

[infn 70 +]

allegato al numero **31**/12.21 di **asimmetrie**

rivista dell'Istituto
Nazionale di Fisica Nucleare



[+as]

Con la pubblicazione di questo inserto allegato, *Asimmetrie* rende omaggio al 70° anniversario dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare. L'inserto ripercorre alcuni dei momenti e degli aspetti salienti della storia e delle ricerche dell'Istituto, dalla sua fondazione nel 1951 ai giorni nostri, attraverso la voce di alcuni suoi presidenti e la testimonianza del recente premio Nobel per la Fisica, Giorgio Parisi.

Foto copertina

Uno scatto degli anni '50, davanti ai Laboratori Nazionali di Frascati. È visibile il cartello di inizio lavori per la costruzione dell'elettrosincrotrone.

[+as]

allegato al numero **31/12.21** di **asimmetrie**

Infn 70 +

allegato al numero 31 / 12.21 di asimmetrie
rivista dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

direttore editoriale

Antonio Zoccoli (presidente Infn)

direttore responsabile

Catia Peduto

interviste

Matteo Massicci

hanno collaborato

Francesca Scianitti, Antonella Varaschin

impaginazione

Hylab

stampa

Tmb Stampa srl

su carta di pura cellulosa ecologica ECF

Registrazione del Tribunale di Roma numero 435/2005 del 8 novembre 2005. Allegato pubblicato da Infn.

Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte dell'allegato può essere riprodotta, rielaborata o diffusa senza autorizzazione scritta dell'Infn, proprietario della pubblicazione.

Finito di stampare nel mese di gennaio 2022. Tiratura 22.000 copie.

crediti iconografici

copertina ©LNF-INFN; p. 5 ©Giuliano2022/iStockphoto; p. 6 ©INFN(F. Cuicchio-Hylab); p. 9 ©INFN; p.15 ©LNF-INFN; p. 16 ©INFN; p.18 ©LNF-INFN; p. 21 ©LNGS-INFN; p. 22 ©INFN; p. 25 ©CERN; p. 27 ©INFN; p. 31 ©Claudio Federici/LNF-INFN; p. 32 ©Virgo-INFN; p. 35 ©Volker Steger/LNGS-INFN; p. 36 ©Nasa; p. 40 ©Km3Net-INFN; p. 42 ©Maurizio Perciballi/INFN; p. 44 © Laura Sbarbori/Nobel Prize Outreach; p. 47 ©Tania Cristofari/Contrasto.

Indice

Saluto augurale	4
di Maria Cristina Messa, Ministro dell'Università e della Ricerca	
Una comunità per la conoscenza	6
di Speranza Falciano	
Dalla Ricostruzione ai primi successi	11
di Giovanni Battimelli	
Conversazione con Antonino Zichichi	19
Conversazione con Luciano Maiani	24
Conversazione con Enzo Iarocci	29
Conversazione con Fernando Ferroni	34
Conversazione con Antonio Zoccoli	39
Intervista a Giorgio Parisi	44

Saluto augurale

di Maria Cristina Messa

Ministro dell'Università e della Ricerca

Prendere parte, in qualità di Ministro dell'Università e della Ricerca, lo scorso 29 settembre, all'evento celebrativo per i 70 anni dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (Infn) è stato importante. Un momento significativo per tutta la nostra comunità scientifica, oltre che un'occasione per guardare al futuro della ricerca, ripercorrendo il racconto, a partire dal secondo dopoguerra, della storia della fisica nel nostro Paese. Dobbiamo essere orgogliosi di questa storia che ha contribuito a costruire la nostra cultura, e l'immagine e il ruolo dell'Italia nel panorama internazionale. Quello che l'Infn è oggi lo avete costruito voi e rappresenta la migliore eredità della prestigiosa tradizione da cui l'Istituto è nato: con il vostro impegno, la vostra passione, avete saputo tutelare un patrimonio e far crescere questa risorsa.

Il sistema italiano della ricerca si trova ora a vivere un momento molto particolare, che fa emergere ancor più il valore sociale e civile della scienza e il suo ruolo strategico per il progresso, l'innovazione e la crescita di un Paese. Da un lato, il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (Pnrr), messo in campo per la rinascita dell'Italia post-pandemia, prevede un'intera missione dedicata al potenziamento del rapporto tra il mondo della ricerca scientifica e quello dell'industria per valorizzarne la capacità innovativa e di impatto economico; dall'altro, la stessa emergenza sanitaria ha sottolineato, ancora una volta, quanto sia essenziale investire, in termini di risorse umane e finanziarie, nella buona ricerca scientifica, oggi il più potente strumento che la nostra società ha a disposizione per essere preparata e far fronte alle grandi sfide globali di oggi e di domani, ma anche quanto sia necessario che tra ricerca e società si costruisca un nuovo rapporto di fiducia, aperto e continuo, basato sulla condivisione, il dialogo e il confronto.

L'Infn, nella sua storia, ha dimostrato di avere ampia capacità di visione e determinazione, che gli hanno consentito di intraprendere grandi progetti e anche percorsi completamente nuovi, portandoli al successo. Negli anni, l'Istituto ha saputo proporsi, nel panorama internazionale, come un partner in grado di portare un contributo determinante nelle più ambiziose imprese della fisica. Con esperienza e competenza è riuscito a sviluppare tecnologie di frontiera e a portare a compimento progetti innovativi, collaborando con l'industria e con i partner scientifici, e ricavando un ruolo determinante in contesti molto competitivi, nelle collaborazioni internazionali e nei grandi laboratori, come il Cern. Ha, inoltre, dimostrato di saper realizzare e gestire infrastrutture di ricerca di eccellenza:



La sede del Ministero dell'Università e della Ricerca di viale Trastevere, a Roma.

una risorsa a livello scientifico, ma anche economico e sociale per i territori e per il Paese. L'Infn ha formato generazioni di nuovi scienziati, ha creduto in una scienza aperta e accessibile, ha investito nella condivisione e nel trasferimento di conoscenze e tecnologie all'industria e alla società e nella diffusione della cultura scientifica per la crescita di una cittadinanza consapevole. Bisogna, dunque, riconoscere all'Infn di aver dato concretezza anche al ruolo sociale e civile di un ente pubblico di ricerca, come dimostrato in occasione della recente emergenza sanitaria, quando ha continuato a garantire il proprio contributo e, nel contempo, ha investito anche competenze e risorse tecnologiche per il contrasto alla pandemia.

Per tutte queste ragioni sono convinta che l'Infn saprà essere protagonista anche della nuova sfida rappresentata dall'attuazione del Pnrr, per far fruttare al massimo questa opportunità a beneficio del Paese e di tutti noi.

Concludo, dunque, ringraziando tutta la comunità dell'Infn per quello che ha saputo realizzare nella sua storia, e auguro a tutti voi buon lavoro e ancora importanti successi negli anni a venire.



- sezioni
- gruppi collegati
- laboratori nazionali
- centri nazionali e scuole
- consorzi
- laboratori di sezione

L'Istituto di Fisica
Nucleare sul territorio
italiano.

Una comunità per la conoscenza

di Speranza Falciano

La storia di una grande istituzione scientifica è non solo una storia di scienza, ma anche una storia della conoscenza e della cultura di un Paese. E, come ogni storia sociale, è scandita da eventi, risultati, traguardi, ma è fatta dalle persone. Grazie alla sua comunità, di oltre 2000 dipendenti, tra amministrativi, tecnici, tecnologi e ricercatori, e di oltre 3000 tra dottorandi, assegnisti, borsisti e personale universitario associato, diffusa su tutto il territorio nazionale, nelle 20 sezioni, nei 4 laboratori nazionali e nei 3 centri nazionali, l'Infn opera da 70 anni con continuità e successo nella ricerca fondamentale, nel campo della fisica nucleare, subnucleare e astroparticellare, in Italia e nei maggiori centri di ricerca di tutto il mondo. Gli importanti risultati scientifici conseguiti, tra cui due scoperte storiche e tre premi Nobel che hanno avuto l'Infn tra i protagonisti in meno di 10 anni, sono opera di un capitale umano dell'Istituto composto da persone che hanno sempre lavorato in maniera estremamente sinergica nei vari ruoli, mettendo a disposizione della comunità le proprie competenze. Sono queste persone la risorsa più importante dell'Istituto, a volte impegnate in sforzi e sacrifici difficili da sostenere, ma con un immenso

senso di appartenenza alla propria istituzione. Senza questo spirito di appartenenza sarebbe stato difficile conseguire i risultati scientifici di cui oggi essere così orgogliosi. La dedizione, il voler risolvere i problemi a tutti i costi, la capacità di fare rete nella scienza come nella tecnologia e nell'amministrazione, hanno fatto sì che l'Istituto fosse, senza sosta, in continuo progresso.

Negli anni l'Infn è molto evoluto, raccogliendo anche le sfide sociali e gli adempimenti legislativi della pubblica amministrazione. Pensando a questa evoluzione, a tratti anche difficile da attuare a causa delle specificità che il mondo della ricerca richiede, si ha come l'immagine di un corpo in continuo movimento, a volte in corsa, ma sempre pronto a raggiungere l'obiettivo anche a costo di grandi fatiche.

Una peculiarità dell'Istituto, che ha reso il personale così altamente partecipe alla sua vita scientifica e organizzativa, è la forma di auto-governo responsabile che ne caratterizza la gestione interna, fortemente orientata alla scienza, per la quale le decisioni a livello alto si basano sul consenso della comunità che detta le scelte importanti, soprattutto nella ricerca.

L'Infn ha curato molto negli anni il

miglioramento e l'aggiornamento delle competenze e delle conoscenze del suo personale nel contesto di un progetto di formazione permanente. Grazie al lavoro di coordinamento di una commissione nazionale e alla rete dei referenti locali per la formazione, sono stati sempre attivi corsi, nazionali o presso le singole strutture, volti all'aggiornamento e al perfezionamento delle competenze di amministrativi, tecnici, tecnologi e ricercatori. Va sottolineato inoltre che, soprattutto negli ultimi anni, si è consolidata la convinzione dell'importanza che donne e uomini siano co-artefici di azioni e di decisioni scientifiche e organizzative ai diversi livelli. La necessità di un maggiore *gender balance* è ormai molto sentita e bisogna impegnarsi affinché sia sempre più soddisfatta. Infatti, come l'Europa ci insegna ormai da tempo, è ora di combattere gli stereotipi che non favoriscono la presenza delle donne in discipline come la fisica, cercando quindi di migliorare sempre più i settori di azioni positive che favoriscano invece interventi a favore dell'inserimento e della carriera delle donne sulla base del principio che la diversità è un valore, nella scienza come nella vita. Inoltre, le recenti immissioni straordinarie di numerosi ricercatori e tecnologi finanziate dal Ministero dell'Università e della Ricerca hanno fatto sì che con queste giovani leve si potesse attuare un ammodernamento, soprattutto tecnologico e organizzativo, in perfetta sinergia con i programmi istituzionali dell'Ente e con le sfide che ci pone l'Europa e, più in generale, la società civile. In particolare, la presenza di figure anche nuove professionalmente ha

favorito ancora di più la possibilità di reperire fondi esterni, nonché di occuparsi di trasferimento alla società delle tecnologie proprie della fisica nucleare e subnucleare applicate a settori di grande impatto sociale, come la medicina, i beni culturali, la conoscenza approfondita dell'ambiente nel quale viviamo.

Alcune collaborazioni dell'Istituto si sono tradotte nella costituzione e nella partecipazione a consorzi, società, fondazioni e, in generale, a diversi organismi associativi radicati sul territorio, nonché in collaborazioni tecnologiche con l'industria nazionale.

L'acquisizione dei fondi esterni, soprattutto da parte del personale ricercatore e tecnologo, a livello sia europeo sia nazionale e regionale, è diventata una grande sfida per i giovani e rimane una delle conquiste importanti degli ultimi anni. Si è massimizzata la sinergia con la ricerca istituzionale al fine di consolidarne il finanziamento, si sono valorizzati i rapporti con i territori, ad esempio le Regioni, tramite la partecipazione ai bandi regionali.

Il trasferimento di tecnologia e *know-how* dalla ricerca al mondo economico è considerato fondamentale per aumentare l'innovazione e la competitività di un Paese sui mercati nazionali e internazionali. Così pure il trasferimento a settori della società civile che possano beneficiare di nuove conoscenze in ambiti non produttivi, ma essenziali per il benessere della comunità. L'Infn da sempre ha prestato attenzione al trasferimento di conoscenze e tecnologie, e questo interesse si è intensificato nell'ultimo decennio: le sezioni e i laboratori, costantemente coinvolti nella produzione di nuove conoscenze,



Analisi di "Ritratto di ignoto", dipinto da Antonello da Messina nel 1476, con la tecnica Pixe nel laboratorio Labec di Firenze nel 2007. Senza alterare minimamente l'opera d'arte, la Pixe ha permesso di capire la composizione dei pigmenti, rivelando la tecnica pittorica utilizzata.

hanno reso il processo di valorizzazione una parte intrinseca delle attività di ricerca dell'Istituto.

La strategia messa in atto dall'Infn per il trasferimento tecnologico si basa soprattutto sulla valorizzazione di idee e tecniche innovative che nascono nell'ambito della ricerca di base, cercando poi di facilitare e accelerare i processi che guidano lo scambio di conoscenza fra il mondo della ricerca e la società, intesa sia come mondo delle imprese, sia come qualunque contesto che possa essere destinatario delle applicazioni, consentendo così alle nuove tecnologie di tradursi in beni e servizi fruibili dalla collettività.

Va ricordato che in ambito biomedico l'Infn ha contribuito all'applicazione della fisica nucleare e delle particelle elementari alla medicina e alla biologia, con particolare attenzione alle tecniche di diagnostica e di cura per il cancro, e al *bioimaging* in campo neurologico.

Ad esempio, l'Istituto ha dato un apporto fondamentale alla realizzazione del sincrotrone del Centro

Nazionale di Adroterapia Oncologica (Cnao) di Pavia per il trattamento di patologie oncologiche con fasci di protoni e ioni carbonio, da tempo entrato nella fase di utilizzazione clinica. Ai Laboratori Nazionali del Sud (Lns), in collaborazione con l'Università di Catania e la locale Azienda Ospedaliera, è attivo da molti anni il Centro di Adroterapia ed Applicazioni Nucleari Avanzate (Catana) per il trattamento con fasci di particelle di alcuni tumori oculari. Oggi anche il Centro Nazionale Trento Institute for Fundamental Physics and Applications (Tifpa) partecipa al Centro di Protonterapia della Azienda Provinciale dei Servizi Sanitari di Trento. L'Istituto, inoltre, partecipa alla realizzazione delle infrastrutture di ricerca europee nel settore della ricerca biomedica, della bioinformatica e della radiobiologia a basse dosi, a dimostrazione ulteriore della trasversalità delle competenze e delle infrastrutture di cui dispone. Nel settore dei beni culturali è attivo

il Laboratorio di Tecniche Nucleari Applicate ai Beni Culturali (Labec) che, in collaborazione con l'Università di Firenze, costituisce un punto di riferimento nell'applicazione delle tecnologie proprie della fisica nucleare e delle particelle al settore dell'analisi, conservazione e restauro di opere d'arte. Il Labec, con il suo acceleratore Tandem, è il cuore di una rete nazionale dell'Infn, che vede la partecipazione, attraverso progetti specifici, di altre infrastrutture Infn come i Laboratori Nazionali, e che mette a sistema tutta la strumentazione e le competenze esistenti in questo settore, collaborando con importanti centri quali l'Opificio delle Pietre Dure di Firenze e la Fondazione Venaria Reale di Torino. Nel campo della microelettronica l'Infn collabora proficuamente da anni con la Fondazione Bruno Kessler, finanziata dalla Provincia Autonoma di Trento, in tema di microsistemi innovativi su silicio. Vanno anche menzionati gli importanti risultati ottenuti nell'ambito del *Cloud Computing* e del calcolo ad alte prestazioni, dei quali hanno beneficiato soprattutto gli esperimenti ai grandi acceleratori, ma che hanno consentito anche un dialogo con il mondo esterno desideroso di competenze informatiche di alto livello. Questi importanti risultati di forte impatto sociale si sono raggiunti anche grazie alla guida del Comitato Nazionale per il Trasferimento Tecnologico (Cnnt) e alla formazione di referenti locali nelle strutture Infn che forniscono i primi consigli al personale, che si presenta con un quesito sulla valorizzazione della propria ricerca. Questa organizzazione ha fatto registrare un forte incremento delle

iniziative di ricerca collaborativa e in conto terzi condotte con le imprese, di protezione e valorizzazione della proprietà intellettuale e delle attività a supporto della creazione di *spin-off*. Dunque, consapevole di quanto sia importante il confronto e la condivisione con la società delle proprie attività e dei propri metodi e risultati, nel suo lungo percorso l'Infn ha dedicato in misura sempre crescente grande impegno per favorire la più ampia diffusione di una cultura scientifica, per la formazione di una cittadinanza della conoscenza che possa disporre non solo di informazioni ma anche di strumenti intellettuali per affrontare in modo conscio e con senso critico la vita civile. Grazie al suo Ufficio Comunicazione, l'Istituto da anni promuove e realizza per il pubblico numerose iniziative di comunicazione e coinvolgimento, progettando e organizzando grandi eventi, mostre e progetti che raccontano esperimenti e risultati scientifici, storie e persone protagoniste della ricerca. Inoltre, un Comitato nazionale di Coordinamento dedicato alla Terza Missione (Cc3m), in collaborazione con il personale delle singole strutture, si dedica costantemente a importanti iniziative di comunicazione anche di carattere didattico, con particolare attenzione alle scuole, creando sinergie tra le strutture dell'Ente e valorizzando a livello nazionale le attività nate a livello locale. Oggi, a 70 anni dalla nascita dell'Infn, occorre dunque ringraziare la comunità di donne e uomini, in ogni ruolo e livello, dai giovani all'inizio della loro carriera al personale in servizio o in quiescenza, dipendente e associato, che con dedizione e impegno hanno fatto sì che il nostro Istituto raggiungesse il prestigio che lo contraddistingue.

Dalla Ricostruzione ai primi successi

di Giovanni Battimelli



Enrico Fermi in barca all'isola d'Elba durante la sua ultima estate italiana, nel 1954.

L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare fu istituito ufficialmente l'8 agosto 1951 dall'accorpamento dei tre gruppi di ricerca che si erano formati all'interno del Consiglio Nazionale delle Ricerche (Cnr) negli anni dell'immediato Dopoguerra; per primo il Centro di Studio per la Fisica Nucleare e delle Particelle Elementari, costituito nel 1945 a Roma sotto la direzione di Edoardo Amaldi, seguito nel 1947 dal Centro per lo Studio degli Ioni Veloci di Padova, diretto da Antonio Rostagni, e poi dal Centro Sperimentale e Teorico di Fisica, creato a Torino nel 1951 sotto la guida di Gleb Wataghin. L'anno successivo il neonato Istituto, cui si era aggiunto nel frattempo il gruppo di ricerca di Milano diretto da Giovanni Polvani, fu incorporato nel Consiglio Nazionale per le Ricerche Nucleari (Cnrrn), la nuova istituzione creata dal Cnr per coordinare le attività nel settore della ricerca nucleare fondamentale e applicata. I gruppi di Roma, Padova, Torino e Milano divennero le prime quattro sezioni dell'Infn. La fondazione dell'Infn rappresentò il punto di arrivo di un lungo processo che aveva le sue origini già negli anni dell'anteguerra. Verso la metà degli anni '30, per realizzare i fasci di particelle di alta energia richiesti per le ricerche in fisica nucleare, cominciarono a diventare fondamentali le nuove macchine acceleratrici, in sostituzione delle primitive sorgenti radioattive. Consapevole delle crescenti necessità finanziarie e strumentali richieste dagli sviluppi della fisica fondamentale, Enrico Fermi aveva tentato di ottenere la creazione in seno al Cnr di un grande laboratorio nazionale analogo a quelli esistenti nei paesi scientificamente all'avanguardia, sostenuto da un ente

nazionale di ricerca, svincolato dalla dimensione necessariamente limitata del singolo istituto universitario. Il progetto di Fermi non ebbe alcun seguito, e certamente il suo fallimento ebbe un peso determinante nella sua decisione di lasciare l'Italia per approdare in luoghi dove si guardava con ben altra attenzione al supporto alla ricerca fondamentale. Nel Dopoguerra il progetto fu ripreso dai fisici rimasti nel Paese, primi tra tutti Edoardo Amaldi e Gilberto Bernardini e, nonostante le difficili condizioni dell'Italia di quegli anni, poté andare in porto grazie alle prospettive di sviluppo economico e industriale che si erano aperte dopo la guerra, grazie alle possibili applicazioni della fisica nucleare nel settore energetico, per cui la nuova classe dirigente del Paese sembrava aver compreso che anche la ricerca fondamentale costituiva un necessario retroterra. Il primo presidente dell'Infn fu Gilberto Bernardini, che restò in carica fino al 1959, seguito da Edoardo Amaldi (1960-1965), Giorgio Salvini (1966-1970), Claudio Villi (1970-1975), Alberto Gigli Berzolari (1975-1977), Antonino Zichichi (1977-1983), Nicola Cabibbo (1983-1992), Luciano Maiani (1993-1998), Enzo Iarocci (1998-2004), Roberto Petronzio (2004-2011), Fernando Ferroni (2011-2019), fino all'attuale presidente Antonio Zoccoli. Riprendendo l'antico progetto di Fermi, fin dall'inizio, nonostante la scarsità dei mezzi disponibili, l'Istituto si diede l'obiettivo della realizzazione di un laboratorio nazionale, attrezzato con una moderna macchina acceleratrice. Allo scopo venne costituita nel 1954 una apposita sezione, non vincolata a una specifica struttura

universitaria e unicamente finalizzata alla realizzazione del laboratorio e dell'acceleratore. A dirigerla fu chiamato Giorgio Salvini. In breve si arrivò a decidere, tra le varie proposte sul tappeto, il luogo in cui il laboratorio sarebbe stato realizzato e le caratteristiche della macchina. Fu importante, per questo ultimo aspetto, il contributo di idee fornito da Enrico Fermi nel corso della sua ultima visita in Italia. Nel giro di soli cinque anni venne realizzato il Laboratorio Nazionale di Frascati (Lnf), e al suo interno divenne operativa, all'inizio del 1959, la prima moderna macchina acceleratrice italiana, un elettrosincrotrone da 1 GeV. Nell'attesa, lungo tutto il corso degli anni '50, l'attività di ricerca delle sezioni dell'Infn si concentrò, oltre che nella più tradizionale fisica nucleare propriamente detta, sullo studio dei

raggi cosmici, sorgente naturale e dunque a basso costo di particelle energetiche: un settore in cui la fisica italiana vantava una lunga tradizione di eccellenza, dalle ricerche pionieristiche di Bruno Rossi e della sua scuola fino al fondamentale esperimento di Marcello Conversi, Ettore Pancini e Oreste Piccioni. Dimostrando che le particelle di massa intermedia presenti nei raggi cosmici (allora chiamate mesotroni, o mesoni, e oggi più propriamente muoni) non erano, come fino allora si pensava, i mediatori delle interazioni forti nei nuclei, ma un altro e inedito tipo di oggetti "elementari", questo esperimento, concluso sul finire del 1946, segnò di fatto la nascita di una nuova fase della fisica fondamentale, in cui la ricerca di nuove particelle nella radiazione cosmica svolse per anni un ruolo centrale. Per questo tipo di ricerche, i fisici dell'Infn disponevano di

Edoardo Amaldi,
Gilberto Bernardini
ed Ettore Pancini
al laboratorio della
Testa Grigia nel
1948.



alcuni laboratori in quota, il principale dei quali era quello della Testa Grigia a Cervinia, inaugurato già nel 1947, e parteciparono nei primi anni '50 a una serie di importanti collaborazioni internazionali, in cui si consolidarono sul campo i rapporti che si stavano stringendo in quegli anni sul piano politico e organizzativo per dare vita al progetto di un grande laboratorio europeo.

In singolare sintonia con i tempi della crescita dell'Infn, prese corpo infatti, e venne portata a compimento, l'idea di uno sforzo congiunto dei vari paesi europei per realizzare un grande laboratorio in grado di reggere la competizione con i principali centri di ricerca statunitensi. Il Consiglio Europeo per le Ricerche Nucleari (Cern) nacque ufficialmente nel 1954, e nel 1959 i fisici europei avevano a loro disposizione, nel nuovo laboratorio di Ginevra, un grande protosincrotrone da 28 GeV. Tra i padri fondatori del Cern figuravano alcuni dei protagonisti della vita iniziale dell'Infn, primo fra tutti Amaldi, che fu segretario generale dell'organizzazione nella fase embrionale, e da allora in poi le vicende dell'Istituto sono andate in parallelo con gli sviluppi del laboratorio di Ginevra: molti fisici dell'Infn hanno partecipato alle ricerche in corso al Cern, e molte scelte importanti per la politica scientifica dell'Infn sono state prese cercando di mantenere una intelligente complementarità tra gli sviluppi in Italia e gli impegni nella collaborazione europea.

L'Infn si configurava gradualmente sempre più come una realtà anomala nel panorama delle istituzioni scientifiche italiane. Formalmente alle dipendenze del Cnrn (che nel 1960

cambiò denominazione in Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare, Cnen), e pertanto sensibile alle alterne fortune che caratterizzarono all'epoca la vicenda della politica energetica italiana nel campo nucleare, era di fatto una struttura del tutto autonoma nelle scelte di gestione e di linee di ricerca nel proprio settore specifico, quello della fisica delle particelle elementari e della fisica nucleare fondamentale. D'altra parte, l'Infn manteneva al tempo stesso un fortissimo radicamento nelle università: le sezioni erano generalmente ospitate negli istituti di fisica universitari, grazie ad apposite convenzioni tra l'Infn e le università, e ne facevano parte sia fisici dipendenti dall'Istituto che docenti e ricercatori universitari a esso associati.

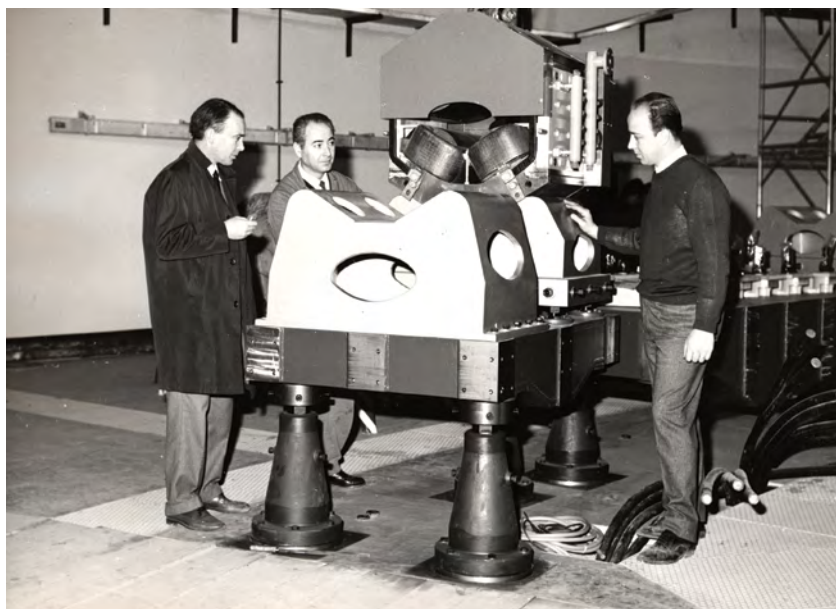
Un buon esempio di questa sinergia tra Infn e università fu la fondazione, già verso la metà degli anni '50, delle scuole di perfezionamento in fisica, per supplire alla carenza di percorsi di formazione specifici per i giovani laureati in fisica nei settori di attività dell'Istituto. Antesignane di quello che sarebbe diventato, molti anni più tardi, il dottorato di ricerca, queste scuole, inizialmente limitate al settore della fisica nucleare e subnucleare, estesero in breve tempo il proprio campo di intervento a coprire anche altri settori della disciplina. L'Istituto ha infatti prestato attenzione fin dalle origini alla possibilità di fungere da volano per altri settori di ricerca, in parte funzionali alle proprie esigenze ma suscettibili di sviluppi autonomi. A titolo di esempio, una parte della fisica della materia e delle basse temperature si è sviluppata a Frascati in coincidenza con la creazione dei Laboratori.

Anche gli sviluppi iniziali del calcolo

elettronico in Italia sono stati strettamente legati alle vicende dell'Istituto. In parallelo alle iniziative dell'Istituto Nazionale per le Applicazioni del Calcolo (Inac) del Cnr, a Pisa prese avvio a metà degli anni '50, grazie all'impulso decisivo fornito da Marcello Conversi, il progetto della Calcolatrice Elettronica Pisana (Cep). Per il decollo dell'attività furono utilizzati, dietro suggerimento dello stesso Fermi e con il pieno assenso del gruppo dirigente dell'Infn, fondi inizialmente destinati da varie istituzioni regionali al laboratorio nazionale, che si erano resi liberi perché nel frattempo si era optato per il sito di Frascati. Fu l'inizio di una stagione breve ma felice di un riuscito connubio tra istituzioni di ricerca fondamentale e sistema

industriale, che per qualche tempo vide l'Italia all'avanguardia nel nascente settore dell'informatica e del calcolo elettronico.

Negli anni '60 i Laboratori di Frascati furono il centro di una vicenda che portò a rivoluzionare l'idea e il disegno delle macchine acceleratrici per la fisica delle alte energie. Era appena entrato in funzione l'elettrosincrotrone quando, all'inizio del 1960, Bruno Touschek lanciò l'idea di sperimentare la possibilità di realizzare degli anelli di accumulazione: anziché accelerare particelle a energie sempre più elevate per poi "spararle" su un bersaglio fisso per studiare gli eventi prodotti nell'urto, l'idea consisteva nel far circolare nello stesso anello, in versi opposti, due fasci di particelle e delle rispettive antiparticelle per poi



Bruno Touschek (a sinistra) al lavoro nei Laboratori di Frascati.

studiarne le collisioni nel sistema del centro di massa, cosa che avrebbe consentito enormi vantaggi sia dal punto di vista del risparmio in energia sia della qualità degli eventi prodotti. Le numerose difficoltà (di tipo costruttivo, tecnologico e di fisica fondamentale) che presentava un progetto del genere furono risolte a Frascati, consentendo la costruzione di un primo prototipo, Ada, già funzionante all'inizio del 1961, e quindi la realizzazione del primo grande anello di accumulazione, Adone. In parallelo alla concreta costruzione del prototipo, e in previsione dell'entrata in funzione di Adone, si sviluppò una intensa attività del gruppo teorico legato ai Laboratori per lo studio del tipo di processi che le nuove macchine avrebbero consentito di studiare grazie

alle collisioni elettrone-positrone.

Fondamentale al riguardo fu il lavoro, legato ai nomi di Raoul Gatto e Nicola Cabibbo, noto ai ricercatori come "la Bibbia". Dalla metà degli anni '60 in poi, la strada inaugurata a Frascati è stata seguita da tutti i grandi laboratori di fisica delle alte energie.

Dalle macchine originali per elettroni e positroni, di dimensioni ed energia relativamente contenute (qualche decina di metri di circonferenza e qualche GeV), si è così arrivati ai giganteschi apparati dei giorni nostri. Le circostanze contingenti in cui si sono sviluppate, nelle turbolente vicende di quegli anni in Italia, prima la costruzione e poi l'attività di ricerca sperimentale di Adone, hanno parzialmente deluso le



Costruzione
dei Laboratori
Nazionali di
Legnaro.

aspettative e reso forse meno evidente il contributo innovativo costituito da quella esperienza, ma resta del tutto giustificato il riferimento, nella storia della fisica, alla nascita a Frascati di una “via italiana alle alte energie”. Intanto, l'Infn cresceva: dalle quattro sezioni iniziali si arrivò già nel 1969 a una complessa rete di realtà distribuite su tutto il territorio nazionale, con tredici tra sezioni e sottosezioni, oltre a un certo numero di gruppi collegati e centri di analisi dati. Ai Laboratori di Frascati, centrati intorno all'elettrosincrotrone e poi al progetto di Adone e focalizzati sulla fisica delle particelle elementari, si aggiunsero nel 1961, per valorizzare la linea di ricerca in fisica dei nuclei che aveva caratterizzato le attività del gruppo di Padova, i Laboratori Nazionali di Legnaro (Lnl), dedicati alla fisica nucleare (o anche, in gergo, “fisica delle basse energie”, mentre con “fisica delle alte energie” si cominciava a designare la fisica delle particelle elementari, o fisica subnucleare). Inoltre l'Istituto, molto “nordico” nella sua composizione originale, si apriva gradualmente all'inserimento di nuove realtà di ricerca nel Meridione. Già nel 1957, su iniziativa di Edoardo Caianello, si era costituita a Napoli una sottosezione, che diventò sei anni più tardi sezione dell'Infn, diretta da Ettore Pancini, e nel 1960 furono accorpati nella sezione siciliana i gruppi di ricerca operanti nelle università di Catania, Palermo e Messina, che già avevano dato vita nel 1955 a un Centro Siciliano di Fisica Nucleare, sostenuto dalle istituzioni locali e specializzato in ricerche di fisica dei nuclei. Fu il punto di partenza di una strada che avrebbe portato più tardi, nel 1976, alla

creazione dei Laboratori Nazionali del Sud, a Catania.

Una costante che ha segnato in permanenza la vita dell'Infn è stata la necessità da parte dei suoi organi direttivi di mediare tra le esigenze di sviluppo delle diverse sezioni, radicate nelle realtà universitarie locali, e la dimensione nazionale dell'Istituto, centrata sui laboratori nazionali e aperta alle grandi collaborazioni internazionali, prima fra tutte la partecipazione italiana alle attività del laboratorio di Ginevra. Nella ricerca del giusto equilibrio tra queste spinte talvolta antagoniste, la scelta è sempre stata quella di privilegiare i progetti e le attività di ampio respiro, mantenendo sempre l'attenzione alla dimensione della cooperazione internazionale. Nelle condizioni non sempre ottimali del finanziamento alla ricerca fondamentale, questo ha costretto talvolta anche a prendere decisioni difficili, come quando nella seconda metà degli anni '60 il progetto di un protosincrotrone nazionale fu sacrificato a fronte dell'impegno italiano di partecipare attivamente alla realizzazione della nuova grande macchina acceleratrice da 300 GeV al Cern.

L'Infn è nato ed è cresciuto all'interno del clima di apertura verso la ricerca fondamentale e applicata creatosi nel Dopoguerra intorno al “nucleare”, godendo di tutti i vantaggi che questa collocazione consentiva ma soffrendo anche delle ambiguità che, nella percezione diffusa e negli ambienti istituzionali, erano associate alla dicitura “nucleare”. Per lungo tempo la dirigenza dell'Istituto ha dovuto confrontarsi con le difficoltà derivanti dall'essere alla guida di un

ente di ricerca in fisica fondamentale dotato di larga autonomia circa le scelte sulle attività da svolgere, pur restando in un limbo istituzionale in cui si era privi di personalità giuridica e autonomia gestionale, alle dipendenze di un organismo fondamentalmente impegnato a sostenere la costruzione di reattori nucleari per la produzione di energia. La situazione era resa ancora più intricata dalla circostanza che alcuni dei fisici nella dirigenza dell'Istituto rivestivano anche posizioni di responsabilità all'interno degli organismi preposti alla definizione della politica nucleare in campo energetico. Il caso Ippolito, scoppiato nell'estate del 1963, fu il momento in cui divenne evidente che quell'ambiguità andava sciolta, e che il problema della autonomia, non solo sostanziale ma anche formale, giuridica e amministrativa, dell'Infn rispetto al Cnen andava risolto, pena continuare a risentire dei contraccolpi che le tensioni legate alle posizioni conflittuali sulla politica energetica

avrebbero continuato a scaricare anche sulla ricerca fondamentale. Preoccupazione costante dei presidenti dell'Istituto lungo tutto il corso degli anni '60 e i primi '70 è stata quella di costruire il difficile processo di graduale separazione dell'Infn dal Cnen, e la realizzazione della piena autonomia istituzionale. L'obiettivo fu raggiunto, grazie alla dedizione dei presidenti Salvini, Villi e Gigli Berzolari, alla metà degli anni '70, e comportò anche decisioni difficili quali quella legata alla spartizione tra i due enti, ormai indipendenti, delle attività dei Laboratori di Frascati. Ma ormai l'Infn aveva conquistato la piena autonomia, e con l'avvento della presidenza di Antonino Zichichi poteva rivolgersi, forte di una solida struttura ramificata su tutto il territorio nazionale e una consistente presenza nelle cooperazioni internazionali, ai nuovi progetti di sviluppo, di cui il principale sarebbe stato di lì a poco la realizzazione del quarto grande laboratorio nazionale al Gran Sasso.



Il Presidente della Repubblica Giovanni Gronchi (a sinistra), in visita ai Laboratori di Frascati nel 1959, insieme a Giorgio Salvini.

Conversazione con Antonino Zichichi

(presidenza 1977-1983)

[as]: La sua carriera scientifica, da 70 anni, si è svolta parallelamente alla storia dell'Infn. Ci può raccontare come è iniziata?

[Antonino Zichichi]: Sono partito da Trapani ragazzino; ho vissuto il resto della mia vita ovunque nel mondo tranne che nella città dove sono nato. Me ne sono andato quando ebbi la fortuna di vincere un concorso e, in seguito, di trasferirmi a Londra, nel gruppo scientifico più potente del mondo, diretto dal grande Patrick Blackett.

Avevo 24 anni quando smisi, praticamente, di essere trapanese. Andai a Roma vincitore di una borsa di studio dell'allora nascente Infn. Era il 1953. Due anni dopo avevo una posizione come ricercatore presso l'Infn e mi trovavo a lavorare tra l'Istituto di Fisica "Guglielmo Marconi" dell'Università La Sapienza di Roma e il laboratorio di Cervinia (3.480 metri s.l.m.), perché i raggi cosmici costituivano allora l'unica risorsa di particelle ad alta energia in Europa. Ricordo che la mezzanotte di una domenica stavo analizzando le foto della camera a nebbia di Wilson scattate dal nostro gruppo Infn-Roma nel laboratorio di Cervinia, nella speranza di riscontrare qualcosa di nuovo generato dai raggi cosmici,

quando ricevetti una telefonata da Bruno Brunelli, il vicecapogruppo, che mi chiedeva di partire il giorno seguente per partecipare a una conferenza internazionale, poiché lui si era ammalato. Era il periodo in cui ogni paese aveva il suo numero di partecipanti, e dunque la mancanza di uno di questi avrebbe comportato per la conferenza successiva la riduzione del numero di partecipanti di una unità per il paese coinvolto.

Presi dunque parte a quella conferenza, durante la quale fu dato un importante annuncio: era stata fatta una nuova scoperta da parte della stessa équipe di Blackett che nel 1947 aveva scoperto le particelle V (così chiamate perché apparivano nelle foto della camera a nebbia di Wilson come V inverse).

La prima volta che avevo sentito parlare del gruppo di ricercatori del professor Blackett risaliva appunto al 1947, durante il mio ultimo anno al Liceo Ximenes di Trapani. Non potevo immaginare che a distanza di otto anni da quella scoperta assolutamente inattesa sarei diventato il membro più giovane del gruppo di fisica del professor Blackett.

Quando mi unii all'équipe di Blackett, i rivelatori (la camera a nebbia di Wilson e le relative attrezzature) erano installati presso l'Osservatorio

Sphinx, il laboratorio più alto d'Europa (3.580 metri s.l.m.), a Jungfrauoch. Impiegai due anni (dal 1955 al 1957) a trovare due foto in cui, grazie a prove sperimentali, risultasse esistente la produzione di coppie di mesoni pesanti (il cui nome da θ divenne K), caratterizzati da stranezza positiva e negativa. Questa fu una delle prime scoperte compiute al Cern (nato nel 1954), dove fu effettuata l'analisi dei dati.

[as]: Il suo mandato alla presidenza dell'Infn è stato contraddistinto dal consolidamento del suo ruolo all'interno del panorama della ricerca internazionale e da un sostanziale aumento dei fondi destinati all'Istituto. Come è avvenuto questo?

[Z]: Quando venni eletto alla presidenza dell'Infn (1977), giurai a me stesso che avrei dovuto creare nell'Infn le condizioni affinché la struttura verticistico-burocratica dell'Ente non rappresentasse un impedimento alle grandi scoperte. Da subito mi impegnai a evitare la dispersione delle risorse economiche (i cosiddetti "finanziamenti a pioggia") e a valorizzare l'eccellenza scientifica.

I principali avvenimenti che hanno segnato la vita dell'Infn durante il mio mandato sono legati alla elezione di due straordinari personaggi: il Papa Giovanni Paolo II e il Presidente della Repubblica Sandro Pertini. Nelle mie conversazioni con il Presidente della Repubblica dicevo che l'Italia – per fortuna – non è una superpotenza. Invece di far poco bene tante cose, dovremmo concentrare le nostre risorse su poche, pochissime, attività. Essendo impegnato nel settore più avanzato della scienza galileiana, era legittimo per me proporre

di mettere a punto una serie di azioni in questo specifico settore. Noi italiani – dicevo a Pertini – abbiamo il dovere di tenere alto l'insegnamento di Fermi: quello degli esperimenti da progettare e realizzare, quello delle invenzioni tecnologiche e quello dell'analisi teorica. Questi temi appassionavano Pertini che mi stimolava a fare proposte concrete. Il valore dell'insegnamento galileiano era poi un tema di grande interesse per Giovanni Paolo II. Accadeva quindi che le stesse tematiche fossero oggetto di conversazione sia con il Presidente della Repubblica sia con il Papa. Fu perché del nuovo Papa conoscevo le preoccupazioni scientifiche – raccontai a Pertini – che proposi al Consiglio di Presidenza dei Fisici Europei di andare in Vaticano, pochi mesi dopo la sua elezione. Il Santo Padre ci accolse con entusiasmo e aprì le porte della Chiesa alla scienza. Pertini mi disse che dovevo considerare aperte alla scienza le porte del Quirinale e che potevo contare su di lui per la mia battaglia culturale. L'affettuosa e viva amicizia tra Sandro Pertini e Karol Wojtyła è stato il motore dell'azione da me intrapresa per proporre di aumentare di un fattore dieci i finanziamenti dell'Infn. Nei sei anni che seguirono riuscimmo a fare molte cose. Il progetto Lep del Cern era bloccato da diversi anni per contrasti tra gli Stati membri. Fu il lavoro del gruppo di studio, totalmente affidato all'Infn, che sbloccò il progetto dotandolo di nuovi parametri, senza i quali il successivo Lhc sarebbe stato impossibile: nacque così la più potente macchina per lo studio delle forze elettrodeboli. Il "progetto Gran Sasso" ha dato al nostro Paese

una struttura unica al mondo nello studio dei fenomeni cosmici. E poi ricordo la realizzazione dell'anello di magneti superconduttori per l'acceleratore a protoni di Hera al laboratorio Deutsches Elektronen-Synchrotron (Desy) di Amburgo (la più potente macchina acceleratrice per protoni ed elettroni) e il Ciclotrone Superconduttore dei Laboratori Nazionali del Sud.

[as]: Parliamo di una delle infrastrutture di punta dell'Infn: i Laboratori Nazionali del Gran Sasso (Lngs).

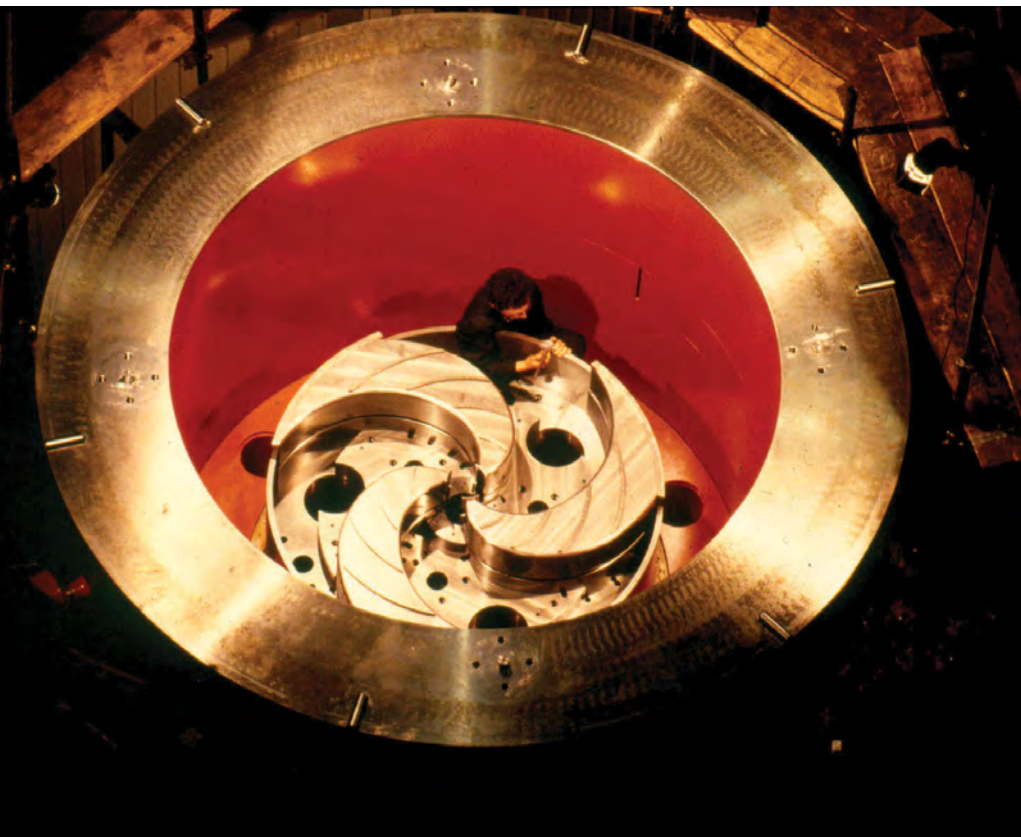
[Z]: I Laboratori sotterranei del Gran Sasso sono un'impresa scientifica nata alla fine degli anni '70 per dare all'Italia una struttura tecnologico-scientifica complementare a quella dei grandi laboratori in cui operano macchine acceleratrici di altissima

energia. Quando, nel 1979, progettai i Laboratori, il "supermondo" era ancora in fasce e al terzo neutrino pochi credevano. L'idea era di studiare i problemi riguardanti la stabilità della materia, i collassi stellari e i neutrini di varia provenienza (terrestre, solare, astrofisica), ma anche le correlazioni possibili tra la fisica che si fa al Cern e le cose che si possono osservare nei rivelatori sotterranei. Un esempio al riguardo era lo studio dei neutrini prodotti al Cern e osservati al Gran Sasso. Dobbiamo essere scientificamente orgogliosi che in questa nuova frontiera della fisica l'Italia grazie all'Infn sia in prima linea.

[as]: Un'altra iniziativa importante che ha contrassegnato il suo mandato è stata l'approvazione del Ciclotrone Superconduttore dei Laboratori Nazionali del Sud.

Costruzione dei Laboratori del Gran Sasso nei primi anni '80.





Il Ciclotrone Superconduttore, utilizzato ancora oggi sia per attività sperimentali sia da Catana nei Laboratori del Sud, mentre era in costruzione a Milano negli anni '80.

[Z]: Nel 1979 l'Infn decise di creare presso i Laboratori Nazionali del Sud (Lns), con sede a Catania, le strutture idonee a ricerche avanzate in fisica nucleare, dotando i Laboratori del Ciclotrone Superconduttore. L'iniziativa fu il risultato di un'intensa collaborazione tra l'Infn, l'Università di Catania e la Regione Siciliana. Ai Laboratori del Sud, per la prima volta

in Italia, si è fatta adroterapia, cioè sono stati utilizzati i fasci di protoni accelerati nel Ciclotrone per curare alcuni tipi di tumori (in tessuti che si trovano fino a qualche centimetro di profondità). Pochi all'epoca credevano che si potesse realizzare al Sud una struttura scientifico-tecnologica così avanzata. E le applicazioni mediche

basate sull'impiego di adroni (cioè particelle dotate non solo di carica elettrica ma di carica nucleare) erano molto lontane dal punto in cui siamo arrivati oggi. Catania era l'unico centro di adroterapia in Italia: adesso ci sono due altri centri, uno a Pavia e uno a Trento.

Senza memoria – diceva Enrico Fermi – non potrebbe esserci né scienza né civiltà. Ecco perché voglio ricordare l'importanza che l'adroterapia – attiva a Catania quando nel resto dell'Italia nessuno ne parlava – ritrovi in Sicilia i motivi per dare vita a un centro di eccellenza.

[as]: Il suo nome è legato anche a un'istituzione unica al mondo, il Centro di Cultura Scientifica "Ettore Majorana", un esempio concreto del valore civile della scienza come terreno di incontro e dialogo.

[Z]: I grandi sapienti dell'era moderna non sono più tutti in un singolo luogo, come poteva essere la Bologna medievale, ma sparsi nel mondo. Da qui l'idea del Centro di Cultura Scientifica "Ettore Majorana". Ogni anno, coloro che hanno scoperto cose nuove, vengono a Erice. Le loro lezioni sono seguite da studenti di tutto il mondo, desiderosi di apprendere le novità del sapere dalla viva voce degli autori. Ecco un pezzo poco noto di Sicilia. Quando nel 1962 proposi al Cern l'istituzione del Centro di Cultura

Scientifica "Ettore Majorana" con sede a Erice, molti miei amici stranieri mi dissero che in quell'angolo sperduto della Sicilia non sarebbe venuto nessuno. In quasi 60 anni di attività, nel Centro di Erice sono venuti a discutere, dibattere, ascoltare lezioni circa 135.000 scienziati di 140 nazioni, impegnati in ricerche scientifiche nei più famosi laboratori del mondo. Tra questi scienziati ci sono i giganti della fisica moderna e 152 Nobel, di cui ben 102 hanno avuto il Nobel dopo essere stati a Erice. Gli scienziati di Erice si sono cimentati nell'opera estremamente complessa di abbattere le barriere ideologiche politiche e razziali affinché una scienza senza segreti e senza frontiere potesse diventare realtà. In piena Guerra Fredda il *Manifesto di Erice* attirasse l'attenzione di molti Capi di Stato (tra cui il nostro Pertini e Deng Xiao Ping). Reagan e Gorbachev dichiararono nel loro incontro a Ginevra (nel 1985) che il nemico numero uno della pace nel mondo erano i laboratori segreti. Esattamente quello che era scritto nel *Manifesto di Erice* (1982), firmato da scienziati di tutto il mondo. Erice è un posto dove fede, scienza e politica hanno saputo trovare le loro radici comuni decretando una grande alleanza. È da questa alleanza che si è potuto rendere attivo lo stretto legame tra quelli che per la cultura del nostro tempo, detta "moderna", erano tre mondi in conflitto culturale.

Conversazione con Luciano Maiani

(presidenza 1993-1998)

[as]: Lei è tra i protagonisti della fisica teorica italiana. Qual era il panorama della fisica, tra teoria e ricerca sperimentale, quando ha iniziato la sua carriera scientifica?

[Luciano Maiani]: Dopo la laurea a Roma nel 1964, trascorsi un breve periodo a Firenze nel gruppo di Raoul Gatto, in quella che venne chiamata la Scuola di Firenze, per poi, nel 1967, rientrare a Roma, dove iniziai a collaborare con Nicola Cabibbo: i primi lavori ad aprire questo nostro sodalizio si concentrarono sul tentativo di fare una teoria delle interazioni deboli, che andasse oltre la teoria di Fermi-Cabibbo. Successivamente, nel 1969, mi trasferii ad Harvard, negli Stati Uniti, dove sapevo che avrei trovato un gruppo con cui avrei lavorato bene: Sheldon Lee Glashow e Sidney Coleman, che avevo già conosciuto di persona, e John Iliopoulos. Anche Glashow e Iliopoulos si stavano occupando dello stesso problema su cui avevo lavorato a Roma con Cabibbo, ma non erano affatto d'accordo con quanto eravamo riusciti a fare in Italia. Le nostre animate discussioni ci portarono a proporre l'esistenza di un quarto quark, lo stesso teorizzato anni prima da Glashow e James Bjorken, il quark charm. Trovammo anche una previsione della massa del quark

charm, che spiegava perché le ricerche non avevano prodotto risultati fino ad allora. Dopo Harvard, sono tornato a Roma e ho ripreso la collaborazione con Cabibbo. In quel momento, Adone aveva scoperto la produzione "multiadronica", che, interpretata in termini di quark, rendeva tutto molto eccitante: sarebbe bastato spingere la macchina fino a 3 GeV per trovare il quark charm. Non facemmo in tempo a discutere di ciò con i fisici sperimentali dei Laboratori di Frascati, che nel 1974 uscì la notizia della scoperta della particella J/ψ , il mesone che ci aspettavamo, da parte dello Stanford Linear Accelerator Center (Slac) e dei laboratori di Brookhaven negli Usa. Risultato che venne confermato anche a Frascati, dopo aver spinto la macchina a energie più elevate. La scoperta del quark charm ha aperto la strada alla teoria dell'unificazione delle interazioni deboli ed elettromagnetiche. Seguì la previsione e la scoperta di una terza generazione di quark, e un lungo periodo di verifica del modello standard.

[as]: Dal 1993 al 1997 lei ha guidato l'Infn in veste di presidente. Quali sono stati i risultati più importanti raggiunti dall'Istituto in questo periodo?

[M]: Quando ho assunto l'incarico, l'Infn usciva dalla presidenza Cabibbo,

che era stata molto lunga e che aveva ottenuto risultati straordinari. Tra questi, l'osservazione dei neutrini solari di bassissima energia prodotti dal ciclo protone-protone, ottenuta con l'esperimento Gallex ai Laboratori del Gran Sasso. Con Cabibbo, Enrico Bellotti e altri, i Laboratori erano diventati un centro di ricerca internazionale di prima grandezza. C'era tuttavia la necessità di stabilizzare la loro struttura di selezione delle linee scientifiche. Tra i miei primi compiti vi fu quindi la creazione di un consiglio scientifico del Gran Sasso di livello internazionale.

Un successivo incarico, che mi vide impegnato, fu la stesura di un nuovo regolamento interno dell'Istituto, un problema molto spinoso perché il nuovo documento avrebbe dovuto continuare a riflettere l'autonomia e l'indipendenza che hanno sempre caratterizzato l'Infn. A tale scopo, mi rivolsi a Sabino Cassese, che conosceva l'Infn attraverso la sua amicizia con Marcello Conversi. Cassese aveva un'ottima considerazione dell'Infn, tanto da affermare che in Italia esistevano solo due istituzioni funzionanti, la Banca d'Italia e l'Infn. Con Luisa Torchia, una collaboratrice di Cassese, portammo



Il tunnel di Lhc al Cern di Ginevra.

a termine la scrittura del nuovo regolamento. Un lavoro di cui sono orgoglioso, perché conteneva molti punti di novità, tra i quali il richiamo al trasferimento tecnologico, che stava emergendo proprio in quegli anni come uno degli aspetti imprescindibili delle attività di un ente di ricerca pubblico. Nel 1994 mi trovai a fare fronte, appena dopo il mio insediamento, a un'altra questione di capitale importanza, ovvero il progetto Lhc. Seguendo l'idea originaria di Antonino Zichichi, che aveva voluto che l'Italia contribuisse a Desy fornendo dei magneti superconduttori per Hera, Cabibbo e Francesco Resmini avevano fondato il Lasa, il laboratorio di Milano dedicato alla superconduttività. Scoprii che c'era già in essere una collaborazione tra Infn e Cern per sviluppare dei prototipi di magneti superconduttori per Lhc. Questo programma vedeva ovviamente coinvolte diverse imprese italiane, tra cui l'Ansaldo e la Zanon. La collaborazione con il Cern si sviluppò sul fronte dei magneti di Lhc e avrebbe portato le imprese italiane a essere competitive a livello internazionale nell'ambito della criogenia e della superconduttività. Il 1994 è stato anche l'anno di un'altra cruciale decisione, ovvero l'approvazione di Virgo, progetto allora considerato da molti nell'Infn come una sorta di fuga nel futuro da parte della presidenza. In effetti, l'approvazione di Virgo mi diede il modo di dimostrare al governo dell'epoca come l'Infn fosse un soggetto dinamico, in grado di guardare al futuro e non interessato alla sola fisica delle particelle, e come, senza l'Istituto, l'Italia non sarebbe mai stata capace di realizzare

un'infrastruttura del genere. Durante la mia presidenza ho avuto modo di appurare quanto sostenuto da Cassese, ovvero che, oltre a fisici di altissimo livello, l'Infn aveva un'amministrazione sana e collaborativa. Esempio di ciò è stata la costruzione di Dafne nei Laboratori di Frascati che, in piena tangentopoli, è costata il 20% in meno delle stime di costo inizialmente previste per la realizzazione dell'acceleratore.

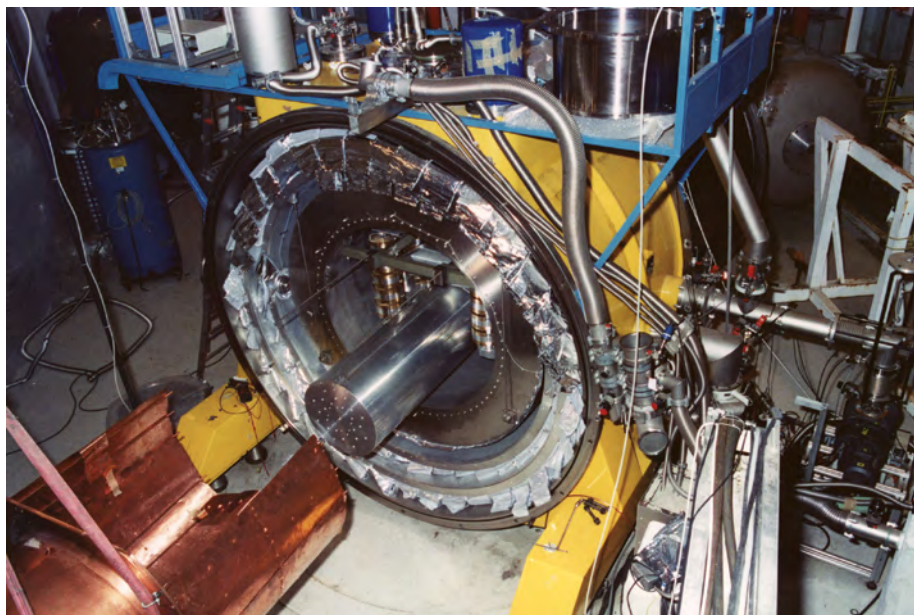
[as]: La decisione di firmare l'accordo con il francese Centre National de la Recherche Scientifique (Cnrs) per la costruzione dell'interferometro Virgo è stata una decisione vincente, come dimostrano gli straordinari risultati ottenuti negli ultimi anni nella ricerca delle onde gravitazionali. Qual è stato il percorso che ha portato l'Infn a interessarsi e infine a decidere di investire in questo ambito di ricerca?

[M]: Quella di Virgo è una storia che inizia negli anni '60, con l'affermazione, da parte del fisico Jo Weber, di avere osservato dei segnali di onde gravitazionali con degli strumenti chiamati antenne risonanti. L'affermazione di Jo Weber si mostrò infondata, ma spinse Edoardo Amaldi a interessarsi del problema e a creare un gruppo di ricerca, impegnato nella realizzazione di antenne sempre più sensibili. Sul finire degli anni '80, iniziò a emergere una nuova idea, che prevedeva l'utilizzo di interferometri laser di grandi dimensioni, capaci di osservare piccolissime variazioni della lunghezza dei loro due bracci perpendicolari, dovute al passaggio dell'onda gravitazionale. Un'intuizione molto semplice su cui

si iniziò a lavorare un po' dappertutto in Europa e che diede il via a un movimento volto a organizzare e istituire un osservatorio europeo. L'iniziativa non ebbe successo per la mancanza di un accordo tra le componenti delle diverse nazioni. La situazione fu sbloccata da una proposta sottoposta da Adalberto Giazotto e Alain Brillet al Cnrs e all'Infn per la costruzione di un interferometro a Cascina, in provincia di Pisa. Fu una proposta che si poneva al di fuori del movimento europeo e fu anche criticata da parte dei ricercatori inglesi e tedeschi, che sarebbero stati, almeno in un primo momento, esclusi. Nicola Cabibbo, all'epoca presidente dell'Infn, capì l'importanza del progetto

e incaricò Orazio Svelto, noto per gli studi sui laser, di eseguire uno studio di fattibilità di Virgo, che si concluse con un parere positivo, supportato da un'analoga analisi effettuata dal Cnrs. Parte importante del progetto erano gli attenuatori del rumore sismico e termico inventati da Giazotto. Tuttavia, Cabibbo non riuscì a ottenere l'approvazione del consiglio direttivo dell'Infn per l'inserimento del progetto nell'ambito del Piano Quinquennale in discussione nel 1992. La proposta tornò in discussione verso la fine del 1993, poco dopo il mio insediamento. Il progetto era affascinante e innovativo. Virgo puntava a rivelare i segnali provenienti dalla coalescenza di due

L'antenna risonante Auriga per la ricerca delle onde gravitazionali, in funzione ai Laboratori di Legnaro nei primi anni 2000.



stelle di neutroni, un processo che sicuramente esiste e che dà luogo a una emissione calcolabile di onde gravitazionali. Le antenne risonanti, invece, cercavano segnali prodotti dalle supernovae, probabilmente inesistenti a causa del collasso sferico che contraddistingue questa tipologia di eventi. Non a caso gli Stati Uniti avevano adottato con convinzione il progetto Ligo, basato sugli interferometri laser, come constatai in un viaggio al Massachusetts Institute of Technology (Mit). Questa volta, appoggiandomi anche al parere positivo di Cabibbo, Virgo fu approvato nel Piano Quinquennale.

[as]: Con il punto di vista e l'esperienza di chi è stato sia presidente dell'Infn sia direttore generale del Cern (dal 1999 al 2003), come valuta il contributo della fisica italiana e quindi dell'Infn al Cern?

[M]: In poche parole, si potrebbe dire che il contributo della fisica italiana al Cern è, semplicemente, straordinario! Basti pensare al ruolo svolto da Amaldi e Bruno Ferretti nella fondazione del Cern. Vorrei inoltre ricordare gli scienziati italiani di altissimo profilo che hanno contribuito a far diventare il Cern il primo centro di ricerca al mondo per la fisica delle particelle. Tra questi, possiamo sicuramente citare Emilio Picasso, uno dei responsabili dell'avvento della fisica sperimentale del Cern, Antonino Zichichi, lo stesso Cabibbo e, per quanto riguarda gli acceleratori, Carlo Rubbia, cui è dovuta l'idea di Lhc, Giorgio Brianti, a cui dobbiamo il primo disegno di Lhc, e Lucio Rossi, per lo sviluppo dei magneti superconduttori. La comunità italiana si

è sempre distinta per un mix di genio e, non sregolatezza, ma vivacità. A queste personalità fa da controparte, in Italia, l'Infn, un istituto che in 70 anni ha saputo mantenere ricerca e formazione a livelli di qualità molto elevati.

[as]: Rimanendo nel periodo che l'ha visto alla guida del Cern, ci racconta di uno dei progetti di cui è stato promotore, l'esperimento Opera, e della collaborazione tra Infn e Cern che ha portato nel 2010 all'osservazione diretta da parte di Opera del fenomeno dell'oscillazione dei neutrini?

[M]: Nel 1998, un anno prima dell'inizio del mio incarico al Cern, fu chiarito che quello delle oscillazioni dei neutrini muonici era un fenomeno reale. Negli esperimenti sui neutrini atmosferici, tuttavia, non si determinava in "cosa" oscillassero i neutrini muonici. Per validare l'ipotesi naturale di oscillazione del neutrino mu nel neutrino associato al leptone tau era necessario costruire una macchina con energia sufficiente per produrre queste particelle. Questo si poteva ottenere con un fascio di neutrini prodotti dall'acceleratore Ps del Cern e puntato in direzione dei Laboratori del Gran Sasso, un progetto che fu chiamato Cngs. Era proprio l'idea che aveva convinto Antonino Zichichi a far orientare le sale del Gran Sasso verso Ginevra. Ovviamente, mi rendevo conto che il progetto più importante del Cern era Lhc. Tuttavia, considerate le sue dimensioni ridotte, pensai che valesse la pena realizzare rapidamente Cngs, cosa che è stata possibile anche perché, grazie al mio successore alla presidenza Infn, Enzo Iarocci, l'Infn prese in carico le spese per il tunnel di decadimento al Cern.

Conversazione con Enzo Iarocci

(presidenza 1998-2004)

[as]: Quali sono state le tappe più significative raggiunte dall'Infn durante il suo mandato?

[Enzo Iarocci]: Porrei in cima la scoperta della violazione diretta della simmetria di carica e parità tra materia e antimateria nei decadimenti dei mesoni K neutri, mediante l'accurata determinazione del parametro alla base del fenomeno, effettuata grazie al super-sincrotrone a protoni del Cern di Ginevra. Ricorderei la scoperta dell'analogo fenomeno nel decadimento dei mesoni B neutri nei primi anni duemila, da parte dell'esperimento Babar ospitato allo Slac, in California. Di rilievo sono state anche la determinazione del contributo dei gluoni al momento angolare del protone dell'esperimento Hermes a Desy in Germania e la misura della forza di Casimir tra le armature di un condensatore piano scarico, dovuta alle fluttuazioni elettromagnetiche del vuoto, risultato di un piccolo ma sofisticato esperimento eseguito nei Laboratori di Legnaro.

Sul fronte strumentale, in quegli anni, a Pavia il modulo di Icarus da 300 tonnellate registrava invece le prime immagini di raggi cosmici, esibendo spettacolari tracce di muoni piene di dettagli e lunghe quasi 20 metri. Vorrei infine ricordare due eventi di

rilievo nel settore delle applicazioni mediche: il primo intervento di adroterapia in Italia, su tumori oculari in collaborazione con i medici dell'Università di Catania, eseguito con il fascio di protoni del Ciclotrone Superconduttore dei Laboratori del Sud; quindi, l'accordo con il Cnao di Pavia, che affidava all'Istituto un ruolo principale nella realizzazione del sincrotrone adronico.

[as]: Nella ricerca sperimentale, l'Infn ha saputo maturare e mantenere sempre alte competenze nello sviluppo dei rivelatori di particelle, settore nel quale lei stesso ha portato rilevanti contributi, tanto che, per esempio, tra i rivelatori diffusamente impiegati fino alla fine degli anni '80, ve ne sono alcuni che portano proprio il suo nome, i "tubi di Iarocci". Qual è stato il principale apporto che l'Infn ha fornito allo sviluppo di questo particolare ambito?

[I]: Inizierei dai "tubi di Conversi", sviluppati nei primi anni '50 a Pisa, più o meno quando nasceva l'Infn. Precursori delle camere a scintilla, questi rivelatori erano composti da tubi di vetro pieni di gas neon puro posti tra piatti conduttori, i quali, producendo flash di luce mediante impulsi d'alta tensione, consentivano di visualizzare le traiettorie di particelle ionizzanti, che

potevano così essere fotografate. I “tubi a *streamer*”, sviluppati ai Laboratori di Frascati da un gruppo guidato da me, generano un segnale a iniziare dagli elettroni di ionizzazione in un gas, facendo ricorso a un filo a tensione elettrica continua. Il loro impiego nell'esperimento sul decadimento del protone in un garage nel tunnel sotto il Monte Bianco portò inoltre alla messa a punto di un kit di componenti di plastica, che si rivelò particolarmente adatto a realizzare dispositivi traccianti a grande area, come quello di Macro ai Laboratori del Gran Sasso o i calorimetri adronici traccianti degli esperimenti del Lep o su altri collisori nel mondo.

Il ruolo dell'Infn in questo settore è rimasto centrale anche nel corso degli ultimi anni. L'Istituto ha infatti contribuito in maniera fondamentale allo sviluppo delle attuali tecniche di rivelazione utilizzate negli esperimenti di Lhc, in grado di ottenere risoluzioni temporali o spaziali elevate, come nel caso, rispettivamente, delle camere a piatti resistivi, introdotte a Roma e poi sviluppate a Bologna nell'ambito della collaborazione Alice, o dei rivelatori al silicio, al cui perfezionamento hanno partecipato gruppi di Milano e Pisa. Torno a menzionare Icarus, un rivelatore basato su una innovativa tecnica di rivelazione delle particelle (Liquid Argon Time Projection Chamber), ideata dal premio Nobel Carlo Rubbia nel 1977, che sfrutta un grande volume di argon liquido reso totalmente sensibile da piani di fili collegati a un'elettronica che

registra continuamente le cariche di ionizzazione raccolte assieme ai tempi, in grado di ricavare immagini tridimensionali ad alta definizione degli eventi. Dopo il test già ricordato condotto a Pavia, un modulo da 600 tonnellate ha operato nei Laboratori sotterranei del Gran Sasso studiando le oscillazioni dei neutrini del fascio proveniente dal Cern di Ginevra. L'esperienza maturata ai Laboratori del Gran Sasso consentirà nei prossimi anni di applicare la tecnica su grande scala, in una analoga sperimentazione su fasci di neutrini diretti dal Fermilab di Chicago verso un lontano laboratorio sotterraneo in Sud Dakota. Notevole è stato infine il contributo dell'Istituto allo sviluppo delle numerose tecniche di rivelazione di processi rari impiegate nei Laboratori del Gran Sasso che richiedono la soppressione del disturbo della radioattività dei materiali.

[as]: Lei ha seguito da vicino il progetto Dafne sia in veste di direttore dei Laboratori di Frascati sia di presidente dell'Infn. Quali sono le caratteristiche di questa importante infrastruttura, come si è arrivati alla sua costruzione e quali sono stati i risultati scientifici più importanti realizzati con questo acceleratore?

[I]: A Frascati, dopo il successo dell'elettrosincrotrone di Giorgio Salvini, l'invenzione di Bruno Touschek di Ada, il primo collisore positrone-elettrone, immediatamente seguita dalla sua versione in grande Adone,

il tutto nel giro di un decennio, era seguita una lunga stasi di oltre 20 anni. L'Istituto rischiava così di vedersi sfuggire la capacità di costruire acceleratori che era lo scopo principale per cui era nato. In questa situazione l'Istituto colse l'opportunità offerta da una nuova linea di indagine, stimolata dalla scoperta dei quark charm e beauty, che puntava alla costruzione di collisori elettrone-positrone ad alta luminosità specializzati nella produzione di mesoni costituiti da quark di particolari "sapori", e per questo battezzate "fabbriche di sapori", con l'obiettivo di studiare la violazione della simmetria CP. L'Infn decise così di realizzare a Frascati una fabbrica di ϕ , un mesone costituito da una coppia quark-antiquark dal sapore

"strano", di massa poco sopra 1 GeV. Quindi si trattava di realizzare un collisore elettrone-positrone d'energia nel centro di massa pari a un terzo di quella di Adone, del quale poteva perciò prenderne il posto nell'edificio esistente. Per sfruttare a pieno il potenziale scientifico dell'iniziativa, fu inevitabile puntare al limite estremo di luminosità della macchina: diecimila volte più elevata delle macchine di prima generazione, cento volte più elevata di quelle allora esistenti alla stessa energia.

A tal fine, fu perciò necessario ricorrere a un doppio anello, con un doppio incrocio per poter eseguire insieme due esperimenti. I problemi tecnici allora esistenti, legati alla realizzazione di macchine con incrocio dei fasci,



furono brillantemente superati grazie a un sistema di intensificazione della luminosità ideato da Pantaleo Raimondi e chiamato *crab-waist*. Per quanto concerne i risultati, l'utilizzo di Dafne e la possibilità di indagare nel dettaglio i prodotti di decadimento della ϕ , costituiti per lo più da coppie K-anti-K, cariche o neutre, ha consentito di aprire la strada a due studi di precisione del nucleo atomico: lo studio di iper-nuclei, vale a dire nuclei ai quali un K negativo ha ceduto il suo quark strano, e lo studio degli spettri di radiazione emessa da atomi "kaonici", atomi dove un K negativo ha preso il posto di un elettrone atomico. Oggi Dafne è ancora in funzione per una ricerca di quest'ultimo tipo. I più significativi successi sono stati tuttavia

conseguiti dall'esperimento che si è fatto carico delle massime ambizioni del progetto Dafne, Kloe, basato su un apparato magnetico dotato di rivelatori d'avanguardia, come una camera a deriva di dimensioni record e un calorimetro elettromagnetico a fogli di piombo e fibre scintillanti con risoluzione temporale record utile per la localizzazione dei fotoni. Tra i risultati dell'esperimento spiccano una misura accurata dell'angolo di Cabibbo, assieme alla determinazione del contributo adronico all'anomalia del muone.

[as]: La sua presidenza è stata contrassegnata dall'inaugurazione dell'interferometro gravitazionale europeo Virgo, che negli ultimi anni



è stato protagonista di importanti risultati e della nascita dell'astronomia gravitazionale, un modo nuovo di studiare il cosmo. Può condividere con noi la storia e un ricordo di questo momento?

[I]: Vorrei innanzitutto ricordare che verso la fine del 1999 fu costituito il consorzio European Gravitational Observatory (Ego), tra Infn e Cnrs. In pratica il consorzio svolge le funzioni di indirizzo e di supporto di un laboratorio di ricerca avendo in questo caso, almeno per ora, un unico esperimento. Virgo fu inaugurato nell'estate 2003, alla presenza della Ministra dell'Istruzione, Università e Ricerca Letizia Moratti e di un rappresentante del suo omologo francese.

L'interferometro non era ancora pronto per funzionare, ma la strumentazione era correttamente stata installata nei due bracci di 3 km.

Era naturalmente presente Barry Barish, quale direttore di Ligo, ruolo da lui assunto nel 1997, che lo ha portato di recente a ricevere il premio Nobel per la scoperta delle onde gravitazionali. Il fatto che egli avesse guidato la componente americana dell'esperimento Macro, dedicato alla ricerca di monopoli magnetici nei Laboratori del Gran Sasso, facilitò la collaborazione tra Ligo e Virgo.

[as]: È durante il suo mandato che è nato l'Ufficio Comunicazione

dell'Istituto. Da che cos'è stata motivata questa iniziativa e qual è, secondo lei, il ruolo della comunicazione scientifica in un ente pubblico di ricerca come l'Infn e nella società?

[I]: Tra le ragioni c'era innanzitutto l'allora crescente richiesta di trasparenza da parte del pubblico, dei mezzi di comunicazione, del mondo delle imprese e del mondo politico, riguardo all'oggetto e ai risultati delle ricerche dell'Infn, che sono finanziate con fondi pubblici. Un compito piuttosto impegnativo, soprattutto alla luce della natura delle attività condotte dall'Infn, per le quali la classica domanda "a che cosa serve" spesso non ha risposta immediata, ma che d'altra parte possono portare a risultati ricchi di fascino, specialmente se sostenuti da una sistematica attività di comunicazione. Più in generale, la comunicazione contribuisce a combattere l'atteggiamento antiscientifico strisciante, reso particolarmente insidioso oggi dai moderni mezzi sociali di comunicazione. La sua azione all'interno dell'Istituto, come negli altri centri di ricerca, è inoltre senz'altro utile non solo per una diffusa consapevolezza del vasto spettro di attività e risultati, ma anche per sostenerne la coesione e lo spirito di squadra.

Conversazione con Fernando Ferroni

(presidenza 2011-2019)

[as]: Nella prima parte della sua carriera scientifica, Lei ha lavorato negli Stati Uniti nella collaborazione Babar, che nel 2002 ha fornito la prova della violazione della simmetria CP nel decadimento dei mesoni B. Ci può raccontare questa impresa scientifica e il ruolo svolto dall'Infn?

[Fernando Ferroni]: Babar è stata una collaborazione paritaria con il Department of Energy (Doe) e lo Slac, condotta da un insieme molto qualificato di unità Infn insieme ad altri istituti europei, che ha costruito, entro le tempistiche previste e restando nel budget stanziato, un esperimento che ha scoperto la violazione di CP nel sistema dei mesoni B. L'Infn ha partecipato con ruolo dirigente nel tracciare al silicio, nella camera centrale e nel rivelatore di muoni. I suoi ricercatori hanno ricoperto tutti i possibili ruoli di responsabilità dell'esperimento e decine di giovani dottorandi e *post-doc* hanno maturato un'esperienza unica e diversa da quella che avrebbero fatto in Europa, arricchendosi di importanti capacità per diventare i futuri *leader*. Un bell'esempio di che cosa sa fare l'Infn, di come si lavora nella cosiddetta *big science*, la scienza dei grandi progetti, le grandi collaborazioni, le grandi infrastrutture di ricerca, e di quanto

lavorare in quest'ambito possa offrire a un giovane ricercatore.

[as]: Dal 2011 al 2019 lei ha ricoperto la carica di presidente dell'Infn. Quali sono stati i risultati e i successi più importanti raggiunti dall'Istituto in questo periodo?

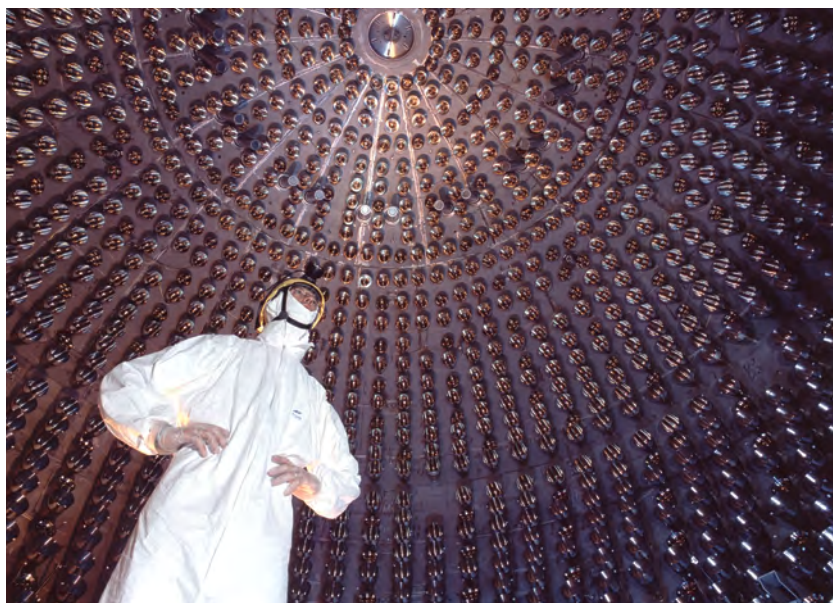
[F]: Senza dubbio alcuno, la scoperta del bosone di Higgs al Cern nel 2012 e quella delle onde gravitazionali a Ligo e Virgo nel 2015 e 2017, nelle due forme di coalescenza di due buchi neri e di stelle di neutroni, che hanno anche segnato la nascita dell'astronomia multimessaggera. Penso poi che le misure fatte ai Laboratori del Gran Sasso, in particolare da Opera, sulla trasformazione dei neutrini muonici in neutrini tau nel loro viaggio dal Cern, e da Borexino, sui neutrini solari, siano state estremamente qualificanti. Aggiungerei che la nascita del Gran Sasso Science Institute (Gssi), in buona parte dovuta all'esistenza dei Laboratori del Gran Sasso e affidato alla tutela dell'Infn fino al suo inserimento nel sistema universitario italiano, è stata una prova della capacità dell'Ente di andare ben al di là dei suoi compiti istituzionali.

[as]: Qual è l'impatto scientifico delle due scoperte, del bosone di Higgs

e delle onde gravitazionali, e quale il ruolo dell'Infn nello sviluppo della fisica delle particelle e di quella gravitazionale in Europa?

[F]: L'impatto scientifico di queste due scoperte viene testimoniato in maniera esaustiva dai due premi Nobel assegnati nel 2013 a Peter Higgs e a François Englert, a seguito dell'osservazione del bosone di Higgs, e nel 2017 a Kip Thorne, Rainer Weiss e Barry Barish per la rivelazione delle onde gravitazionali. Per quanto concerne invece le ricadute, il bosone di Higgs ha in realtà aperto la strada a un futuro complicato, perché se da un lato ha rappresentato il coronamento del modello standard, la

teoria che oggi meglio descrive il mondo delle particelle elementari e delle loro interazioni, dall'altro potrebbe risultare la porta per l'accesso a una nuova fisica o quantomeno a future ricerche che dovranno cercare di risolvere il problema che la massa stessa della particella di Higgs pone. Sul fronte delle onde gravitazionali, queste ultime ci hanno invece consegnato, come già fatto notare, un modo nuovo di osservare l'universo grazie all'astronomia multimessaggera, con la quale siamo in grado di classificare meglio i segnali prodotti dai fenomeni dell'universo violento. Tale successo ci garantisce oltretutto che la nuova generazione di rivelatori di onde gravitazionali consentirà



Fasi di allestimento della sfera di acciaio di Borexino, esperimento dedicato allo studio dei neutrini solari. All'interno della sfera in acciaio sono visibili i fotomoltiplicatori utilizzati per rivelare la luce di scintillazione prodotta dall'interazione dei neutrini.

di osservare le profondità dell'universo, coprendo tutto ciò che è successo nei suoi 13 miliardi di anni di vita.

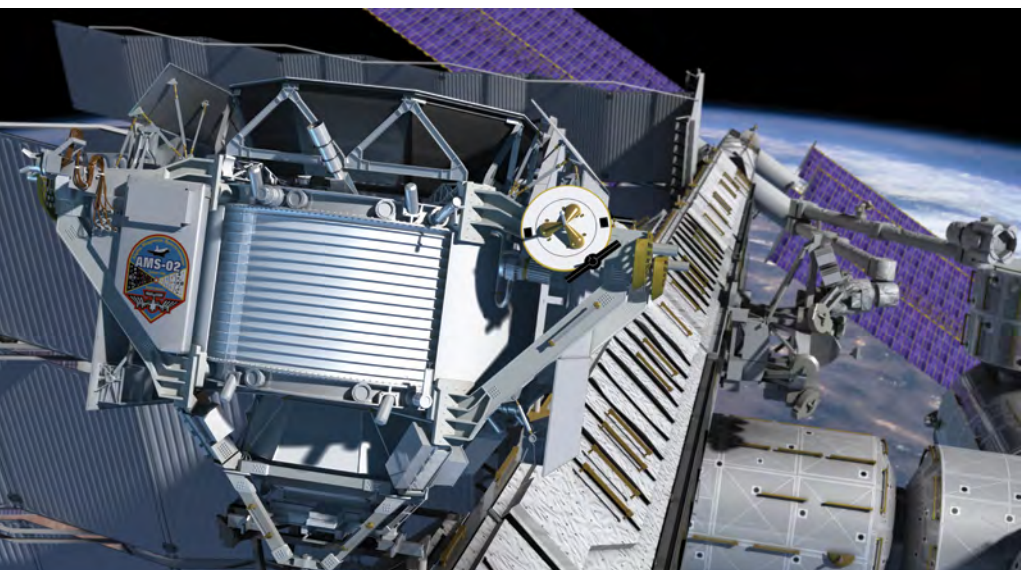
L'Infn ha svolto un ruolo fondamentale in entrambe queste svolte e nei derivanti processi di cui ho parlato: *in primis*, come componente del Cern e di conseguenza di tutti gli esperimenti di Lhc, in cui l'Istituto ha ricoperto importanti posizioni di *leadership* – ricordiamo che proprio nel periodo della scoperta del bosone di Higgs tutti e quattro i portavoce degli esperimenti erano di matrice Infn.

Estremamente importanti, sempre nell'ambito di Lhc, sono stati anche gli investimenti fatti dall'Infn per la realizzazione dei rivelatori. In secondo luogo, l'Italia, attraverso l'Infn, si è impegnata nella costruzione in casa di un rivelatore di onde gravitazionali. Ego, pur essendo un consorzio internazionale, composto inizialmente dal nostro Paese e dalla Francia e adesso anche dall'Olanda, si trova

infatti a Cascina, vicino a Pisa. Un aspetto che dimostra come l'Italia si sia caricata del peso maggiore di questa impresa e della qualità di *leadership* dell'Infn nei settori chiave della ricerca nel campo della fisica fondamentale.

[as]: La fisica fondamentale in cui è impegnato l'Infn, come dicevamo prima, è fatta di grandi progetti, che richiedono notevoli finanziamenti, si sviluppano in grandi infrastrutture e laboratori e sono gestiti da gruppi scientifici numerosi e coordinati. Quanto ha influito sulla storia della fisica italiana la capacità che l'Infn ha dimostrato sin dalla sua nascita nel 1951 di saper lavorare bene in questo contesto?

[F]: La visione che ebbe Edoardo Amaldi è stata la chiave del ruolo che poi l'Infn ha assunto nel panorama della fisica italiana, europea e mondiale. Una casa comune per far rinascere quella scienza che il nazifascismo aveva distrutto in



Europa, per finanziare quei progetti di scala impossibile per un singolo paese, specialmente nelle circostanze del disastroso Dopoguerra, e per ancorare quelle ricerche nel nostro Paese in modo che la fisica nucleare prima e quella delle particelle poi potessero prosperare nelle nostre università e formare quelle generazioni di giovani ricercatori che avrebbero reso illustri l'Infn e il nostro Paese nel mondo. Nati per collaborare, ma pronti a dirigere.

[as]: Nella ricerca in fisica delle astroparticelle, in quale modo si è declinato l'impegno dell'Infn e quali sono stati i principali risultati ottenuti?

[F]: L'Infn ha il più importante laboratorio sotterraneo nel mondo dedicato a questo settore della ricerca, i Laboratori del Gran Sasso. Lì sono centrate ricerche di punta sulla materia oscura e sulla natura del neutrino. Lì si sono misurati i neutrini solari e quelli, trasmutati dalle oscillazioni, provenienti dal Cern. Opera, Borexino, Gerda e Cuore sono stati *flagship* del programma del laboratorio. A Ego opera Virgo che ha contribuito a una delle scoperte del secolo, quella delle onde gravitazionali. In Sicilia al largo di Portopalo di Capo Passero si è sviluppato il progetto Km3net per la rivelazione di neutrini di altissima energia provenienti dalle profondità dell'universo. I raggi cosmici sono studiati all'osservatorio Pierre Auger nella pampa argentina, attraverso i telescopi Cherenkov dell'esperimento Magic alle Canarie e su diversi satelliti

quali Ams, Fermi e Dampe, con Agile e Pamela che hanno aperto la strada a questo campo di osservazione. L'osservazione simultanea di un *gamma-ray burst* (da parte di Fermi) e dell'onda gravitazionale prodotta da una coalescenza di stelle di neutroni (da parte di Ligo e Virgo) ha ufficialmente iniziato l'era dell'astronomia multimessaggera. Un programma vasto che ci pone tra i *leader* di questo campo di ricerca.

[as]: Quali sono le prospettive e le sfide più interessanti della fisica astroparticellare e in quale modo l'Infn sta contribuendo al suo futuro?

[F]: L'Einstein Telescope è l'impegno maggiore dell'Infn per il futuro in questo campo. Uno strumento di nuova generazione con una sensibilità molto migliore di Virgo che opererà *underground* per minimizzare il rumore sismico e antropico. Una sfida anche tecnologica sul vuoto e sulla criogenia e che vorremmo poter realizzare in quello che, indiscutibilmente, è il sito con le caratteristiche migliori in Europa, in Sardegna a Sos Enattos. Un laboratorio che vuole riprodurre in piccolo il modello del Cern. E da lì esplorare praticamente tutto l'universo attraverso le onde prodotte dalla coalescenza di buchi neri o di chissà quali altre sorprendenti manifestazioni dell'universo estremo. Ai Laboratori del Gran Sasso si prepara il futuro con DarkSide per la ricerca di materia oscura e Cupid e Legend per la ricerca dei neutrini di Majorana. Cta sarà

il successore di Magic e l'esperimento Herd, che andrà sulla stazione spaziale cinese, quello di Fermi. Un futuro ricco che ci terrà occupati per un bel numero di anni a venire.

[as]: Alla luce di quello che ha saputo realizzare nei suoi 70 anni di storia, quali reputa siano i meriti dell'Infn e che cosa si augura per il futuro?

[F]: Credo che il grande merito dell'Infn sia l'Infn stesso, ovvero il modello sulla base del quale esso opera. L'Istituto è infatti tutt'oggi responsabile della progettazione di tutta la ricerca italiana in fisica fondamentale, che nei primi anni di vita dell'Ente comprendeva il solo nucleare, e che in seguito ha invece abbracciato anche i campi della fisica delle alte energie e delle astroparticelle. Grande merito dell'Infn è stato quindi quello di saper cogliere, nel corso della sua crescita, i temi a cui rivolgersi, e farlo con il giusto tempismo. Riporto un caso emblematico. La scelta di investire nelle onde gravitazionali ha rappresentato un salto nel vuoto per l'Istituto, che non aveva una tradizione in questo specifico campo d'indagine. Tuttavia, l'idea di aprirsi anche allo studio delle onde gravitazionali è stata inizialmente presentata e promossa da Edoardo Amaldi, che è stato uno dei padri fondatori dell'Infn. Tali circostanze dimostrano perciò l'esistenza di un filo rosso profondo in tutta la storia dell'Infn, un filo rosso rappresentato dalla capacità di interpretare l'evoluzione della scienza. Il secondo grande merito dell'Infn è quello di aver saputo conservare una struttura completamente democratica, che si traduce in una discussione

continua sulle attività da intraprendere. Un approccio che porta a decisioni collettive, di cui il presidente e la giunta esecutiva sono in un certo senso solo gli attuatori. L'Infn non è quindi un ente in cui l'ispirazione di un singolo indirizza le ricerche del domani, ma una comunità i cui componenti partecipano tutti alla scelta delle strade da percorrere, spesso sulla base di ragionamenti complessi, ma che rimangono profondamente democratici. Il fatto che, grazie a tutti i governi che si sono alternati nel corso degli ultimi 70 anni, l'Infn abbia potuto conservare la possibilità di poter eleggere al suo interno il proprio gruppo dirigente costituisce a mio avviso la vera chiave del successo dell'Infn. Un'altra capacità importante è poi quella di cogliere lo spirito dei tempi e a questo proposito lo Statuto, rinnovato su iniziativa del mio predecessore Roberto Petronzio, ha permesso all'Istituto di cogliere nuove opportunità. A tal ragione, mi auguro che nel futuro l'Infn possa conservare queste caratteristiche, che rendono l'Ente in grado di interpretare in maniera tempestiva le direzioni da prendere, continuando così a essere protagonista della ricerca futura. Per quanto riguarda infine il ruolo dell'Infn all'interno del nostro Paese, mi auguro che il connubio virtuoso esistente tra l'Ente e le università italiane, e i dipartimenti di fisica in particolare, possa continuare nel tempo a preservare e a tramandare la grande scuola di pensiero inaugurata da Enrico Fermi prima e da Edoardo Amaldi nel secondo dopoguerra. Una scuola che ha prodotto scienziati del calibro di Nicola Cabibbo, Carlo Rubbia, Antonino Zichichi, Luciano Maiani e non da ultimo Giorgio Parisi, fresco vincitore di un Nobel, rendendo l'Infn un patrimonio nazionale da salvaguardare.

Conversazione con Antonio Zoccoli

(presidenza 2019-oggi)

[as]: Quali sono i punti di forza dell'Infn che gli hanno consentito, nei suoi 70 anni di storia, di affermarsi e raggiungere risultati prestigiosi?

[Antonio Zoccoli]: L'Infn è un ente che, sin dalla sua nascita, si è sempre impegnato nel campo della ricerca fondamentale, per comprendere i segreti dell'universo, come la sua nascita e la sua evoluzione, e della materia, le particelle elementari e le loro interazioni. In questi 70 anni il panorama internazionale della conoscenza su questi temi è stato in continua, talvolta rapida, evoluzione, e con esso le tecnologie di riferimento. L'Infn è stato in grado di stare sempre al passo, e in alcuni casi di anticipare e promuovere questi progressi, attraverso un aggiornamento continuo. Per farlo è stato necessario fissare dei punti di riferimento chiari: innanzitutto privilegiare la ricerca scientifica di eccellenza, che si esprime nel saper individuare costantemente le tematiche più interessanti e promettenti, a cui sono associate le grandi domande che hanno sempre impegnato la comunità della fisica; e, in secondo luogo, favorire il lavoro nel contesto internazionale, che implica delle scelte orientate alla competitività, la quale presuppone

la selezione dei migliori giovani e l'individuazione delle tecnologie più innovative, per conseguire il massimo risultato possibile in ogni ricerca.

[as]: Quali sono i grandi temi scientifici su cui l'Istituto sta puntando e i suoi principali obiettivi e progetti, a breve e lungo termine?

[Z]: Nonostante nel tempo abbiamo messo a punto strumenti sempre più potenti e precisi, grazie ai quali siamo riusciti ad accrescere significativamente la nostra conoscenza dell'universo, quello che oggi siamo in grado di osservare, le galassie, le stelle e i pianeti, rappresenta solo il 5% di tutto ciò che costituisce il cosmo. Molte sono le questioni ancora aperte, e fornire una risposta ad esse rappresenta l'obiettivo principale dell'Istituto.

Per raggiungere questo scopo c'è bisogno di sviluppare tecnologie all'avanguardia, e di conseguenza è necessario dotarsi di infrastrutture altrettanto innovative. Parte degli sforzi futuri dell'Infn saranno quindi indirizzati verso l'aggiornamento delle infrastrutture di ricerca dell'Istituto, come i quattro laboratori nazionali, la nostra avanzatissima rete di calcolo e l'interferometro per onde gravitazionali Virgo.

Sarà inoltre importante prevedere anche la creazione di nuove infrastrutture. A tale proposito, l'Infn ha proposto la realizzazione di un nuovo osservatorio per le onde gravitazionali, l'Einstein Telescope, e di un'infrastruttura distribuita, dedicata alla superconduttività, in grado di sviluppare magneti di nuova generazione da impiegare nel campo della fisica delle particelle. Inoltre, l'Infn è impegnato in prima linea nella creazione di acceleratori di nuova concezione. In questo contesto si inserisce per esempio il progetto Eupraxia, con capofila i Laboratori di Frascati. Ulteriori investimenti saranno ad esempio quelli destinati a sostenere il telescopio sottomarino per neutrini Km3net, posizionato davanti alle coste siciliane di Portopalo

di Capo Passero, quelli destinati a potenziare i laboratori sotterranei del Gran Sasso oppure a sviluppare le ricerche su tecnologie emergenti, come ad esempio quelle quantistiche, dove l'Infn è già coinvolto in numerose iniziative, tra cui il progetto Superconducting Quantum Materials and Systems (Sqms), sostenuto con un importante finanziamento del Doe americano e che vede capofila il Fermilab di Chicago, laboratorio con cui abbiamo una proficua storia di collaborazione lunga più di 40 anni, che ci ha portato a condividere molti importanti progetti e successi.

[as]: La formazione delle nuove generazioni di ricercatori caratterizza da sempre l'Infn. In quale modo oggi l'Istituto porta avanti questo impegno?



[Z]: Una delle peculiarità dell'Infn è avere le proprie strutture locali, le sezioni, all'interno dei dipartimenti di fisica delle università italiane. Questo permette di stare a stretto contatto con i giovani e di coinvolgerli nelle ricerche sin da quando sono studenti, facendo fare loro esperienza nel nostro campo già durante il periodo di preparazione della tesi di laurea e poi di dottorato. Una strategia vincente, che abbiamo intenzione di perseguire anche in futuro. Ovviamente questa strategia è tanto più efficace quanto più risultano essere attrattivi il nostro settore di ricerca e le applicazioni delle tecnologie in fase di sviluppo. A tal proposito, di particolare interesse è l'orizzonte che si sta aprendo nell'ambito delle tecnologie quantistiche, come già citato e su cui l'Infn sta investendo.

Ma, per quanto riguarda la formazione delle future generazioni, c'è un tema molto rilevante, sul quale è necessario intervenire efficacemente e sul quale ci stiamo già impegnando: ed è ampliare il contributo femminile. All'interno delle discipline Stem, la percentuale di ragazze che si laureano o che conseguono il dottorato rimane bassa. Per favorire l'inversione di questa tendenza, l'Infn sta mettendo in campo azioni mirate per far crescere l'interesse delle donne nei confronti delle nostre attività sin dalla scuola superiore.

[as]: Al cuore della *big science* ci sono i grandi progetti e le grandi

collaborazioni internazionali, che l'Infn ha dimostrato di saper gestire efficacemente, spesso con ruoli di coordinamento ai massimi livelli, facendo di questo una sua forza. Ci fa un quadro delle attuali collaborazioni e delle loro prospettive future?

[Z]: Elencare tutte le collaborazioni che vedono coinvolto l'Infn richiederebbe molto spazio. Possiamo però sicuramente citare i quattro grandi esperimenti di Lhc del Cern a Ginevra, Atlas, Cms, Lhcb e Alice, gestiti da grandi collaborazioni, in cui l'Istituto svolge un ruolo primario, tutte impegnate in questo momento in un importante lavoro di aggiornamento dei rivelatori che, una volta concluso, garantirà un orizzonte di presa dati di almeno 10 anni.

Altre grandi collaborazioni si stanno inoltre concretizzando in altri settori di ricerca: quella con il Fermilab, che ospiterà Dune, ambizioso esperimento dedicato alla fisica dei neutrini; quella che sta nascendo nell'ambito del progetto Einstein Telescope per la rivelazione di onde gravitazionali; o quelle rivolte alla fisica astroparticellare, responsabili degli esperimenti ospitati presso i Laboratori del Gran Sasso, e alla fisica nucleare, che si svolgeranno nei laboratori nazionali dell'Infn o internazionali. L'Infn è inoltre impegnato in progetti di ricerca in collaborazione con la Cina e il Giappone, a ulteriore dimostrazione del Dna internazionale di tutte queste collaborazioni, sia che gli

Uno dei rivelatori dell'esperimento Km3net, il più grande rivelatore di neutrini astrofisici dell'emisfero nord della Terra, collocato nelle profondità del Mar Mediterraneo al largo di Portopalo di Capo Passero, in Sicilia. Km3net occuperà un volume di più di un chilometro cubo, grazie a una rete costituita da diverse centinaia di stringhe verticali di rivelatori ancorate al fondo marino.

esperimenti di riferimento si svolgano all'estero o in Italia.

[as]: Un capitolo a parte merita il Cern, che può essere considerato un po' una seconda casa dell'Infn, dove anche lei ha trascorso diversi anni della sua carriera. Quali sono le sfide che attendono il Cern e quale sarà il ruolo dell'Infn?

[Z]: Le sfide che attendono il Cern sono davvero importanti. Tra queste c'è senz'altro l'*upgrade* di Lhc, che permetterà di incrementare sensibilmente la luminosità dell'acceleratore e di conseguenza la statistica degli eventi fisici di interesse, e che, come già ricordato, fornirà una prospettiva scientifica agli esperimenti di almeno altri 10 anni. Ciò che ora è importante è individuare la macchina acceleratrice che succederà a Lhc e che indirizzerà il futuro del laboratorio. A questo proposito, lo scorso anno la comunità scientifica europea si è riunita per discutere la futura strategia della fisica delle particelle. Uno dei principali obiettivi individuati

è verificare la possibilità di costruire un nuovo acceleratore cinque volte più grande di Lhc, con una circonferenza di circa 100 chilometri, da realizzare sempre nella regione franco-svizzera, dove è situato il Cern, grazie al quale indagare una serie di problemi che non possono essere affrontati con le energie attualmente raggiungibili. La sfida, che ovviamente coinvolgerà anche l'Infn, sarà perciò capire se, da un punto di vista scientifico, tecnologico, geologico e finanziario, un simile progetto sia realizzabile o meno.

[as]: Non solo ricerca di base ma anche una risorsa per la società: questo è l'Infn oggi, grazie alla sua capacità di sviluppare declinazioni di progetti e tecnologie che siano di utilità in ambiti diversi, dalla medicina ai beni culturali. Come pensa evolverà il rapporto tra l'Istituto e la società nel prossimo futuro?

[Z]: Le competenze maturate nell'ambito delle attività scientifiche dell'Infn e nello sviluppo delle tecnologie a supporto della ricerca,



La miniera di Sos Enattos, nei pressi di Nuoro in Sardegna, che l'Italia ha candidato come sito per la costruzione dell'Einstein Telescope.

che presentano nella maggior parte dei casi quel carattere di innovatività di cui abbiamo già discusso, possono essere adattate e messe al servizio di tanti altri settori: un esempio è rappresentato negli ultimi due anni dalle iniziative che l'Infn è riuscito a mettere in campo per il contrasto al Covid-19.

Ma gli esempi di quello che può fare la fisica fondamentale per la società sono davvero molti, alcuni dei quali davvero significativi: pensiamo alle tecnologie degli acceleratori, che sono applicate con successo da una parte alla cura dei tumori, come nel caso dell'adroterapia, dall'altra alla conservazione dei beni culturali. Anche le tecniche di *imaging*, sviluppate per l'analisi dei dati provenienti dagli esperimenti di fisica delle particelle, possono essere adattate facilmente alla diagnostica medica per immagini. Infine, anche il nostro avanzato sistema di calcolo può essere utilizzato per rispondere alle necessità di una molteplicità di settori produttivi, come ad esempio la manutenzione predittiva nell'industria, l'agricoltura di precisione e lo sviluppo di nuovi materiali. Sono quindi innumerevoli le ricadute delle ricerche dell'Infn: anche se spesso è difficile immaginare quale potrà essere l'applicazione nel momento in cui la ricerca è in corso, la storia ci insegna che è molto probabile che a partire da una tecnologia innovativa nata dalla ricerca di base si possa sviluppare in seguito una sua applicazione di utilità per la nostra società.

[as]: Qual è il ruolo della ricerca scientifica nella società e perché è

importante che un'istituzione scientifica sappia dialogare con le persone?

[Z]: La ricerca scientifica è fondamentale per la società. Una società che non investe in ricerca non ha futuro. È perciò prioritario investire nella produzione di nuova conoscenza, ambito in cui l'Infn, insieme agli altri enti di ricerca pubblici, svolge un ruolo da protagonista. Altrettanto rilevante è condividere, confrontarsi e far comprendere a chi governa, e in generale ai cittadini, l'importanza della ricerca e dei finanziamenti a essa dedicati, e l'impatto positivo moltiplicativo che essi hanno sulla nostra società. L'Infn da molto tempo si sta impegnando per costruire e mantenere un dialogo costante con il pubblico, con la società, con i cittadini, un dialogo che si concretizza attraverso eventi, mostre, incontri e attività di supporto alla didattica, tra i cui obiettivi c'è ovviamente anche la formazione della nuova generazione di ricercatrici e ricercatori di cui si comporrà l'Infn del futuro. Vorrei chiudere con una riflessione sull'ultimo periodo che abbiamo trascorso, che ci ha visti tutti accomunati dalla pandemia e che ha dimostrato quanto sia essenziale la ricerca, anche e soprattutto quella di base, per riuscire ad affrontare le emergenze, e quanto sia importante riportare al centro della nostra società la scienza e più in generale la conoscenza, una conoscenza intesa in senso integrato, che abbracci e faccia dialogare tutte le discipline, da quelle scientifiche a quelle umanistiche. La conoscenza deve tornare a essere un faro e a guidarci per affrontare le sfide dei prossimi anni.

Intervista a Giorgio Parisi

(premio Nobel per la Fisica 2021)



Giorgio Parisi durante la cerimonia di conferimento della medaglia e del diploma del premio Nobel per la fisica 2021, che si è tenuta il 6 dicembre nell'Aula Magna della Sapienza Università di Roma.

[as]: Ci può raccontare gli esordi della sua carriera e le tematiche dei suoi primi anni di ricerca?

[Giorgio Parisi]: Ho iniziato la mia attività con una tesi sul bosone di Higgs, il cui relatore era Nicola Cabibbo, che è stato il mio maestro. Successivamente ho lavorato sul gruppo di rinormalizzazione, un tema di cui si occupavano all'epoca, tra gli altri, Carlo Di Castro e Giovanni Jona Lasinio. In generale, ero interessato alle implicazioni di questo ambito di ricerca nella meccanica statistica e nella fisica delle particelle. Avendo inoltre lavorato ai Laboratori di Frascati dal '71 all'81 (a parte alcuni periodi all'estero), ero chiaramente molto esposto ai problemi di fisica sperimentale delle alte energie. Ciò mi portò a lavorare a partire dai primi anni '70 anche su questioni attinenti al *deep inelastic scattering*, attività che ho condotto per un lungo periodo e che è culminata con l'articolo pubblicato insieme a Guido Altarelli a Parigi, sull'equazione di evoluzione nei partoni, e con la collaborazione con Guido Martinelli, con cui ci concentrammo sulla descrizione dei fenomeni ad alta energia nel contesto della cromodinamica quantistica.

[as]: La decisione dell'Accademia delle Scienze svedese di conferirle il premio Nobel per la fisica 2021 è stata motivata nel seguente modo: “per la scoperta dell'interazione del disordine e delle fluttuazioni nei sistemi fisici dalla scala atomica a quella planetaria”. Può spiegarci a quale tipologia di fenomeni si riferisce la motivazione?

[P]: Devo dire che, in un primo momento, la motivazione mi è sembrata poco chiara. Sono riuscito, tuttavia, a comprenderne le ragioni, leggendo il testo integrale redatto dall'Accademia, che spiega come la serie delle mie ricerche sui vetri di spin, e più in generale sui vetri, abbia contribuito a far comprendere come le fluttuazioni, che contraddistinguono questi e altri sistemi complessi, hanno una serie di proprietà che dipendono e cambiano sulla base dei modelli impiegati per descriverle. Oltre a ciò, i miei lavori hanno studiato l'effetto combinato del disordine sulle fluttuazioni a vari livelli, da un lato quello atomico, come nel caso già citato dei vetri di spin e dei vetri, dall'altro quello delle interfacce fisiche, un esempio delle quali può essere rappresentato dalla carta impiegata per le sigarette, in cui il fronte di fiamma non è perfettamente dritto, ma presenta delle oscillazioni. Situazione quest'ultima che è stata analizzata in uno studio che ho condotto con Mehran Kardar e Yi-Cheng Zhang. L'assegnazione del Nobel fa riferimento al fatto che tutti questi risultati si possono applicare anche allo studio degli ecosistemi e di contesti relativamente grandi. La teoria delle fluttuazioni fu infatti impiegata in seguito in un mio lavoro, svolto assieme a Roberto Benzi, Alfonso Suter e Angelo Vulpiani, per l'analisi delle glaciazioni. Fu proprio in questo ambito che inventammo il termine di “risonanza stocastica”. Si tratta in definitiva di una serie di lavori che affrontano il problema del disordine e della complessità a partire dalla scala subatomica, per arrivare a

quella planetaria, come indicato nelle motivazioni dell'Accademia.

[as]: Qual è stato il suo percorso di avvicinamento a queste tematiche di ricerca?

[P]: Come ricordavo, dal '74 al '78 la mia attività si è concentrata sulla fisica delle alte energie. In questo ambito esisteva un problema tecnico connesso a un problema studiato in meccanica statistica, che riguardava certi tipi di polimeri. Leggendo un articolo che tentava di risolvere la questione adottando il “metodo delle repliche”, oltre ad accorgermi di non conoscere tale strumento, constatai che lo stesso metodo forniva soluzioni errate in determinati casi. È in quel momento che iniziai a interessarmi al metodo delle repliche, per cercare di capire le ragioni che non lo rendevano sempre applicabile. Riuscii in seguito a comprenderne il motivo, che attiene alle proprietà profonde del disordine e della complessità.

[as]: A questo proposito, come possono essere definiti in termini fisici i sistemi complessi?

[P]: Una delle caratteristiche tipiche che può aiutare a individuare un sistema complesso è la presenza di un gran numero di stati di equilibrio. Un sistema complesso può rimanere per un periodo relativamente lungo in una certa configurazione e poi improvvisamente saltare in uno stato diverso. Per fare un esempio banale, è possibile considerare un cane che può saltare, dormire, giocare o aver sete: tutti stati in cui l'animale si può trovare. Oppure si può pensare alla nostra

memoria, che possiamo concentrare su un determinato episodio, tentando di ricordarne tutti i particolari. Questa situazione, ovvero questo stato, sarà rapidamente alterato, trasformandosi in un altro, nel momento stesso in cui inizieremo a pensare a un ricordo differente, e così via.

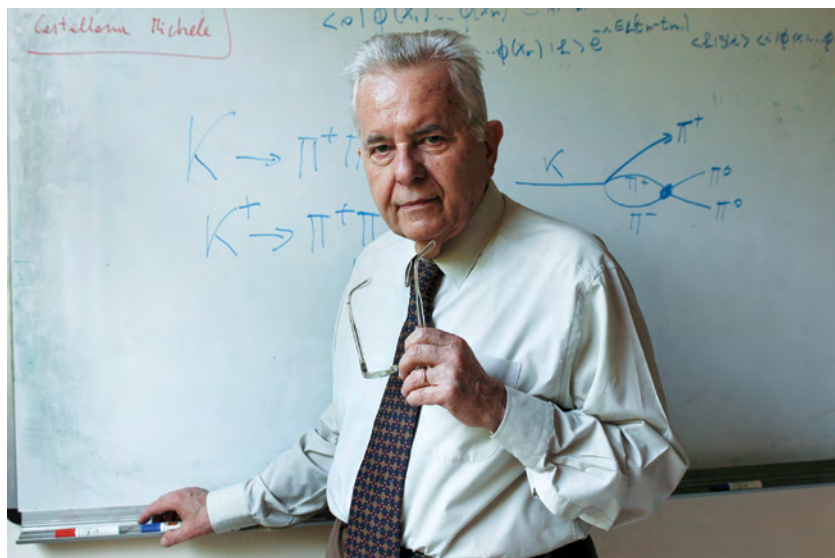
[as]: Lei ha condiviso il Nobel con i climatologi Syukuro Manabe e Klaus Hasselmann. Può spiegarci le implicazioni delle sue ricerche in questo campo e in altri ambiti applicativi?

[P]: Per quanto riguarda i modelli climatologici odierni più sofisticati, il meccanismo della risonanza stocastica è chiaramente presente e incorporato al loro interno. È centrale l'idea che in qualche modo siano gli eventi estremi a innescare il passaggio da uno stato a un altro: si parla di *tipping point*, ovvero di situazioni causate da eventi rari che portano a un cambiamento irreversibile su una scala di tempo relativamente lunga. Gli eventi rari sono quindi fondamentali per comprendere un sistema complesso come il clima. La risonanza stocastica, intesa come un meccanismo di amplificazione del segnale mediante fluttuazioni rare, ha avuto un grande successo anche in altri campi di ricerca, perché è un processo estremamente diffuso in natura. Ci sono molte applicazioni in biologia, e il fenomeno è importante in ambiti anche estremamente lontani da quello in cui è stato scoperto, per esempio negli studi che cercano di comprendere come gli uomini e gli animali captino ciò che accade loro intorno, e nella sensoristica, con costruzioni di sensori artificiali in grado di sfruttare questo meccanismo.

[as]: Lei è entrato a far parte della ristretta cerchia di italiani che si sono aggiudicati il premio Nobel. Quali sono, a suo giudizio, le condizioni affinché una solida scuola scientifica possa prosperare e come valuta lo stato della fisica italiana?

[P]: La fisica italiana è stata certamente in grado fino a questo momento di “auto-perpetuarsi”, grazie all’individuazione e alla formazione di giovani promettenti, che ha consentito di creare sempre nuove generazioni di fisici. Il problema che abbiamo in questo momento, ma che ha contraddistinto gli ultimi 25 anni, riguarda l’emigrazione dei fisici italiani all’estero, un fenomeno

di un’enorme portata e che non è stato assolutamente compensato da un flusso contrario di ricercatori esteri trasferitisi nel nostro Paese. Se vogliamo usare una metafora, la bilancia commerciale dei fisici in Italia è al momento estremamente deficitaria. È vero che la grande capacità della scuola italiana di fisica ha in parte controbilanciato questa tendenza, ma la situazione rimane instabile perché gli scienziati anziani non vengono sostituiti sistematicamente da nuove leve. Questo problema, che non riguarda solo la fisica ma anche le altre discipline, è grave e va superato, per il bene della scienza e della cultura del nostro Paese.



Nicola Cabibbo, cui Parigi ha dedicato il premio Nobel, ricordandolo come il “maestro che mi ha trasmesso l’amore per la scienza”.





www.infn.it

rivista online
www.asimmetrie.it

<https://70.infn.it>