



Storie di straordinaria quotidianità fra Svizzera e Italia



Ugo Amaldi



Professore, fisico, presidente fondazione Tera

Ugo Amaldi è stato Dirigente di ricerca presso l'*Istituto Superiore di Sanità* (ISS), dove si è occupato di ricerca in fisica nucleare e atomica e d'uso dei raggi X nella terapia dei tumori.

Chiamato al CERN nel 1973 come *Senior Scientist*, ha studiato - sperimentalmente e teoricamente - le proprietà di protoni, di neutrini e di coppie elettrone-positone e l'unificazione delle forze fondamentali.

Tra il 1980 e il 1993 ha diretto, presso l'acceleratore LEP, la *Collaborazione DELPHI* formata da 500 fisici provenienti da quaranta laboratori di venti paesi. Più di 600 pubblicazioni documentano la sua attività scientifica.

Dal 1992 Amaldi è Presidente della Fondazione TERA, che ha lo scopo di sviluppare l'adroterapia, la tecnica di radioterapia che risparmia i tessuti sani e può controllare (con i fasci di ioni carbonio) i tumori radioresistenti. TERA ha lavorato per dieci anni al progetto del *Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica* (CNAO), che è stato costruito a Pavia e ha trattato, sino al 2021, 3500 pazienti.

Amaldi ha contribuito a creare a Ginevra due start-ups: *Applications of Accelerators and Detectors to Medicine*, per la costruzione di linac per adroterapia, ed *External Beam Ablation Medical*, per la cura delle aritmie cardiache. In questi campi ha ottenuto sei brevetti.

Vincitore di concorso universitario, nel 1991 ha occupato una cattedra di fisica prima a Firenze e poi a Milano. Fino al 2006 ha insegnato *Fisica Medica* all'Università di Milano Bicocca.

Nel 1984 Ugo Amaldi ha pubblicato con Edoardo Amaldi, presso la casa editrice Zanichelli, un testo di fisica in tre volumi per i licei italiani. Da allora sono usciti a suo nome una quarantina di volumi su cui hanno studiato un terzo degli studenti delle scuole superiori italiane. Ha inoltre scritto due trattati universitari - "*Fisica delle radiazioni*" e "*Molecole e radiazioni*" - e tre libri di divulgazione: "*La Fisica del Caos*", "*Sempre più veloci*" e "*Particle Accelerators: from Big Bang physics to hadron therapy*" (Springer).

Amaldi è membro dell'*Accademia Nazionale delle Scienze*, della *European Academy of Sciences and Arts*, della *Polish Academy of Arts and Sciences*, dell'*Accademia delle Scienze* di Torino e dell'*Istituto Lombardo* di Milano.

È Commendatore della Repubblica e gli è stata conferita dal Presidente Giorgio Napolitano la *medaglia d'oro* come *Bene merito della Scienza e della Cultura*.

Ad Amaldi è stato conferito il titolo di *Doctor honoris causa* dalle *Università di Lione, Helsinki, Valencia e Uppsala* ed è *Distinguished Affiliated Professor* alla *Technische Universität München* di Monaco. Tra i molti riconoscimenti, gli sono stati assegnati il '*Premio Bruno Pontecorvo*' del JINR (Russia) e il '*Premio Leonardo - alla carriera*' dell'Unione Giornalisti Italiani Scientifici.

“La fisica è bella e utile”

Ho avuto due grandi fortune. Sono nato in una famiglia colta che a Roma mi ha educato al lavoro, al rispetto degli altri e alla ricerca della conoscenza, in tutti i campi ma in particolare in scienza. Ho poi casualmente incontrato, sul Lago di Como dove mi trovavo per una scuola di fisica, una ragazza meravigliosa nata a Milano. Il nostro legame, che dura da più di sessant'anni, ci ha donato quattro figli e otto nipoti. Senza la cura di queste due famiglie non sarei quello che sono e senza il loro continuo sostegno non avrei potuto fare ciò che ho fatto.

Nel 1952 ho finito il liceo Tasso a Roma e ho deciso di iscrivermi a fisica. Mio padre, Edoardo - che negli anni Trenta era stato allievo e collaboratore di Enrico Fermi - era contrario. È stato un

notissimo scienziato e manager di scienza che ha dato contributi fondamentali alla creazione dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, del CERN e dell'ESA; proprio nel 1952 era divenuto Segretario Generale dell'organizzazione provvisoria del CERN appena installata a Ginevra e creata da dodici Stati europei. Non voleva che facessi il fisico perché temeva che sarebbe stato per me difficile affermarmi nel suo campo di ricerca. Cercava di convincermi con una frase che mi è rimasta impressa: *“Ugo, fai biologia perché la biologia sta esplodendo”*: soltanto un anno dopo Crick e Watson scopersero la struttura del DNA. Egli era, infatti, anche un attento osservatore degli sviluppi di tutta la scienza, ma a me i piccoli animali non sono mai piaciuti. Feci quindi di testa mia e un giorno, a tavola, dissi *“Stamattina sono andato alla Sapienza e mi sono iscritto a Fisica”*.



Edoardo Amaldi e UA sulla
terrazza del Dipartimento di
Fisica alla Sapienza in
occasione del Convegno per i 70
anni di Edoardo Amaldi

I primi passi nella fisica ‘bella’

Nel 1957, conseguita la laurea, per ovvi motivi non ho scelto la carriera universitaria ma sono andato a lavorare in un posto in cui mio Padre aveva poca influenza: l'Istituto Superiore di Sanità (ISS), oggi conosciuto da tutti in Italia per via della pandemia dovuta al Covid-19. Questa scelta è stata il mio terzo colpo di fortuna.

ALL'ISS c'era un Laboratorio di fisica diretto da un grande uomo, Mario Ageno, che mi ha insegnato moltissimo perché, oltre ad essere un ottimo fisico, tra l'altro fondatore della biofisica italiana, era anche un raffinato filosofo della scienza.

La mia passione per questi temi deriva più dall'interazioni con lui che con mio Padre; lo considero il mio secondo Maestro.

Feci il mio primo vero ingresso nel mondo della ricerca nel 1963 quando, leggendo la letteratura scientifica, mi resi conto del fatto che al sincrotrone dell'INFN si poteva condurre un tipo di esperimenti mai fatto prima: inviare gli elettroni di 1 GeV (un gigaelettronvolt), che circolavano nel sincrotrone, attraverso un sottile fogliolino e osservare *contemporaneamente* i protoni, che urtati da un elettrone erano eiettati da un nucleo di carbonio, e l'elettrone che, a seguito dell'urto, cambiava direzione.

Con una decina di colleghi del laboratorio costruimmo l'apparato e nel 1964 il lavoro, appena pubblicato, ha avuto risonanza internazionale.

Il nuovo metodo di studiare i nuclei, detto (e,e'p), in sessant'anni si è molto sviluppato tant'è che vi

lavorano oggi gruppi americani formati da centinaia di ricercatori.

Un anno dopo la pubblicazione dell'osservazione della prima reazione $(e,e'p)$ sui nuclei degli atomi, mi chiesi se esperimenti simili fossero stati fatti su atomi anziché sui nuclei, che sono il centro degli atomi.

Scesi in biblioteca e, in poche ore di lettura, appresi, con mia grande sorpresa, che nessuno aveva mai bombardato con un fascetto di elettroni veloci un bersaglio sottile e osservato *contemporaneamente* sia l'elettrone eiettato nella collisione sia l'elettrone iniziale che aveva cambiato direzione.

Ne fui molto colpito e coinvolsi subito Guido Pizzella della Sapienza, un amico che conosceva i rivelatori adatti. Nel 1969 pubblicammo un lavoro che fu presto ripreso da un gruppo di ricercatori australiani e poi da altri. Oggi questo metodo di studiare molecole e solidi si chiama *'electron momentum spectroscopy'* ed è utilizzato in decine di laboratori di tutto il mondo per ricerche avanzate di chimica-fisica.

Queste sono state le due pubblicazioni scientifiche che mi convinsero, una dozzina d'anni dopo la laurea, che sarei stato in grado di dare contributi originali alle ricerche fisiche 'di base', quella che chiamo da molti anni 'la fisica bella' perché si ripromette di capire i sistemi naturali e i loro fenomeni senza aver alcuna applicazione pratica in mente. Gli anglosassoni usano per questo tipo di ricerche scientifiche una bella espressione: *'curiosity driven research'*.



Con Carlo Rubbia al Congresso della Società Italiana di Fisica tenutosi a Padova

La ‘fisica utile’

Mario Ageno voleva che i ricercatori del Laboratorio di Fisica contribuissero anche alla ricerca ‘applicata’ nel campo delle radiazioni. Poiché non c’è modo migliore di imparare che insegnare, accettai la sua offerta di un corso postlaurea alla Facoltà di medicina della Sapienza diretto a medici appena laureati; insegnavo essenzialmente le applicazioni degli apparati a raggi X, che allora erano i piccoli acceleratori di elettroni usati sia per la diagnostica sia per la cura dei tumori.

Le interazioni con medici giovani ed entusiasti, che cominciavano a curare i malati e, allo stesso tempo, avevano bisogno di approfondire, per ben usare gli strumenti più moderni, temi di fisica complessi e a loro culturalmente distanti, mi spinsero a scrivere prima una serie di dispense e poi a raccoglierle in un grosso trattato,

pubblicato da Boringhieri nel 1971 con il titolo *‘Fisica delle radiazioni’*. Questo lavoro mi ha dato molte soddisfazioni perché per molti decenni è stato l’unico strumento di formazione di medici, fisici medici e radiobiologi di tutta Italia e mi ha fatto capire che avevo un’altra passione: spiegare in modo efficace e semplice, ma non banale, la fisica, sia quella ‘bella’ (che parla di atomi, nuclei e particelle fondamentali che li costituiscono ma anche, naturalmente, di stelle e di Universo) sia quella ‘utile’ (che permette di meglio curare i malati ma anche parlare con una persona cara che è lontana).

Nel 1964 Mario Ageno mi indicò come rappresentante del Ministero della Sanità nell’appena costituita Commissione Tecnica del Comitato Nazionale per La Ricerca Nucleare. Vi sedevano

Intervento al Congresso
Nazionale sull'Energia Nucleare,
EUR, Roma

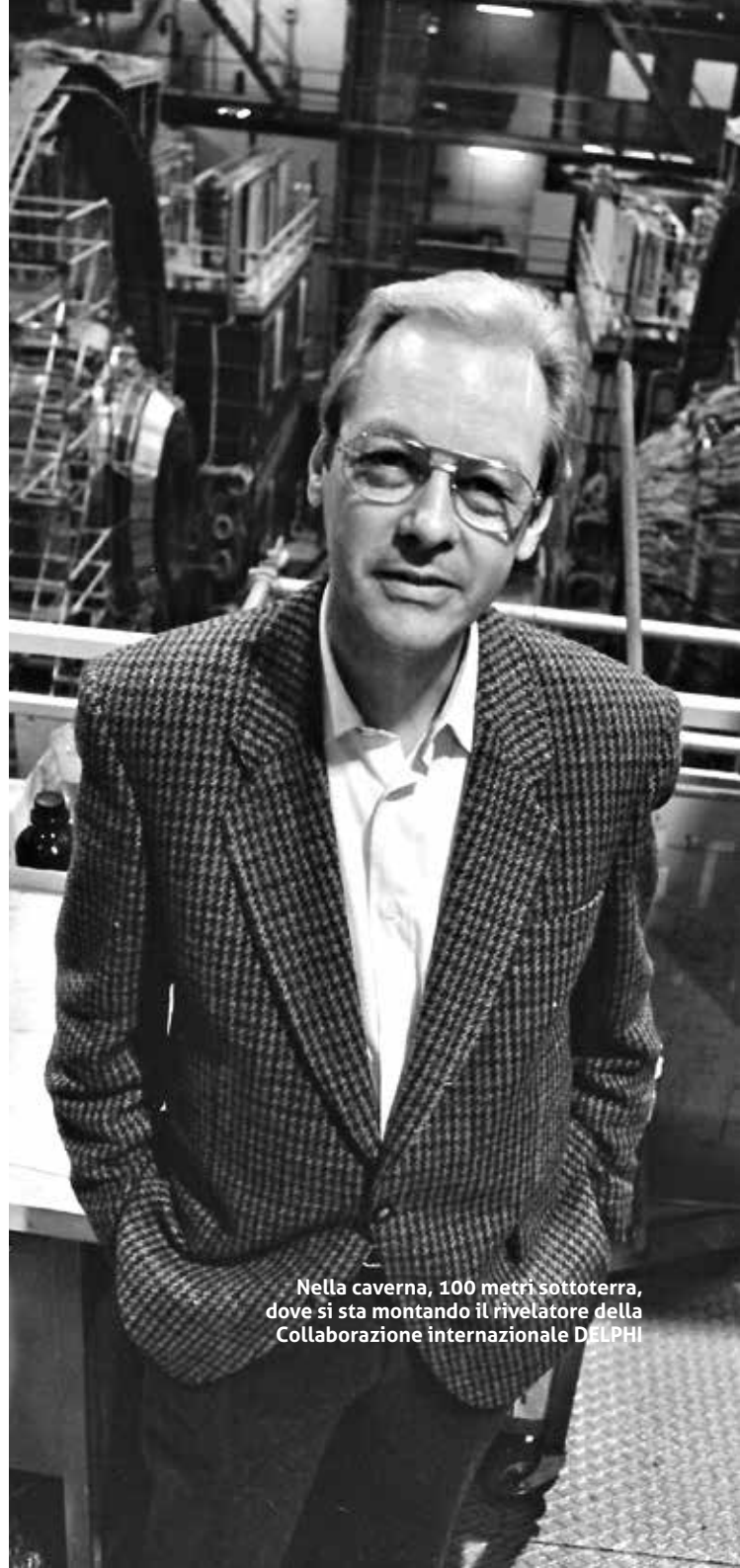


PROF. UGO AMALDI
ISTITUTO SUPERIORE DI SANITA

esperti del CNEN e di diversi Ministeri, molti dei quali erano veramente competenti, e si discutevano temi completamente nuovi per l'Italia: il controllo della nascente industria nucleare.

Come rappresentante del Ministero della Sanità mi dovevo preoccupare della protezione delle popolazioni nelle vicinanze delle centrali nucleari, proponendo limitazioni al funzionamento dell'impianto e l'estensione delle zone di sicurezza.

Ho così imparato che ogni sviluppo tecnologico implica necessariamente dei rischi e pone problemi cui la scienza e la tecnica da sole non possono rispondere. Per questo la partecipazione alla Commissione Tecnica del CNEN è stata una delle esperienze più importanti della mia vita professionale.



Nella caverna, 100 metri sottoterra, dove si sta montando il rivelatore della Collaborazione internazionale DELPHI

Un grande cambiamento: il CERN

Alla fine degli anni Sessanta avevamo quattro figli e il carico familiare era tutto sulle spalle di mia moglie perché io ero impegnato su molti fronti: il coinvolgimento nella stesura di una legge di riforma dell'Istituto Superiore di Sanità (seguito ai movimenti del 68 che erano giunti fino in Istituto), l'impegno in Commissione Tecnica, la scrittura di *'Fisica delle radiazioni'*, l'insegnamento, le attività dei miei due gruppi di ricerca e, inoltre, le mie ricerche personali in fisica teorica con Franco Selleri.

Fu in quel momento che decisi di voltar pagina, di lasciare le ricerche in fisica dei nuclei e degli atomi ed entrare nel mondo delle particelle fondamentali studiato al CERN, che mi aveva affascinato quando dopo laureato vi avevo passato un periodo da borsista. Spinti da una serie

di circostanze, decidemmo così di lasciare temporaneamente Roma per andare a Ginevra dove arrivammo in sei alla fine del 1971 grazie a un 'Research Associateship'.

Al CERN ho cominciato a lavorare nel campo delle particelle elementari, che non esistono in natura ma sono prodotte (i fisici dicono 'create') quando collidono con grande energia le particelle stabili e le loro antiparticelle, come gli elettroni, i protoni, gli antiprotoni, i nuclei di piombo etc.

Una parte dell'energia, portata nelle collisioni dalle due particelle che collidono, si trasforma nella massa di nuove particelle che, create nella collisione, 'decadono' in meno di un milionesimo di secondo in altre particelle più leggere.





Alla Cerimonia di inaugurazione del collisore LEP-
incontro con il Presidente Francese Francois Mitterand,
il Presidente Svizzero Pierre Aubert.
Al centro il Direttore del CERN Herwig Schopper.

Più alta è l'energia maggiori sono le masse delle particelle che possono essere create; per questo i fisici costruiscono 'sincrotroni' di circonferenze sempre maggiori.

I 'rivelatori', che noi fisici poniamo intorno al punto in cui le collisioni accadono, ricostruiscono la traiettoria delle decine e centinaia di particelle, prodotte in ciascuna collisione. Si tratta di strumenti che in sessant'anni sono divenuti sempre più grandi e più complessi e ci hanno permesso di scoprire cose straordinarie.

Nel 1960 conoscevamo pochissime particelle fondamentali; oggi sappiamo che ve ne sono ben venticinque tipi diversi, che sono tutti creati nelle collisioni di energia sufficientemente grande, come quella del *Large Hadron Collider*, il collisore di ventisette chilometri di circonferenza, che nel 2012 ha reso possibile la scoperta della particella di Higgs.

La massa di questa venticinquesima particella è 250.000 volte maggiore della massa dell'elettrone, che era una delle poche particelle fondamentali note quando, cinquant'anni fa, arrivai a Ginevra. Con Giorgio Matthiae e altri tre ricerca-

tori dell'ISS avevamo appena costituito un gruppo di ricerca e stretto un accordo con un gruppo di ricercatori del CERN diretto da un italiano illustre, Giuseppe Cocconi.

Il nostro sodalizio, noto con il nome di '*CERN-Rome Collaboration*', cominciò nel 1969 a condurre esperimenti al *Protosincrotrone*, il primo acceleratore del CERN che aveva una circonferenza di 600 metri. Passammo poi agli *Intersecting Storage Rings* di nuova concezione dove, esattamente cinquant'anni fa e per la prima volta al mondo, protoni da 30 MeV collidevano testa a testa con protoni da 30 GeV.

Mentre agli ISR analizzavo i primi dati raccolti dal nostro nuovo rivelatore (che aveva il simpatico nome di '*Roman pots*' perché concepito a Roma) osservai un fenomeno che da allora si chiama '*crescita con l'energia della sezione d'urto protone-protone*' e che fece molto scalpore perché contraddiceva una teoria allora considerata molto solida (*la Teoria di Regge*).

Quando mi resi conto di cosa i dati stavano dicendomi ho provato una grande emozione.

È stato questo uno dei momenti più belli della mia vita professionale; uno scienziato, infatti, spera sempre di trovarsi in una situazione nella quale *vede* per primo un effetto nuovo e completamente inatteso nel quadro delle teorie da tutti accettate.

L'esito delle mie analisi era talmente inaspettato che gli altri membri del gruppo si mostrarono inizialmente molto scettici. Eppure, l'evi-

denza dei fatti era tale che si convinsero e potei presentarli nell'Auditorium del CERN gremito; in parallelo pubblicammo, con altri ricercatori, due note scientifiche che hanno obbligato i fisici a rivedere la teoria che andava allora per la maggiore.

I risultati di quell'analisi furono molto apprezzati e mi valsero l'offerta di un contratto permanente al CERN. Così nel 1973 divenimmo definitivamente ginevrini.



Discussione, dopo l'approvazione alla costruzione di DELPHI, con i più stretti collaboratori: Gregoire Kantardjan, Hans Jurgen Hille e Guido Petrucci

IL CERN e il Big Bang

Negli anni Settanta le migliaia di fisici, che lavoravano con i sincrotroni del CERN, pensavano che lo scopo principale delle loro ricerche fosse la produzione di nuovi tipi di particelle, di masse sempre maggiori, e lo studio delle loro interazioni. Nelle decadi successive la stessa comunità ha cominciato a guardare alle proprie attività da una prospettiva diversa a seguito della costruzione della teoria - che inquadra tutte queste particelle ed è oggi completa e accettata da tutti - e di discussioni con i colleghi astrofisici.

Lo studio di collisioni di particelle d'energia sempre più grandi è apparso, allora, come un modo di risalire il tempo *cosmico*.

Dopo il Big Bang l'Universo primordiale era costituito da un 'gas cosmico' la cui temperatura

- inizialmente altissima - calava rapidissimamente a causa della continua espansione. Poiché la temperatura non è altro che l'*energia media* con cui le particelle del gas si urtano, al trascorrere del tempo l'energia media delle collisioni calava continuamente. Poiché al CERN gli acceleratori di circonferenza sempre più grandi ci hanno permesso di studiare le collisioni che avvengono a energia sempre maggiori, quasi senza saperlo ci siamo trovati a percorrere il la brevissima storia dell'Universo in senso contrario, *risalendo il corso del tempo*.

Le energie che avevamo a disposizione al *Protosincrotrone* PS, cui cominciammo a lavorare nel 1969, corrispondevano alle collisioni che accadevano un milionesimo di secondo dopo il Big Bang, quando la sua temperatura era di 1000 mi-



Visita al CERN e a DELPHI del presidente Oscar Luigi Scalfaro. Al centro il Direttore del CERN dell'epoca, Chris Llewellyn Smith

liardi di gradi. Le collisioni che abbiamo studiato al secondo acceleratore del CERN, gli *Intersecting Storage Rings* ISR, accadevano a un tempo cento volte minore, quando la temperatura era dieci volte più grande.

Nelle decadi successive l'entrata in funzione del *Superprotosincrotrone* SPS (1975), del *Large Electron Positron collider* LEP (1989) e del *Large Hadron Collider* LHC (2010) ci hanno fatto andare ancora più indietro nel tempo, fino a raggiungere il milionesimo di milionesimo di secondo dopo il *Big Bang*.

In questa nuova prospettiva, i tunnel scavati cento metri sottoterra nella campagna Ginevrina, che va dall'aeroporto al Jura, hanno permesso a qualche decina di migliaia di scienziati - oggi provenienti non soltanto dai ventitré paesi membri del CERN (tutti europei tranne Israele), ma anche da settanta paesi di tutto il mondo - di risalire il tempo dell'Universo primordiale di un milione di volte. Abbiamo così compreso cosa è allora successo e come i fenomeni studiati hanno dato forma all'Universo di oggi, che non solo è molto freddo (- 270 gradi centigradi) ma è an-

che fatto soltanto dalle tre particelle più leggere, gli elettroni e i due quark, cui sono stati dati i nomi di quark-u e quark-d.

Questa è la 'fisica bella' cui ho dato piccoli contributi lavorando ai primi quattro dei cinque acceleratori del CERN e partecipando alla costruzione e utilizzazione di rivelatori sempre più grandi.

Negli anni sessanta-settanta i rivelatori delle particelle prodotte nelle collisioni erano, infatti, piccoli e, quindi, anche i gruppi sperimentali - che li inventavano e li costruivano - erano piccoli; al PS la collaborazione CERN-ROMA era costituita da dieci fisici, agli ISR eravamo pochi di più. Per la serie successiva di esperimenti, fatti allo SPS, ci siamo uniti a gruppi tedeschi, olandesi e russi ed eravamo una cinquantina; il nostro rivelatore di neutrini pesava cinquecento tonnellate.

Si trattava di rivelatori grandi, complicati e pieni di elettronica sofisticatissima; i dati raccolti erano analizzati da sistemi di computer sempre più potenti e rapidi. Ho imparato così sul ter-

reno aumentando gradualmente i miei livelli di responsabilità e dedicando sempre attenzione a comunicare ai dottorandi e ai giovani ricercatori ciò che avevo appreso e immaginato.

Infine, nel 1980 mi sono trovato ad essere nel posto giusto al momento giusto così da diventare, a quarantasei anni, coordinatore eletto (*“spokesperson”*) della collaborazione internazionale DELPHI (acronimo per *“Detector with Lepton, Photon and Hadron Identification”*) che ha cominciato a prendere dati nel 1989 al quarto grande acceleratore del CERN, il Large Electron Positron collider LEP. Quando lasciai DELPHI, tredici anni dopo, vi lavoravano cinquecento fisici provenienti da quaranta istituti di venti diversi paesi, dal Brasile all’Unione Sovietica passando per tutti i principali Paesi europei, la Finlandia e la Polonia, ben al di là della cortina di ferro.

Raccogliemmo i primi dati nel 1990 e il rivelatore - che era lungo dodici metri e alto dodici metri e conteneva il solenoide superconduttore più grande mai costruito - ci dette molte soddisfazioni perché cominciammo a pubblicare risultati originali e interessanti.

Inoltre, con il collega Wim de Boer di Karlsruhe e un suo dottorando, pubblicammo nel 1991, con i primi dati raccolti, un lavoro scientifico sull’unificazione delle forze fondamentali che ebbe un’immediata e grande risonanza, anche su alcuni giornali quotidiani, ed è citato ancora adesso molto frequentemente.

I fisici maturi miei coetanei, che dirigevano gli altri tre rivelatori del LEP, e alcuni colleghi di DELPHI cominciarono a pensare alla progettazione dei rivelatori, due volte più grandi e molto più complessi, che sarebbero stati necessari per fare ricerca con lo LHC, al quale Carlo Rubbia, che all’epoca era Direttore del CERN, aveva dato grande impulso. Ma io mi chiedevo *“Che contributo originale e possibilmente unico potrò dare all’attività di ricerca fondamentale con il Large Hadron Collider che non abbia già dato con il LEP?”*.

Fu così che, come disse mia moglie, decisi di tornare al primo amore, la fisica utile dell’Istituto Superiore di Sanità, e diedi le dimissioni da *spokesperson* di DELPHI lasciando la fisica delle particelle.

La Fondazione TERA

La decisione era in gestazione da tempo. Negli anni avevo, infatti, continuato a insegnare la fisica medica a un corso postlaurea della Statale di Milano e nel 1990 avevo partecipato a un concorso universitario vincendo una cattedra di fisica medica, prima a Firenze e poi a Milano. Inoltre, pur lavorando intensamente alla fisica bella del CERN, seguivo costantemente l'evoluzione delle applicazioni degli acceleratori alla terapia dei tumori.

Avevo così visto che negli Stati Uniti e in Giappone si cominciavano a utilizzare fasci di radiazioni diverse dai raggi X per trattare, con più precisione ed efficacia, i tumori solidi. Si trattava di fascetti di *protoni* e *ioni carbonio*, fascetti - costituiti da milioni di particelle al secondo - che hanno un diametro di qualche millimetro e

sono accelerati - per esempio da un sincrotrone - fino a 0,25 GeV (per i protoni) e 5 GeV (per gli ioni carbonio) in modo da raggiungere tumori solidi che si trovano anche a profondità di 30 cm nel corpo del paziente.

Il trattamento è indolore, dura uno o due minuti e il paziente torna al Centro ogni giorno per quattro-cinque settimane. Le energie di protoni e ioni carbonio sono molto basse rispetto a quelle usate nei sincrotroni del CERN e, quindi, gli acceleratori sono molto più piccoli; per esempio per gli ioni carbonio sono sufficienti sincrotroni che hanno diametri dieci volte inferiori ai duecento metri del Protosincrotrone del CERN.

Con i protoni si possono irradiare tumori profondi con precisione millimetrica, rispar-

Con Fabiola Gianotti e Gaudenzio Vanolo,
Segretario Generale di TERA, in occasione
dei 21 anni della Fondazione TERA



miando - molto meglio di quanto già non si faccia con i raggi X - i tessuti sani circostanti. Gli ioni carbonio hanno inoltre la caratteristica di distruggere con grande efficacia le cellule dei tessuti tumorali permettendo la cura di quel 5% dei tumori solidi che non si possono curare perché sono ‘radioresistenti’, non sono cioè sensibili né ai raggi X né ai protoni.

Per compiere il grande passo, nel maggio del '91, scrissi con un amico, il fisico medico Giampiero Tosi, un rapporto scientifico che portava il titolo *‘Per un Centro di teleterapia con adroni?’*; proponevamo di costituire un gruppo di fisici e ingegneri per progettare e costruire un centro per la terapia dei tumori che utilizzasse questa nuova tecnica.

La parola ‘adroni’ compariva nel titolo perché per i fisici sono ‘adroni’ tutte le particelle (non fondamentali) fatte di quark; protoni e ioni carbonio (fatti di 6 neutroni e 6 protoni) sono quindi tutti adroni. Per questo in un Congresso del 1992 usai per la prima volta il termine ‘adroterapia’ che ebbe immediato successo e che, tradotto in molte lingue, è oggi utilizzato nel mondo internazionale della fisica medica.

I primi fondi per la progettazione di questo centro - che chiamai fin dall’inizio ‘Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica CNAO’ - ci furono assegnati dall’INFN ma avevamo bisogno di molti più collaboratori e così, per raccogliere finanziamenti e pagare il personale necessario, nel settembre del 1992 fu creata la fondazione TERA (acronimo che sta per ‘Terapia con Radiazioni Adroniche’).

Scegliemmo come sede amministrativa Novara, dove il giovane e attivissimo Segretario Generale Gaudenzio Vanolo viveva, e, come sede operativa, il CERN, ove i nostri studi e laboratori sono ospitati sulla base di un accordo di collaborazione con il Laboratorio europeo. Qui lavoro da moltissimi anni con un gruppo di ingegneri e fisici per sviluppare i nostri programmi e disegnare le componenti dei nostri acceleratori, sempre in collaborazione con il CERN e con alcuni dei suoi bravissimi ingegneri.

A lungo il mio più stretto collaboratore è stato Sandro Rossi, che attualmente è Direttore Generale della Fondazione CNAO, e sono stato molto aiutato da Elio Borgonovi, noto economi-

sta della Salute alla Bocconi e Vicepresidente di TERA, e da Roberto Orecchio, attuale Direttore scientifico dell'IEO e membro del Consiglio.

In parallelo alla progettazione del CNAO abbiamo lavorato alla concezione e progettazione di un innovativo tipo di acceleratore per la terapia con protoni: un acceleratore lineare di nuova concezione. Negli anni abbiamo passato know-how e brevetti a una start-up londinese, *Advanced Oncotherapy*, che sta terminando la costruzione dei primi due Centri, uno a Birmingham e l'altro a Londra.

Per il CNAO abbiamo avuto fin dall'inizio l'appoggio di Umberto Veronesi ma, durante gli anni Novanta, i Ministri della Salute mi ricevevano, promettevano - spesso dopo aver nominato una commissione - e non mantenevano. Dopo dieci anni di tentativi, nel 2000 Giuliano Amato scelse come Ministro della Salute Umberto Veronesi che, dopo un paio di mesi, mi telefonò e disse: "*Ugo, adesso lo facciamo*".

Nella legge di bilancio dell'anno 2001 furono perciò inseriti i primi venti milioni per la co-

struzione, da parte dell'appena creata Fondazione CNAO, del centro progettato da TERA in collaborazione con il CERN. Dopo l'insediamento del Governo Berlusconi il Ministro Girolamo Sirchia nominò l'ennesima Commissione che, dopo molte discussioni, diede parere favorevole.

La costruzione del CNAO iniziò così a Pavia nel 2005 su un terreno opportunamente vicino all'Ospedale San Matteo. Sono stato per tutti questi anni membro del Consiglio della Fondazione CNAO e ho avuto la soddisfazione di accompagnarne gli sviluppi e i successi.

A oggi con il nostro sincrotrone da settantacinque metri di conferenza sono stati trattati - nel quadro del Servizio Sanitario Nazionale - tremilacinquecento pazienti; si può stimare che la vita di circa mille di essi sia stata risparmiata per merito dell'adroterapia, di cui con il CNAO il nostro Paese è all'avanguardia nel mondo.

Il CNAO è un esempio di come gli acceleratori di particelle, inventati e costruiti dai fisici per studiare la fisica 'bella' di atomi nuclei e particelle, sono oggi anche strumenti essenziali per

la cura dei malati di cancro. Per descrivere questa affascinante storia ho scritto due libri: *‘Sempre più veloci’* è stato pubblicato dalla Zanichelli e *“Particle accelerators: from Big Bang physics to hadron therapy”* da Springer. Entrambi terminano ricordando il motto *“Physics is beautiful and useful”*.



Palazzo Altieri a Roma:
dibattito con Fabiola Gianotti
moderato da Gianfranco Quaglia



La divulgazione un ‘vizio’ di famiglia

Mi è sempre piaciuto scrivere libri perché questo mi dà l'occasione di spiegare, entrando nei dettagli e utilizzando immagini e metafore originali, ciò che ho faticosamente capito e imparato. So che questa propensione viene da mia Madre Ginestra, che era una divulgatrice senza pari.

Laureatasi nel 1931 in astronomia, avrebbe voluto fare la ricercatrice ma a quell'epoca l'Istituto di fisica di via Panisperna, dove lavoravano Enrico Fermi e mio Padre, era inaccessibile alle donne.

Così nel '36 pubblicò, con Laura Fermi, il primo libro italiano di divulgazione della fisica più recente: *‘Alchimia del tempo nostro’*. Scrisse poi per il grande pubblico molti altri libri, alcuni tradotti in diverse lingue compreso il russo.

Negli anni del dopoguerra, per contribuire al rinnovamento dell'insegnamento delle scienze, i miei genitori cominciarono a pubblicare con la Zanichelli libri per le scuole secondarie.

La sera decidevano insieme cosa andasse scritto e la Mamma vi lavorava di giorno. Poi, una delle sere seguenti, rileggevano e discutevano, talvolta animatamente, perché avevano idee molto diverse su come la fisica andasse spiegata; sono questi gli unici argomenti per i quali li ho sentiti litigare.

Quando mia Madre, per ragioni di salute, dovette rinunciare alla scrittura, mio Padre mi chiese se fossi disposto a dargli una mano. Fu così che nell'84 uscirono i nostri primi tre volumi per i Licei Scientifici; lavorammo poi ai libri di testo

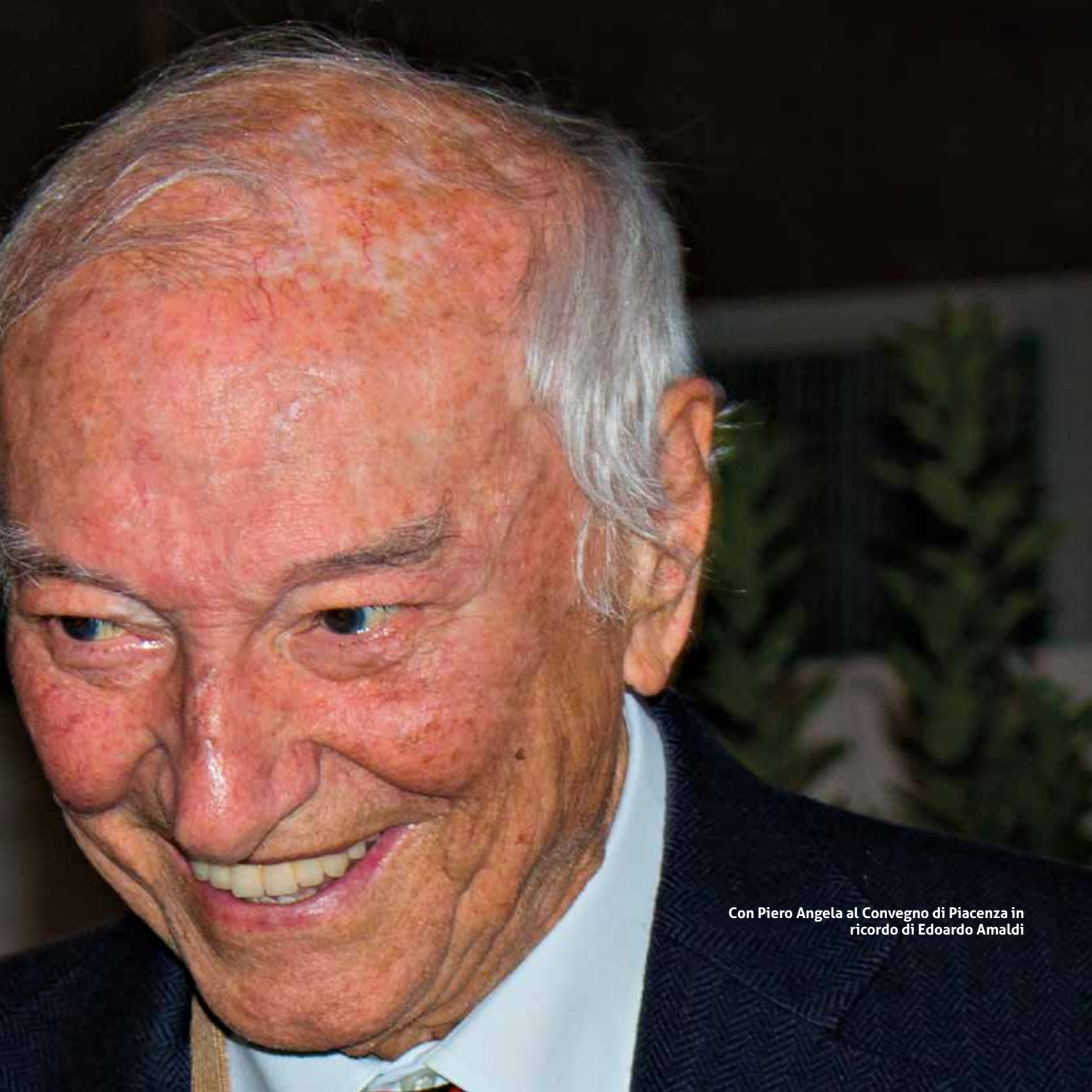
per tutte le altre scuole superiori. Cinque anni dopo rimasi solo a curare sempre nuove edizioni e versioni degli 'Amaldi', con l'aiuto prezioso alla Zanichelli di bravissimi collaboratori, cosicché più di un terzo degli studenti liceali studiano oggi fisica sui nostri testi.

La Zanichelli ha stimato che, in trentacinque anni, li abbiano utilizzati più di due milioni di studenti.



Il professor Amaldi in occasione della sua relazione su "Medical applications of protons and ions" alla XVIII International Linac Conference





Con Piero Angela al Convegno di Piacenza in
ricordo di Edoardo Amaldi

La Svizzera e l'Italia

La Svizzera... sono cittadino svizzero dal 2006; poiché vivevamo e avevamo casa a Ginevra, quando sono andato in pensione, abbiamo deciso che fosse importante acquisire il diritto di partecipare alla vita politica locale. Anche se poi, mi spiace dirlo, non sono mai riuscito ad appassionarmi alle questioni politiche elvetiche.

In Italia ho tutte le mie radici: affettive e culturali. Lì è vissuta e vive la mia prima famiglia e lì ho potuto frequentare un'ottima Università e anche un ottimo liceo romano, il Tasso, che mi ha formato introducendomi alla filosofia e alla storia del nostro paese. A Ginevra, con mia moglie, dopo averlo fatto con i nostri quattro figli, cerchiamo di educare anche i nostri nipoti alla cultura italiana. Credo nell'Italia, sono convinto che sia un paese unico al mondo, conosco bene

la qualità dei suoi giovani e mi rivolta constatare che cose semplici non vengano fatte. Perché non fare le cose complicate è giustificato, ma non fare quelle semplici - per comodità, per disattenzione e per incuria - è colpevole.

La Svizzera è un paese che ho trovato estremamente accogliente, Ginevra soprattutto. Non a caso mia moglie puntualizza sempre *“io non sono svizzera, sono ginevrina”*. Siamo venuti qua da giovanissimi e Ginevra è la nostra città d'adozione.

Una città che amiamo moltissimo anche per il magnifico lago; mia moglie è vissuta a lungo sul lago di Como e quindi per lei vivere in una città d'acqua fa una grande differenza. Ci sono poi montagne bellissime e vicine: mi piaceva molto sciare. L'ultima sciata l'ho fatta a ottantun

anni, quando mia moglie ha deciso di non permettermi più d'andare a sciare con i nipoti raccomandando loro di fare attenzione al nonno.

Grazie soprattutto alla sua attività, consigliera coniugale dell'associazione *Couple et Famille*, abbiamo avuto modo di conoscere, frequentare e apprezzare molti svizzeri, e fra loro molte giovani coppie, fortemente impegnati in campo sociale; nel volontariato ma anche a livello professionale.

Questa è la parte della società locale che ci è piaciuto frequentare. Oltre, naturalmente, a un grandissimo gruppo di amici italiani di Ginevra e Losanna - tra cui i membri dell'Associazione Dirigenti Italiani all'Estero - e al vario e interessante mondo delle organizzazioni internazionali, che non avremmo mai conosciuto se avessimo vissuto a Roma.



Dottorato honoris causa
all'Università di
Uppsala, Svezia