per l'Italia si sono già materializzate ieri alla riunione di Ferrara dell'Istituto nazionale di fisica nucleare che doveva decidere i futuri impegni economici. "Si è creata una grande incertezza nei programmi" – nota Paolo Giubellino, vice-responsabile di Alice, un altro dei quattro esperimenti dell'LHC – "Sono stati rallentati gli acquisti dei computer necessari per elaborare i dati raccolti dall'acceleratore. Non sapendo quando tornerà in azione, i calcolatori invecchiano in fretta ed è meglio aspettare." Naturalmente molti scienziati fanno buon viso a cattiva sorte e anzi mettono in risalto gli aspetti positivi che l'incidente ha provocato. A cominciare da Peter Jenni dell'esperimento Atlas: "Gli interventi renderanno l'acceleratore più sicuro mettendolo al riparo da eventuali future debolezze." "In questi mesi" – aggiunge Guido Tonelli – "calibreremo i rivelatori utilizzando i raggi cosmici provenienti dallo spazio come avevamo in programma di fare prima dell'avvio della macchina." "Siamo incazzati ma sappiamo come risollevarci", afferma deciso Sergio Bertolucci, neo-direttore della ricerca al CERN. "Per un fisico la dote è la pazienza", conclude il teorico Michelangelo Mangano ancora costretto a passare parte delle giornate nella sua stanza disadorna a spiegare a giornali, radio, tv e questuanti via Internet che il superacceleratore non creerà mai un buco nero capace di divorare la Terra.

### *L'incidente, le polemiche e le critiche*

Un incidente di tale gravità non poteva non suscitare polemiche, critiche, ma anche qualche giusta considerazione. Il censimento dei danni alla fine si dimostrava pesante ma limitato, meno grave di quanto si potesse immaginare nelle prime ore dopo lo scoppio. "Il guasto" – specificava Lucio Rossi dopo il sopralluogo di due ingegneri accompagnati dai vigili del fuoco il giorno successivo – "riguardava il settore 3-4 della macchina (ce ne sono otto) che era stato collaudato per ultimo. La fusione di un'interconnessione ha generato un arco elettrico, il quale ha bruciato il magnete e il contenitore a vuoto, il criostato, causando la fuoriuscita di elio liquido. Il sistema di scappamento del fluido criogenico era sottodimensionato, un errore di progettazione e di valutazione, ma questo lo abbiamo capito dopo." Ogni errore insegna sempre qualcosa. E mentre si iniziava a programmare gli interventi di recupero della parte dell'anello

danneggiato si procedeva tra commenti non sempre favorevoli anche a organizzare l'inaugurazione ufficiale di LHC, secondo un piano voluto dal direttore generale Aymar, nonostante la situazione che si era creata.

22 ottobre 2008 – L'orchestra della svizzera renana ha dato il via ieri all'inaugurazione del superacceleratore LHC al CERN. Come aveva stabilito il direttore Robert Aymar. Nessun ritardo alla cerimonia, nonostante la grande macchina, costruita per riprodurre i primi momenti dell'origine dell'Universo, fosse nascosta sottoterra paralizzata da un incidente. Era accaduto il 19 settembre mentre si tentava di alzare l'energia nell'anello lungo 27 chilometri. Inevitabilmente si faceva strada l'ipotesi di rinviare il taglio del nastro fissato per il 21 ottobre con la partecipazione dei capi di Stato, dopo la riparazione. Ma il francese Robert Aymar non cedeva alle pressioni: il suo mandato scade in dicembre e voleva essere lui a battezzare l'LHC anche se bloccato. Così ieri 1500 invitati sono arrivati da tutto il mondo. Dei capi di Stato però c'era solo il presidente della confederazione svizzera, Pascal Couchepin. La Francia mandava il primo ministro François Fillon e 19 Paesi inviavano ministri o sottosegretari. L'Italia era rappresentata dall'ambasciatore Caracciolo Di Vietri. Al CERN il coordinamento dei precari all'Istituto nazionale di fisica nucleare distribuiva un volantino di protesta perché diversi ricercatori coinvolti nell'LHC dovranno tornare a casa per i tagli previsti. Intanto i lavori per la sistemazione dell'acceleratore dovrebbero concludersi a maggio prossimo.

### *Il CERN, fucina culturale sempre viva*

Ma anche per dimostrare che non tutto era perduto e che il grande laboratorio europeo era una fucina culturale sempre viva e attiva sulla frontiera delle alte energie e sulle ricerche teoriche d'avanguardia, in quei giorni, oltre che delle paure e degli attacchi informatici al CERN si discuteva della possibilità di mettere alla prova, grazie proprio a LHC, molte idee fino allora rimaste nel fantastico mondo teorico; soprattutto una delle teorie più discusse degli ultimi anni, la Teoria delle stringhe, le cui radici si erano sviluppate proprio nelle sale ginevrine con Sergio Fubini e Gabriele Veneziano.

23 settembre 2009 – Da qualche tempo soffia un vento nuovo, più agitato, sul paesaggio della Fisica. Varie sono le ragioni, ma tra queste un peso rilevante lo assume l'imminente prospettiva di poter disporre di uno strumento potentissimo come il Large Hadron Collider del CERN di Ginevra, il quale metterà alla prova alcune idee a lungo coltivate. Nello stesso tempo aprirà finestre su un mondo finora inaccessibile, animando la fantasia per quanto ne potrà uscire. Di recente, tuttavia, sembrano cadere anche alcuni miti radicati nelle menti dei teorici da quasi un ventennio. Come la supernominata "teoria delle stringhe" che decollò agli inizi degli anni Ottanta sulla base di alcune formulazioni avanzate da Gabriele Veneziano e sulla quale si sono tuffate generazioni di ricercatori delle più illustri università del mondo. "Un disastro per la fisica", l'ha definita il matematico Peter Woit della Columbia University americana. Ma non è solo sul fronte che tende a demolire la blasonata idea. L'illustre Lee Smolin del Perimeter Institute di Waterloo, in Canada, ha addirittura scritto un libro, *L'universo senza stringhe* (Einaudi) per dimostrare che si tratta di una via sbagliata nel cercare una spiegazione della realtà e dell'universo. Aggiungendo che dopo due decenni non si è riusciti a raccogliere uno straccio di prova che potesse convalidarla. Ma altri illustri teorici, come Michelangelo Mangano del CERN e uno degli scopritori del Quark Top, ricordano che Smolin è contrario perché "propone da altrettanto lungo tempo una teoria della gravità contraria a quella delle stringhe che fino ad oggi è nella stessa situazione senza la minima conferma sperimentale". Smolin nelle sue critiche è radicale e vede addirittura, più in generale, una "crisi della fisica delle particelle" scatenando comprensibili e vivaci reazioni. "È vero che non ci sono state scoperte che abbiano acceso la fantasia come la meccanica quantistica o la relatività" – nota Mangano – "però si sono ottenuti risultati innegabilmente importanti come la misura della massa del neutrino, la definizione dei quark e la conferma della teoria del modello standard che è alla base della concezione dell'universo." Forse proprio la teoria delle stringhe aveva fatto correre troppo la fantasia e le aspettative. Essa sostiene che alla base della realtà non ci sono particelle nucleari note ma delle vibrazioni: differenti vibrazioni generano tutte le particelle subatomiche conosciute, dai quark ai gluoni. E le stringhe esistono in uno spazio di 10, forse 11 dimensioni. La qual cosa prospetta mondi paralleli al nostro che viviamo. Come non restare affascinati da un'idea tanto fantascientifica? Spostando immediatamente lo sguardo tra

stelle e galassie, con questi presupposti si è incominciato a parlare di “metauniversi” suscitando talvolta sarcastici commenti da parte degli astronomi che scrutano il già complesso universo che ci ospita. “Questa è filosofia, guardiamo la realtà”, nota sbrigativamente Margherita Hack. Insomma il microcosmo dell’atomo e il macrocosmo degli astri sono in agitazione sostenendo alcuni passi compiuti oppure rinnegando qualche idea. Fino ad un certo punto, però. Perché – dicono – se con il nuovo superacceleratore del CERN riusciamo a riprodurre dei piccoli buchi neri questi confermano indirettamente l’esistenza di altre dimensioni. Intanto si crede nella probabilità di scovare la prova della supersimmetria secondo la quale ogni particella convive con un’altra particella con diverso comportamento: ad esempio l’elettrone con il selettrone, il quark con lo squark e il fotone con il fotino. In conclusione, sembra che tra i fisici ci sia l’aria inquieta che di solito precede ogni importante esame, quando si chiacchiera di ottime risposte possibili o si cade nella depressione di non sapere più nulla. E l’esame si sta preparando a Ginevra. Nel frattempo, credenti e non credenti delle stringhe sono d’accordo su una cosa: per trovare una prova capace di confermarle bisognerà aspettare cinquecento generazioni di fisici. Come per dire: per il momento è fuori dalle nostre possibilità.

### *Il guasto si chiarisce e si pensa al miglioramento*

Intanto il panorama del guasto si schiariva comprendendo, oltre la causa, il modo adeguato per intervenire, rimediando e migliorando la situazione per evitare altri guai futuri. “L’essermi assunto la responsabilità dell’incidente” – ricorda Lucio Rossi – “ha catalizzato una grande energia alla base della collaborazione e, quindi, dell’aiuto reciproco: l’errore, in definitiva, si è trasformato in una indicazione, un suggerimento su come far meglio. Sulla strada da intraprendere.”

22 novembre 2009 – “L’altra notte abbiamo cancellato 14 mesi di sofferenza quando una nuvola di protoni ha percorso per la prima volta l’intero anello dell’acceleratore LHC. Nessun intoppo e abbiamo brindato dimenticando anche l’interruzione di corrente provocata da un volatile una settimana fa.” Lucio Rossi, 54 anni, piacentino d’origine e milanese d’adozione, ha guidato la costruzione e la riparazione della macchina più

potente del mondo per riprodurre i primi momenti della nascita dell'Universo. Nella sua voce è tornata la gaiezza di sempre, spenta il 19 settembre dell'anno scorso quando un'esplosione improvvisa nel tunnel sotterraneo a cavallo del confine tra Francia e Svizzera, paralizzava il superacceleratore del CERN acceso da appena nove giorni mentre alcuni temevano la fine del mondo. Tutto era nato da una banale saldatura riuscita male, tra le ventimila esistenti, ma in quei momenti si è temuto il peggio: l'impresa a lungo sognata e costata sei miliardi di euro sembrava svanire. "Risorgere, non è stato facile" conferma Rossi che governa la sofisticata tecnologia del superfreddo mai applicata su una scala così gigantesca. Per far correre i protoni, all'interno dell'anello i suoi magneti sono ad una temperatura di 271 gradi sotto lo zero centigrado. Rossi insegnava l'ardua materia all'Università di Milano e con l'Istituto nazionale di fisica nucleare (INFN) costruiva il primo ciclotrone superconduttore (cioè superfreddo) nato in Europa, a Catania. "Erano i primi anni Novanta" – racconta Rossi – e con quella macchina cominciammo un riscatto su una conoscenza dominata da francesi e tedeschi." Ma era solo l'inizio, perché lo scienziato era chiamato a costruire analoghe macchine al centro di ricerche di Amburgo e poi al CERN di Ginevra. Al momento di trovare l'uomo che doveva affrontare la sfida del superacceleratore Large Hadron Collider (LHC), la scelta è caduta su Lucio Rossi che sul campo aveva dimostrato eccezionale maestria. "È stata una magnifica responsabilità" – dice sorridendo –. "Mai nessuno aveva realizzato una macchina criogenica così potente." Non a caso, due anni fa, l'Istituto americano IEEE assegnava il suo "Nobel tecnologico" proprio a Lucio Rossi. L'incidente ha costretto la sostituzione di 53 magneti danneggiati sui 1700 esistenti con un costo di 40 milioni di euro. "Avevamo forse sottovalutato alcuni aspetti dei controlli" – ammette – "Per questo abbiamo aggiunto numerosi sensori verificando la qualità di tutte le saldature. Non vogliamo più sorprese."

### *I protoni tornano a girare nell'anello riparato*

Per evitarle, comunque, si procederà a piccoli passi. L'altra sera il primo giro di un solo fascio dei protoni è avvenuto ad un'energia di mezzo Tev. Lunedì mattina un secondo fascio della stessa potenza girerà in senso contrario e se tutto va bene si provocherà il primo scontro fra le due nuvolette protoniche. Si arriverà a metà (7 Tev) dell'energia massima alla

fine di gennaio. “Ma prima di Natale” – annuncia con aria di sfida lo scienziato – “passeremo la soglia dei 2 Tev, superando le capacità dell’acceleratore Tevatron di Chicago.” Tra i due centri, approfittando dell’incidente, si è accesa infatti una gara per agguantare per primi la famosa “Particella di Dio”, cioè quel bosone di Higgs che dà senso alla massa delle cose. Ecco perché a Ginevra si sono riaccesi gli animi e incrociando gli scienziati nei corridoi (fra cui 2400 italiani) si respira l’aria della grande conquista scientifica.

## L'ultima sfida con Chicago e la scoperta del bosone di Higgs

*L'annuncio di Fabiola Gianotti: dalla cronaca alla storia della scienza*

L'incidente occorso al Large Hadron Collider europeo aveva sostenuto e impegnato i fisici americani del Fermilab a forzare sempre più il loro acceleratore Tevatron per scippare all'ultimo momento la scoperta del bosone di Higgs. Quanto fossero determinati in questo finale di partita lo si poteva constatare dal numero dei comunicati stampa che Chicago lanciava raccontando e spiegando le azioni sempre più concitate in corso. Offrendo talvolta spiegazioni e interpretazioni dei risultati che stavano raccogliendo con il loro acceleratore al di là dei confini del concreto. Si era innescata quasi una guerra psicologica a suon di comunicati che mentre i mesi trascorrevano sembravano quasi indicare la conquista di una vittoria, che invece rimaneva lontana. Al CERN si leggevano questi messaggi in arrivo da oltre Atlantico con rispetto, ma via via accompagnati più dal sorriso che dalla preoccupazione di essere battuti sul filo di lana. Così lo raccontavamo nelle pagine del "Corriere della Sera".

6 settembre 2009 – Chicago contro Ginevra. Tevatron cerca di battere LHC. I bollettini e le notizie in uscita dal Fermilab, il più grande centro di ricerca americano sulla fisica nucleare, si moltiplicano e si fanno sempre aggressivi (scientificamente). Qui, nel cuore dell'Illinois, l'acceleratore di particelle Tevatron vuole strappare la conquista di una scoperta inseguita da anni

senza successo: la prova dell'esistenza della "particella di Dio" che gli scienziati chiamano più seriamente bosone di Higgs. In Svizzera scuotono la testa. Anche qui per arrivare allo stesso obiettivo (ma anche ad altri di simile se non addirittura maggiore importanza), l'Europa ha costruito l'acceleratore più potente mai inventato, il Large Hadron Collider (LHC) da sei miliardi di euro facendo scontrare protoni contro protoni. Circa 2400 fisici italiani del CERN e di altri istituti di tutto il mondo collaborano all'impresa. Purtroppo la supermacchina quando veniva accesa il 19 settembre 2008 era vittima di un serio guaio che la paralizzava. Ora i lavori di riparazione stanno per concludersi e i controlli confermano che LHC sarà riaccessibile il prossimo novembre. Però ripartirà a potenza ridotta (solo 3,5 TeV), praticamente alla metà delle sue possibilità che invece raggiungerà pienamente verso la fine dell'anno prossimo. Di conseguenza si è maturato un ritardo che gli americani intendono sfruttare per riagguantare un sogno che ormai sembrava svanito con l'avvio di LHC. Protagonista è il vecchio acceleratore Tevatron nato quasi trent'anni fa e attore di grandi vittorie tra cui la scoperta di un Quark. Ammodernato e potenziato, soprattutto in epoche recenti, adesso è lanciato verso la fantomatica "particella di Dio", essenziale perché spiega come mai la materia ha una massa. Questo almeno, secondo la teoria nota come "Modello Standard" finora alla base della nostra conoscenza fisica. E chi riuscirà a vederne traccia volerà a Stoccolma per ritirare il meritato Nobel. Se invece il fatidico bosone non si mostrerà negli schizzi di nuove particelle, tante idee crolleranno e la teoria dovrà essere rettificata se non cambiata. La posta in gioco, dunque, è alta. La febbre è cominciata a salire già nel marzo scorso quando un comunicato del Fermilab annunciava di aver raccolto indizi che indirettamente confermavano la presenza della desideratissima particella. Altri annunci pieni di speranza l'avevano preceduto, invano. "Con i ritardi accumulati a Ginevra il Tevatron ha conquistato una seria chance di arrivare per primo", ha dichiarato alla rivista scientifica britannica "New Scientist" Greg Landsberg della Brown University di Providence, ma anche uno dei tanti americani arrivati al CERN per collaborare alle ricerche con il nuovo acceleratore.

*Il sogno "impossibile" dei fisici americani*

“Per il 2011” – hanno sostenuto alla fine d’agosto molti ricercatori statunitensi riuniti in una conferenza ad Amburgo – “avremo registrato abbastanza dati per permetterci di capire il ruolo del bosone di Higgs nella teoria del modello standard.” Una dichiarazione diplomatica per non infastidire troppo i colleghi europei, dopo che negli ultimi mesi le parole erano andate giù più pesanti. A Chicago avevano persino detto che LHC era “troppo potente” per riuscire a individuare il bosone perché l’energia alla quale si esprime sarebbe più bassa di quella eccezionale a cui si arriva a Ginevra. “Questa mi sembra proprio una stupidaggine con la S grande”, risponde sorridendo Sergio Bertolucci, direttore scientifico del CERN. “A tutti piace arrivare primi” – aggiunge diplomaticamente – “però la gara deve essere vinta con la fisica non fra di noi. Anche perché l’avvistamento del bosone è solo l’inizio di una nuova storia che riserverà sorprese ancora più eclatanti.” “Capisco i miei colleghi americani e li apprezzo” – continua – “perché stanno inventando addirittura nuovi metodi di analisi per estrarre dalla loro macchina inferiore alla nostra il fatidico segno. Se così non fosse perché sono arrivati a Ginevra ben 1700 scienziati americani per lavorare con noi?” La sfida è tremendamente complicata perché teoricamente sono previsti cinque tipi diversi di “particella di Dio” e poi è determinante, per decifrare il tutto, capire come si accoppia. “Insomma” – conclude ecumenicamente Bertolucci – “scoprire è bello ma capire è più importante.” Quanto la sfida Chicago-Ginevra si stia arroventando lo dimostra l’iniziativa del celebre astrofisico britannico Stephen Hawking il quale ha scommesso che la “particella di Higgs” non esiste. E il fisico di Edimburgo Peter Higgs che l’ha ideata e battezzata risponde polemico: “Hawking non ci crede perché lui, per arrivare al Nobel, propone un’altra spiegazione.” Vedremo presto chi ha ragione.

### *Il grande acceleratore si riaccende e i protoni corrono*

I lavori di riparazione di LHC erano finalmente giunti al termine in tempi più ridotti di quanto si era immaginato inizialmente, anche per certe situazioni fortuite che avevano aiutato, come ad esempio la disponibilità di magneti al CERN senza dover attendere la loro costruzione. Sotto la guida di Lucio Rossi gli interventi di fisici e ingegneri corressero anche alcuni difetti di progettazione, aggiungendo in particolare una miriade di ulteriori sistemi di controllo delle varie parti attraverso i quali si poteva adesso

“vedere” meglio ciò che accadeva nel lungo serpente dipinto di blu di LHC. Così si arrivava, tredici mesi dopo il disastro, all’atteso momento della rinascita. E l’ansia, quel giorno, era alle stelle.

24 novembre 2009 – Davanti agli occhi degli scienziati del CERN ci sono finalmente le tanto attese prime collisioni fra le nuvole di protoni che corrono nel superacceleratore LHC. Dopo la sua accensione venerdì notte, il passo faticoso era proprio questo: scontrare i due fasci di particelle che corrono in direzione contraria per generare qualcosa di nuovo e di diverso. I quattro esperimenti intorno all’anello sotterraneo hanno registrato gli “eventi” come li chiamano i ricercatori, a partire dalle 14.22, prima nei rivelatori di Atlas, poi di CMS e quindi di Alice e LHCb. Così inizia la storia della più potente macchina del mondo costruita per scoprire i primi momenti, le prime frazioni di secondo, dopo il Big Bang da cui è nato l’universo. Varcando la soglia delle sale di controllo sembra di entrare in uno straordinario, gigantesco videogioco e quasi ci si sente smaterializzare. Sulle pareti, a tutta grandezza, appaiono in successione animata spaccati di fantascientifici strumenti, linee che saettano dal pavimento al soffitto, brillamenti improvvisi, cifre in continua mutazione. Al di là di una grande vetrata gli spettatori osservano ammirati ciò che succede in questi silenziosi acquari di colori e numeri con gli scienziati chini davanti ai monitor come pregassero. Tutto arriva dalle viscere della Terra dove LHC, a 100 metri di profondità e ormai impenetrabile, esprime le sue iniziali capacità. “Siamo al primo passo con un’energia di mezzo Tev” – dice Sergio Bertolucci, direttore della ricerca al CERN – “ma gli eventi raccolti mostrano il buon funzionamento della macchina: ieri volevamo far girare solo i due fasci in parallelo e invece siamo già agli scontri.” I diecimila fisici che dentro e fuori il CERN lavorano al superacceleratore sono ora mobilitati anche se Bertolucci manda a tutti un segnale ripescato dalla sapienza latina: “Affrettiamoci con calma.” I guai del passato insegnano. Dalle collisioni ottenute, ovviamente, non sono zampillate scoperte perché tutto ciò serve per il rodaggio dei mille marchingegni che le generano. Alla guida dei due più grandi esperimenti ci sono, tra l’altro, scienziati italiani: Fabiola Gianotti (Atlas) del CERN e Guido Tonelli (CMS) dell’INFN. La buona risposta delle ultime ore promette comunque un’accelerata. “Entro novembre” – ipotizza fiducioso Lucio Rossi responsabile dell’anello superconduttore che lavora alla temperatura di 271 gradi sottozero –

“riusciremo ad anticipare quanto pensavamo di completare per dicembre e cioè conquistare i 2,4 TeV. In questo modo supereremo la potenza del Tevatron di Chicago.” Con il centro americano c’è la gara per la cattura del bosone di Higgs, la “particella di Dio”, ma il loro acceleratore non va oltre i 2 TeV. “Il passo successivo” – continua Bertolucci – “sarà portare l’LHC a 7 TeV complessivi, cioè 3,5 per fascio, per giungere in primavera ai 10 TeV. Ma già dalle prossime settimane gli scienziati potranno lavorare seriamente.” A quel punto rimane l’ultimo balzo fino a 14 TeV con 40 milioni di scontri al secondo fra i protoni e un’energia mai raggiunta. I tempi esatti dipenderanno dai prossimi mesi e dalle verifiche intermedie. Lungo la salita, tuttavia, i fisici scruteranno nel nuovo mondo delle particelle che loro stessi hanno creato cercando indizi della particella di Dio, della supersimmetria e di altre meraviglie che nemmeno loro sono riusciti ad immaginare. Una nuova fisica, forse, è alle porte. E tacciono, finalmente, i siti Internet che avevano preconizzato la fine del mondo scatenata dai buchi neri generati dall’acceleratore.

### *Primi segnali, primi indizi del bosone*

Al CERN i passi diventavano sempre più veloci e l’analisi dei dati iniziava a offrire segnali sempre più credibili in sintonia con la teoria. Era rincuorante, la strada intrapresa era corretta e gli sforzi compiuti sino ad allora non erano stati vani. La conferma giungeva dal fatto che si cominciava a calcolare con sempre maggior fiducia il valore dell’affidabilità dei dati sulla presenza del bosone. L’obiettivo era di conquistare i fatidici 5 sigma, cioè la prova definitiva. Questa parola a cui tutti guardavano con trepidazione aveva un significato importante perché offre un ordine di grandezza della significatività statistica di una misura; cioè indica la probabilità che il fenomeno osservato sia vero e non falso. Così si iniziava a credere ai primi segnali.

21 dicembre 2010 – La “particella di Dio” ha già un volto. “Potrebbe essere proprio il bosone di Higgs che cerchiamo” dice Guido Tonelli a capo dell’esperimento CMS, uno dei quattro installati nell’anello del superacceleratore LHC al CERN di Ginevra. “Il segnale che abbiamo raccolto ha tutte le caratteristiche teorizzate” – aggiunge Tonelli – “Una coppia di bosoni Z decadono e ciascuno emette due muoni. L’evento è stato

ricostruito nei dati raccolti fino al mese di ottobre. Per la ricerca del bosone di Higgs si cercano, appunto, eventi con quattro muoni di questo tipo che però devono presentarsi in un numero ben maggiore. Quelli identificati sono troppo pochi e quindi sono considerati un fondo di misura. Però ciò che abbiamo visto ad un livello di energia di 200 GeV ci dice che siamo sulla strada giusta. E questo è importante per arrivare a destinazione.” Qualcosa di simile è stato rilevato pure nell’esperimento Atlas di Fabiola Gianotti, sempre all’LHC, e anche al Tevatron americano. “Questo è uno dei tanti risultati già ottenuti nei mesi scorsi” – nota Gianotti – “i quali ci hanno mostrato, in brevissimo tempo, cioè nell’anno di attività dopo la riparazione dal guasto dell’autunno 2008, tutta la fisica conosciuta.” Dal 6 dicembre il superacceleratore ginevrino è stato spento per un paio di mesi di manutenzione e così siamo potuti scendere nelle caverne degli esperimenti a cento metri di profondità. Finora l’energia massima raggiunta negli scontri fra le nuvole di protoni all’interno dell’anello è di 7 TeV, cioè la metà della potenza massima per la quale è stato progettato. “Ma il risultato già ottenuto” – spiega Tonelli – “è stato così importante e significativo che ci ha spinto a cambiare tutti i programmi di lavoro stabiliti. In pratica ci siamo resi conto che molti obiettivi potranno essere raggiunti a questo livello di energia o poco più, ad esempio 7,1 TeV, che è quello che si farà alla riaccensione.” Tonelli e Gianotti fanno parte dei 2400 scienziati italiani impegnati con la nuova macchina destinata a riprodurre le condizioni dell’universo una frazione di secondo dopo il Big Bang dal quale ogni cosa ha avuto origine. Tutti i quattro esperimenti allestiti sull’anello sono diretti da italiani. Paolo Giubellino governa l’esperimento Alice e Pierluigi Campana l’esperimento LHCb. Lo stesso acceleratore con magneti superconduttori è stato costruito sotto la guida di Lucio Rossi. Inoltre, anche il direttore di tutta la ricerca del CERN, Sergio Bertolucci, è un fisico italiano. Insomma, la predominanza internazionale dei nostri scienziati delle alte energie è riconosciuta sul campo: alla guida degli esperimenti, infatti, si è eletti direttamente dai ricercatori del gruppo e sono complessivamente diecimila di ogni nazionalità quelli coinvolti da LHC. Tra loro c’è persino un migliaio di americani, invertendo, nella fisica, il flusso che di solito vede gli europei andare oltre Atlantico. Ma intanto si sta già lavorando per migliorare le capacità di LHC, potenziandole da 5 a dieci volte rispetto ad oggi. Il programma è stato appena approvato dal Consiglio del CERN e si è impegnati nella realizzazione dei primi elementi. “Sostituiranno alcune parti

attuali” – precisa Lucio Rossi – “con altre di tecnologia più avanzata in modo da aumentare la cosiddetta luminosità dell’acceleratore, vale a dire il numero di collisioni che possono avvenire ogni secondo nello scontro tra i protoni. Questo significa accrescere considerevolmente le possibilità di scoperta. I primi prototipi dei nuovi elementi dell’anello saranno pronti nel 2013; poi si procederà alla costruzione di trenta magneti che rimpiazzeranno nel 2020 altrettanti vecchi elementi.” I test, iniziati lo scorso mese, fanno ricorso al nuovo superconduttore niobio-tre-stagno con il quale si è fabbricato un primo piccolo magnete. Il tempo corre veloce al CERN, ormai diventato il più importante centro di ricerche nucleari del mondo; un primato che rimarrà tale presumibilmente per almeno un ventennio, grazie anche ai miglioramenti in corso.

*Una o tante “particelle di Dio”? Dipende da come si accoppia*

Mentre i ricercatori si avvicinavano alla meta agognata, le discussioni sull’identikit del bosone di Higgs si facevano sempre più serrate. Come apparirà? Si chiedevano i fisici sperimentali mentre esaminavano i dati raccolti per riuscire a identificarlo con l’aiuto delle complesse analisi automatiche dei computer accompagnate dalle interpretazioni dei teorici tutte rivolte a definire i tratti salienti della nuova particella. Erano passi lenti ma decisivi e ciascuno aggiungeva un tassello rilevante nella composizione del misterioso puzzle.

11 dicembre 2011 (La lettura) – Quando nel settembre 2008 al CERN di Ginevra, il laboratorio di ricerche sulla natura fisica più avanzato del mondo, gli scienziati accendevano il superacceleratore LHC, iniziavano un viaggio straordinario ma solo vagamente immaginato. “Sarà come entrare in un giardino delle meraviglie”, diceva con una battuta Fabiola Gianotti alla guida di uno (Atlas) dei due esperimenti che martedì 13 dicembre si confronteranno sui risultati ottenuti. L’altro (CMS) è governato da Guido Tonelli. Tutti e quattro gli esperimenti della supermacchina hanno al vertice degli italiani scelti dalla comunità internazionale, segno che in questo campo l’Università e l’Istituto nazionale di fisica nucleare (INFN) riescono ancora a coltivare un’indiscutibile élite della conoscenza. Il viaggio finora compiuto ha già conquistato qualche buona tappa ma ora l’interesse è proiettato verso un’ambitissima meta, la caccia alla famosa “particella di

Dio”, sulla quale persino il grande e sfortunato Stephen Hawking ha azzardato una scommessa che potrebbe perdere. Il celebre fisico non crede all’esistenza del bosone di Higgs, il suo nome scientifico, attaccando il fisico Peter Higgs che l’ha immaginata e battezzata sostenendo che i conti sono sbagliati. Martedì potrebbe essere il giorno della verità perché si mostreranno i dati raccolti proprio sulla possibile esistenza del bosone previsto dalla teoria per spiegare la massa delle particelle elementari. L’atmosfera sembra promettente. Già con le indagini compiute nell’acceleratore Tevatron al Fermilab di Chicago e pure al CERN, si era ristretto il campo di energia in cui scovarlo. Oggi è limitato tra 114 e 141 GeV (miliardi di elettronvolt). “Il guaio è che la fatidica particella non ha una precisa identità per cui c’è o non c’è” spiega Gian Francesco Giudice, fisico teorico del CERN che ha lavorato con il Nobel Steven Weinberg e autore del libro *Odissea nello zeptospatio* (Springer) in cui racconta tutto ciò che il superacceleratore promette. “Dipende da come il bosone si accoppia e interagisce con altre particelle” – continua – “Per questo apparirà in forme diverse; ci saranno, insomma, tante particelle di Dio. Finora le sue proprietà non sono ben capite. Di sicuro violerà quel principio di simmetria che determina le forme geometriche delle altre particelle come i quark o le particelle W e Z scoperte da Carlo Rubbia. Ciò complica tremendamente le cose nella sua identificazione. Inoltre, ci domandiamo: vive da solo? Questo non lo sappiamo.” Dunque, un bosone che sfugge e si mimetizza a seconda degli incontri ma che gli scienziati hanno immaginato per reggere quella architettura teorica, il “Modello Standard”, che descrive il mondo. “Di sicuro” – conclude Giudice – “quando lo troveremo sarà soltanto l’inizio di un’avventura. A parte la sfida nel costruire il suo identikit potrebbe anche aprire la porta a qualche tipo di fenomeno finora ignorato, ad un disegno diverso della natura. La fisica inizierà a scrivere un nuovo capitolo.”

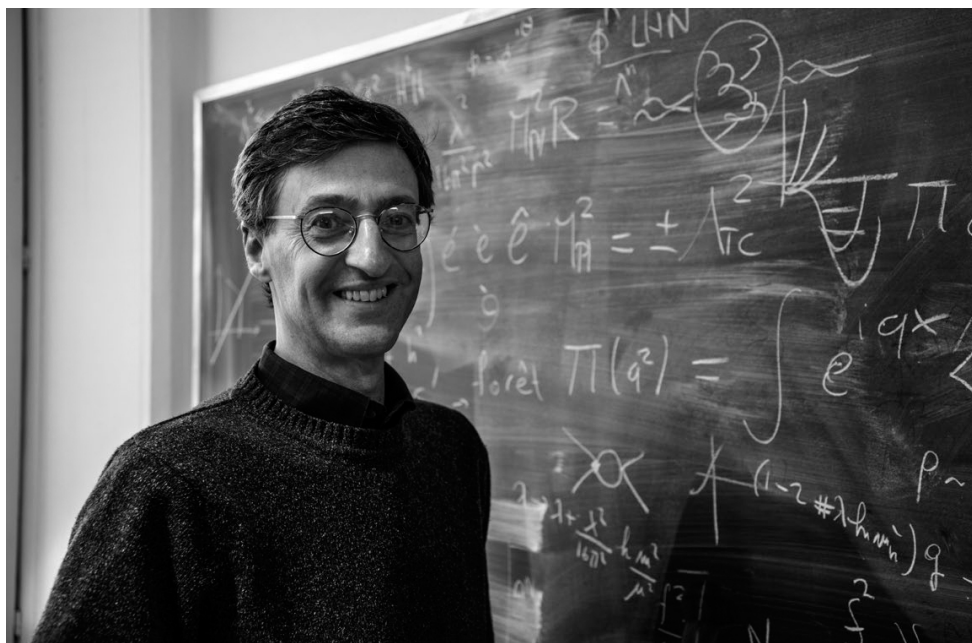


FIGURA 11.1. Gian Francesco Giudice, fotografia di Sophia Elizabeth Bennett, © 2016 CERN.

### *Finalmente, la prima impronta*

La giornata era fredda a Ginevra, ma l'entusiasmo nell'auditorium del CERN riscaldava scienziati e testimoni. Era la prima presentazione pubblica dei dati fino ad allora raccolti. Nulla era ancora definitivo ma i numeri cominciavano a essere amici delle aspettative. Al punto da compiere un bilancio davanti a testimoni del promettente lavoro compiuto. Tutto accadeva con la consapevolezza del limite, con la prudenza necessaria che la scienza impone prima di avere la fatidica "pistola fumante" che accerta senza esitazioni. Ma si era vicini e Fabiola Gianotti alla guida di Atlas e Guido Tonelli a capo di CMS illustravano la soglia sulla quale si poteva intravedere la scoperta e mostravano le prime impronte credibili lasciate dalla particella.

14 dicembre 2011 – L'impronta della particella di Dio è stata raccolta. Appare in due grafici, due curve colorate emerse dagli esperimenti Atlas e CMS effettuati con il superacceleratore LHC. "Coincidono quasi perfettamente e questo ci mostra qualcosa di importante" – dice Sergio Bertolucci, direttore scientifico del CERN – "Stiamo prosciugando il lago in cui la particella nuota e cominciamo a intravedere la possibile coda."

Nella sala delle conferenze del grande laboratorio europeo i banchi sono stipati di fisici da tutto il mondo. In silenzio seguono le presentazioni dei due scienziati alla guida degli esperimenti. Prima Fabiola Gianotti e poi Guido Tonelli: 45 minuti ciascuno di dati, diagrammi, spiegazioni a raffica di due anni di lavoro da cui oggi prende forma il grande obiettivo a lungo inseguito. Lunghi applausi dalla platea dei colleghi hanno sottolineato il peso delle parole ascoltate.

“È un fantastico risultato” commenta davanti ai giornalisti Fabiola. “Una giornata attesa da vent’anni” aggiunge Guido. Entrambi sorridono visibilmente compiaciuti. Dunque, non è più un mistero l’ormai famosa particella di Dio. Il suo vero nome è in realtà “bosone di Higgs” dal nome del suo ideatore, il fisico teorico britannico che nel 1964 la immaginò per spiegare la massa delle particelle elementari della materia. È quindi un elemento determinante della teoria, il Modello Standard, con la quale gli scienziati descrivono la natura. Se non esistesse bisognerebbe cambiare l’intero disegno architettonico finora concepito. Non restava che trovarla e anche per questo venne costruito al CERN ginevrino il superacceleratore LHC (Large Hadron Collider) nel quale si riproducono le condizioni dell’universo una frazione di secondo dopo il Big Bang, il grande scoppio da cui tutto ha avuto origine.

Ma trovare il bosone non è impresa facile. “Lo sapevamo e ce ne siamo accorti” – racconta Tonelli – “Intanto abbiamo stabilito il suo peso, tra 124 e 125 GeV, e ciò significa che è troppo leggero, non è stabile, e tende ad associarsi con altre particelle, apparendo in forme diverse. Ora dobbiamo pensare che esista qualcosa di più pesante per proteggerlo, una sorta di guardia del corpo, e farlo vivere. È una grande sfida ma che cosa possa essere non lo sappiamo.” Alle spalle di Fabiola e Guido ci sono fisici di svariate nazionalità, compresi russi e americani, che si sono accaniti sui miliardi di collisioni prodotte nel superacceleratore facendo scontrare nuvole di protoni. Finora si è arrivati a un’energia di 7 Teraelectronvolt, che è la metà di quella che si conquisterà l’anno prossimo. Ma il livello raggiunto era sufficiente per scandagliare il lago in cui il bosone poteva nascondersi, come dice con una metafora Sergio Bertolucci. Tuttavia raccogliere la certezza della sua esistenza è arduo ed è per questo che il comunicato ufficiale del CERN diffuso dopo le presentazioni ufficiali è cauto. E precisa che si sono compiuti “significativi progressi ma non abbastanza per pronunciare una parola definitiva”. Il lavoro dei ricercatori è

quello di raccogliere conferme statistiche ripetendo gli esperimenti. Adesso si dice che l'errore possibile è uno su cento; non abbastanza secondo i fisici, i quali per ottenere la certezza assoluta vogliono arrivare a uno su un milione. Succederà nei prossimi mesi. In primavera l'acceleratore sarà riacceso dopo la pausa invernale di manutenzione e riprenderanno gli scontri protonici mentre i computer macineranno i dati necessari da cui far fiorire la definitiva conferma.

*Domani l'annuncio, la lunga attesa è finita*

Ormai la vittoria era conquistata. I fatidici 5 sigma che certificavano la scoperta erano sul tavolo degli scienziati. Le mille verifiche tranquillizzavano: nessun segnale anomalo. Le immagini che apparivano sui monitor disegnavano il nuovo volto ricercato del bosone di Higgs. Non restava che presentarlo perché ormai la particella inseguita era stata catturata. E i personaggi chiamati a spiegare erano Fabiola Gianotti, confermata alla guida dell'esperimento Atlas, e Joe Incandela, un fisico americano succeduto a Guido Tonelli nell'incarico biennale per CMS.

3 luglio 2012 – Anche gli ultimi dubbi sembrano caduti e il bosone di Higgs si ritiene ormai catturato, anche grazie a una nutrita squadra di scienziati italiani. Al CERN di Ginevra domani i responsabili degli esperimenti Fabiola Gianotti di Atlas e Joe Incandela di CMS lo annunceranno ufficialmente, ma nei corridoi del centro di ricerche più importante al mondo per la fisica subnucleare è difficile trovare chi smentisce. Semmai ci sono dei distinguo, ma “la particella c'è”. Diventata più popolare come “particella di Dio” (dizione che gli scienziati non amano), per la sua caccia venne costruito il Large Hadron Collider, cioè il superacceleratore capace di far scontrare fra loro nuvole di miliardi di protoni con un'energia di 14 TeV. Mai si era arrivati a tanto, ma questo era l'obiettivo necessario per riuscire a riprodurre, nella lunga caverna sotterranea del laboratorio ginevrino sotto i monti del Giura, le condizioni dell'universo una frazione di secondo dopo la sua nascita. Una sfida notevole che impaurì, e qualcuno gridò al pericolo di creare un buco nero capace di distruggere la Terra quando la macchina veniva accesa nel settembre 2008. L'unico guaio lo subì lo stesso acceleratore nove giorni dopo per il difetto a una saldatura, che fece letteralmente scoppiare un elemento superconduttore della macchina

rimanendo bloccata un anno per essere riparata. La riaccensione a passi graduali permetteva finalmente l'avvio delle ricerche a lungo sognate; da quando Peter Higgs immaginò l'esistenza del fatidico bosone per far quadrare i conti della teoria, il cosiddetto "Modello Standard", che spiegava l'architettura di base della natura. Era il 1964 e la leggenda vuole che l'idea sia zampillata dalla mente dello scienziato mentre passeggiava tra le montagne scozzesi del Cairngorms. Era sempre stato un tipo riservato, ma già da studente al King's College di Londra rivelava le sue capacità in fisica teorica. "Mi impressionò un suo compito sulla meccanica quantistica svolto con una velocità incredibile" ricordava il suo compagno di banco Michael Fisher ora professore all'Università del Maryland (USA). Tuttavia quando propose la sua teoria del bosone non era facilmente creduto. Dopo un primo lavoro introduttivo, il secondo gli veniva rifiutato dal giornale "Physics Letters" e solo qualche tempo dopo accettato dalla "Physical Review Letters". Restava comunque lo spicchio conclusivo di una teoria e bisognava in qualche modo provarlo. Negli anni Ottanta si impegnavano sia gli scienziati americani che quelli europei immaginando ognuno una supermacchina. Negli Stati Uniti il "Superconducting Super Collider" (SSC), per il quale costruivano una grande galleria in Texas. Ma il costo salì troppo e quando arrivò Bill Clinton alla Casa Bianca cancellò il progetto. A Ginevra, invece, si proseguì mobilitando l'Europa e investendo 6 miliardi di euro. E adesso si è giunti alla meta provocando, in questo campo, un'inversione nella fuga dei cervelli perché dei diecimila che lavorano con il superacceleratore oltre mille sono americani. L'Italia condivise subito l'impresa e ora seicento fisici dell'Istituto nazionale di fisica nucleare sono tra i protagonisti delle ricerche accanto a fisici italiani del CERN e di altri istituti di tutto il mondo. Non solo. Tre dei quattro responsabili degli esperimenti sono fisici italiani; anzi, sino a qualche mese fa erano tutti e quattro. L'esperto che aveva guidato la costruzione dei magneti superconduttori di cui è formato l'anello di 27 chilometri era Lucio Rossi dell'Università di Milano. E sopra tutti c'è il direttore scientifico del CERN, Sergio Bertolucci; a dimostrazione del ruolo che la nostra scienza fisica mantiene a livello internazionale. Prima di utilizzare l'LHC al CERN si fecero delle indagini sul bosone anche con l'acceleratore LEP. Ma per arrivare all'obiettivo era lo stesso Rubbia a ipotizzare l'LHC. Negli Stati Uniti si impegnavano con l'acceleratore Tevatron al Fermilab di Batavia (Chicago) entrato in funzione negli anni Ottanta, però la sua potenza era

notevolmente inferiore alle necessità. Lo miglioravano per renderlo più competitivo e proprio ieri mattina diffondevano un comunicato per sottolineare che le loro indagini avevano portato “vicino alla scoperta”. La gara rimase accesa negli ultimi anni finché nell’autunno scorso Tevatron veniva spento per limiti d’età e nella consapevolezza dell’impossibilità ad andare oltre. Nel dicembre scorso Fabiola Gianotti di Atlas e Guido Tonelli, allora responsabile del CMS, annunciavano i primi risultati. Erano indizi, la prima impronta dell’esistenza del bosone. Ma i margini di errore erano ancora notevoli, occorre altri scontri fra le nuvole di protoni per costruire una maggiore certezza. Ora il momento faticoso sembra arrivato. “I dati confermano la soglia dei 5 sigma, vale a dire una probabilità di scoperta pari al 99,99994 per cento” spiega Gian Francesco Giudice, teorico del CERN. “Anzi” – continua Giudice – “si sono intravisti effetti che farebbero pensare all’esistenza di altre particelle, dunque un ampliamento del disegno teorico fin qui immaginato. Per questo bisognerà indagare ulteriormente.” Ciò si è ottenuto con il superacceleratore che funziona con un’energia di 7,2 TeV, quindi la metà delle sue possibilità. Quando sarà a pieno regime altri panorami della scienza si apriranno e non a torto molti sostengono di essere soltanto sulla soglia di una nuova fisica. Come la storia della scienza insegna, per arrivare ai risultati occorrono idee, ma anche strumenti adeguati. Domani ascolteremo l’identikit della scoperta dalle parole dei protagonisti, Fabiola Gianotti e Joe Incandela, che confronteranno i rispettivi dati ottenuti con i loro esperimenti. E questi forse non rallegreranno il grande cosmologo Stephen Hawking che aveva scommesso cento dollari sostenendo che la “particella di Dio” non esisteva. “C’è qualcosa di sbagliato” aveva detto dei calcoli di Higgs. Ma Higgs, il tranquillo ottuagenario, schivo e sorpreso delle attenzioni dei colleghi, non replicò mai aspettando con pazienza le prove di Ginevra. Ora sono arrivate.

*L’annuncio al CERN: scoperta la particella di Dio. Higgs piange, commosso*

L’Auditorium del CERN offriva una scena storica per la scienza. Tutti i grandi protagonisti di ieri e di oggi della celebre impresa che aveva per obiettivo la scoperta del bosone di Higgs teorizzato nel 1964 erano presenti. E con gli occhi sbarrati ascoltavano la lunga serie di prove esibite dai due responsabili degli esperimenti Atlas e CMS impegnati su fronti tecnologici

diversi nella ricerca: Fabiola Gianotti e Joe Incandela. Entrambi confermano: la scoperta era conquistata. Assistere nella grande sala del CERN all'evento che rimarrà nella memoria e sui libri era un'emozione profonda. Solo il mite sorriso di Fabiola Gianotti stemperava l'ufficialità rassicurando tutti. L'attesa era finita. Il CERN aveva vinto.

5 luglio 2012 – Tutti in piedi per un applauso interminabile costellato da urla di gioia. I composti scienziati davanti all'apparizione del bosone di Higgs sembrano aver liberato i freni della cautela. La famosa particella, che dà la massa a tutte le altre, ora c'è, l'hanno misurata, vagliata sotto ogni aspetto, ma soprattutto l'hanno catturata dopo un sogno ed una caccia durata 48 anni. Persino Rolf Heuer, il controllato direttore generale del CERN, non si è trattenuto dal dire: “È un evento storico.” Ne era consapevole e ha fatto di tutto, riuscendoci, per portare nel grande auditorio alla presentazione degli ultimi dati il suo creatore teorico, il fisico Peter Higgs che seguiva ad Erice un convegno di Antonino Zichichi (ora qui). Ottantatreenne, Higgs da sempre schivo e appartato, lontano soprattutto dai giornalisti, non ha smentito la sua fama limitandosi a una battuta quasi strappata di bocca: “Un risultato incredibile, sono impressionato dalla straordinaria presentazione. Non avrei mai immaginato che sarebbe accaduto durante l'arco della mia vita.” Era seduto in un angolo, si è commosso, ma non ha aggiunto altro. Nell'auditorium, davanti a centinaia di fisici, i due responsabili degli esperimenti, l'americano Joe Incandela di CMS e Fabiola Gianotti di Atlas, hanno presentato i risultati ottenuti dopo le ricerche degli ultimi sei mesi seguiti alla prima presentazione del dicembre scorso. Oltre due ore di grafici colorati, formule, simboli, cifre, diagrammi per dimostrare ai colleghi che il bosone di Higgs, cioè la “particella di Dio” esiste. Non solo, ma è anche molto più interessante di quanto si immaginasse. Incandela, succeduto da qualche mese all'italiano Guido Tonelli, era un po' teso senza togliere nulla però alla sua determinazione. Forse era un po' amareggiato: lui americano “costretto” a venire nel Vecchio Continente perché la macchina che doveva agguantare negli States la fatidica particella era stata cancellata dal presidente Bill Clinton. “Così l'Europa ci ha sorpassati” ripete da mesi il Nobel Leon Lederman al quale si deve il nome della “particella di Dio”. Per raccontarne l'importanza aveva scritto un libro suggerendo come titolo *The Goddamn Particle*, la particella maledetta. Ma l'editore, non convinto, lo tagliò in *The*

*God Particle*, cambiando il senso e facendone la fortuna mediatica. Che il bosone fosse ormai dominato, ieri lo si capiva in particolare dal tono della presentazione di Fabiola Gianotti che in maglietta rossa e pantaloni beige, disinvolta, non risparmiava qualche battuta per allentare la tensione nei volti degli ascoltatori pronti a cogliere qualche debolezza. Finché i dati non lasciarono più dubbi: l'esame era superato e l'ansia si liberava in un fragoroso battimani. Nelle prime file il Nobel Jack Steinberger (premiato con Lederman), gli ultimi direttori del CERN, Robert Aymar, Luciano Maiani, Christopher Llewellyn Smith, Herwig Schopper (Carlo Rubbia era a Lindau) e tre dei sei fisici co-autori (in maniera indipendente) con Higgs della teoria: François Englert, Gerald Guralnik e Carl Hagen. E naturalmente Lucio Rossi il fisico piacentino-milanese che ha guidato la costruzione del superacceleratore LHC la cui eccezionalità è nascosta nell'anello di 27 chilometri di magneti superconduttori capaci di spingere la macchina alla fantastica energia di 14 TeV mai raggiunta finora: una conquista della tecnologia italiana perché un terzo di questi magneti sono stati realizzati dall'Ansaldo di Genova. "La scoperta è il frutto della collaborazione-competizione di seimila fisici di ogni parte del mondo" – sottolinea Sergio Bertolucci, direttore scientifico del CERN – "e ulteriori tremila sono impegnati negli altri due esperimenti dell'acceleratore. Ma fra loro ci sono seicento italiani dell'Istituto nazionale di fisica nucleare, buona parte eccellenti giovani precari." Nei viali soleggiati del CERN nessun segno dell'evento storico "che ci porta nella nuova fisica", come ricorda Bertolucci. Qualche scienziato scivola in bicicletta sotto i nomi celebri delle strade, Marie Curie, Albert Einstein. Ma questo è il passato. Nessuno lo dice per scaramanzia, ma ora si aspetta la chiamata dal Comitato dei Nobel di Stoccolma. E intanto si attende pure un segno dell'astrofisico Stephen Hawking il quale aveva scommesso cento dollari che la particella di Higgs non esisteva. A volte anche i geni sbagliano. È umano.

### *L'articolo di Fabiola Gianotti: grande contributo italiano alla scoperta*

Terminata la presentazione, cercando di approfondire con Fabiola Gianotti i tratti non semplici della scoperta le chiesi se scriveva per il "Corriere" una nota a suggellare la storia di cui era stata illustre protagonista. Con la generosità e la disponibilità di sempre acconsentiva nonostante le ore fossero per lei complesse come non lo erano mai state nella sua vita. E così

il giorno dopo, sulla prima pagina del “Corriere della Sera” assieme alle mie cronache, appariva il suo commento di grande scienziata italiana. Eccolo.

5 luglio 2012 – Il risultato annunciato ieri al CERN rappresenta il coronamento di vent’anni di sforzi della comunità internazionale della fisica delle particelle. Il lungo percorso che ci ha portato a questa scoperta è seminato di difficoltà e di sfide di ogni genere. Sono felice di avere potuto partecipare ad ogni fase di questa impresa straordinaria, dalla ricerca e sviluppo di prototipi di rivelatori agli inizi degli anni novanta, al disegno dell’apparato Atlas, alla sua costruzione e collaudo, fino alle prime emozionantissime collisioni dei fasci dell’acceleratore LHC nel dicembre 2009. L’Italia ha giocato un ruolo fondamentale nel progetto LHC attraverso l’INFN, l’Istituto nazionale di fisica nucleare, che a mio avviso è un fiore all’occhiello della ricerca italiana. L’INFN ha dato contributi intellettuali di altissimo valore, tecnologia, mezzi, cervelli, trascinando in questa avventura anche l’industria del nostro Paese. Ho avuto la fortuna di ricevere la mia educazione in fisica delle particelle in Italia, un Paese che ha grandi tradizioni in questo campo e una scuola solidissima e di ampio respiro. Me ne sono resa conto quando nel 1994 sono approdata al CERN con una borsa di studio per giovani fisici, e ho potuto constatare direttamente quanto bravi e stimati siano gli scienziati del nostro Paese. Modestia a parte, non siamo secondi a nessuno. La nostra scuola di fisica continua a sfornare ancora oggi giovani brillanti, fra i migliori al mondo. Come fisico italiano all’estero è per me fonte di grande rincrescimento constatare quanti di questi giovani oggi siano costretti ad emigrare all’estero, andando letteralmente a ruba in paesi come la Francia, la Germania e gli Stati Uniti, a causa della mancanza di posti nel nostro Paese e allo spettro del precariato. Si tratta di una vera e propria diaspora, non bilanciata da un flusso di ricercatori stranieri nel nostro Paese. Molteplici sono gli aspetti del mio lavoro in Atlas che trovo affascinanti. Gli scopi scientifici, innanzitutto, volti ad affrontare domande fondamentali sulle particelle elementari e di conseguenza sulla struttura e l’evoluzione dell’Universo. Per realizzare gli obiettivi che ci siamo prefissati abbiamo dovuto sviluppare tecnologie di punta, all’avanguardia in molti settori che hanno poi trovato applicazioni in altri campi, dall’industria alla strumentazione per la diagnostica medica. Aspetto affascinante e stimolante

dal punto di vista umano è l'ambiente veramente "globale" di questi progetti. Atlas consiste di 3000 fisici provenienti da 38 Paesi. Si tratta non soltanto di un progetto scientifico ambiziosissimo, ma anche di un'avventura umana unica, per me molto arricchente e stimolante. E la dimostrazione che persone diverse per cultura, tradizioni e stili di vita possono lavorare insieme raggiungendo traguardi straordinari. Da questo punto di vista l'LHC rappresenta la realizzazione di una delle missioni primarie del CERN, quella di riavvicinare i popoli attraverso la scienza. Circa un terzo degli scienziati di Atlas sono studenti di dottorato. Con la loro competenza, entusiasmo e determinazione rappresentano la forza motrice dell'esperimento. Per me personalmente, come coordinatrice dell'esperimento, questi giovani sono una fonte di motivazione che mi permette di andare avanti con fiducia anche nei momenti più difficili. Come ogni scoperta, il risultato annunciato ieri apre nuovi orizzonti e solleva nuove domande. Il cammino della conoscenza è lunghissimo, infinito. E bisogna affrontarlo con umiltà, determinazione ed entusiasmo.

Fabiola Gianotti

*5 luglio 2012 – Domande e risposte – La scoperta e le domande*

### *1. Che cosa è il bosone di Higgs?*

Il bosone noto anche come "particella di Dio" era l'ultimo tassello del Modello Standard, la teoria quantistica che spiega l'architettura di base della natura costruita con particelle elementari, come l'elettrone e i quark, e tre delle quattro forze fondamentali (interazione forte, debole ed elettromagnetica). Alcune teorie avevano immaginato l'esistenza di una famiglia di cinque tipi di bosoni e quello individuato sarebbe il più leggero secondo quell'idea. Ma non è detto che esistano gli altri. La sua presenza stabilisce la massa delle altre particelle e di sé stesso. Per dare una raffigurazione del bosone di Higgs possiamo immaginare un lago con la sua superficie tranquilla. Questo è il campo di Higgs. Soffia una leggera brezza e si creano delle increspature, delle onde. Le onde sono i bosoni di Higgs e quando il vento cessa scompaiono. Altrettanto i bosoni che decadono in altre particelle (fotoni ecc.).

### *2. Che cosa hanno scoperto esattamente al CERN?*

Innanzitutto si è visto che il bosone di Higgs esiste davvero e che ha una massa di 126 GeV (miliardi di elettronvolt) equivalente a 126 volte la massa del protone (il quale è nel nucleo di un atomo assieme al neutrone). Scoprendolo, “si è raggiunta una pietra miliare nella conoscenza della natura”, come sottolinea il direttore del CERN Rolf Heuer perché se non ci fosse non avrebbero massa le stelle, i pianeti, le cose in genere e neanche noi stessi. Il bosone era nato assieme alle altre particelle nel primo millesimo di miliardesimo di secondo dopo il Big Bang da cui ha avuto origine l’universo. Ed è in questo frammento di tempo primordiale che gli strumenti di LHC riescono a guardare. Ora gli scienziati del CERN presenteranno la loro scoperta in Australia, a Melbourne, a un convegno dedicato all’argomento e iniziato ieri.

### *3. Si è trovato veramente ciò che si cercava?*

In parte sì e in parte no. Il bosone quando si manifesta decade in vari tipi di altre particelle. Con i dati preliminari del 2012 si è constatato che genera più fotoni e meno particelle quark e tau rispetto a ciò che si era previsto. Invece produce una quantità normale di particelle W-Zero (scoperte da Carlo Rubbia). Adesso si dovranno misurare bene queste «anomalie» per capire di che cosa si tratta e che cosa significano. Potrebbero essere l’anello di congiunzione tra la fisica nota e la nuova.

### *4. Quali possibilità si aprono dopo questa scoperta?*

Notevoli, varie e fantascientifiche per certi aspetti. Proprio le “anomalie” emerse, infatti, potrebbero essere il segno di una fisica nuova portandoci a trovare le particelle della materia oscura che costituisce circa il 25 per cento del cosmo. La materia visibile costituita da stelle e pianeti e galassie rappresenta solo il 4 per cento. Il bosone ha provocato la rottura della simmetria iniziale esistente immediatamente dopo il Big Bang consentendo quindi la formazione dei corpi celesti. Inoltre si apre la possibilità di scoprire la supersimmetria la quale dice che in natura esisterebbero, oltre alle particelle note come elettrone, quark e neutrino, altre particelle perfettamente simmetriche ma con una caratteristica diversa legata allo spin, come la chiamano i ricercatori. E queste particelle sarebbero seletrone, squark, sneutrino. Un altro mondo insomma. Inoltre si potrebbero scoprire nuove dimensioni oltre alle quattro in cui viviamo

(altezza, larghezza, profondità e tempo). La Teoria delle stringhe ne immagina una decina, ma anche quella non è mai stata dimostrata finora.

*5. E il superacceleratore potrà aiutare a indagare la nuova fisica?*

Anzi è stato costruito apposta. Ora si continueranno a prendere, ancora per tre mesi, ulteriori misure del bosone e poi verso la fine dell'anno LHC sarà spento per un periodo di manutenzione di due anni nei quali si estrarranno molti degli aspetti enigmatici contenuti nei dati disponibili e ottenuti con scontri fra nuvole di protoni a un'energia massima di 8 TeV. Quando la macchina verrà riaccesa sarà spinta a funzionare alla sua massima capacità e allora negli scontri tra protoni si arriverà a 14 GeV.

*6. Ma il Modello Standard ora completato dal bosone mancante spiega tutto?*

No. Ci sono aspetti fondamentali ancora non considerati da questa teoria. Ad esempio non vengono per nulla trattate la materia oscura e la forza di gravità, due elementi importanti e determinanti nella descrizione dell'universo. Quindi il Modello Standard non è ritenuto completo per decifrare la natura.

## Un Premio Nobel legato al CERN e il futuro del laboratorio europeo

Dopo tanto clamore, tutti davano per scontato (anche se nessuno lo poteva certificare) che l'8 ottobre 2013 l'Accademia delle Scienze svedese avrebbe considerato la scoperta del CERN per l'annuale Premio Nobel per la fisica. Era di così rilevante importanza che il riconoscimento non poteva essere rinviato. E infatti quel giorno non passò invano. Ma con una sorpresa e molte domande che forse influiranno sul futuro del celebre Premio. Al CERN tutti erano sintonizzati sull'emittente della Fondazione Nobel mentre l'attesa diventava sempre più febbrile. La sorpresa appariva sul sito Internet della Fondazione alle 11.45, l'ora stabilita per l'annuncio, avvisando che l'annuncio sarebbe stato ritardato di un'ora. Nessuno ricordava che almeno in epoche raggiungibili dal normale pensiero, fosse mai accaduto uno slittamento di 60 minuti. Nasceva spontanea la domanda: che cosa significava un ritardo del genere? Nei mesi precedenti erano circolate voci le quali ipotizzavano un cambiamento nelle regole del Nobel assegnato al massimo a tre persone contemporaneamente. Ma pensando alla "particella di Dio" il risultato era il frutto di migliaia di persone oltre i due spokesperson che li guidavano. Questa realtà aveva generato discussioni nel comitato degli illustri componenti che sceglievano gli scienziati meritevoli? In effetti, così era accaduto secondo una indiscrezione anonima fornita all'agenzia di stampa AFP da parte di un componente della giuria. E, alla fine, alle 12.45, il portavoce della Fondazione Nobel comunicava che il Premio per la Fisica 2013 era stato assegnato a Peter Higgs e François Englert, i due teorici che avevano descritto il bosone assieme a Robert Brout, purtroppo già scomparso.

## *Il ritardo nell'annuncio del Nobel, rammarico e felicità*

Naturalmente Higgs ed Englert erano i primi a meritare il Nobel, ma la grande macchina e l'imponente folla di scienziati che lo avevano inseguito e scoperto? Al CERN espressioni di soddisfazione e rammarico si mischiavano tra silenzi e sorrisi. Tutti erano comunque felici perché i fisici del laboratorio europeo avevano raggiunto un altro Premio Nobel legato alle ricerche del CERN. Ma le discussioni si facevano concitate nei corridoi del CERN come raccontavo sul "Corriere della Sera".

9 ottobre 2013 – Fra due dei protagonisti italiani della scoperta del bosone di Higgs con l'acceleratore LHC al CERN di Ginevra, scorrevano ieri, tra i brindisi, diplomatiche parole di soddisfazione per il Nobel della fisica ai teorici Peter Higgs e François Englert. Ma fino a un certo punto. "Ritengo sia arrivato il momento di rivedere i criteri del Nobel perché la fisica è cambiata e non ci sono più scienziati solitari che realizzano gli esperimenti ma migliaia di ricercatori impegnati su grandi macchine", afferma deciso Guido Tonelli, 63 anni, professore all'università di Pisa e coordinatore dell'esperimento CMS. In parallelo Fabiola Gianotti (51 anni) del CERN coordinava l'esperimento Atlas. Entrambi dovevano dimostrare l'esistenza del bosone di Higgs utilizzando tecnologie diverse per raccogliere conferme attendibili. In effetti, nei mesi passati, da più parti era emersa l'idea (quasi una sollecitazione all'Accademia delle scienze svedesi) che il Nobel inseguito da mezzo secolo venisse assegnato al CERN dove la particella è stata catturata e annunciata il 4 luglio dell'anno scorso in una emozionante assemblea. Nell'aria si percepiva la gioia dell'ardua conquista e del balzo che, con essa, la fisica era riuscita a compiere. "Quando è stato confermato il premio a Peter Higgs" – racconta Tonelli – "ci siamo sentiti felici e orgogliosi. Si suggellava il grande valore del risultato ottenuto. E nessuno si è sentito deluso per un premio mancato. Però sarebbe utile riconsiderare i metodi di valutazione dell'illustre premio perché la realtà è cambiata. Oggi la scienza procede con esperimenti grandi e complessi frutto di estese collaborazioni internazionali, con rilevanti schiere di scienziati e pochi in posizioni chiave di gestione. Direi che la caccia al bosone di Higgs rappresenta un caso da manuale dal momento che ha coinvolto seimila cervelli di numerose nazioni anche fuori dall'Europa, più tanti altri che

lavoravano sull'acceleratore LHC. Ci vorrà tempo, ma chissà, forse fra una decina d'anni avremo regole diverse.”

Fabiola Gianotti sfodera la sua più elegante diplomazia. “Un momento di gioia terribile” – dice – “E tutti qui al CERN ci sentiamo gratificati. Non era pensabile che il riconoscimento venisse assegnato solo a qualcuno che ha compiuto il lavoro. Si è trattato di un impegno vasto che ha coinvolto un'estesa moltitudine di studiosi, comprese centinaia di italiani e molti giovani. Per il momento il premio al CERN come istituzione di ricerca non rientrava nelle regole e comunque è difficile per un grande esperimento arrivare al Nobel. Mi piace pensare” – continua Gianotti – “che il riconoscimento dell'Accademia delle scienze svedese chiuda in un certo senso un'epoca della fisica e ne apra un'altra ancora più entusiasmante per molti aspetti. Ho sentito Peter Higgs qualche momento prima della telefonata da Stoccolma che gli comunicava il Nobel. Era tranquillo e sempre convinto sostenitore della sua intuizione che tanti anni fa lo aveva portato a immaginare la particella battezzata col suo nome. Anche se alcuni illustri scienziati lo avevano aspramente contestato. Del resto, le prove raccolte al CERN sono inconfutabili.” Tra gli illustri contrari c'era anche il celebre matematico e astrofisico britannico Stephen Hawking che aveva addirittura scommesso cento dollari sostenendo l'impossibilità di trovare il bosone con l'acceleratore LHC. Si era alla vigilia della sua accensione nel settembre 2008. I fatti lo smentirono sonoramente. Comunque sia, l'Accademia delle scienze di Svezia ha deciso di concentrare il Nobel per la fisica 2013 su due dei sei teorici che nel 1964 lo avevano ipotizzato con argomentazioni diverse. Il primo articolo in cui si descrivevano le condizioni del bosone veniva pubblicato da François Englert e Robert Brout, scomparso nel 2011. “Ma non si parlava ancora di una particella” – conclude Guido Tonelli – “la quale veniva invece focalizzata due settimane più tardi in un articolo di Higgs, precisandola nei concetti. Quindi indubbiamente Englert e Higgs il Nobel se lo meritano.” Nella motivazione dei Nobel l'Accademia delle scienze svedese riconobbe esplicitamente il lavoro del CERN scrivendo testualmente: “...per la scoperta del meccanismo che spiega l'origine della massa delle particelle subatomiche e che recentemente è stato confermato dalla scoperta della particella fondamentale predetta ad opera degli esperimenti Atlas e CMS del CERN.”

## *Paolo Giubellino e il plasma di quark e gluoni*

A Ginevra, dunque, era il momento dei festeggiamenti ma intanto si guardava al futuro. E prima di tutto, l'obiettivo era di conoscere meglio la "particella di Dio" per comprenderne bene le caratteristiche, i comportamenti e le interazioni con le altre particelle. Gli enigmi che l'avvolgevano erano numerosi. Bisognava quindi continuare a produrne molte di più delle poche centinaia fino ad allora registrate grazie al miliardo di collisioni al secondo tra protoni all'interno di LHC. Ma oltre il bosone con i due esperimenti Atlas e CMS altri due rivelatori aprivano finestre nuove nell'origine dell'universo. Come Alice di cui Paolo Giubellino era stato tra i fondatori e poi spokesperson. Giubellino al CERN aveva condotto esperimenti importanti sul plasma di quark e gluoni, stato della materia ad altissima densità e temperatura analogo a quello esistente nei primi momenti dopo la nascita dell'universo. In un comunicato del CERN si affermava che "i dati raccolti (dall'esperimento ALICE, n.d.r.) nelle collisioni di ioni pesanti, forniscono prove convincenti che si è creato un nuovo stato della materia costituente il brodo primordiale teoricamente previsto in cui esistevano quark e gluoni prima che si raggruppavano insieme quando l'universo si raffreddava." "Con Alice" – spiegava Giubellino – "scontrando fra loro nuclei di piombo 208 riuniti in due fasci in viaggio in direzione contraria, abbiamo riprodotto le condizioni dell'universo quando aveva appena 10 milionesimi di secondo. Mai prima d'ora si erano realizzate condizioni simili." Uscito dal CERN nel 2017, Giubellino era nominato direttore del Centro Helmholtz GSI, il più grande laboratorio di fisica nucleare tedesco.

Ma oltre al bosone di Higgs i gruppi di ricerca miravano le loro indagini sugli altri fronti immaginati dai teorici, primo fra tutti quello della supersimmetria (abbreviata gentilmente in Susy da SuperSymmetry), per cui le particelle come elettroni e quark dovrebbero avere dei partner supersimmetrici battezzati ad esempio s-elettroni e s-quark, che si comportano come bosoni. Sarebbero state create durante il Big Bang iniziale e la maggior parte si sarebbero disintegrate subito dopo in particelle più leggere. Le particelle supersimmetriche neutre più leggere non possono decadere in altre particelle e, secondo la teoria, formerebbero quelle enormi nuvole invisibili nelle quali ogni galassia è immersa. Sarebbe questa la

“materia oscura” che rappresenta il 25 per cento del contenuto materia-energia dell’universo.

“Il fatto che fino adesso non siano state trovate non significa che non esistano” – commenta Fabiola Gianotti – “Ad oggi non c’è segno di questa nuova fisica alle scale di energia che abbiamo esplorato. I misteri, quindi, persistono e serviranno strumenti più potenti e nuove tecnologie per poter progredire nella nostra conoscenza.”

Se gli scienziati protagonisti della cattura del bosone di Higgs venivano esclusi dal Premio Nobel un riconoscimento anticipato era giunto nel dicembre 2012, quando la rivista americana “Time” dedicava una delle copertine a Fabiola Gianotti come “Persona dell’anno” per i meriti ampiamente noti a livello internazionale.

### *Fabiola Gianotti sulla copertina di “Time”*

Meriti che la portavano a essere nominata nel 2014 direttrice generale del CERN: era la prima donna nella storia del laboratorio europeo. Non solo. Nel 2019 il suo mandato veniva confermato per un secondo intero periodo di cinque anni; e anche questo era un record perché in passato si erano verificati eccezionalmente soltanto dei prolungamenti di qualche anno. Ma la sua direzione era diventata un simbolo della gestione della ricerca portando altre nazioni a condividere l’impresa del CERN, rafforzandone l’immagine di più importante centro di fisica del mondo. Non solo; il suo impegno mirava a rafforzare le possibilità delle ricerche in corso con l’acceleratore LHC e preparare la strada per la nascita del suo successore più grande e più potente. Per il primo obiettivo era di nuovo protagonista Lucio Rossi anche perché doveva riguardare soprattutto i magneti superconduttori di cui Rossi era responsabile. “Iniziavo a soffermarmi sul futuro passo ancora nel 2010 prima ancora dell’entrata in funzione di LHC” – ricorda Lucio Rossi – “E organizzai l’avvio di uno studio (finanziato per 20 milioni di euro da Unione Europea, CERN, Giappone e Stati Uniti) che diede la possibilità da parte del Consiglio del CERN di approvare poi definitivamente nel 2016 il progetto garantendo le risorse iniziali.” Portava il nome HiLumi (da High Luminosity) proprio perché aumentava la “luminosità” raggiungibile dall’acceleratore, cioè consentiva di produrre ogni secondo molte più collisioni e quindi vedere meglio e più in dettaglio soprattutto il bosone di Higgs decifrandone i molti volti ancora misteriosi.

“Di HiLumi ho tratteggiato personalmente l’intero progetto” – sottolinea Rossi – “compresa la costruzione dei primi prototipi e la formazione del gruppo di lavoro. Ho avuto libertà d’agire e le risorse necessarie per creare consenso e motivare le persone. Oggi HiLumi è il progetto più technology intensive nel mondo della fisica delle particelle perché copre tantissime tecnologie.” Prima di tutto i superconduttori saranno più potenti di quelli di LHC sostituendo i materiali prima impiegati (Niobio-Titanio) con il Niobio-Stagno raggiungendo campi magnetici del 40 per cento più elevati. Altri aspetti riguarderanno i dispositivi per allineare i magneti, nuove cavità a radiofrequenza, nuovi materiali più resistenti alle radiazioni, alimentatori in grado di mantenere la corrente più stabile e cristalli sottili per ripulire dolcemente i fasci di protoni. Nel 2026, alla fine del periodo di ricerca, iniziano i lavori di ammodernamento che termineranno nel 2030. “HiLumi sarà una sorta di ponte tecnologico verso la realizzazione del futuro superacceleratore del CERN”, conclude Rossi che dal 2020 usciva dal CERN tornando all’Università di Milano con l’incarico di Coordinatore nazionale degli acceleratori nell’ambito dell’Istituto nazionale di fisica nucleare.

Intanto al CERN ci si proiettava verso la nascita del successore di LHC. “Per essere i primi al mondo bisogna realizzare i progetti più rilevanti e ambiziosi” – mi spiegava Fabiola Gianotti alla fine del 2025

### *Il futuro acceleratore per mantenere la supremazia dell’Europa*

Attualmente al CERN opera l’LHC, l’acceleratore più potente costruito dall’umanità, che sarà ulteriormente potenziato nei prossimi anni per estenderne la capacità di scoperta. Il passo successivo potrebbe essere il Future Circular Collider (FCC), di cui abbiamo appena completato lo studio di fattibilità, ponendo così le basi per un futuro brillante per il CERN. FCC è uno strumento straordinario per esplorare la fisica a livelli di energia e precisione ben oltre quelle accessibili attualmente. Richiederà lo sviluppo di tecnologie senza precedenti in molti campi, con importanti applicazioni alla società. Ha ottenuto l’appoggio massiccio della comunità mondiale del nostro campo, la Commissione Europea l’ha proposto come uno dei progetti “moonshot” per il futuro dell’Europa e nel 2025 abbiamo ottenuto promesse di supporto finanziario di un miliardo di dollari da fondazioni e privati. Spero che questo progetto possa essere approvato nei prossimi 3-4 anni.

Permetterebbe al CERN e all'Europa di mantenere la supremazia mondiale nel campo della fisica delle alte energie e delle tecnologie connesse almeno fino alla fine del secolo.

Fabiola Gianotti dopo un decennio lasciava la guida del CERN al fisico britannico Mark Thomson che governa il laboratorio dal gennaio 2026. Numerose sono le sfide che si dovranno affrontare per mantenere il ruolo straordinario conquistato nel mondo della fisica delle particelle, cioè nel mondo delle alte energie, per le quali la futura macchina che sarà sistemata in un nuovo tunnel lungo 91 chilometri da scavare nel sottosuolo di confine tra Svizzera e Francia giocherà una partita straordinaria. Anche la Cina è rivolta nella stessa direzione aprendo una corsa verso nuove scoperte e in un confronto nel quale l'Europa deve mantenere le capacità scientifiche, tecnologiche e di investimento finora raggiunte.

Che cosa ci aspetta all'orizzonte? Per dieci anni sino al gennaio 2026 Gian Francesco Giudice è stato il direttore del Dipartimento di fisica teorica del CERN. Era giunto a Ginevra nel 1993 per condurre indagini teoriche con i dati raccolti al LEP. Padovano di origine e formazione, aveva effettuato ricerche al Fermilab di Chicago e poi all'Università del Texas nel gruppo del Premio Nobel Steven Weinberg. Al CERN, oltre ai rapporti continui con i fisici sperimentali impegnati con gli esperimenti del Large Hadron Collider, l'attività di ricerca riguardava in particolare due obiettivi: supersimmetria ed extradimensioni.

Le particelle supersimmetriche erano una meta di LHC ma il fatto di non trovarle ha cambiato il nostro modo di vedere. Ora siamo in un momento di transizione; tante idee vecchie non hanno funzionato e quindi adesso ci troviamo in una fase di revisione cercando una nuova strada. Per i fisici teorici è una prospettiva interessante ma più rischiosa perché non sappiamo che cosa aspettarci.

Intanto il primo impegno riguarda ancora il bosone di Higgs perché c'è la possibilità che non si tratti di una particella elementare come previsto da Higgs ma abbia una struttura interna. “Ci chiediamo che cosa nasconda” – aggiunge Giudice – “e pensiamo che ciò che vediamo sia una sorta di miraggio ma che in realtà sia una particella composta come, ad esempio, il

protone costituito da quark e gluoni. Finora Higgs ha mostrato proprietà che stonano ma non riusciamo a decifrarle.”

### *Giudice e le nuove sfide teoriche e sperimentali*

Altre discussioni per il domani riguardano le extradimensioni oltre le quattro note, le tre spaziali e il tempo.

Pensiamo che lo spazio-tempo nasconda nuove dimensioni spaziali invisibili ai nostri sensi ma scendendo nelle profondità della materia a distanze piccolissime, lo spazio-tempo dovrebbe aprirsi in nuove direzioni. Ciò sembra fantascientifico ma ha una ragione profonda dal punto di vista fisico e c'è la speranza che le extradimensioni abbiano a che fare con la teoria quantistica della gravità. E ci sono forti indicazioni in tal senso. Anzi c'era la speranza che con LHC si potesse cogliere l'eco della loro esistenza e questo è ora il nostro obiettivo con HiLumi-LHC per individuarle e risalire così alle caratteristiche dello spazio aggiuntivo ricostruendo la sua geometria che rappresenta l'aspetto più importante.

Di tutto ciò si discute nella caffetteria del CERN, nelle stanze silenziose e nei viali con i nomi illustri dei giganti della fisica tra gli edifici del sempre più grande laboratorio europeo. La sfida di Edoardo Amaldi e Pierre Auger continua e nuove risposte arriveranno da HiLumi-LHC e dal Future Circular Collider (FCC) che dovrebbe entrare in azione nel 2050. La sfida sarà sempre di più planetaria per scoprire i primi momenti dell'origine dell'universo, cioè le nostre origini. E i fisici italiani continueranno a essere protagonisti secondo una ininterrotta e preziosa tradizione.

Nella grande impresa della scienza europea del CERN accanto ai conquistatori italiani dell'invisibile dobbiamo aggiungere il nome di un altro protagonista che ha aperto la fantasia di chiunque si avvicini al famoso laboratorio. È quello dell'architetto Renzo Piano, ideatore del CERN Science Gateway voluto da Fabiola Gianotti e concepito come “centro di avventura scientifica accessibile al pubblico”. Dal 2023 due tunnel aerei richiamano la galleria sotterranea dei fisici e nei loro spazi i visitatori diventano scienziati interagendo con gli acceleratori, compiendo esperimenti e immergendosi nelle tecnologie informatiche. Lo scopo è

imparare come questi strumenti siano utilizzati dagli scienziati per ampliare i confini della conoscenza e promuovere l'innovazione a beneficio della società. Non solo. Nei tunnel si offre anche l'occasione per raccontare attraverso mostre scientifiche e installazioni artistiche quanto sia vivo il dialogo tra arte e scienza, due mondi strettamente uniti dalla creatività e rivolti alla scoperta. Lo dimostra la stessa idea di Renzo Piano maturata nella sua geniale storia dell'architettura disegnando straordinari musei della scienza.

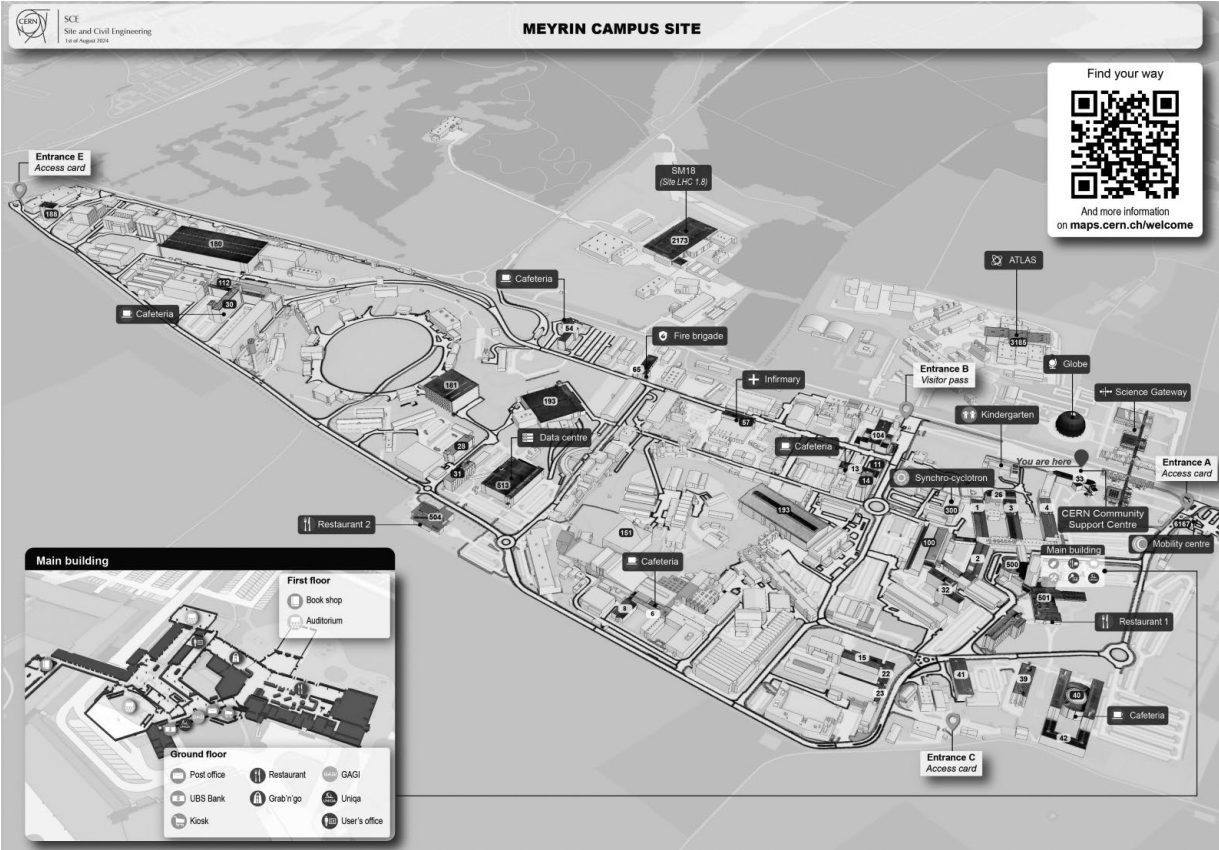


FIGURA 12.1. Pianta del CERN.

## Selezione bibliografica

- Ugo Amaldi, *Sempre più veloci*, Zanichelli, Bologna 2012.
- Giovanni Battimelli, *L'Istituto nazionale di fisica nucleare*, Laterza, Roma-Bari 2001.
- Lanfranco Belloni, *Da Fermi a Rubbia*, Rizzoli, Milano 1988.
- James Gillies, *Il Cern e il bosone di Higgs*, Textus Edizioni, L'Aquila 2019.
- Gian Francesco Giudice, *Odissea nello zeptospatio*, Springer, Milano 2010.
- Luciano Maiani, *A caccia del bosone di Higgs*, Mondadori Università, Milano 2013.
- Luciano Maiani, *Idee per diventare fisico*, Zanichelli, Bologna 2007.
- Piergiorgio Odifreddi (a cura di), *Zichicche*, Edizioni Dedalo, Bari 2003.
- Lucio Rossi, *La conoscenza è un'avventura*, Bietti, Milano 2022.
- Carlo Rubbia e Piero Angela, *Edoardo Amaldi*, Leonardo, Milano 1992.
- Carlo Rubbia, *Il dilemma nucleare*, Sperling & Kupfer, Milano 1987.
- Ian Sample, *Higgs e il suo bosone*, Il Saggiatore, Milano 2013.
- Raffaella Simili e Giovanni Paoloni (a cura di), *Per una storia del Consiglio Nazionale delle Ricerche*, Laterza, Roma-Bari 2001.
- Gary Taubes, *A caccia di Nobel*, Sugarco Edizioni, Milano 1988.
- Guido Tonelli, *La nascita imperfetta delle cose*, Rizzoli, Milano 2017.
- “Scienza e Società”, n. 5/6 settembre 2008 – Centro Pristem.
- Archivi*: CERN, INFN, Università La Sapienza.
- Interviste*: Fabiola Gianotti, Carlo Rubbia, Ugo Amaldi, Luciano Maiani, Lucio Rossi, Guido Tonelli, Sergio Bertolucci, Gian Francesco Giudice, Paolo Giubellino, Antonino Zichichi, Umberto Vattani.

## *Indice dei nomi*

Acceleratori di particelle [1](#), [2-3](#), [4-5](#). *Vedi anche* [elettrosincrotrone](#); [Large Electron-Positron Collider \(LEP\)](#); [Large Hadron Collider \(LHC\)](#); [sincrotroni](#); [Tevatron](#)

Acerbi, Emilio [1](#)

AdA (Anello di Accumulazione) [1-2](#), [3](#)

Adams, John B. [1-2](#), [3](#), [4-5](#)

adroni [1-2](#), [3](#), [4](#)

adroterapia [1](#)

Agenzia spaziale europea (ESA) [1-2](#), [3](#)

Agenzia spaziale italiana (ASI) [1](#), [2](#)

ALEPH (esperimento) [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#)

Alice (esperimento) [1](#), [2](#), [3](#), [4-5](#)

Altarelli, Guido [1](#), [2-3](#)

Álvarez, Luis [1](#)

Amaldi, Edoardo [1-2](#), [3-4](#), [5-6](#), [7-8](#), [9](#), [10](#), [11](#), [12](#), [13](#), [14](#), [15](#), [16-17](#), [18](#), [19](#), [20](#), [21-22](#), [23-24](#), [25](#), [26](#)  
    coordinamento laboratorio europeo [1](#), [2](#)  
    decisione di restare in Europa [1](#), [2](#)  
    direzione e ruoli CERN [1](#), [2-3](#), [4](#)  
    impegno spaziale [1-2](#)  
    incontro con Fermi [1](#)  
    promozione INFN [1](#)

Amaldi, Ginestra [1](#), [2](#)

Amaldi, Ugo [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#), [6-7](#), [8-9](#), [10](#), [11](#)

Amburgo [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#)

Anderson, Carl David [1](#)

Andreotti, Giulio [1](#), [2](#)

Angela, Piero [1](#)

angolo di Cabibbo [1](#), [2](#)

Ansaldo [1](#), [2](#), [3](#), [4](#)

antimateria [1](#), [2](#)

antiparticelle [1](#), [2-3](#), [4](#), [5](#)

APE [1](#) (progetto) [2](#)

archeometria [1](#)

arte e scienza [1](#)

Atlas (esperimento) [1](#), [2](#), [3](#), [4-5](#), [6-7](#), [8](#), [9](#), [10](#), [11](#), [12](#), [13-14](#), [15](#), [16-17](#), [18-19](#), [20](#), [21](#)

Atomi per la pace (conferenza) [1](#)

Attract (programma) [1](#)

Auger, Pierre [1-2](#), [3](#), [4](#), [5](#), [6](#), [7](#)

Aymar, Robert [1](#), [2](#), [3-4](#), [5](#), [6](#)

Bakker, Cornelis Jan [1](#), [2](#), [3](#), [4](#)  
Banca Europea di investimenti [1](#)  
Barbiellini Amidei, Guido [1](#), [2](#)  
barioni [1](#)  
Basini, Luisa [1](#)  
Battimelli, Giovanni [1](#)  
Bellettini, Giorgio [1](#), [2](#)  
Benedetto XVI, papa [1](#)  
Berg, Moe [1](#)  
Berkeley [1](#), [2](#), [3](#)  
Bernardini, Carlo [1](#)  
Bernardini, Gilberto [1](#), [2](#), [3-4](#), [5](#), [6-7](#)  
Berners-Lee, Tim [1-2](#). *Vedi anche* [World Wide Web \(WWW\)](#)  
Bertolucci, Sergio [1](#), [2-3](#), [4](#), [5](#), [6-7](#), [8](#), [9-10](#), [11](#), [12-13](#), [14](#)  
Big Bang [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#), [6](#), [7](#), [8](#), [9](#), [10](#)  
Bjorken, James [1](#)  
Bloch, Felix [1](#)  
Bohr, Niels [1-2](#), [3](#)  
bosone di Higgs [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#), [6](#), [7](#), [8](#), [9](#), [10](#), [11](#), [12-13](#), [14](#), [15-16](#), [17-18](#), [19-20](#), [21-22](#), [23-24](#), [25-26](#),  
[27](#), [28](#), [29-30](#), [31](#), [32](#)  
    annuncio e scoperta [1](#), [2](#)  
    caratteristiche fisiche [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#)  
    ricerca e dati [1](#), [2](#), [3-4](#), [5](#)  
bosoni W e Z [1-2](#), [3-4](#), [5-6](#), [7](#), [8](#), [9](#), [10](#), [11-12](#), [13](#), [14](#), [15](#), [16](#), [17](#), [18](#), [19](#)  
Brianti, Giorgio [1](#), [2-3](#), [4](#), [5](#)  
Brookhaven National Laboratory [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#), [6](#), [7](#), [8](#)  
Brout, Robert [1](#), [2](#), [3](#), [4-5](#)  
Brown, Dan [1-2](#)  
buchi neri [1-2](#), [3](#), [4](#), [5](#), [6](#)  
Busquin, Philippe [1](#)

Cabibbo, Nicola [1](#), [2-3](#), [4](#)  
camera a bolle [1](#), [2-3](#)  
camera a nebbia [1](#)  
camera proporzionale multifilo [1](#)  
Centro di cultura scientifica Ettore Majorana [1](#)  
Centro Europeo della Cultura [1](#)  
Centro Italiano Studi ed Esperienze (CISE) [1](#)  
CERN. *Vedi anche* [Large Electron-Positron Collider \(LEP\)](#); [Large Hadron Collider \(LHC\)](#)  
    ammodernamento e progetti futuri [1-2](#), [3-4](#)  
    costruzione e primi acceleratori [1-2](#), [3-4](#), [5-6](#)  
    crisi e deficit finanziario [1](#), [2](#)  
    direzione generale [1](#), [2](#), [3-4](#), [5](#), [6](#)  
    fondazione e scelta sede [1-2](#)  
    LHC e scoperte [1-2](#), [3](#), [4](#), [5](#)  
    rapporti e competizione internazionale [1](#), [2](#), [3](#)  
Charpak, Georges [1](#), [2-3](#), [4](#)  
CMS (esperimento)  
    costruzione e scavi [1](#), [2](#), [3](#)  
    ricerche e scoperte [1](#), [2](#), [3-4](#), [5](#), [6](#), [7](#), [8-9](#), [10](#), [11-12](#), [13](#), [14](#)

Cocconi, Giuseppe [1](#), [2](#), [3-4](#), [5](#), [6](#), [7](#)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) [1](#), [2-3](#), [4](#), [5](#), [6](#)  
Conversi, Marcello [1](#), [2](#), [3-4](#), [5](#), [6](#)  
correnti neutre [1](#), [2](#)

De Gasperi, Alcide i, [1](#), [2](#)  
DELPHI (esperimento) [1](#), [2](#), [3-4](#)  
DESY (Deutsches Elektronen-Synchrotron) [1](#), [2](#), [3](#), [4](#)  
Di Lella, Luigi [1-2](#), [3](#)

elettrosincrotrone [1](#), [2](#), [3](#)  
ENEA [1](#), [2-3](#), [4](#)  
Englert, François [1](#), [2](#), [3](#), [4-5](#)  
ESA. *Vedi anche* [Agenzia spaziale europea \(ESA\)](#)  
esperimento Alice. *Vedi anche* [Alice \(esperimento\)](#)  
esperimento Atlas. *Vedi anche* [Atlas \(esperimento\)](#)  
esperimento UA1. *Vedi anche* [UA1 \(esperimento\)](#)  
esperimento UA2. *Vedi anche* [UA2 \(esperimento\)](#)  
European Space Agency (ESA). *Vedi anche* [Agenzia spaziale europea \(ESA\)](#)  
Evans, Lyndon [1](#), [2](#), [3](#), [4](#)

Fermi, Enrico  
  carriera e ricerche [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5-6](#), [7](#)  
  fuga negli Stati Uniti [1](#)  
  menzioni [1](#), [2](#), [3](#), [4](#)  
Fermilab  
  competizione con il CERN [1](#), [2](#), [3-4](#), [5](#)  
  ricerche e scoperte [1](#), [2](#), [3-4](#), [5](#), [6](#), [7](#), [8-9](#), [10-11](#), [12](#), [13](#), [14](#)  
Ferrara, Sergio [1](#), [2-3](#)  
Fidecaro, Giuseppe [1-2](#), [3-4](#), [5](#), [6](#)  
Fiorini, Ettore [1-2](#)  
forza debole [1](#), [2](#), [3](#)  
forza elettrodebole [1](#), [2](#)  
forza forte [1](#), [2](#)  
Frascati, laboratori di. *Vedi anche* [Laboratori Nazionali di Frascati](#)  
Fubini, Sergio [1](#), [2-3](#), [4](#)  
Future Circular Collider (FCC) [1](#), [2](#)

Gell-Mann, Murray [1](#), [2-3](#)  
Gianotti, Fabiola  
  direzione del CERN [1](#), [2-3](#), [4](#), [5](#)  
  esperimento Atlas e scoperte [1](#), [2](#), [3-4](#), [5](#), [6-7](#), [8](#), [9](#), [10-11](#), [12](#), [13-14](#), [15](#), [16-17](#), [18](#), [19-20](#)  
Giubellino, Paolo [1](#), [2](#), [3-4](#), [5](#)  
Giudice, Gian Francesco [1-2](#), [3](#), [4-5](#), [6](#)  
Glashow, Sheldon Lee  
  menzioni [1-2](#), [3](#), [4](#)  
  ricerche teoriche [1-2](#), [3](#), [4](#)  
The God Particle [1](#)

Hack, Margherita [1](#)

Hagen, Carl [1](#)  
Hahn, Otto [1](#)  
Harari, Haim [1](#)  
Harvard University [1](#), [2](#), [3](#)  
Hawking, Stephen [1](#), [2-3](#), [4](#), [5](#), [6](#), [7](#), [8](#)  
    scommessa su particella di Higgs [1](#)  
Heisenberg, Werner [1](#)  
Heuer, Rolf-Dieter [1](#), [2](#), [3](#)  
Higgs, Peter [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#), [6](#), [7](#), [8-9](#), [10-11](#)  
    battesimo della particella [1](#)  
HiLumi (High Luminosity) [1-2](#), [3](#)  
Holton, Gerald [1](#)

IEEE [1](#)  
Iliopoulos, John (Ioannis) [1](#), [2](#), [3](#), [4](#)  
Imperial College di Londra [1](#)  
Incandela, Joe [1](#), [2-3](#)  
INFN. *Vedi anche* [Istituto Nazionale di Fisica Nucleare \(INFN\)](#)  
inflazione (modelli dell') [1](#)  
interazioni [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#)  
    deboli [1](#), [2](#), [3](#), [4](#)  
    forti [1](#)  
    universale di Fermi [1](#)  
Intersecting Storage Rings (ISR) [1](#), [2-3](#), [4](#)  
Isolde (separatore di isotopi) [1](#)  
Istituto di fisica di via Panisperna [1](#). *Vedi anche* [ragazzi di via Panisperna](#)  
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)  
    fondazione [1](#), [2](#)  
    laboratori [1-2](#), [3](#), [4](#), [5](#), [6](#), [7](#)  
    realizzazione elettrosincrotrone [1](#)  
    sviluppo [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5-6](#), [7](#), [8](#), [9](#), [10](#), [11](#), [12](#), [13](#), [14](#), [15](#), [16](#), [17](#), [18-19](#), [20](#), [21](#)  
Istituto Superiore di Sanità [1](#)  
Istituto Weizmann [1](#)

Jenni, Peter [1](#)  
Joyce, James [1](#), [2](#)

kaoni (kaone) [1](#), [2](#)  
Kendall, Henry [1](#)  
Kobayashi, Makoto [1](#), [2](#), [3](#)  
Kowarski, Lev [1](#)

L3 (esperimento) [1](#)  
Laboratori Nazionali del Gran Sasso (INFN) [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#), [6](#), [7](#)  
Laboratori Nazionali del Sud (INFN) [1](#)  
Laboratori Nazionali di Frascati [1](#), [2](#), [3-4](#), [5-6](#), [7](#), [8](#), [9](#)  
Laboratorio DESY. *Vedi anche* [DESY \(Deutsches Elektronen-Synchrotron\)](#)  
Laboratorio di Brookhaven. *Vedi anche* [Brookhaven National Laboratory](#)  
laboratorio Testa Grigia [1](#), [2](#), [3](#), [4](#)  
Large Electron-Positron Collider (LEP)

chiusura [1-2](#)  
costruzione e installazione [1-2](#), [3](#), [4](#)  
esperimenti [1](#)  
potenziamento [1](#)  
ricerca bosone di Higgs [1](#), [2](#)  
sviluppo [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5-6](#), [7-8](#), [9](#), [10-11](#), [12](#), [13](#), [14](#), [15](#), [16](#), [17](#)  
Large Hadron Collider (LHC)  
accensione e attivazione [1](#), [2](#)  
analisi dati e risultati [1](#), [2](#), [3](#)  
completamento e caratteristiche [1](#), [2-3](#), [4-5](#), [6-7](#), [8](#), [9](#), [10](#), [11-12](#), [13](#), [14-15](#), [16-17](#), [18-19](#), [20](#), [21](#),  
[22](#), [23](#), [24-25](#), [26-27](#)  
costo [1](#)  
incidenti e riparazioni [1-2](#), [3-4](#), [5-6](#), [7](#)  
magneti superconduttori [1](#)  
paure e teorie complotto [1-2](#)  
potenziamento e aumento potenza [1](#), [2](#), [3](#)  
rivelatori [1](#), [2](#)  
Lawrence, Ernest [1](#)  
Lederman, Leon Max [1](#), [2](#), [3](#), [4-5](#), [6](#), [7](#), [8-9](#)  
leggi razziali i, [1](#)  
LHCB (esperimento) [1](#), [2](#)  
Llewellyn Smith, Christopher [1](#), [2](#), [3-4](#), [5-6](#), [7](#)  
luce di sincrotrone [1](#)

magneti superconduttori [1](#), [2-3](#), [4](#), [5-6](#), [7](#), [8](#), [9](#)  
costo e sottostima [1-2](#)  
Maiani, Luciano [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5-6](#), [7](#), [8](#), [9](#), [10](#), [11](#), [12](#)  
direzione CERN [1](#)  
gestione finanziaria [1](#)  
presidenza CNR [1](#)  
spiegazione terzo quark [1](#)  
Majorana, Ettore [1](#), [2](#)  
Mangano, Michelangelo [1](#), [2](#), [3](#), [4](#)  
Maskawa, Toshihide [1](#), [2](#), [3](#)  
Massachusetts Institute of Technology (MIT) [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#)  
materia oscura [1](#), [2-3](#), [4-5](#). *Vedi anche* [buchi neri](#)  
Meccanica quantistica [1](#)  
meccanismo GIM [1](#), [2](#)  
Meitner, Lise [1](#)  
mesoni [1](#), [2](#), [3](#), [4-5](#), [6](#)  
Meyrin [1](#), [2](#)  
Michelini, Aldo [1-2](#)  
Modello Standard [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#), [6-7](#), [8-9](#), [10-11](#), [12](#), [13-14](#), [15](#), [16](#), [17](#), [18](#), [19](#), [20](#), [21](#), [22](#)  
Morrison, Philip [1](#)  
muoni [1](#), [2](#), [3](#), [4](#)

Napolitano, Giorgio [1](#), [2](#)  
neutrini [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#), [6](#), [7](#)  
neutroni [1](#), [2](#)  
nucleare [1](#)

Occhialini, Giuseppe [1](#)  
Onde gravitazionali [1-2](#)  
OPAL (esperimento) [1-2](#)  
Opera (esperimento) [1-2](#)

Pancini, Ettore [1, 2](#)  
Parisi, Giorgio [1, 2, 3, 4](#)  
particella di Dio. *Vedi anche* [bosone di Higgs](#)  
particelle W e Z. *Vedi anche* [bosoni W e Z](#)  
Piano, Renzo [1-2](#)  
Picasso, Emilio [1, 2-3, 4](#)  
Piccioni, Oreste [1, 2, 3, 4](#)  
pioni [1, 2, 3](#)  
plasma di quark e gluoni [1, 2-3](#)  
Premio Nobel per la fisica [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10-11, 12](#)  
Preparata, Giuliano [1-2](#)  
Progetto Archimede [1](#)  
Progetto LIGO [1](#)  
progetto Manhattan [1, 2](#)  
Progetto Virgo [1](#)  
protoni [1, 2, 3](#)  
protosincrotrone (PS) [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8](#)

quark [1, 2, 3, 4, 5, 6-7, 8, 9, 10-11, 12-13, 14-15, 16, 17, 18-19, 20, 21, 22-23, 24](#)

Rabi, Isidor Isaac [1, 2, 3](#)  
raffreddamento stocastico [1, 2](#)  
ragazzi di via Panisperna [1-2](#)  
raggi cosmici [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8](#)  
raggi gamma [1, 2](#)  
raggi X [1](#)  
Rasetti, Franco [1-2](#)  
Reagan, Ronald [1, 2, 3](#)  
Reines, Frederick [1](#)  
Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC) [1](#)  
Richter, Burton [1, 2, 3, 4](#)  
rifiuti radioattivi (scorie nucleari) [1](#)  
rivelatori di particelle [1, 2](#)  
Rossi, Bruno [1](#)  
Rossi, Lucio [1, 2, 3, 4, 5-6, 7, 8-9, 10-11, 12-13, 14, 15, 16-17, 18](#)  
  carriera e riconoscimenti [1](#)  
  coordinatore acceleratori INFN [1](#)  
  direzione unità magneti [1](#)  
  guida e riparazione LHC [1, 2, 3-4](#)  
Rubbia, Carlo [1-2, 3-4, 5-6, 7, 8-9, 10, 11-12, 13-14, 15-16, 17, 18-19, 20, 21, 22, 23, 24, 25](#)  
  candidatura e direzione CERN [1, 2](#)  
  carriera accademica [1-2](#)  
  doti scientifiche e politiche [1, 2](#)  
  esperimento UA1 e bosoni [1, 2, 3, 4](#)  
  Laboratori Nazionali del Gran Sasso [1](#)

Premio Nobel [1](#), [2](#)  
proposta di un collisore [1](#)  
Rutherford, Ernest [1](#)

Salam, Abdus [1-2](#), [3](#)  
Salvini, Giorgio [1](#), [2](#), [3](#), [4](#)  
Scalia, Vito [1](#), [2](#), [3](#), [4-5](#), [6](#)  
Schopper, Herwig [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5-6](#), [7-8](#), [9](#), [10](#)  
    estensione mandato [1](#)  
    impegno per il LEP [1](#)  
Scuola Normale Superiore di Pisa [1](#), [2](#), [3](#), [4-5](#), [6](#), [7](#)  
Segrè, Emilio [1-2](#), [3](#)  
sincrociclotrone (SC) [1-2](#), [3](#), [4](#), [5](#), [6](#)  
sincrotroni [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#), [6](#)  
SLAC (Stanford Linear Accelerator Center) [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#)  
Stazione Spaziale Internazionale (ISS) [1](#)  
Super Proton Synchrotron (SPS) [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#), [6](#), [7](#), [8](#)  
Superconducting Super Collider (SSC) [1](#), [2](#), [3](#), [4](#)  
supergravità [1-2](#)  
supersimmetria [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#), [6](#), [7](#)

Teillac, Jean [1](#), [2-3](#)  
teoria delle stringhe e superstringhe [1](#), [2-3](#), [4-5](#), [6](#)  
teoria quantistica [1](#), [2](#)  
Tevatron [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#), [6](#), [7-8](#), [9-10](#), [11](#), [12-13](#)  
    acceleratore di Chicago [1](#), [2](#)  
    sfida con LHC [1](#)  
Ting, Samuel [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#), [6](#), [7](#), [8](#)  
Tonelli, Guido [1](#), [2-3](#), [4](#), [5](#), [6](#), [7-8](#), [9](#), [10-11](#), [12](#), [13](#), [14](#), [15](#), [16](#)  
    esperimento CMS [1](#)  
Touschek, Bruno [1-2](#), [3](#)

UA1 (esperimento) [1-2](#), [3](#), [4](#), [5](#), [6](#), [7](#)  
UA2 (esperimento) [1](#), [2-3](#)  
UNESCO [1-2](#), [3](#)

van der Meer, Simon [1](#), [2-3](#), [4-5](#), [6](#)  
Vattani, Umberto [1-2](#), [3](#), [4](#)  
Veneziano, Gabriele [1](#), [2-3](#), [4-5](#)

Weinberg, Steven [1-2](#), [3](#), [4](#), [5](#), [6](#)  
Weisskopf, Victor [1](#), [2](#)  
Wilson, Robert [1-2](#)  
World Wide Web (WWW) [1-2](#), [3](#). Vedi anche [Berners-Lee, Tim](#)

Zichichi, Antonino [1](#), [2-3](#), [4](#), [5](#), [6](#), [7](#), [8](#), [9](#)  
    fondazione Centro Ettore Majorana [1](#)  
    progetto Eloisatron [1](#)  
    ricerche e nomine [1](#), [2](#)  
Zweig, George [1](#), [2-3](#)



TAVOLA 1. Fermi, Amaldi e le rispettive famiglie durante una vacanza a Pera di Fassa nelle Dolomiti nel 1954. In senso orario partendo dal basso a sinistra: Enrico e Giulio Fermi, Ginestra Amaldi, Laura Fermi, Edoardo e Ugo Amaldi, © Ugo Amaldi.



TAVOLA 2. Maria (Cervasi) e Giuseppe Fidecaro, una vita insieme al CERN, © CERN.



TAVOLA 3. Da sinistra, Emilio Picasso, LEP Project Leader, Herwig Schopper e Henri Laporte, © 1983 CERN.



TAVOLA 4. Carlo Rubbia, © 1989 CERN.



TAVOLA 5. Prototipo del rivelatore dell'esperimento UA1 di Carlo Rubbia, esposto al Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia Leonardo da Vinci a Milano, © Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia Leonardo da Vinci.

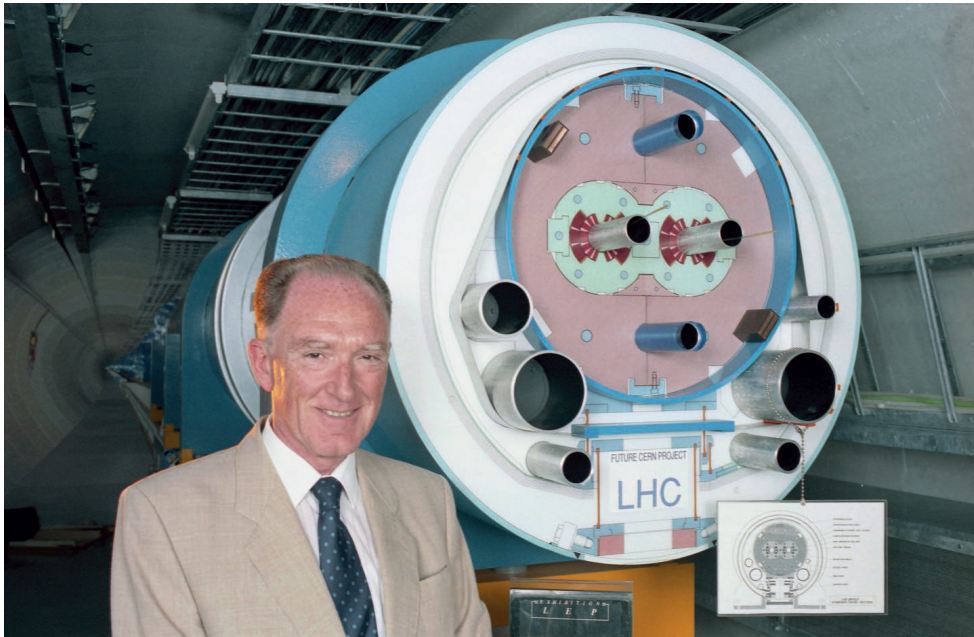


TAVOLA 6. Giorgio Brianti, © 1991 CERN.

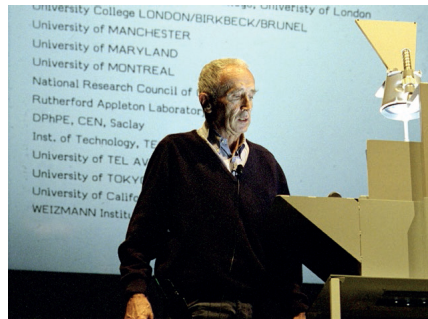


TAVOLA 7. Aldo Michelini durante il LEPfest a ottobre 2000, © CERN.



TAVOLA 8. Da sinistra a destra: Oscar Luigi Scalfaro, Giorgio Napolitano, Rita Levi Montalcini, Carlo Azeglio Ciampi, Carlo Rubbia e il biologo israeliano Aaron Ciechanover in occasione della cerimonia per il centesimo compleanno di Rita Levi Montalcini (20 aprile 2009), © Presidenza della Repubblica Italiana.



TAVOLA 9. Da sinistra a destra, Gigi Rolandi, Lea Caminada, Lorenzo Foà e Guido Tonelli in occasione di un seminario di Lea Caminada per la collaborazione ALEPH, © CERN.



TAVOLA 10. Gabriele Veneziano, capo della Theory Division dal 1994 al 1997; foto di Maxim Brice, © 2003 CERN.



TAVOLA 11. Luigi Di Lella in un Academic Training Program Lecture; foto di Patrice Loïez, © 1998 CERN.



TAVOLA 12. Luciano Maiani, direttore generale del CERN dal 1999 al 2003 (il secondo direttore di lingua italiana del CERN dopo Carlo Rubbia, 1989-1994), fotografato da Jean-Luc Caron, © CERN.



TAVOLA 13. Sergio Bertolucci, direttore di ricerca e calcolo scientifico; foto di Maximilien Brice, © 2009 CERN.



TAVOLA 14. Guido Tonelli, spokesperson di CMS (Compact Muon Solenoid) nel 2010-11; foto di Michael Hoch, © 2012 CERN.



TAVOLA 15. Paolo Giubellino, spokesperson di ALICE Experiment; foto di Maximilien Brice, © 2012 CERN.



TAVOLA 16. Antonino Zichichi alla Polar QuEEEst Conference, foto di Julien Marius Ordan, © 2018CERN.



TAVOLA 17. Fabiola Gianotti tra Giovanni Caprara e Lucio Rossi.



TAVOLE 18-19-20-21-22. Annuncio della scoperta del bosone di Higgs al CERN il 4 luglio 2012, con fra gli altri Peter Higgs, Fabiola Gianotti, Antonino Zichichi, © CERN.



TAVOLA 19.



TAVOLA 20.



TAVOLA 21.



TAVOLA 22.



TAVOLA 23. Fabiola Gianotti nel cuore di Atlas, © CERN.



TAVOLA 24. Lucio Rossi, dal 2001 al CERN dove ha diretto i Magnets & Superconductors per il progetto LHC, foto di Michael Struik, © 2020 CERN.



TAVOLA 25. LHC, il lungo serpente dipinto di blu, © CERN.



TAVOLA 26. Ugo Amaldi nel suo ufficio, foto di Marina Cavazza, © 2024 CERN.



TAVOLA 27. Il centro visitatori di Renzo Piano, © CERN.

## *Informazioni sul Libro*

Il CERN di Ginevra, il laboratorio europeo di ricerche nucleari, non solo è il più importante centro esistente al mondo per indagare i misteri dell'atomo, ma è anche il frutto di una delle più belle e coraggiose imprese dell'Europa, nate dalla visione di due illustri scienziati, l'italiano Edoardo Amaldi e il francese Pierre Auger.

L'unione di cervelli e risorse ha permesso agli scienziati di affrontare con grandi acceleratori di particelle, altrimenti impossibili da realizzare, gli enigmi delle origini dell'universo ricostruendo i suoi primi momenti.

Fisici e ingegneri italiani sono protagonisti di primo piano della straordinaria avventura.

Questo libro racconta le loro storie assieme all'evoluzione della fisica delle particelle a cui hanno garantito contributi eccellenti, fino al Nobel con Carlo Rubbia. E illustri direttori come Luciano Maiani e Fabiola Gianotti lo hanno guidato favorendone la crescita e garantendo un luminoso futuro.

## Circa l'autore



**Giovanni Caprara** è editorialista scientifico del *Corriere della Sera*, docente del corso di Esplorazione spaziale al Politecnico di Milano, membro dell'History Committee dell'International Academy of Astronautics. È autore di numerose pubblicazioni dedicate alla storia della scienza e dello spazio tradotte in Europa, negli Stati Uniti e in Cina. Nel 2010 ha ricevuto l'European Science Writers Award della Euroscience Foundation e nel 2016 il Premio per la comunicazione scientifica della Società Italiana di Fisica (SIF). L'International Astronomical Union ha battezzato con il nome 10928 Caprara un asteroide in orbita tra Marte e Giove. È presidente dell'UGIS, Unione Giornalisti Italiani Scientifici e dal 2021 direttore scientifico del Festival della scienza e dell'innovazione di Padova.