

IL NOSTRO MONDO

Società Italiana di Fisica



Celebrazioni del Centenario della Nascita di Enrico Fermi
Giornata dedicata a:

Fermi Maestro e Didatta

2 luglio 2001

Villa Monastero, Varenna

Indice degli interventi

- 8 Enrico Fermi al Liceo Umberto I di Roma e all'Università di Pisa
Roberto Vergara Caffarelli
- 15 Enrico Fermi e il trattato di O.D. Chwolson
Carlo Bernardini
- 20 Enrico Fermi il maestro sperimentale e teorico del secolo ora trascorso.
Alcuni personali ricordi
Giorgio Salvini
- 23 Enrico Fermi divulgatore e persuasore scientifico
Sebastiano Sciuti
- 27 Ricordi di Enrico Fermi
Valentine Telegdi
- 30 Enrico Fermi, the man
Jay Orear
- 38 Enrico Fermi, my master and teacher
Jack Steinberger
- 40 Fermi in Varenna
Renato Angelo Ricci
- 45 Ricordi del mio maestro
Tsung Dao Lee

VILLA MONASTERO, VARENNA
Foto di gruppo dei partecipanti



CELEBRAZIONI DEL CENTENARIO DELLA NASCITA DI ENRICO FERMI
«FERMI, MAESTRO E DIDATTA»

2 Luglio 2001

Villa Monastero, Varenna

Dear cultural officers Bonfanti and Mastelli, Director of the Villa Monastero Panzeri and President Bandini; dear colleagues and friends:

The Italian Physical Society has decided to start the celebrations of the 100th anniversary of the birth of Enrico Fermi with a day dedicated to “Fermi, master and teacher”.

Some of those who are here present have been his students and have a vivid memory of how much Fermi enjoyed and was effective in communicating his knowledge and his ideas. Others have learned of his qualities as a teacher from reading his books and review articles, and the reports of speeches for the general public.

I went to the University of Illinois as a graduate student in the summer of 1954, and in September Gilberto Bernardini invited the young Italian physicists for dinner. Fermi was expected to come to Urbana from Chicago, but was unable to come because his health was getting worse by the disease which would have brought him to his untimely death a few weeks later.

During the summer of that very year Fermi had given here in this room his last lectures, and this is the reason why we are celebrating him here today. The director of the course was Giampietro Puppi, and some of the former students are present. Others have been unable to come and have sent some letters with vivid recollections of those unforgettable days, in particular Carlo Castagnoli and Giuliana Cini Castagnoli, who met here on that occasion, Giacomo Morpurgo and Gherardo Stoppini.

I would like to mention a few words from the letter of Gherardo Stoppini to show how the lectures of Fermi and the personal interactions the students of those days had with Fermi remain *stamped* in their minds almost half a century later.

“To listen to his presentation was a real experience, because everything seemed very clear and natural. Some of us “young men” had been enrolled by Edoardo Amaldi to take the notes of his lectures and this gave us the opportunity to spend hours with Fermi, who was helping us generously. We also took some walks on the mountains, and he often smiled when he had to stop to wait for us, who were struggling behind, or when he explained the properties of the plants we found and even recalled the Latin names. We also took a long swim in the lake, and I came back after a few minutes, while Fermi, twice my age, reached the other side of the bay.”

Stoppini also recalls expressions of fatherly love and concern for the School accomplishments of his son Giulio, and expressions of disappointment for scientists too much involved in politics, perhaps related to the Oppenheimer hearings of those days.

Today’s speakers will deal with various aspects of Fermi’s teachings and personality. Some of the speeches will be in Italian, but a translation is available.

I wish to welcome you in Varenna and thank you for having come here from many different countries to talk about a man we all admire so much.

G. Franco Bassani

ENRICO FERMI AL LICEO UMBERTO I DI ROMA E ALL'UNIVERSITÀ DI PISA

R. Vergara Caffarelli

Dipartimento di Fisica E. Fermi,
Università di Pisa, Italia

1. – Introduzione

Nel secolo scorso vi sono stati vari casi di scienziati precoci, ma quello di Enrico Fermi rimane l'unico caso di adolescente che, senza particolari stimoli culturali della famiglia, della scuola e dell'ambiente circostante riuscì, quasi da solo, a impadronirsi dei fondamenti di una scienza che era giunta ad una grande completezza e complessità. Per questo motivo gli scritti giovanili¹ rimasti inediti, obiettivamente di scarso valore se valutati nel complesso delle sue pubblicazioni scientifiche, sono di grande importanza come testimonianza delle sue doti straordinarie e della sua prodigiosa capacità di apprendimento scientifico.

La moglie Laura è stata la prima a dare notizie² sulla formazione culturale di Enrico nel periodo dell'adolescenza e sul ruolo che svolse in quegli anni un collega del padre, l'ingegnere Adolfo Amidei³.

Emilio Segré ha in seguito pubblicato⁴ una dettagliata relazione, avuta da Amidei, in cui, insieme a molte altre notizie, sono elencati in ordine di tempo i libri dati a Fermi dal 1914, quando egli aveva appena compiuto tredici anni, fino al 1918.

Occorre subito notare che l'attenzione dell'ingegnere fu rivolta in maniera prevalente alla preparazione matematica del ragazzo. Il criterio che aveva adottato richiedeva disciplina perché gli imponeva di frenare il desiderio di capire subito i fenomeni, per arrivare al loro studio solo dopo aver acquisito la necessaria preparazione matematica. Il percorso tracciato fu seguito con determinazione dal giovane perché era stato il discepolo a scegliere il maestro.

Amidei racconta come si svolsero i fatti: Fermi gli aveva chiesto dove poteva trovare una spiegazione scientifica del moto della trottola e del giroscopio. Per questo occorreva – gli rispose – «conoscere bene una scienza detta Meccanica razionale per apprendere la quale era però necessario che egli imparasse la Trigonometria, l'Algebra, la Geometria analitica e il Calcolo infinitesimale». E il racconto si conclude così: «Enrico si persuase della bontà del mio consiglio ed io gli fornii i libri che ritenni più adatti per formare in lui idee chiare e solidi fondamenti matematici».

Tra i libri prestati nei primi tre anni solo il *Traité de mécanique* di Poisson ha un certo contenuto di fisica. Seguendo il percorso che si era preposto, Amidei aspettò che il ragazzo iniziasse il secondo liceo – nel settembre del 1917 – per incominciare a prestargli alcuni suoi libri di ingegneria. Ma l'ingegnere non sapeva che Fermi intanto studiava fisica da solo.

Nel luglio 1918 Enrico, saltando la terza, conclude brillantemente il liceo con quattro 10, tre 9, e cinque 8 (sul diploma viene annotata l'osservazione *licenziato con onore*).

Deve scegliere la facoltà a cui iscriversi: Amidei gli chiede se vuole fare Fisica o Matematica e ne ha questa risposta: «Ho studiato con passione la matematica perché la considero necessaria per lo studio della fisica alla quale io voglio esclusivamente dedicarmi». Gli domanda allora se le sue cognizioni di Fisica erano vaste e profonde come quelle che aveva nella scienza matematica, e lui risponde «sono molto più vaste e, credo, altrettanto profonde, perché ho letto tutti i più rinomati libri di Fisica». Proprio in quei giorni, il 31 luglio, aveva scritto all'amico Persico: «La lettura del Chwolson⁵

¹ Gli scritti giovanili di Fermi, che saranno raccolti in un volume di prossima pubblicazione, comprendono testi fino alla laurea (1922).

² L. FERMI, *Atoms in the Family, My Life With Enrico Fermi*, (Chicago) 1954, traduzione italiana *Atomi in famiglia*, (Milano) 1954.

³ Era nato a Volterra il 10 luglio 1877, dove aveva studiato in un liceo privato. Sostenne presso il Regio Liceo di Pisa l'esame di licenza liceale. A Pisa s'iscrisse al primo anno della «Facoltà di Matematiche pure» e nel 1899 ottenne la Licenza in Scienze Fisiche e Matematiche. Proseguì gli studi a Torino ottenendo dopo tre anni il diploma di ingegnere. Nel 1914 divenne ispettore-capo delle ferrovie. La figlia Margherita, benché assai giovane (era nata nel 1908) ricorda le passeggiate con Fermi di mattina presto verso una pasticceria di Ponte Milvio. Lei li seguiva in bicicletta mentre il padre e il giovane Enrico discutevano di matematica e di fisica.

⁴ E. SEGRÉ, *Enrico Fermi, Fisico*, Zanichelli, (Bologna), 1987.

⁵ O.D. CHWOLSON, *Traité de Physique*, (Librairie Scientifique Hermann, Paris) 2ª edizione 1908-1913. L'opera, composta di 4 tomi in più fascicoli ha complessivamente 4350 pagine.

procede celermente e calcolo di averlo finito tra un mese o un mese e mezzo perché ho trovato circa 1000 pagine da saltare perché le conoscevo».

Nella lettera a Segré l'ing. Amidei non nomina mai Giulio, il fratello maggiore di Enrico. Sappiamo che Giulio ed Enrico erano legatissimi e si deve credere che per oltre un anno⁶ Enrico abbia condiviso con il fratello lo studio dei libri che riceveva da Amidei: *La geometria di posizione* di Teodoro Reye, il *Trattato di trigonometria piana e sferica* di J.A. Serret, il *Corso di analisi algebrica con introduzione al Calcolo infinitesimale* di Ernesto Cesàro, le dispense di *Geometria Analitica* di E. Bianchi. Lo studio, fatto insieme, deve aver reso moltissimo ai due fratelli; poi con la morte di Giulio le letture ormai solitarie di Enrico furono il frutto di una volontà ferrea.

2. – Il Liceo-ginnasio Umberto I (1911-1918).

Nel 1914, quando conobbe Amidei, il giovane Fermi aveva appena iniziato il quarto anno del ginnasio, all'Umberto I, ora Liceo-Ginnasio Pilo Albertelli. La sorella Maria era iscritta al primo anno del liceo mentre il fratello Giulio, frequentava insieme ad Enrico Persico⁷ il quinto anno del ginnasio.

Il padre, Alberto Fermi, al collega Amidei che gli commentava le doti fuori del comune del figlio, rispose «che suo figlio, alla scuola, era bravo, sì, ma che nessun dei suoi professori si era accorto che fosse un ragazzo prodigio». Questo giudizio non concorda con quello che la zia Olga, sorella della madre di Enrico scrisse a Laura Fermi il 27 agosto 1951:

«Quando era forse in primo Ginnasio durante una mia gita a Roma Enrico era con me e colla sua mamma in via Nazionale per una passeggiata quando incontrammo uno dei suoi insegnanti di scuola; mia sorella mi presentò a questo signore il quale stringendomi la mano mi disse: «mi congratulo con lei che ha un nipote che sarà a suo tempo un secondo Gali-

leo». Ricordo pure che certi colleghi del papà di Enrico stavano discutendo per la soluzione di un problema di algebra e si accaloravano perché non ci riuscivano; mio cognato, dopo averli ascoltati a lungo, pregò uno di loro di dargli una copia del problema dicendo che l'avrebbe portato a suo figlio che forse avrebbe trovato la soluzione; i colleghi lo accontentarono mostrando palesemente che non avevano molta fiducia che un ragazzino così giovane fosse capace di tanto. La mattina dopo Enrico consegnò al suo babbo l'esatta soluzione del problema ed i colleghi rimasero quasi increduli che proprio quel giovanissimo ragazzino riuscisse così facilmente a superarli tutti».

Il prudente giudizio del padre davanti alla parola «prodigio» trova un riscontro da quanto emerge dall'esame della carriera scolastica di Enrico: nella generale mediocrità dei più egli è quasi sempre il primo, ma non è l'unico ad avere voti alti.

Nel mio archivio ho le fotocopie di alcuni suoi compiti in classe del quinto ginnasio, di cui purtroppo non ricordo la provenienza. Tre di essi sono traduzioni: in una versione dall'italiano in latino ebbe 7, un «lavoro di greco» fu valutato 9 per la traduzione e 9 per il dettato, ed una sua versione dal latino, del 10 febbraio 1916 andò un po' meglio perché ebbe 8+.

I componimenti italiani sono più interessanti delle traduzioni perché permettono di valutare il grado di maturità di Fermi nel versante umanistico.

Il primo tema, che è del 18 novembre del 1915 ha come titolo «*Avanti!*» ed ebbe come voto 7 con il seguente giudizio «si sente lo sforzo nell'invenzione».

Ebbe invece 8 il secondo tema, del 20 gennaio 1916, che ha per titolo: «*Frangar, non flectar*» e lo stesso voto ebbe il tema del 17 febbraio 1916: «*Una nazione in cui abbondano i caratteri, è come una rupe contro cui ogni violenza di vento freme indarno*».

Questi compiti confermano il giudizio dei professori di Enrico: molto bravo ma ancora nella normalità; però tanto bravo da presentarsi all'esame di licenza al termine del secondo liceo, saltando l'ultima classe proprio come aveva fatto l'amico Persico l'anno prima e riuscire ad essere promosso con voti eccellenti: 4 dieci, 3 nove e 4 otto. Questo giudizio trova un riscontro obiettivo in una analisi statistica basata sul confronto tra il voto medio di tutta la classe, la media di Enrico e quella di altri studenti bravi della classe.

⁶ Giulio muore nel dicembre del 1915.

⁷ Persico era stato compagno di scuola di Giulio, ma i due fratelli tendevano a stare per conto loro ed egli aveva avvicinato Enrico solo dopo la morte di Giulio (SEGRÉ, op.cit.).

Classe (no. studenti)	I A (28)	II A (28)	III A (31)	IV B (29)	V B (43)	I B (28)	II B (28)
Tutta la Classe	6.0	6.6	6.5	6.5	6.3	6.5	7.4
Enrico Fermi	8.1	8.0	9.0	8.9	9.3	8.8	9.5
A. Regolo Fraiese	7.9	7.7	8.0	8.7	9.0	–	–
Raffaello Amati	–	8.1	9.4	–	–	–	–
Maria Polacco	–	8.7	8.4	8.7	9.0	8.7	9.0
Desiderio Bastianello	–	–	8.3	–	–	–	–
Rodolfo Drusco	–	–	–	–	–	8.2	8.8

Da non molto si sono resi disponibili altri documenti del periodo liceale che permettono di istituire un confronto tra le sue doti scientifiche e quelle del versante umanistico. Da essi emerge l'eccezionale ampiezza e profondità delle conoscenze di fisica e di matematica che Enrico aveva progressivamente acquisito nei suoi studi scientifici durante i due anni del liceo.

Conservato in una cartella presso la *Domus Galileiana* di Pisa ho potuto recentemente esaminare⁸ un quaderno autografo a cui finora non era stata data importanza, forse l'unico rimasto di molti altri che Fermi aveva riempito con esercizi e riassunti in quegli anni del liceo. La cartella, che contiene altri scritti giovanili, era stata depositata da Laura Fermi alla Domus poco dopo la morte del marito. Il quaderno, per gli argomenti trattati, può essere fatto risalire alla fine del 1917 o all'inizio del 1918, certamente prima della licenza liceale.

Le pagine scritte sono in tutto 40: quelle numerate vanno da 1 a 35, ma con un salto di due pagine perché la pagina 29 è curiosamente rinumerata 31. Dopo la pagina 35 seguono sette pagine non numerate. Le prime due pagine non numerate, annullate da un «errato». scritto di traverso, trattano del cammino libero medio di una molecola.

Segue una pagina con l'equazione di una barra vibrante, fissa ad una estremità. Viene poi la soluzione dell'equazione della diffusione del calore, seguita da una breve discussione sull'elasticità dei solidi isotropi e dalla tabella di costanti dielettriche dei gas, che è la sola di queste carte che viene riportata in indice senza numero di pagina.

Le ultime due pagine, che contengono l'indice

costituiscono la descrizione più sintetica che si possa fare del quaderno:

- Quantità di calore che attraversa le pareti di un recipiente.
- Alcuni coefficienti di dilatazione nei solidi.
- Calore specifico dell'acqua e di alcuni corpi.
- Tensione dei vapori saturi.
- Temperatura e pressioni critiche.
- Punti di fusione.
- Equazione di van der Waals.
- Calori specifici di alcuni gas.
- Indici di rifrazione.
- Pile elettriche.
- Giroscopio.
- F.e.m. sviluppata da una pila.
- Gravità.
- Fusione dei fili elettrici.
- Resistenza d'attrito contro i fluidi moventesi nei tubi.
- Combustibili.
- Perturbazioni elettromagnetiche.
- Scariche di un condensatore.
- Perdite per isteresi e correnti parassite.
- Skin-effect.
- Sfasamento del flusso rispetto alla f.e.m..
- Tensione ai morsetti delle dinamo a circuito aperto.
- Velocità delle molecole di alcuni gas a 0°.
- Integrazione delle equazioni a derivate parziali.
- Formule di calcolo delle variazioni.
- Formule per il vapor d'acqua.
- formule teoriche.
- Leggi di Kirchoff, Wien, Stefan e Plank.
- Riflessione dell'energia raggianti.
- Conduttori ellittici.
- Corpuscoli elettrici in movimento.
- Principio di relatività.
- Teoria elettronica.
- Resistenze.
- Diffrazione[sic!].
- caratteristiche molecolari di alcuni gas.
- Unità di misura.
- Costanti dielettriche di gas e vapori.

⁸ Ringrazio il Presidente della Domus Galileiana, prof. Vincenzo Cappelletti, per avere autorizzato la riproduzione dei documenti conservati in questa cartella.

Non è possibile commentare pagina per pagina il quaderno, e non mi resta che segnalare alcuni punti interessanti⁹:

a) Vi sono ben 12 tabelle, alcune molto consistenti, che riportano proprietà fisico-chimiche di vari materiali. Non mi è stato possibile identificare nessuna delle tabelle con tabelle analoghe riportate dai più comuni manuali italiani di fisica (Róiti, Naccari e Bellati, Murani) o dal Chwolson e dal Violle, anche se i dati numerici sono presenti in modo parziale in molte delle loro tabelle. Non è possibile quindi decidere per ora se risalgono ad una unica fonte determinata o se sono state costruite utilizzando più fonti.

b) «Sulla integrazione delle equazioni differenziali a derivate parziali» è una sintesi in cinque pagine, assai efficace, di teorie ed applicazioni tratte da due capitoli delle *Lezioni di Analisi infinitesimale* di Ulisse Dini¹⁰, e precisamente dalle pagine 257-280 del «Calcolo differenziale» e dalle pagine 874-916 del «Calcolo integrale».

c) In poco più di una paginetta sono trascritte le formule essenziali della relatività ristretta di Einstein: trasformazioni delle coordinate, delle velocità e del campo elettromagnetico.

In una intervista¹¹ Persico disse a proposito: «Fermi era già molto informato sulla fisica moderna, specialmente sulla relatività. Io ho appreso dell'esistenza della relatività attraverso Fermi. Io ricordo che una volta gli chiesi che cosa avrebbe voluto fare se avesse avuto una grande somma da investire in ricerca scientifica ed egli mi disse «Relatività, esperimenti di re-

latività». Sì, io non posso dire quando accadde, ma ricordo molto bene che noi eravamo a malapena studenti al Liceo. Io prima di allora non ero informato dell'esistenza della relatività».

d) L'equazione che descrive il moto vibratorio di una sbarra omogenea che oscilla incastrata in un estremo è di grande interesse, perché è sostanzialmente la stessa di quella che discuterà in seguito nel famoso tema di fisica per l'ammissione alla Scuola Normale Superiore. In più vi è solo l'effetto aggiuntivo di una massa M concentrata all'estremità libera.

Non credo che il quaderno sia frutto dell'attività dell'estate 1918 dedicata alla lettura del Chwolson, quando secondo il consiglio di Amidei si preparava all'esame di ammissione alla Normale¹². Il continuo cambiare di inchiostro e di calligrafia suggerisce piuttosto una redazione durata parecchio tempo; anche l'estensione di alcune tabelle delle prime pagine fa pensare ad una certa disponibilità di tempo.

3. – I compiti per l'ammissione alla Scuola Normale Superiore (1918)

La fama della precocità di Fermi viene soprattutto dal suo famoso compito di Fisica per l'ammissione alla Scuola Normale Superiore, largamente e giustamente pubblicizzato. Il testo è stato analizzato con grande attenzione¹³ e mi restano poche ulteriori osservazioni.

Tutti i compiti si presentano con un tale ordine, da destare meraviglia. Si è visto che Fermi aveva studiato in dettaglio l'equazione della verga elastica inserendola nel suo quaderno di appunti. L'equazione nel compito viene introdotta come esempio¹⁴ di sorgente del suono.

⁹ In questo quaderno troviamo anche alcuni errori, abbastanza comuni per un romano: più volte scrive «accelerazione» (alle pp. 9, 27, 28), a p. 1 appare due volte «coefficiente», qua e là mancano accenti e vi sono parole ripetute. La calligrafia cambia spesso dando l'impressione di essere uno zibaldone, riempito in tempi diversi.

¹⁰ Vorrei ricordare quanto scrisse l'ing. Amidei a proposito di questo trattato: ... «quando mi restituì il *Calcolo infinitesimale* del Dini ed io gli dissi che poteva trattenerlo anche per qualche anno per consultarlo in caso di bisogno, ricevetti questa sorprendente risposta: Grazie non mi occorre perché sono certo di ricordarmelo. Anzi dopo trascorso qualche anno vedrò anche più chiaramente i concetti in esso contenuti e se avrò bisogno di servirmi di qualche formula saprò presto ritrovarla».

¹¹ Intervista di T.S. Khun a E. Persico e F. Rasetti, a Roma, 8 aprile 1963.

¹² Da una lettera a Persico: «Roma, 18 agosto 1918 [...] La lettura dello Chwolson procede rapidamente e prevedo che fra tre o quattro giorni sarà finita; è uno studio che sono molto contento di aver fatto perché ha approfondito molte le cognizioni di fisica che già avevo e mi ha insegnato molte cose di cui non avevo nemmeno un'idea. Con queste basi credo che potrò concorrere a Pisa con una certa probabilità di riuscita».

¹³ M.C. SASSI e F. SEBASTIANI, *La formazione scientifica di Enrico Fermi*, G. Fis., **40** (1999) 89-113.

¹⁴ All'esame di ammissione del 1918 partecipa anche Luigi Fantappiè, che risulta secondo e vince quindi un posto in Normale. Anche lui per discutere la differente altezza dei suoni prende ad esempio una verga di metallo, che imma-

Sorprende che sia scritta e non dedotta, come se l'avesse fissata nella sua memoria eccezionale. La spiegazione è diversa e poteva essere immaginata: come tutti i compiti anche questo è il risultato di una precedente «brutta copia».

Nella brutta copia, che prima di ora non era stata presa in considerazione, si vede come Enrico deriva l'equazione e imposta la soluzione. È interessante notare che prima di studiare la verga vibrante, Fermi nella brutta copia si preoccupa di stabilire la presentazione dell'equazione della propagazione del suono, che svolge secondo la traccia del Poisson¹⁵. Anche il problema «pratico» del calcolo dell'intensità della corrente misurata con la Bussola delle Tangenti richiede conti non piccoli, che sono svolti in vari fogli veramente brutti, pieni di appunti scompigliati e nervosi, assai differenti dalla «bella copia».

L'analisi di tutti i compiti sarà presentata negli Scritti giovanili inediti, che ho in preparazione, di cui questa relazione è una parte.

4. – Gli anni dell'Università (1918-1922)

Fermi ha mostrato subito il desiderio di pubblicare qualche lavoro. In una lettera a Persico del 12 febbraio 1919, a metà del primo anno di università, scrive: «avrei intenzione di fare una lunga serie di studi tutti dello stesso genere per pubblicarli poi in blocco e credo che per completarli come ho intenzione mi occorrerà per lo meno un anno di lavoro». Una traccia di questi tentativi è rimasta in un'altro quaderno molto interessante interamente scritto a matita, compilato durante il 1920, e anch'esso conservato nella cartella di Laura Fermi alla Domus Galileiana.

Il quaderno è costituito da XIX articoli, di cui quattro sono riassunti di lavori dello stesso Fermi e gli altri quindici sono riassunti di lavori altrui: cinque di Langevin, due di Einstein, due

di Sommerfeld, due di Levi-Civita, e poi Richardson, Bohr, Laue e Debye.

Nei riassunti, che sono tutti estremamente chiari e alcuni anche estesi, Fermi mostra di aver acquisito una propria notazione che sostituisce nelle formule a quella originaria, quando non coincide. Sono riassunti esemplari. Ma il fatto più interessante è rappresentato dai riassunti di alcuni suoi lavori, rimasti inediti.

Il primo, datato luglio 1920, ha per titolo: *Una nuova disposizione per lo studio degli spettri di alta frequenza*. Fermi vi espone la teoria su cui si fonda un dispositivo per la misura della lunghezza d'onda di una radiazione monocromatica. Per la realizzazione si utilizzano un cristallo a superficie curva, una lastra fotografica disposta su un supporto a forma elissoidale, un canocchiale e un cerchio graduato. Quando il cristallo ruota, la lastra fotografica fissa lo spettro della radiazione.

Un secondo riassunto, anch'esso inedito, dell'agosto 1920, *Sopra l'assorbimento del suono nei gas*, è un ampio lavoro di carattere completamente teorico. Dall'equazione caratteristica per il moto del gas, che relaziona spostamento, pressione e temperatura, trascurando il calore per attrito, giunge ad una soluzione con assorbimento che corrisponde a due propagazioni con la stessa velocità ma direzione opposta. Il terzo lavoro, del settembre 1920, ha per titolo: *La reazione della radiazione sopra un sistema rigido di cariche elettriche in moto traslatorio*. Si tratta di parte del suo primo lavoro pubblicato¹⁶: «*Sulla dinamica di un sistema rigido di cariche elettriche in moto traslatorio*» Solo per curiosità segnalo che alla fine del riassunto, si trova di nuovo *accelerato* errore già incontrato nel primo quaderno!

L'ultimo riassunto, inedito, del dicembre 1920, ha per titolo *Le azioni gravitazionali esercitate da una distribuzione sferica di elettricità superficiale*.

Un altro quaderno del 1919, che porta scritto nella prima pagina *Alcune teorie fisiche*, noto a molti per la descrizione ammirata che ne ha fatto Segré, è stato recentemente studiato in maniera completa¹⁷. Anche i lavori pubblicati da Fermi durante il corso universitario sono

gina ben stretta in una morsa: piegato un poco l'estremo e poi lasciato, esso comincerà ad oscillare ecc. ecc. Ma Fantappiè (che farà il matematico) non scrive alcuna equazione, per spiegare le oscillazioni della verga passa a studiare in via analogica il moto pendolare e così si attorciglia intorno a considerazioni superficiali. Non è un confronto ad armi pari, e per essere giusti, se si vuole un confronto tra di loro, questo va fatto nei quesiti di matematica.

¹⁵ S.D. POISSON, *Traité de Mécanique*, Livre sixième, *Hydrodynamique*, chap. II, pp. 421-429.

¹⁶ Nuovo Cimento **22** (1921) 199-207.

¹⁷ si veda la nota ¹⁴.

stati oggetto di studio¹⁸, per cui sarebbe superfluo toccare di nuovo questo argomento.

5. – La tesi di Laurea

Nell'agosto del 1919 Fermi scrive a Persico: «mi sono deciso definitivamente per la Photoelectricity, ma non posso cominciare nulla prima che sia tornato Eredia¹⁹ che pare sarà a Roma dopo il 19».

Quasi un anno dopo, il 30 maggio 1920 gli scrive:

«Per la mia tesi ho quasi abbandonato l'idea dell'effetto fotoelettrico dei gas. Non sarebbe impossibile che mi occupassi invece degli interessanti fenomeni di diffrazione dei raggi Röntgen nei cristalli, tanto più che spero di poterli mettere facilmente in relazione con la teoria statistica perché, a quanto credo, nei raggi di Röntgen debbono apparire assai più marcate le differenze dall'ordinaria teoria ondulatoria».

La tesi di laurea è delineata, Fermi è già attivo. Il 29 novembre 1920 scrive all'amico:

«ho già iniziato il mio lavoro sulla cristallografia Röntgen. Il primo problema da affrontare è stato quello di proteggere me ed i miei collaboratori dall'azione dei raggi X. Ho raggiunto lo scopo inserendo il tubo di raggi Röntgen in una cassetta di piombo dello spessore di circa 3 mm. Non è stato affatto un lavoro semplice costruire la linea d'alta tensione dall'induttore al tubo. Ho dovuto proteggere diversi tratti della linea con due o tre tubi di vetro, per impedire che si sprigionassero scintille tra la linea stessa e la cassetta di piombo. Io uso un grande induttore che fornisce scintille di circa 40 cm, con un interruttore elettrolitico (500 interruzioni al secondo)».

Ha quasi tutti gli strumenti che occorrono, manca solo la pompa rotativa a mercurio (marca Cacciari) che il prof. Puccianti compra nel marzo 1921 per ben 1350 lire.

Nello Carrara, che è uno dei «collaboratori» di Fermi, entrato in Normale nel 1917, si laurea il

13 luglio 1921 con la tesi *Cristalli e Raggi X*, per la quale ammette volentieri di aver avuto un buon aiuto da Fermi per la parte teorica. Il dispositivo sperimentale che usa è lo stesso di quello che userà Fermi per la parte sperimentale della sua tesi, che ha per titolo *Studi sulla diffrazione dei raggi Röntgen*.

Non è possibile analizzare in questo contesto i contenuti della tesi, di cui erano noti solo il primo e il quarto capitolo²⁰. Mi limito a ricostruire un interessante aspetto, che può contribuire a far conoscere la personalità del giovane Fermi, che poi è la cornice che ho voluto dare alle mie osservazioni.

6. – Il secondo capitolo della tesi : problemi di originalità

Il secondo capitolo della tesi ha per titolo *Sulla teoria dell'influenza dell'agitazione termica sopra la diffrazione dei raggi Röntgen nei cristalli*.

All'inizio Fermi cita due importanti lavori di Peter Debye, uno del 1913 sulla diffrazione dei raggi X e uno del 1912 sui calori specifici. L'articolo di Debye del 1913 che è il primo di una serie di tre, pubblicati nella stessa rivista²¹ nell'agosto di quell'anno, si basa sulla rappresentazione semplificata delle vibrazioni atomiche nei cristalli presentata da Einstein nel 1907 nel suo lavoro su «*La teoria della radiazione di Planck e la teoria del calore specifico*».

Il secondo lavoro²² di Debye a cui Fermi fa riferimento, è il famoso lavoro sulla «Teoria dei calori specifici» in cui l'autore usa una rappresentazione più corretta dei moti termici nei corpi solidi che Fermi si propone a sua volta di applicare alla diffrazione dei raggi X.

¹⁸ F. CORDELLA e F. SEBASTIANI, *Il debutto di Enrico Fermi come fisico teorico: i primi lavori sulla relatività (1921-1923)*, Quad. Storia Fis., **5** (1999) 69-87.

¹⁹ Filippo Eredia (1877-1948), che fu professore di Fermi al liceo Umberto I (Segré) e poi uno dei tre componenti la commissione con cui fece gli orali a Roma per l'ammissione alla Scuola Normale Superiore, compare spesso nella corrispondenza Fermi-Persico.

²⁰ I due capitoli furono pubblicati, con minimi cambiamenti, come due note nel *Nuovo Cimento (NC)*: *I raggi Röntgen* in **NC 24**, pp. 133-163 (1922) e *Formazione di immagini coi raggi Röntgen* in **NC 25**, pp. 63-68 (1923). La tesi fu ritrovata da me nel 1990 ed entrerà nel citato volume che è in preparazione.

²¹ P. DEBYE, *Über den Einfluss der Wärmebewegung auf die Interferenzerscheinungen bei Röntgenstrahlen*, Verhand. Deutsch. Physik. Gesells., **15** (1913) 678-689, *Über die Intensitätsverteilung in den mit Röntgenstrahlen erzeugten Interferenzbildern*, idem, **16** (1913) 738-752, *Spektrale Zerlegung der Röntgenstrahlung mittels Reflexion und Wärmebewegung*, idem **17** (1913) 857-875.

²² P. DEBYE, *Zur Theorie der spezifischen Wärmekapazität*, Ann. Phys. (Leipzig) **39** (1912) 789-839.

Egli sintetizza così il punto di partenza: «In altre parole, partendo dalla teoria di Debye dei moti termici dei corpi solidi mi propongo di perfezionare l'altra teoria di Debye sopra la diffrazione».

C'è però un serio problema: Debye, dopo questo lavoro, aveva pubblicato nel 1914 nella rivista *Annalen der Physik* un ampio ed esauriente lavoro²³ dal titolo *Interferenza dei raggi X e moto termico*.

In questa pubblicazione Debye dichiara di aver esteso la sua teoria introducendo la rappresentazione del moto termico degli atomi che egli aveva usato per i calori specifici, perché gli sembra più vicina alla realtà. I propositi sono del tutto simili a quelli di Fermi, che li enunciava però nella sua tesi otto anni dopo.

Nella tesi manoscritta che Fermi aveva consegnato per l'esame di laurea, e che avevo trovato nel 1990, non appare mai citato il lavoro del 1914. Era possibile che Fermi non avesse letto questa pubblicazione, molto citata in quegli anni?

Nel 1915 l'Italia era entrata in guerra con la Germania: forse all'epoca in cui Fermi scriveva la sua tesi non erano ancora arrivati gli *Annalen der Physik* del 1914.

Una accurata ricerca nei *buoni d'ingresso* dell'Istituto di Fisica porta a concludere che con grande probabilità in biblioteca c'erano gli *Annalen der Physik* del 1914.

Recentemente un fatto nuovo mi ha permesso di acquisire la certezza che Fermi conoscesse almeno l'esistenza del lavoro di Debye del 1914. Infatti tra le carte contenute nella cartella che Laura Fermi ha affidato alla Domus Galileana ho trovato una stesura della tesi, a matita, incompleta perché manca proprio il secondo capitolo²⁴ ad eccezione della prima pagina, insieme a due scritti tra loro simili, che contengono con

alcune variazioni quanto è scritto nel secondo capitolo. Ambedue hanno l'aspetto di essere stati scritti come un lavoro da pubblicare a sé. Una redazione del lavoro, che si estende per sette pagine, firmata e datata: Pisa, maggio 1921, porta il titolo *Sulla teoria dell'influenza della temperatura sopra la diffrazione dei raggi Röntgen nei cristalli*.

In basso nella prima pagina si trovano citati insieme i due lavori del 1913 e del 1914.

Un'altra redazione, senza data, ma che appare più completa, ha per titolo *Un perfezionamento della teoria di Debye dell'influenza dell'agitazione termica sopra la diffrazione dei raggi Röntgen nei cristalli* e ugualmente porta nel margine basso della prima pagina la stessa duplice citazione. Dunque Fermi conosceva almeno l'esistenza del lavoro di Debye.

È opportuno far notare che i lavori di Debye e Fermi non si somigliano affatto, il primo lunghissimo e anche troppo dettagliato, il secondo chiaro e semplice, secondo il migliore stile di Fermi.

Si può affacciare un'ipotesi.

Fermi parallelamente alle sue ricerche sull'elettrodinamica e sulla relatività, che portarono a lavori molto apprezzati dai matematici romani, scrive nel 1920 due lavori, rimasti inediti, in cui introduce l'ipotesi dei quanti, inaugurando così le sue ricerche nel campo della nuova teoria che aveva avuto origine con Planck.

Il più antico dei due lavori²⁵, datato marzo 1921, ha per titolo *Sopra le oscillazioni elastiche di grandissima frequenza e sulla teoria dei calori specifici secondo Debye*, ed in esso non appare nessuna citazione del lavoro di Debye del 1914.

L'altro invece, che scrive due mesi dopo, già riporta in nota il lavoro del 1914, e il suo contenuto è il fondamento del secondo capitolo.

È molto probabile che i due lavori siano stati pensati e scritti da Enrico prima di venire a sapere dell'esistenza del lavoro di Debye del 1914, che Fermi può non aver letto, anche se può aver conosciuto il contenuto indirettamente.

Al momento di scrivere la tesi Fermi, accorgendosi di avere poco materiale, decide di inserire questo lavoro, ma sopprime la citazione, in vista forse delle critiche, che si aspetta di ricevere. Infatti non aveva potuto presentare ri-

²³ P. DEBYE, *Interferenz von Röntgenstrahlen und Wärmebewegung*, Ann. Phys. (Leipzig), **43** (1914) 49-95.

²⁴ Nella cartella è stato trovato un fascio di fogli protocollo, i primi otto numerati da 1 a 32 e poi altri quattro da 41 a 56. Questa prima versione è composta solo di tre capitoli. Di essi abbiamo per intero il primo capitolo, a cui fa seguito una pagina sciolta senza numerazione di pagina, in cui vi è elencata la relativa bibliografia, seguita da alcune aggiunte (che vennero inserite nella tesi) con l'indicazione del luogo esatto dove dovevano trovar posto. Non vi è traccia del secondo capitolo mentre i fogli riprendono a pag. 41 con il terzo capitolo che, corrisponde al quarto della tesi: di questo, per confronto si può vedere che mancano le ultime dodici righe: probabilmente un foglio è andato disperso.

²⁵ Daremo notizia di questo lavoro inedito di Fermi nell'annunciato volume degli scritti giovanili.

sultati molto buoni nella parte sperimentale della tesi, che era un requisito allora indispensabile, almeno a Pisa. Non era quindi il caso di far sospettare che non fosse completamente originale il secondo capitolo della tesi, quasi tutto teorico, che prevedeva risultati impossibili da osservare.

La tesi non piacque a Fermi: lo scrive esplicitamente nella lettera del 18 marzo 1922 diretta all'amico Enrico Persico:

«Anche io in questi giorni ho avuto ed ho parecchio da fare un po' per la mia tesi che, fra parentesi è venuta una porcheria delle più solenni. Essenzialmente sarà costituita dalle seguenti parti: Introduzione con cenno storico e riassunto dello stato attuale della questione; parte teorica consistente in alcuni studi sopra il potere risolutivo nella riflessione sopra cristalli molto sottili in luce curva e nello studio completo dell'effetto dei moti termici sulla riflessione dei raggi X; parte sperimentale consistente nell'ottenere, per mezzo di riflessione sopra lamine di mica curva, delle fotografie dell'anticatodo «alla Lockyer». Come vedi il programma è abbastanza modesto. In compenso ha il pregio di esser ormai quasi completamente eseguito. Certo prima delle vacanze di Pasqua sarà del tutto completato e non resterà che finir di scrivere».

La tesi non soddisfece neanche le aspettative della commissione di laurea, per lo meno così riferisce una persona che fu presente, la madre di Franco Rasetti:

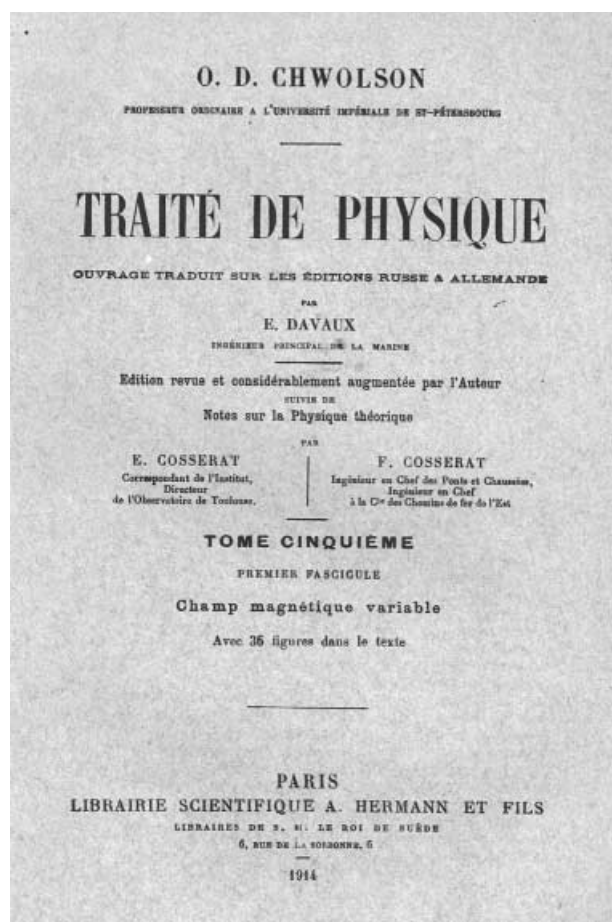
«Andai con altri amici ad assistere all'esame di laurea di Fermi. Mi aspettavo una scena insolita e piacevolmente drammatica. Gli undici professori erano seduti a un lungo tavolo. Fermi davanti a loro, spiegava la sua tesi. Gli esaminatori erano pieni di dignità; ma io osservavo bene l'aspetto della loro faccia professorale: esprimeva stupore, o noia, o sonnolenza o meraviglia».

ENRICO FERMI E IL TRATTATO DI O.D. CHWOLSON.

C. Bernardini

Dipartimento di Fisica, Università di Roma I
«La sapienza» p.le Aldo Moro, 2 - 00185 Roma

Scrivi Léon Rosenfeld: *«History of science or, for that matter, all history, would be moulded by the decisive intervention of great*



men. This romantic view is immediately refuted by the simple observation that the "greatness" of a scientist is itself a historical phenomenon in need of interpretation; for it is well known that the recognition of the merit of any scientific discovery requires a certain "maturity" of contemporaneous thought». E, poco più avanti, aggiunge: «History, like any other science, is essentially a process of simplification; to deny this would reduce it to a barren literary exercise». Questo autorevole parere, che Rosenfeld sottolinea nel parlare di «historians without scientific education» che hanno il vizzo di distrarre i lettori spostando l'attenzione su fatti accessori malamente reclamizzati come «inediti», pittoreschi ma irrilevanti, mi è utile per focalizzare l'interesse sul singolare processo formativo che caratterizzò il giovane Fermi. Scriveva infatti a Enrico Persico, quand'era ancora liceale, il 31 luglio 1918: «La lettura dello Chwolson procede celermente e calcolo di averlo finito tra un

CHWOLSON (O. D.)	
Professeur à l'Université Impériale de Saint-Petersbourg	
TRAITÉ DE PHYSIQUE	
Ouvrage traduit sur les éditions russe et allemande par Ed. Davaux, Ingénieur de la Marine, avec notes de MM. Eug. et F. Cosserat. Cinq fort volumes grand in-8°, avec nombreuses figures, se vendant séparément. Les fascicules se vendent séparément :	
Tome I. — 1 ^{er} volume. — Introduction, Mécanique, Méthodes et Instruments de mesure. Un volume de 530 pages, avec 219 figures. 1912. (<i>Seconde édition refondue</i>)	17 fr.
Tome I. — 2 ^e fascicule. — L'état gazeux des corps, avec 60 figures dans le texte 1906.	6 fr.
Tome I. — 3 ^e fascicule. — L'état liquide et l'état solide des corps, avec 136 figures dans le texte. 1907.	12 fr.
Tome I. — 4 ^e fascicule. — Acoustique, avec 87 figures dans le texte	8 fr.
Tome II. — 1 ^{er} fascicule. — Emission et absorption de l'énergie rayonnante. Vitesse de propagation. Réflexion et réfraction. Un vol. de 202 pages avec 105 fig.	6 fr.
Tome II. — 2 ^e fascicule. — L'indice de réfraction. Dispersion et transformation de l'énergie rayonnante, avec 157 figures dans le texte.	10 fr.
Tome II. — 3 ^e fascicule. — Photométrie. Instruments d'optique. Interférence de la lumière. Notions d'optique physiologique, avec 150 figures et 3 épreuves stéréoscopiques	9 fr.
Tome II. — 4 ^e fascicule. — Diffraction. Double réfraction et polarisation de la lumière, avec 182 figures dans le texte	17 fr.
Tome III. — 1 ^{er} fascicule. — Thermométrie. Capacité calorifique. Thermochimie. Conductibilité calorifique, avec 126 figures, 408 pages. 1909.	13 fr.
Tome III. — 2 ^e fascicule. — Thermodynamique générale. Fusion. Vaporisation, 335 pages et 206 figures. 1910.	11 fr.
Tome III. — 3 ^e fascicule. — Propriétés des Vapeurs. Equilibre des substances en contact, avec 93 figures. 1912.	9 fr.
Tome IV. — L'énergie électrique. Fascicule I. — Champ électrique constant, 440 pages et 165 figures. 1911	12 fr.
Tome IV. — L'énergie électrique. Fasc. II. — Champ magnétique constant. 1913.	22 fr.
Tome V et dernier. — Fascicule I. — Champ magnétique variable. 1914	9 fr.



CARTOLINA PGS

(CARTE F03)

31/7/1918

31/7/1918

Good success,

ti scrivo con l'intenzione
che tu vedi perché
non lo conosco con pre-
cisione, spero però che
questa cartolina ti possa
raggiungere. Come ti
trovi in questa pensione?
Che paese è Triestovaccio?

At his

Louis Persico

Villeggiante

Pratovecchio

Arezzo

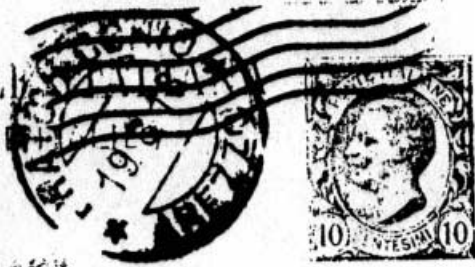
A giudicare dalla cartolina che mi hai
inviata mi pare un paccino molto piccolo.
Devo quindi a fare la mia uscita domani
matina a Cardipoli e la sera alla veglia del
corologio. Finiremo i bagni il 10 di agosto ma
non li so dire che cosa faremo dopo perché il
bello non sa quanto potrà prendere il suo con-
fero; Li terro' informati. La lettera dello Chiodo
procede celermente a calcolo di averlo finito fra
un mese o due mesi e mezzo perché ho bene
circa 1000 pagine da saltare perché la conosco. Ti
saluto perché debbo andare a Cardipoli, salutami la
mamma e il bello. Ciao
Giulio Zucchi

10. Non vengo esaltato perché protestante ma
farei a tempo ad averlo.
Io vado tutta la mattina alla Vittoria
dove il giorno fa ho stato dal prof.
per far graduare il barometro ma non
essere graduito perché, oltre a ciò, il prof.
non è alla città che può confermare o no,
che si sono abate, in modo da ottenere una
più esatta. E rassicurando di studiare bene la
storia di Napoleone. Ringraziamo
mille saluti a te e magari alla famiglia
tutta da parte della mamma
Cristina Terenzi

② N° 4

CARTOLINA
15-18
18-19
1918
FERRONIA

18/8/1918



Caro Enrico,

ti avevo annunziato
che verso questi tempi
sarei andato a Firenze
viceversa la partenza
è stata rimandata
di una quindicina
di giorni. Mi dispiace

Il Sig. Enrico Tersa
Villeggiante

Pratovecchio

Prov. di Arezzo

Ma proprio quando ho cominciato
verrai io partiro. La lettera
della Chuvolson procede rapida-
mente e presto che fra 3
o 4 giorni sarà finita; e
uno studio che sono molto
contento di aver fatto perché
ha approfondito molto le co-
gnizioni di fisica che già
avevo e mi ha insegnato molte
cose di cui non avevo nemmeno
una idea. Con queste basi
credo che potrò concorrere
a Pisa con una certa proba-
bilità di riuscita; e poi anche
"per penesum". Saluta i tuoi genitori.

mese o un mese e mezzo perché ho trovato circa mille pagine da saltare perché le conoscevo». Sta parlando di un trattato di oltre 4500 pagine! Di lì a un mese, il 18 agosto 1918, scriverà (sempre a Persico): «...è uno studio [quello dello Chwolson] che sono contento di aver fatto perché ha approfondito molto le cognizioni di fisica che già avevo e mi ha insegnato molte cose di cui non avevo un'idea». Questo O.D. Chwolson, professore a San Pietroburgo all'inizio del secolo, non è registrato nei grandi dizionari biografici; pure, deve avere avuto un ruolo importante nella formazione dei giovani fisici all'inizio del '900; e di lui parla con ammirazione Einstein a Salisburgo, in un congresso del 1909, lodandone con l'aggettivo «eccellente» lo stile e la completezza, sia per l'illustrazione della teoria che per quella degli esperimenti.

Il *Traité de Physique*, «ouvrage traduit sur les éditions russe & allemande par E. Davaux, ingénieur principal de la Marine», è un'opera enorme (5 tomi divisi in 10 volumi, per circa 4.500 pagine – come ho già detto); per una fortunata circostanza, ne ebbi una copia da un vecchio amico di mio padre nel 1947, ma non mi passò per la testa di leggerlo, sebbene vi abbia spesso cercato, trovato e studiato cose introvabili altrove. Fu completato in circa dieci anni, tra il 1904 e il 1914 e stampato dalla Librairie Scientifique A. Hermann et Fils (Libraires de S.M. le Roi de Suède). Contiene un aggiornamento a cura di E. e F. Cosserat, che lo aggiorna fino alla relatività e al corpo nero. Fermi, come si sa, aveva imparato precocemente la fisica sul testo in latino del gesuita A. Caraffa, professore al Collegio Romano (un libro del 1840, dal titolo *Elementorum Physicae Mathematicae*); aveva poi perfezionato la sua preparazione in meccanica, già a livello universitario, con lo studio dei trattati di Poisson e di Appell, che non erano certo di semplice lettura. Con lo studio dello Chwolson, è la fisica con i suoi problemi che finalmente lo attrae: le parti finali del 5° volume, nelle quali, accanto al primitivo testo di Chwolson stesso in cui si elencano i motivi per ricorrere all'etere e allo spazio assoluto («I - *L'éther est immobile*, II - *L'éther ne pénètre pas seulement la matière, mais il est aussi présent à l'intérieur des électrons*; ecc.), si trovano le «aggiunte» dei Cosserat, minuziosamente elencate («1 - *Il n'existe pas d'éther*; 2 - *On doit re-*

noncer aux lois du mouvement de Newton; ecc.») sono significativamente illustrative della spaccatura che divide i fisici dell'epoca in pro e contro le nuove idee. L'argomento del contendere è, ovviamente, quello della revisione delle nozioni di spazio e tempo, che potrebbe far pensare a un ruolo fondamentale dei matematici e dei meccanici razionali, depositari per tradizione delle scienze geometriche e cinematiche; ma il vero terreno della contesa è però la «teoria dell'elettrone» (la teoria elettronica della materia) che rende concreta e assai più vicina ai fatti e ai dati empirici la controversia. Il capitolo IV del volume V del trattato di Chwolson si intitola precisamente «Les Fondements de la Theorie Electronique»; è scritto dall'autore e non dai curatori dell'edizione francese e si rifà al più moderno punto di vista di quegli anni: quello del fisico olandese, H.A. Lorentz che, in un celebre lavoro del 1895 aveva messo le basi per un superamento della teoria di Maxwell. Questo superamento consiste soprattutto nell'abbandono di una concezione dell'elettricità di tipo fluidodinamico e nell'adozione di un punto di vista atomico, sottolineato dalla presenza dell'elettrone sin dal titolo.

Fermi sentirà la profonda suggestione della teoria di Lorentz, mediata dalla presentazione didattica di Chwolson, e manterrà un interesse diretto nella relatività sino al 1923, particolarmente per quanto riguarda l'equivalenza massa-energia e l'origine elettromagnetica della massa dell'elettrone; al contrario, in quegli anni, la maggioranza dei matematici e dei fisici italiani opporrà – su basi epistemologiche assai confuse – una strenua resistenza a queste idee (faranno eccezione ben pochi: Tullio Levi Civita, Guido Castelnuovo e Vito Volterra tra i matematici; tra i fisici, il giovane Enrico Persico, che di Fermi è amico e estimatore). Le polemiche infurieranno, per finire, come sappiamo, da un momento all'altro, cancellando dalla fisica le idee conservatrici di Quirino Majorana, Michele La Rosa, Carlo Somigliana e molti altri. Negli ultimi anni '20 del secolo. Fermi, a quel punto della sua evoluzione intellettuale, sarà impegnato in ben altri e più sorprendenti problemi; di questa prima fase gli resterà, a me sembra, soprattutto il ricordo del «maestro invisibile» O.D. Chwolson, forse il vero artefice della vocazione del Fermi «fenomenologo» che tanto ha dato alla fisica contemporanea.

ENRICO FERMI IL MAESTRO SPERIMENTALE E TEORICO DEL SECOLO ORA TRASCORSO. ALCUNI PERSONALI RICORDI.

G. Salvini

Dipartimento di Fisica, Università; «La Sapienza» p.le Aldo Moro, 2 - 00185 Roma

Nell'aprire questa mia nota, penso alle parole di illustri fisici come Bethe, Weisskopf, Wigner quando hanno sottolineato l'insegnamento a loro venuto dalle lezioni di Enrico Fermi⁽¹⁾. Ed anche penso agli illustri fisici qui presenti che sono stati suoi allievi, e che prenderanno oggi la parola, e alle persone di Via Panisperna, Amaldi, Segré, Pontecorvo, Rasetti, d'Agostino, che oggi non sono con noi e che hanno costruito con lui una pagina di scienza che onora il nostro Paese. Davanti a tante persone che hanno vissuto per anni con Fermi ogni mio generale commento sulle sue doti si arresta, anzi è presuntuoso o pleonastico.

Io voglio solo toccare tre punti od argomenti che si riferiscono alla mia esperienza con Enrico Fermi. Uno è ancora generale; gli altri due sono più diretti e specifici.

1. – Un primo ricordo è il mio primo contatto con Fermi, in Europa dopo la guerra. Lasciatemi dire che i miei studi di fisica nel mio periodo universitario, quando ottenni la laurea in fisica all'Università di Milano, furono abbastanza incompleti e discontinui. Io non fui mai uno studente regolare: per i primi due anni fui uno «studente lavoratore», ed in particolare fui maestro alle scuole elementari, e poi insegnante alle scuole medie nel 1938-39. Successivamente fui impegnato nelle vicende di guerra nel 1940-45, prima come ufficiale del Genio e degli Alpini, successivamente come soldato nascosto per sottrarmi alla cattura dei nazifascisti.

Questo mi diede dei vantaggi rispetto agli studenti inquadrati in corsi regolari, e non mancai di essere telecomandato da insegnanti e fisici di grande classe, alcuni nascosti anch'essi. Ma certo la mia cultura scientifica era piuttosto a chiazze o spezzettata. Misi un certo ordine in questa mia situazione personale nel 1945-49, mentre facevo ricerche in raggi cosmici in Milano, e poi a Princeton nel New Jersey.

In questi anni 1949-50 avvenne il mio primo incontro con Enrico Fermi. Nella mia mente egli era una leggenda, nel mio Paese abbondante-

mente distrutto. Le sue conferenze a Milano – con la sua indimenticabile voce – e le discussioni anche specialistiche dopo le lezioni furono per me di grande conforto scientifico e umano. Lasciatemi ricordare quando al congresso di Basilea-Como del 1949 Heisenberg e Fermi entrarono nella hall da ingressi opposti si salutarono caldamente dopo dieci anni di separazione, impegnati in programmi scientifici analoghi e contrapposti. È un incontro da ricordare, signori storici, questo incontro plaudente, alla presenza dei migliori fisici di Europa, vincitori o sconfitti. Come se la guerra allora apparisse finalmente dimenticata.

Le brevi discussioni con Enrico Fermi sul nostro lavoro mi diedero nuovo vigore verso la fisica.

Quell'uomo «sapeva tutto, e ci capiva tutti». Io non sapevo che entro qualche mese avrei incontrato Fermi di nuovo, e avrei portato alle sue ricerche un aiuto, anche se piccolo e non fondamentale. Questo è il secondo dei ricordi che voglio riportare in questa nota.

2. – Gli scintillatori liquidi ed il terfenile. Nel 1950 ero all'Università di Princeton. Vi ero arrivato alla fine del 1949, invitato per fare ricerche in raggi cosmici. Fermi era venuto per un incontro con i teorici della scuola *Advanced Studies*, in particolare con Wigner e con Einstein. La mattina, al *breakfast*, lo incontrai, ed egli mi chiese delle mie ricerche. Io dissi qualcosa dei programmi in raggi cosmici. Ma proprio in quei giorni noi di Princeton (Reynolds, Harrison, Salvini)⁽²⁾ avevamo scoperto gli scintillatori liquidi e le loro proprietà. Era una ricerca, come correttamente citai nel nostro primo lavoro, che derivava dalle ricerche di Ageno Quertzoli Chiozzotto all'Istituto di Sanità, a Roma. Ma a noi accadde di «mettere le mani» su una soluzione particolare, la cui base era il terfenile.

Fermi ascoltò i nostri risultati, ed in un pezzo di carta prese nota dell'apparato sperimentale, e della chimica complicata. Il nome magico terfenile venne fuori, ed egli ne prese nota. Il nostro risultato uscì su *Physical Review Letter*, nel marzo di quell'anno 1950⁽²⁾, e fu coperto da brevetto, al nome nostro e dell'Università di Princeton.

Tornai in Italia nel 1951, a Cagliari e poi a Pisa alla cattedra di Fisica Superiore e poi a Roma, ed ero ormai impegnato nel progetto del sincrotrone. Sicché fu una piacevole sorpresa imparare, a Chicago ed alla Conferenza di Roche-

ster, che Enrico Fermi aveva utilizzato tra i primi il nostro lavoro sugli scintillatori.

In uno dei loro lavori fondamentali Fermi e collaboratori dedicarono un intero paragrafo⁽³⁾ agli scintillatori liquidi preparati da lui e dai suoi collaboratori, Anderson, Martin and Nagle. In esso è esplicitamente citato il magico componente terphenyl (terfenolo). In questa nota gli autori hanno in realtà presentato i loro contatori a scintillazione come derivanti dalle ricette studiate da Kallamn e Furst in due note scientifiche:

Fluorescence of solutions bombarded with high energy radiation (energy transport in liquid).

Esse sono due note, parte prima e seconda, con lo stesso titolo. Entrambe pubblicate su *Physical Review*^(4,5).

Il riconoscimento della nostra scoperta a Princeton è nella nota numero 5, a pag. 861 del loro primo lavoro⁽⁴⁾. Il riconoscimento del lavoro Italiano precursore è a pag. 859 della seconda nota⁽⁵⁾.

3. – Il terzo ricordo è in Varenna, nel 1954, pochi mesi prima della morte immatura di Fermi. Si tratta della nascita del nostro primo Laboratorio Nazionale, centrato su un elettrosincrotrone. Ma voglio prima ricordare il contributo che Enrico Fermi ci portò negli anni della ricostruzione del nostro Paese. Egli infiammò le ricerche fisiche italiane con le sue lezioni e conferenze, e si interessò ai nostri laboratori di ricerca, che trovò in uno stato più vivace di quanto potesse prevedere. Tanto da volere anche per l'Italia, come per i Paesi Europei vincitori dell'ultima guerra, nuovi laboratori con nuovi acceleratori di particelle. Già nel 1948 Fermi⁽¹⁾ aveva espresso dagli Stati Uniti questo auspicio per il nostro Paese. Infatti egli scrisse il 27 Aprile al nostro Primo Ministro De Gasperi. Si augurava che si stanziassero 500 milioni di lire a favore della ricerca scientifica italiana. Questo avrebbe permesso di aprire nuovi laboratori sperimentali con macchine nuove. La somma poi stanziata fu la metà, 250 milioni, e questo permetteva di continuare le ricerche, ma non di aprire decisamente nuove iniziative.

Ma ormai la ricerca italiana voleva andare anche verso nuovi sviluppi, oltre i raggi cosmici. Fu un fenomeno di unità scientifica, di cui il nostro Paese può essere ancora orgoglioso. Il nostro ricordo va in particolare ai fisici Edoardo Amaldi e Gilberto Bernardini, come certo a molti altri.

Questi due fisici riuscirono nel 1952 a concentrare i fondi disponibili per le Università italiane su un problema nazionale unitario, anziché disperderli su una distribuzione di varie ricerche interessanti, ma minori. Nacquero così i Laboratori Nazionali del Sincrotrone, da farsi presto e bene in una sede da scegliere, con concorsi ed offerte dalle regioni italiane. La scelta della sede cadde su Frascati, nel Lazio, e gli studi e la preparazione per un elettrosincrotrone iniziarono nel 1953. Come è noto la macchina con i servizi ed i laboratori accesi entrò in funzione e cominciò le ricerche nel 1958, in un tempo che fu considerato molto breve, se si pensa che nel 1953 la nuova sede era ancora un campo di barbatelle, senza elettricità e senza condutture idriche⁽⁶⁾.

Ma se questa prontezza fu possibile, ciò non si deve solo all'ispirazione che veniva dai nostri maestri maggiori, ma anche al consiglio pratico di Enrico Fermi, che esaminò e discusse i nostri progetti. Su questo voglio essere un poco esplicito. Come testimone diretto interessato, ed anche per assolvere ad un debito di gratitudine.

Nelle indimenticabili giornate di Varenna, a Villa Monastero, ci furono due conferenze o rendiconti scientifici dei lavori per l'elettrosincrotrone: una di Enrico Persico, sulla teoria dell'iniezione degli elettroni nella camera a vuoto (la cosiddetta ciambella) del sincrotrone; l'altra, presentata da chi scrive, sul progetto generale della macchina e sullo stato di avanzamento⁽⁷⁾. Siamo nel 1954 a Varenna, nel mese di agosto, e queste due sono le ultime conferenze alle quali Enrico Fermi assistette in vita. Non stava ormai bene, poco dopo rientrò negli Stati Uniti. Ebbene, Enrico Fermi ascoltò con attenzione le due lezioni, assorbì a fondo il nostro pensiero, e fece alcuni commenti e raccomandazioni per i quali gli siamo debitori. Fernando Amman e Carlo Bernardini del nostro gruppo Sincrotrone lavoravano con noi ed erano presenti in Varenna.

Analizzando la relazione di Persico, e ricapitolando i numeri da lui riportati, egli concluse che, per il buon successo della nostra macchina, era molto importante fare una iniezione alla massima possibile energia degli elettroni prodotti dall'iniettore elettrostatico. In quel momento eravamo ancora incerti sull'iniettore più conveniente, ed il suo giudizio ed il suo consiglio furono essenziali.

Ma questo non fu il solo consiglio di Fermi, in quelle magiche giornate. Infatti il concorso tra

molte città italiane con la scelta di Frascati aveva lasciato un residuo spendibile per la ricerca in nuove iniziative. In questa situazione erano in particolare le provincie di Pisa e di Lucca. Fermi esaminò insieme a Gilberto Bernardini e a Marcello Conversi il problema, fondi disponibili ed intenzioni, ed infine il suo consiglio fu preciso: «Fate con questi fondi un calcolatore elettronico». Iniziò anche da questo suggerimento, che Marcello Conversi colse al volo, l'attività Italiana sui calcolatori elettronici, a Pisa, poi a Bologna ed a Roma.

È da dire che Enrico Fermi usciva da un periodo intenso di pensiero sulla funzione e sul futuro dei calcolatori elettronici applicati alla ricerca scientifica. Nel 1951-53 egli ebbe lunghe discussioni con J. Pasta ed S. Ulam, e, sulla base di precisi risultati ottenuti, giunse alla conclusione che sarebbe stato interessante fare lavorare il computer su problemi specifici riguardanti l'andamento asintotico, quindi per tempi lunghi, di alcuni pur semplici sistemi fisici non lineari⁽¹⁾.

Questa conclusione è oggi pienamente confermata, e da quel primo lavoro nacque una linea di ricerche che non mancò di sorprese. Diciamo brevemente che queste linee di ricerca hanno aperto la strada alla nascita di concetti fertili e nuovi sulla teoria della complessità e del caos.

22

4. – Ancora di Fermi, insegnante e maestro

Prima di chiudere questa breve nota, vorrei commentare un aspetto degli scritti di Fermi che mi ha sempre molto aiutato nel passato, e che sempre mi impressiona. Intendo la sua semplicità ed efficacia nel discorso scientifico, che permetteva ad ognuno di entrare subito in argomento, senza trovare sulla porta, altezzosi portieri, linguaggi astrusi o formule matematiche. Il lettore di un articolo di Fermi poteva cogliere il senso essenziale del discorso che si apriva, senza essere un cultore di quello specifico campo.

Ad esempio, peraltro famoso, di questa semplicità di introdurre l'argomento, posso ricordare le prime due pagine del suo articolo⁽⁸⁾ «Tentativo di una teoria dei raggi Beta». In quelle pagine, che possono essere chiare anche ad uno studente di Liceo, si dice chiaramente l'argomento ed il fine della nota scientifica di Fermi: eppure essa non era una nota qualunque, ma la nuova originale presentazione di un

mondo nuovo, quello delle interazioni deboli, o fermiane, che ha allargato nel 1933 le nostre conoscenze ad un nuovo inatteso progresso della fisica.

Ma questa capacità di Fermi di aprire a tutti, anche a noi fisici, la visione dei problemi, è veramente straordinaria. Le prime pagine di un suo articolo, divulgativo o no, spesso sono molteplici e senza formule. Essa è probabilmente legata al fatto che Fermi non era solo un fisico teorico, di tavolino e di matematica, ma era anche uno sperimentale di classe eccelsa, sicché la sua semplicità era conseguenza del fatto che egli coglieva e lumeggiava insieme, di ogni argomento o problema fisico, gli aspetti relativi alla misura, alla formulazione logica o matematica. Ma lo faceva senza dimostrarlo direttamente, quasi volendoci persuadere della spontanea semplicità di ogni problema. Lo studio attento poi doveva seguire, ma intanto la porta di ingresso era oltrepassata.

Questa semplificazione fece dire ad alcuni che Fermi non vedeva la complessità di certi problemi fisici. Ma non disse questo il grande Wigner, davanti alla apertura di Fermi al campo nuovo delle interazioni deboli e dei neutrini. Egli osservò che guardando la presentazione di Fermi⁽¹⁾ era evidente che egli vedeva sino in fondo i più sottili problemi, e li sapeva trattare e disinvoltamente risolvere, ma non voleva, nella prima potente presentazione, appesantire il testo al suo lettore o studente.

Fermi scrisse molti articoli e libri non dedicati solo ai fisici ma, come si dice oggi un po' impropriamente, divulgativi. Alcuni sono sintetiche efficaci presentazioni dello stato attuale delle nostre conoscenze. Ricorderò solo due casi, tra i molti.

Uno è la raccolta⁽⁹⁾ dei discorsi che fece a Milano e Roma, su invito della fondazione Donegani, dedicati allo sviluppo recente (siamo al 1949) delle ricerche fisiche nel mondo. Qui emerge la semplicità del suo stile, privo di ogni trionfalistica pompa, ma anzi limpido nel sottolineare i problemi ancora aperti e non risolti. Ed inoltre con un irresistibile incoraggiamento e speranza: che le soluzioni possono essere ancora lontane, ma alla fine verranno. A questo riguardo ricordo ad esempio come egli terminò il suo classico lavoro sulla elettrodinamica quantistica del 1932⁽¹⁰⁾:

«Possiamo dire che praticamente tutti i problemi della teoria della radiazione che non coinvolgono la struttura dell'elettrone hanno

una soddisfacente spiegazione, mentre i problemi connessi con le proprietà intrinseche dell'elettone sono ancora molto lontani dalla loro soluzione». Una visione chiarissima. Si dovrà infatti arrivare alla teoria elettrodebole degli anni settanta per arrivare ad una comprensione soddisfacente dell'elettone e degli altri leptoni.

Negli episodi che ho prima ricordato e nell'esempio dei suoi articoli, io rivedo dunque la grande figura di Fermi come ispiratore e come insegnante. Le leggi della fisica e le loro articolate risposte e applicazioni erano sempre presenti in lui, nella sua memoria indipendente dal tempo, nella sua coscienza di fisico teorico e sperimentale.

A parte le sue rare doti generali, questo fu anche il giusto premio a una vita controllata giorno per giorno da una severa autodisciplina di studio e meditazione.

Bibliografia

- (1) C. BERNARDINI e L. BONOLIS (Curatori) *Conoscere Fermi*, Una serie di articoli di vari autori. (Editrice Compositori, Bologna) 2001. Emilio Segré, *Enrico Fermi, fisico* (Zanichelli Editore, Bologna) 1970, 1976.
- (2) G.T. REYNOLDS, F.B. HARRISON e G. SALVINI. *Phys. Rev.* **78**, (1950) 488. Questo risultato col terfenile venne subito coperto da brevetto dall'Università di Princeton.
- (3) H.L. ANDERSON, E. FERMI, R. MARTIN e D.E. NAGLE, *Angular distribution of pions scattered by hydrogen*. *Phys. Rev.* **91**, (1953) 155-168.
- (4) H. KALLMANN, e M. FURST; *Phys. Rev.* **79**, (1950) 857-870.
- (5) H. KALLMANN, e M. FURST; *Phys. Rev.* **81**, (1951) 853-864.
- (6) L'Elettrosincrotrone ed i laboratori di Frascati. A cura di G. Salvini, (Zanichelli Editore, Bologna) 1962.
- (7) G. SALVINI e E. PERSICO *Nuovo Cimento Suppl.*, Vol. II, serie X (1955) 442-469.
- (8) *Enrico Fermi, Note e Memorie*, (Accademia dei Lincei) *Tentativo di una teoria dei raggi beta*, *Nuovo Cimento*, Vol. I, II, 1-19 (1934) p. 559.
- (9) *Enrico Fermi, Note e Memorie*, Vol. 2: *Conferenze Donnegani*, p. 684-788.
- (10) M. CINI, *Fermi e l'elettrodinamica quantistica* in *Conoscere Fermi* a cura di C. Bernardini e L. Bonolis (Editrice Compositori, Bologna) 2001.

ENRICO FERMI DIVULGATORE E PERSUASORE SCIENTIFICO.

S. Sciuti

Dipartimento di Energetica,

Università «La sapienza»

via A. Scarpa, 14 - 00185 Roma

Fermi possedeva straordinarie doti di comunicativa ed una innata disposizione all'insegnamento. Con eguale impegno adattava le sue spiegazioni ad ogni tipo di preparazione scolastica ma soprattutto si dedicava con passione

alla formazione dei giovani laureati destinati a divenire suoi futuri collaboratori.

Fermi amava anche divulgare la nuova fisica, le scoperte da lui fatte e le implicazioni future. Adottava esposizioni magistralmente semplificate che mettevano in chiara luce la parte concettualmente più importante. Mi ricordo di una sua conferenza del 1934 che determinò la mia entusiastica iscrizione a Fisica, ricordo due altre conferenze, accessibili a tutti, tenute in occasione di Congressi della Società Italiana per il Progresso delle Scienze sempre negli anni trenta.

Dicevo prima degli allievi destinati a diventare suoi collaboratori. Tranne F. Rasetti suo compagno d'università a Pisa e suo «secondo» a Roma, gli altri, cioè Edoardo Amaldi, Ettore Majorana ed Emilio Segré erano allievi ingegneri particolarmente brillanti, dirottati a Fisica da Orso Mario Corbino. Fermi li riuniva periodicamente nel suo studio. In queste riunioni veniva proposta la soluzione di un problema d'attualità. Fermi volutamente ignorava l'eventuale soluzione già esistente e ne proponeva una da lui elaborata lì per lì cercando di coinvolgere i partecipanti durante il suo svolgimento. Ci si domanda se questo modo di addestrare i collaboratori era un'iniziativa di alta didattica o qualcosa che rifletteva le personali abitudini di Fermi. Si trattava in effetti di una abitudine originale che Fermi aveva contratto probabilmente fin da ragazzo quando con l'amico Enrico Persico andava per bancarelle a scovare trattati di fisica o di matematica o anche si serviva di testi universitari prestati da un ingegnere amico di famiglia, suo primo consigliere.

Un po' alla volta il gioco era divenuto una regola di studio: prendere da un testo l'enunciato di un problema, risolverlo con i propri mezzi mentali ed infine verificare la soluzione data dall'autore. Questo difficile metodo di studio che avrebbe scoraggiato molti studenti aveva invece dato i suoi frutti e Fermi l'aveva adottato come modo di leggere libri e riviste scientifiche pervenendo ad una forma di addestramento mentale per lui irrinunciabile. Fermi era entrato alla Normale di Pisa a 17 anni avendo già un livello di preparazione al di sopra degli studi universitari, ovviamente incompleto in qualche parte. Era però, ben conscio di avere delle capacità d'apprendimento formidabili che gli consentivano di osservare con occhio critico le varie problematiche irrisolte venute alla luce con il progredire delle scienze. Pertanto decise



Fig. 1. – Un momento di relax ad Ostia (da sinistra: E. Segré, E. Persico ed E. Fermi) negli anni trenta.

di dedicarsi alla ricerca con l'appoggio sia della matematica, sia anche delle indagini sperimentali che non lo spaventavano avendo già constatato nei quattro anni d'università di possedere un'innata manualità per varie tecniche.

È lecito supporre che Fermi da studente universitario alla Normale di Pisa elaborasse un piano di grande apertura umana e scientifica. Secondo questo piano avrebbe voluto «da grande» fondare una Scuola di fisica moderna che gli avrebbe consentito assieme ai suoi collaboratori di risvegliare la fisica italiana da un letargo che la poneva buon ultima nelle classifiche europee. Sono convinto che questo piano era già impresso nella mente di Fermi quando appena laureato, uomo buono, calmo e gentile ma perfettamente conscio delle sue enormi possibilità di scienziato si presentò ad Orso Mario Corbino, il numero uno della fisica italiana, e gli chiese di poter lavorare nel suo Istituto di Fisica (Università di Roma). Corbino, fine conoscitore di talenti e in più bisognoso di rilanciare la ricerca nel suo istituto con forze nuove ebbe in breve tempo la convinzione che Fermi era l'uomo giusto per il rilancio della fisica in Italia. Il Professore Corbino Senatore e

Ministro decise di aiutare in tutti i modi a sua disposizione il giovane Fermi. Ed ecco Fermi iniziare la carriera accademica, prima come professore incaricato poi, nel 1926, a 25 anni, vincitore della cattedra di Fisica Teorica all'Università di Roma. Nella ferma convinzione di dover dare vita al suo piano decise di fondare con l'aiuto di Corbino una Scuola di Fisica Avanzata in cui le indagini sperimentali e quelle teoriche si avvicendavano seguendo un filo logico che riguardava possibilmente lo studio del nucleo. Ed allora si accinse a realizzare con i suoi giovani collaboratori un laboratorio dotato di attrezzature moderne. Per quanto riguarda la fisica teorica, lui avrebbe continuato la strada intrapresa ma avrebbe anche interpretato i nuovi fenomeni fisici scoperti in laboratorio.

Ed ecco formati i due gruppi di ricerca della Scuola di Fisica: Per le ricerche sperimentali Fermi Rasetti, Segré, Amaldi, D'Agostino (quest'ultimo chimico); per le ricerche teoriche Fermi e Majorana. Oltre a Corbino, c'era l'angelo protettore Professore Giulio Cesare Trabacchi, dispensatore di radon (si formava dal decadimento di un grammo di radio), l'unico radioelemento allora disponibile per fare, in-

sieme al berillio, una sorgente di neutroni, ripetibile a piacere.

Qui ritorno all'argomento di partenza: Fermi, Maestro e divulgatore della Scienza. Prima di tutto era un maestro eccezionale perché oltre a preparare alla perfezione i suoi diretti collaboratori accolse nella sua Scuola giovani laureati come B. Pontecorvo, E. Fubini Ghiron, M. Ageno. E preparò per la fisica teorica giovani come P. Caldirola, B. Ferretti, G.C. Wick, G. Gentile Jr, G. Racah, U. Fano.

Fermi con la sua semplicità dava anche consigli e suggerimenti ai colleghi professori di varie università Italiane, tra questi A. Carrelli, Università di Napoli, E. Persico suo grande amico fin dalla infanzia ed anche lui dotato di una grande chiarezza nell'insegnare, Bruno Rossi ed altri ben noti fisici come Gilberto Bernardini e Giuseppe Occhialini.

E come non citare i fisici stranieri che approfittando dell'anno sabbatico o di borse di studio venivano a Roma a scuola da Fermi: tra i quali H.A. Bethe, F. Bloch, E. Feenberg, H.S. Goudsmit, F. London, C. Moeller, R.F. Peierls, G. Placzek, E. Teller, G. Uhlenbeck.

Insomma l'Advanced High School voluta da Fermi si realizzò rapidamente negli anni che vanno dal '30 al '38. Naturalmente la fama di Fermi lo portava spesso ad andare a svolgere seminari e conferenze sia in Europa che nelle Americhe.

Negli anni trenta i frutti della parte sperimentale furono bellissimi specialmente quelli dedicati alle interazioni dei neutroni con la materia che costituiscono la base di partenza di una nuova era.

Vorrei concludere la fase italiana di Fermi citando una sua bellissima conferenza tenuta nel 1938 pochi mesi prima di trasferirsi negli USA. La Conferenza recava il titolo *Prospettive di applicazioni della radioattività artificiale*. In un'ora circa Fermi riuscì a descrivere con estrema chiarezza i fondamenti della fisica del nucleo, della radioattività naturale ed artificiale indotta dai neutroni. Infine parlò dei possibili impieghi dei radioisotopi artificiali in medicina, in biologia ed in ingegneria preparati mediante l'impiego di macchine acceleratrici che producevano intensi fasci di neutroni veloci successivamente rallentati. Concludeva dicendo:

«Mescolando il fosforo radioattivo al fosforo contenuto negli alimenti si può seguire il comportamento di questo elemento in un essere viventeil comportamento sia biologico che

chimico di molti elementi potrà così venire seguito durante lo svolgimento dei processi chimici o vitali con sole misure di radioattività effettuate dall'esterno senza alterare o disturbare processi in atto.»

Il 1938, iniziato con il vento in poppa per la ricerca fisica in Italia, segnò l'avvento del ben noto lungo periodo di crisi e catastrofi in tutta Europa. In particolare ci fu, prima, la scomparsa di Ettore Majorana, fresco docente di Fisica teorica a Napoli, e poi in dicembre l'esodo negli Stati Uniti di Enrico Fermi che abbandonò l'Italia per tutelare la propria famiglia. Ed anche per la salvaguardia del suo patrimonio mentale che in tal modo poté continuare a dare in piena libertà frutti che resteranno scolpiti nella storia delle scienze.

I. LA «HIGH SCHOOL OF PHYSICS» DI FERMI NEGLI ANNI TRENTA

- 1) COLLABORATORI a pieno tempo:
E. Amaldi, F. Rasetti, E. Majorana, E. Segré.
- 2) «VISITING GRADUATES» dalle diverse Università italiane: B. Pontecorvo, E. Fubini Ghiron, M. Ageno. P. Caldirola, B. Ferretti, G.C. Wick, G. Gentile Jr, G. Racah, U. Fano, G. Occhialini G. Bernardini.
- 3) VISITING PROFESSORS dall'estero: H.A. Bethe, F. Bloch, E. Feenberg, H.S. Goudsmit, F. London, C. Moeller, R.F. Peierls, G. Placzek, E. Teller, G. Uhlenbeck.

—....—

II. INSEGNAMENTI TENUTI DA FERMI NELLE UNIVERSITÀ DI FIRENZE E DI ROMA NEGLI ANNI 1924-1938 (*)

- 1) ISTITUZIONI DI MATEMATICA (Roma)
- 2) MECCANICA RAZIONALE (Firenze)
- 3) FISICA MATEMATICA (Firenze)
- 4) FISICA TEORICA (Roma, Prof. di ruolo)
- 5) FISICA TERRESTRE (Roma)

(*) secondo valutazioni fatte dal Prof. V.L. Telegdi (vedi: questo fascicolo pag. 27) Fermi tenne in USA ben trentacinque corsi di insegnamento universitario, precisamente 12 corsi alla Columbia University (1939-1942) e 23 corsi alla Chicago University (1946-1953).

VILLA MONASTERO, VARENNA
VARI MOMENTI DELLA GIORNATA DEDICATA A FERMI



J. Orear



G. Sacchetti, nipote di E. Fermi



V. Telegdi e A. Gigli Berzolari



G. F. Bassani



J. Steinberger



Partecipanti nel giardino della Villa

RICORDI DI ENRICO FERMI.**V.L. Telegdi***2, Ch. Taverney, 1218 Ginevra, Svizzera*

Da Galileo ad oggi l'Italia non ha prodotto un altro fisico della statura e dell'originalità di Enrico Fermi. Come Galileo, egli era sia un teorico che uno sperimentale. Mentre era abbastanza comune per i «filosofi naturali» dei tempi passati d'impegnarsi in ambo gli aspetti della ricerca in fisica, Fermi fu nel suo secolo essenzialmente unico a questo riguardo. A questo binomio di qualità aggiunse quelle di un espositore eccezionalmente lucido e di un relatore di tesi attivo e paziente. È concepibile – le situazioni ipotetiche essendo per definizione difficili da valutare obbiettivamente – che qualche altro fisico avrebbe potuto raggiungere i risultati conseguiti da Fermi in America (compresa la realizzazione della prima reazione nucleare a catena), ma sorpassa i limiti dell'immaginazione umana di pensare che qualche uomo o donna avrebbe potuto svolgere il ruolo di Fermi come Maestro (nel senso più ampio della parola). Tramite l'influenza dei suoi allievi, Fermi rivoluzionò la formazione dei fisici negli Stati Uniti e, così speriamo, in tutto l'Occidente.

Avevo promesso di parlare di Fermi il fisico e Fermi l'uomo, ma sarò – correndo il rischio di annoiarvi – succinto per quel che riguarda la sua opera scientifica. Vi sono due ragioni per questo: In primo luogo, mentre i suoi più importanti contributi sono diventati termini comuni nel linguaggio dei fisici, essi sono (con la possibile eccezione del reattore nucleare) difficili da spiegare ad un pubblico generico. Secondo, mentre vi sono senza dubbio molte persone più qualificate di me per parlare del suo lavoro come fisico, io posso parlare dell'uomo sulla base di ricordi personali.

Fermi fu un bambino prodigio. Egli iniziò da autodidatta lo studio di argomenti avanzati in fisica e matematica all'età di 13 anni. Già al momento della sua ammissione alla Scuola Normale di Pisa ne sapeva molto di più dei migliori laureati di questa scuola. Conseguì la sua laurea (diploma) all'età di 21 anni con un lavoro sperimentale – in quei tempi la fisica teorica non costituiva un soggetto accettabile per una tesi! La prima fase della sua ricerca, svolta nel periodo 1922-1924 a Roma e all'estero (Leida, Gottinga), fu incentrata soprattutto sulla Fisica Matematica (un argomento per il quale concorse

più tardi, senza successo (!), ad una cattedra in Sardegna). La seconda fase, centrata sulla Fisica propriamente detta, incominciò col suo trasferimento a Firenze, dove ricoprì un incarico accademico minore (1924-1926). È qui che formulò (prima dell'arrivo della vera Meccanica Quantistica!) la statistica di Fermi, contributo che gli diede fama mondiale (notiamo che gli venne offerto, nella primavera del '28, di diventare il successore di Schrödinger a Zurigo). All'età di 25 anni, in gran parte grazie all'influenza potente di O.M. Corbino, venne chiamato a Roma, alla cattedra appena creata di Fisica Teorica. Lì si circondò di un gruppo eccezionale di giovani sperimentali (Amaldi, Rasetti, Segré e, più tardi, Pontecorvo), continuando egli stesso l'attività come teorico. I suoi principali contributi furono una nuova formulazione dell'Elettrodinamica Quantistica, e la teoria del decadimento beta (valida tutt'ora!), Poco dopo la scoperta del neutrone (1932) concepì l'idea di trasmutazioni nucleari indotte da neutroni, e nel marzo 1934 produsse i primi isotopi radioattivi con tale processo. A quell'epoca Fermi e suoi collaboratori teorici (Majorana, Racah, Wick) avevano già trasformato Roma in un centro internazionale che attirò molti visitatori (Bethe, Bloch, Peierls, Placzek). Proprio in quel periodo ebbe inizio la terza fase della sua ricerca, quella di fisica Sperimentale, fase che durò fino alla sua morte (1954). È infatti per il suo lavoro sperimentale con i neutroni che ricevette il premio Nobel nel 1938. Va notato che Fermi e suoi collaboratori non furono in grado di scoprire la fissione, pur avendo bombardato l'uranio. Quella scoperta infatti esigeva una radiochimica più sofisticata di quella del gruppo di Roma.

Il premio Nobel permise a Fermi e alla sua famiglia di fuggire dall'Italia fascista dove sua moglie era minacciata di persecuzione sotto le leggi razziali allora appena promulgate. Si recò via mare direttamente da Stoccolma a New York ove una cattedra alla Columbia lo aspettava. Lì insegnò vari corsi con grande seguito di studenti, come indicato nella Tabella I. Il suo arrivo negli Stati Uniti coincise con l'arrivo della notizia della scoperta della fissione. Egli si mise immediatamente a lavorare, in parte in collaborazione con L. Szilard, sul numero di neutroni emessi nel processo di fissione – Szilard già nel 1934 aveva concepito l'idea di una reazione nucleare a catena! Questo fu l'inizio del «Manhattan Project» segreto, e nella primavera

Tabella 1. Lezioni di Fermi alla Columbia University.

Trimestre	Materia	Numero del corso
Inverno '39	Geofisica	138
	Quantomeccanica	237
	QM Applicata	247
Primavera '40	QM applicata	248
Inverno '40	Termodinamica	131
Primavera '41	Geofisica	138
	Meccanica statistica	236
	QM applicata	247
Inverno '41	Termodinamica	113
	Geofisica	138
	QM applicata	247
Primavera '42	Meccanica statistica	236

del 1942 Fermi si trasferì a Chicago per dirigere la costruzione del primo reattore nucleare. Questo entrò in funzione il 2 dicembre. Nel 1944 si trasferì a Los Alamos e nel '45 fu presente all'esplosione della prima bomba «atomica».

Praticamente tutto il lavoro compiuto da Fermi durante gli anni di guerra era coperto da segreto, e qualche parte di esso lo è forse ancora oggi.

All'inizio del 1946, Fermi ebbe una cattedra all'Università di Chicago. Lì attrasse un gruppo

di dottorandi di valore eccezionale (vedasi Tabella II), eseguì una serie di esperienze con neutroni (servendosi di un reattore) e progettò la costruzione di un acceleratore di 450 MeV (allora il più grande del mondo) – tutto ciò accanto ad un'attività didattica molto intensa. Appena quella macchina entrò in funzione, iniziò una lunga serie di esperienze sulla diffusione pione-protone; queste condussero all'importante scoperta: il primo stato eccitato del nucleone.

Tabella 2. Lezioni Fermi alla Chicago University.

Trimestre	Materia	Numero del corso
Inverno '46	Struttura del nucleo	238
Primavera '46	Elettrodinamica I	310
Autunno '46	Fisica generale I	105
	Problemi speciali in Fisica	371
Inverno '47	Fisica generale II	106
	Problemi speciali in Fisica	372
Primavera '47	Fisica generale III	107
	Problemi speciali in Fisica	373
	Ricerca in fisica	403
Autunno '47	Quantomeccanica e strutture dell'atomo I	241
Inverno '47	Quantomeccanica e strutture dell'atomo II	242
Inverno '49	Fisica nucleare I	262
Primavera '49	Fisica nucleare I	263
Estate '49	Fisica matematica II	202
	Quantomeccanica e struttura dell'atomo II	242
	Struttura del nucleo	262
Inverno '50	Quantomeccanica e struttura dell'atomo II	242
Autunno '50	Fisica nucleare	463
Inverno '51	Fisica dei solidi	411
Primavera '51	Particelle nucleari	464
Autunno '51	Termodinamica e fisica statistica II	252
Inverno '53	Fisica nucleare II	463
Primavera '53	Particelle nucleari	464

Il precedente sunto della «terza fase» di Fermi potrebbe creare l'impressione erronea che in essa egli avesse abbandonato la ricerca teorica. Così non fu: continuò a pubblicare lavori importanti su una varietà di argomenti teorici.

Conoscere Fermi da vicino, nel senso di capire le sue intime motivazioni, non era facile. Mentre egli era sempre accessibilissimo sul piano professionale, era riservatissimo su quello personale. Non era incline a sviluppare legami di amicizia con le persone con le quali era in contatto per ragioni di lavoro – fra la gente di Chicago fu forse un'eccezione Herb Anderson. Contrariamente alla maggior parte dei fisici, evitava pettegolezzi e ben raramente esprimeva opinioni, buone o cattive, su altri fisici. Tutto questo gli dava una grande aria di modestia che celava una piena consapevolezza delle proprie capacità. Secondo me, divideva i fisici in tre categorie, ossia 1) quei pochi dai quali potesse eventualmente imparare qualcosa (tale categoria, ai tempi miei, includeva soprattutto il giovane Gell-Mann); 2) persone che nelle discussioni osavano contraddirlo su qualche punto (scocciatori, in quanto lui aveva quasi sempre ragione!); 3) persone che accettavano le sue opinioni quasi automaticamente e perciò si qualificavano come aiutanti comodi ed efficaci.

Ben raramente Fermi si sbagliava (parlando di fisica) e uno sbaglio, soprattutto in pubblico, costituiva per lui un'esperienza penosa. Era per lui come per il resto di noi trovarsi d'un colpo senza pantaloni per strada! Mi ricordo di alcuni episodi che illustrano questa sua caratteristica: Un giorno, scrivendo alla lavagna, si rese conto di aver sbagliato un certo fattore. Si voltò verso il pubblico per fare alcune osservazioni interessantissime – allo stesso tempo, senza interrompersi, cancellò col gomito sinistro la formula imprecisa. Un'altra volta, quando uno studente gli fece notare che aveva scritto « c » al numeratore piuttosto che al denominatore di una formula, rispose «Chi le ha detto che io uso “ c ” e non “ $1/c$ ” per la velocità della luce?» Un'altra volta, a tavola, pretese che i fotoni singoli emessi nel decadimento del π^0 in moto potessero essere polarizzati ed io gli dissi che ciò non era possibile. Riconobbe l'errore, si asciugò la bocca e se ne andò senza dire una parola.

Si è detto e si dirà molto su Fermi come grande insegnante in aula. Infatti, i suoi corsi (che preparava sempre con gran cura) erano modelli di lucidità. Le sue derivazioni erano quasi sempre ridotte alla matematica più ele-

mentare, ed egli era moto fiero di usare metodi più banali di quelli riportati nei libri di testo più correnti. Però c'era anche la controparte: derivazioni per le quali non aveva «il trucco» (ad es. il fattore di Thomas) venivano semplicemente omesse. I fattori erano astutamente scelti per «essere di ordine uno», e cose delicate, come la teoria della misura in Meccanica Quantistica, non venivano discusse. Infatti Fermi aveva (forse perché estraneo alla scuola di Copenhagen) un atteggiamento puramente pragmatico verso questa disciplina. «La meccanica quantistica è giusta perché funziona...» e «*The Schrödinger equation has no business working so well*» sono alcuni dei suoi detti.

Fermi spesso distribuiva note ciclostilate agli studenti dei suoi corsi. Queste note contenevano le formule più importanti e solo poche osservazioni verbali. Egli mi disse che distribuiva queste note perché lui stesso, mentre seguiva i corsi a Pisa, si sentiva incapace di prendere appunti dettagliati e di ascoltare allo stesso tempo. Il suo corso di Meccanica Quantistica, pubblicato dalla University of Chicago Press, dà un'impressione erronea dell'insegnamento del Maestro – ci sono le formule ben note, ma mancano i suoi commenti. È come presentare uno scheletro invece di un ritratto completo.

A mio parere, i corsi di Fermi, così seducenti per la loro limpida chiarezza, erano soprattutto utili «in seconda lettura», cioè per chi aveva già studiato l'argomento in precedenza. Erano come un paesaggio visto da una aquila in volo, laddove tutti i dettagli importanti del paesaggio emergono chiaramente. Personalmente ho imparato ben più seguendo i corsi di Pauli, il quale prestava sempre molta attenzione alla coerenza logica degli assunti e con ciò metteva in evidenza le vere difficoltà. Da Fermi i problemi più profondi sembravano semplici, da Pauli era proprio il contrario.

Fermi era un genio che faceva di tutto per non apparire come una persona fuori dal comune. Voleva sempre apparire come l'«uomo della strada», un semplice artigiano al quale, quasi per caso, era capitato di essere specializzato in fisica. Lo stile americano, secondo il quale la gente, pur senza implicare stretta intimità, si chiama col nome di battesimo, gli conveniva perfettamente. Preferiva il semplice «Enrico» al «charissimo professore» o addirittura «Sua Eccellenza» (titolo al quale aveva diritto come accademico d'Italia).

Se Fermi appariva sempre serio e concentrato sull'argomento in discussione, non mancava di un certo umorismo. Quando uno gli chiese

«Cosa hanno in comune i premi Nobel?» rispose «Non molto. Nemmeno l'intelligenza.» Diceva: «Sono confuso. Non so se sono «mia eccellenza» o «sua eccellenza». A un oratore che fece un seminario di scarso contenuto sul teorema H in meccanica statistica disse «Lei parla di un teorema o semplicemente di un H ?»

Fermi visse per la Fisica (sì, con la maiuscola) e sembrava osservare il mondo esterno sempre con gli occhi di un fisico. Valutava, con rapidità e precisione, l'ordine di grandezza dei fenomeni che si verificavano attorno a lui. Esempi: 1) vedendo un cavo sospeso tra due case, ne valutò rapidamente le coordinate ed esclamò: «Sì è proprio una catenaria!». 2) Un suo collega di Chicago, ricoverato in ospedale dopo un infarto, si lagnò con Fermi della scarsa alimentazione che riceveva. Soltanto 1500 calorie al giorno. Fermi gli disse: «Tu sei un grande appassionato di romanzi gialli. Puoi dirmi quante ore ci mette un cadavere a raffreddarsi? «Da due a tre ore». Fermi replicò: «Allora tu non potrai sopravvivere con 1500 calorie!». 3) Fermi improvvisò, durante il solito seminario settimanale, una teoria del mescolamento delle acque che ha luogo nel mare. L'unico parametro di questa teoria era λ la lunghezza delle onde superficiali. Fermi pose $\lambda = 200$ m. Un collega obiettò: «Enrico, non sono piuttosto 600 metri?» Fermi rispose «Forse sì. Ma comunque erano 200 m quando attraversai l'oceano l'ultima volta».

Questo atteggiamento di Fermi poteva farlo apparire freddo e distaccato. Ci sono però dei casi che testimoniano della sua sensibilità: 1) Il giorno in cui scoppiò «il caso Oppenheimer» ne discutemmo a lungo a colazione. Fermi disse: «Peccato che abbiano scelto proprio Oppenheimer e non qualche brava persona come Bethe. Adesso siamo costretti a metterci tutti dalla parte di Oppenheimer. (Debbo aggiungere che Fermi non aveva un debole per Oppenheimer, a causa delle maniere altezzose di questi.) 2) Alla promulgazione delle leggi razziali in Italia, Fermi scrisse in America per trovare sistemazioni per certi colleghi colpiti da tali leggi (questi scritti sono stati pubblicati). 3) *Last but not least*, la sua opposizione scritta alla bomba a idrogeno, quale orribile strumento di devastazione.

Fermi, anche negli ultimi anni della sua brillante carriera, rimase estremamente ambizioso. A cinquant'anni l'ho sentito dire «Credo di aver compiuto la metà della mia opera...» L'ambizione di essere il vincitore usciva dal quadro della fisica. Doveva vincere ai giuochi di società

(spesso organizzati in casa sua), nel risolvere rebus, e al tennis (Pontecorvo dovette spesso far uno sforzo per perdere...). Quest'ambizione di voler essere il primo Fermi la condivideva con Heisenberg. Fermi era robusto e sportivo – però io sono convinto che facesse dello sport non per il semplice piacere, ma bensì motivato dal detto latino *mens sana in corpore sano*.

Per concludere, vorrei parlare di Fermi come fisico sperimentale. Il suo dono in questo campo non era di carattere tecnico, ma risiedeva nella sua straordinaria capacità di scegliere il modo più semplice per eseguire una misura cruciale con una precisione sufficiente (e certo non superiore) per rispondere alla questione posta. Non aveva gusto per le tecniche raffinate ed odiava ciò che il suo compagno Rasetti chiamava «il puttanesimo estetico». Mentre in fisica teorica dominava anche le tecniche matematiche più sottili (pur fingendo di ignorarle), nel campo sperimentale era più limitato. Era conscio dei limiti e sapeva scegliere problemi che fossero alla sua portata.

Quest'ultima affermazione vale anche per tutta la carriera scientifica di Fermi. La sua Opera Omnia (Note e Memorie) contiene 272 scritti pubblicati in fitta successione nel corso di 32 anni di attività. Non ci sono mai lacune. Egli sapeva sempre scegliere argomenti degni di lui, apparentemente senza mai perdersi nell'attaccare problemi che sorpassassero le sue capacità.

ENRICO FERMI, THE MAN.

J. Orear

*Cornell University, Ithaca,
NY 14853-2501 U.S.A.*

One of the purposes of this talk is to give the audience a feeling of Enrico Fermi, his personality, sense of humor, etc. by making use of some of my memories plus the few recordings that are available of him via audio tape and film. Some of the audio and video sources I will use are 1) the film *The world of Enrico Fermi*, 2) the video of the 10th anniversary of the first nuclear chain reaction produced by *See it now* of CBS TV news, 3) the audio tape of Fermi's lecture entitled *Physics at Columbia University, the genesis of the nuclear energy Project*, and 4) Fermi's personal notes and slides on his talk as retiring president of the American Physical Society in January 1954. The video *See it now*

contains live speeches by Fermi, Leo Szilard, and Leona Marshall. It also has a re-enactment of the famous secret long distance phone call from Dr. Arthur H. Compton of University of Chicago to Dr. James A. Conant of the Office of Scientific Research and Development. The purpose was to let powers that be know of the success of the nuclear chain reaction project. The short conversation went as follows:

Compton: «Jim, you will be interested to know that the Italian Navigator has just landed in the New World.»

Conant: «Were the natives friendly?»

Compton: «Everybody landed safe and happy.»

1. – The Cornell Fermi symposium, Oct. 14, 1991

In the early 1990's those most close to Enrico Fermi were rapidly dying off; *e.g.*, Laura Fermi, Herb Anderson, and Leona Marshall. Many of us felt that Fermi's contribution to science was so exceptional that it should be well documented by first-hand observers before it was too late. The occasion of the 1991 Bethe lectureship at Cornell University provided a unique gathering of close first-hand observers. Dick and Lois Garwin, Hans and Rose Bethe, Bob and Jane Wilson, Val and Lia Telegdi, and Jay Orear would all be at the same place at the same time and would be October 1991 in Ithaca, NY at the time of Dick Garwin's Bethe lectureship. Both Garwin and Orear had the idea to invite a few more Fermi experts and spend one day of Garwin's Lectureship sharing our memories of Fermi. Orear, Garwin, and Carl Sagan did most of the planning and organizing. We tried to invite all who had known Fermi personally and most of them were able to come. The program was as follows:

Welcome	Dale Corson	9 am
Introduction	Carl Sagan	9:10
Pilgrimages to Rome	Hans Bethe	9:30
Film and audio clips	Jay Orear	11
The Fountain in Rome	Joe McEvoy	11:20
Experiments in the '40s	Al Wattenberg	11:35
Columbia, Los Alamos	Harold Agnew	2:pm
Pre-Chicago years	Bob Wilson	2:15
The Fermi family	Jane Wilson	2:35
Fermi at Chicago	Val Telegdi	2:50
Chicago-Los Alamos	Dick Garwin	4:10
Fermi & technology	John Peoples	4:30
Los Alamos inventions	Perce King	4:45
<i>Reception and dinner break</i>		5:45
A different perspective	Nella Fermi	8:00
Panel discussion	Rosenfeld, <i>et al.</i>	8:30

I think all the speakers came to the same assessment of Fermi as expressed by Val Telegdi: «None of the great scientists who worked at Chicago ever had a greater impact on his immediate and world-wide surroundings than did Enrico Fermi. Nobody in the history of modern physics possessed greater versatility than he. He had just as great achievements in pure theory as in concrete experimental work. He could with equal ease solve abstract problems or design and build with his own hands astonishingly useful experimental "tools" ... To these qualities he added those of an exceptionally lucid lecturer and expositor. As well as a patient thesis supervisor. ... But it defies the bounds of human inspiration to speculate that any other man or woman might have played Fermi's role as a teacher in the broader sense of this term. Through the influence of his students, Fermi effectively revolutionized the training of students in the United States and one hopes in the whole western world.»

This summary of Telegdi's must be correct if so many independently-minded first-hand observers come to the same conclusions as they did at this symposium. I also feel, as does Telegdi, that scientist all over the world are being exposed to Fermi's way of looking at science and doing science. I was asked at the time of the Cornell symposium to edit a book presenting the dozen or so talks. I have finally found time and have almost finished the book that also includes extended observation of my own. This talk today is just a part of what I have written in this new book.

2. – My first meeting with Fermi

I started graduate physics and math courses in 1946, the same year as Fermi joined the faculty at the University of Chicago. My first course with Fermi was Quantum Mechanics taken in 1947. I was just on face out of many (a half-dozen or so who later became Nobel prize winners). But I really met him in a more unconventional way. That same year I also registered for a physical education course called «Social Dancing». Early in the course one of the co-eds in the class invited me to a dance party at a girlfriend's house. As we were walking to the house that night she happened to mention the name of her girlfriend as Nella Fermi. I asked whether her friend was the daughter of THE Fermi. Being an art major, my date really did not

know. But once I entered the door, I did know! Fermi did recognize my face and he asked me what I thought of his quantum mechanics course. The party was a square dance with Harold Agnew as the caller. Many were Nella's friends and Enrico's co-workers. I was an indirect guest of Nella and not Enrico.

These Fermi square dances were held once a month. From then on I was on the guest list of the Fermi family.

Not much later by coincidence I encountered Enrico skating by himself at a University ice skating ring. He greeted me and it seemed only natural to join him. It was clear that he enjoyed young people and we got to know each other fairly well in this and subsequent tête-à-têtes on ice. It was not beneath him to associate freely with students and to treat them as equals.

Another example of his enjoyment of young people was that he ate lunch in the large student cafeteria rather than the Mens Faculty Club where most of his fellow faculty members ate. The center long table at the student cafeteria became known informally as the Fermi table; however anyone was welcome. Several of those who frequented that table later became Nobel Prize winners. In the Chicago physics department the younger grad students felt that the older grad students were better teachers on the whole than the faculty (except, of course, for Fermi who was clearly the best). Fermi was a modest person and liked to be treated as one of the crowd. Just to give one example of his modesty, even though one of his many great achievements was the discovery of Fermi statistics, he always referred to it as «Pauli statistics».

3. – My first meeting as a physicist

My next Fermi course a year later was when he first taught Nuclear Physics at Chicago. I had been studying and working problems with classmates such as Art Rosenfeld and Bob Schluter. We had a system of refining our classroom notes together and we realized that with a little extra effort, we could type them up on mimeograph stencil sheet masters and make our class notes on nuclear physics available to the entire department. All three of us had training in touch-typing. The department chairman liked our proposal and offered to pay for materials and we would provide free labor. After typing the first chapter we found the stencil

were too messy and slow so we changed to typed sheets of ordinary paper with hand drawings and we had them photo-offset for almost the same cost. Whenever we got stuck we usually consulted T.D. Lee or Frank Yang. Only when their response was not understandable did we consult Fermi. Actually his office door was always wide open any stranger was always welcome to enter (as long as he or she observed the *no smoking* sign on his desk).

Many have remarked on how simple Fermi made things seem in his lectures. But then after the lecture it was not so simple to reconstruct his reasoning. I do not blame this on any oversimplifying on the part of Fermi. It is because understanding of physics requires many successive steps of not too obvious reasoning. For this reason Art, Bob and I would occupy a nearby empty classroom immediately following each Fermi lecture and try to make sure that we each really understood the lecture we had just heard. It usually took us more than an hour to convince ourselves that we understood the one hour lecture. When we made the choice to switch over to the easier and superior system of photo-offset we were not aware of another advantage: now the number of copies could be unlimited rather than restricted to about 500. It quickly became clear that the «whole word» wanted copies of these Fermi lectures notes. No nuclear physics book of this breadth or talent had yet appeared on the market. The distribution and sales now were delegated to the University of Chicago Press. And as Telegdi has pointed out, this way of teaching the whole world is just one of the ways Fermi has left his mark on all of us.

I have one more personal example of how Fermi left his mark on the entire international physics community. Fifty years ago (or 2 years before Fermi's death) most physicists were not very knowledgeable about statistical inference. In my thesis I had to find the best 3-parameter fit to my data and the errors of those parameters in order to get the 3 phase shifts and their errors. Fermi showed me a simple analytical method. At the same time other physicists were using and publishing other cumbersome methods. Also Fermi taught me a general method, which he called Bayes Theorem, where one could easily derive the best-fit parameters and their errors as a special case of the maximum-likelihood method. I remember asking Fermi how and where he learned this. I expected him to answer R.A. Fisher or some textbook on mathematical statis-

tics. Instead he said «perhaps it was Gauss.» I suspect he was embarrassed to admit that he had derived it all from his «Bayes Theorem». Frank Solmitz, a fellow grad student, and I felt we should get down on paper what we were learning from Fermi. So with help from Fermi and Frank Solmitz I pulled all this together a few years later in a 1958 UCRL report called «Notes on Statistics for Physicists». It was of comparable popularity to the «Notes on Nuclear Physics».

Even in 1956 an MIT paper claimed incorrectly that the 3 pion final state of the kaon had spin one (at that time called the tau-meson). But using their same data and the maximum-likelihood method (which automatically assigned the correct statistical weight event by event) I obtained spin zero. And by adding in more plentiful data of my own I got a likelihood ratio of $10^{12}/1$ favoring spin zero or odd parity. It became an MIT *vs.* Columbia battle, but within a few months the entire physics community understood and endorsed the maximum-likelihood method as had been taught to us by Fermi. I also made measurement to show that both decay modes had the same lifetime as well as mass. So now the world was faced with a serious problem: the 3-pion decay mode of the kaon was odd parity and the 2-pion decay mode was even parity. We called this the tau-theta puzzle. It was the first solid evidence of the non-conservation of parity. At that time it hinged on convincing the physics community to use the more powerful statistical methods of Fermi. These statistics notes were revised in 1982 as a Cornell preprint. Counting both editions, thousands of copies were distributed all over the world at no cost to scientists living in both sides of the iron curtain.

4. – My selection as Fermi for my PhD advisor

The Chicago Physics Department required a lengthy written exam for PhD candidacy. It was 8 hours a day for 4 days in a row. Even one of Fermi's future Nobel prizewinning students failed it in his first try. As soon as I learned that I had passed, I asked Fermi to take me on. He agreed but assigned me one more task: that I work for a month or so under the direction of Dick Garwin on the fast coincidence circuit he was designing. To me, Garwin was another Fermi: they had both been friendly and helpful to me and my classmates. So I was thrilled with Fermi's «requirement» that I first work for

Garwin before working for Fermi. He did not realize this because he then said to me: «Even though Garwin is younger than you, he is a genius and I am not.» Since then, I have encountered an interview Murph Goldberger in *Science* magazine where Fermi had said a similar thing about Garwin to Goldberger. Garwin really was quicker at solving «Fermi problems» in his head than was Fermi. My guess is that neither really thinks of himself as a Genius. Both are capable of making occasional mistakes. We all liked to play with trick questions. It was not often that I could trap Fermi. Once I succeeded by asking him would the direction of motion of this famous «trolley car» reverse if the cyclotron field were reversed. After a pause he said: «yes, because of symmetry». Of course, once I told him he was wrong, he spent more time on it and then agreed with me. I remember at one of the Thursday afternoon INS seminars Fermi made a not too obvious blunder. He must have sensed it from the looks on some of our faces. He then quickly saw mistake and scolded all of us for not immediately correcting him.

As his grad student I felt even more responsible for not speaking up. Another responsibility he gave me was to read the Physical Review and tell him whenever I saw a paper I thought he should see. He told me that usually he did not read the literature, but that he did learn of most discoveries before they were published by means of telephone, mail, personal visits and preprints. He knew I was always at my desk next to his office when he arrived by bicycle at 8.27 a.m. each morning. And we would «check base» as he came in to see whether either of us had learned anything «new». Fermi also told me where and when he did most of his work. He had a kind of insomnia where he had no trouble getting to sleep and he usually went to bed by 9 or 10 p.m. But he nearly always awakened by 4 a.m. Then he would get up and go to his desk at home and there is where he did most of his creative work. Then he would have breakfast with his family about 3 hours later. At the university he spent most of his time consulting with others, teaching, administration, etc. One byproduct of this mode of operation was that I was sometimes the first one in the world to learn of this latest discovery. Like when he used the known spin-orbit interaction of the outer shell nucleon to explain the recently measured left-right asymmetry in proton-nuclear elastic scattering. He held a weekly mee-

ting in his office every Tuesday night to which his students and some others were invited. He shared with us in these meetings his latest phone calls and communications.

5. – Fermi intuition

To me, intuition is a kind of mental telepathy and mental telepathy is supernatural; *i.e.*, by definition it is «outside of natural» — it does not exist. So now let me give you some examples of Fermi's famous «intuition». About one or so months after the Berkeley Bevatron had been running on both electronic and nuclear emulsion antiproton searches there were still no positive results. Murray Gell-Mann had just returned from Berkeley with these negative results, which he was relating to Fermi and me just outside our office doors. He said now we know there is no antiproton. But Fermi said in a very definitive and loud manner: «There **IS** an antiproton.» We grad students used to say that «Fermi had an inside track to God.» Within a month of that definitive pronouncement Fermi was proven correct.

Another example was his explanation of the cosmic ray *vs.* nuclear emulsion data of neutral and charged V-particles plus the tau-particle (a charged particle coming to rest and decaying into 3 charged pions). The measured masses of these particles differed by a few standard deviations. Both Fermi and I independently felt that «God would not have created so many new bosons of almost the same mass». The simpler explanation was that these observations were different decay modes of the same particle and that some of the mass measurements must have had larger errors than claimed. Fermi supervised the Chicago nuclear emulsion group and we knew that nuclear emulsion could determine masses more accurately than the cloud chambers.

In 1953 Fermi taught a Particle Physics course. I sat in on the course and took detailed notes. My notes reveal two more examples of what might be called intuition. On my pages, dated April 23, 1953, Fermi explains the intrinsic parity of the pion as two spin sub-particles in an $L = 1$ orbit around each other and with the intrinsic and orbital spins opposed. This is the present quark model of the pion a few years ahead of its time. On pages of the same date Fermi gets even intrinsic parity for the neutrino in one reaction and odd intrinsic parity in another reaction. So, two different parities for the same neutrino. (This is

now known to be true.) I asked Fermi in class: «suppose this is an antineutrino in the other reaction?» He said, «Let me think about that». Later that day he called me into his office and said still there is the same problem that he gets both parities for the neutrino. He admitted that he still did not understand the neutrino. I like to speculate that if he had known about Pauli's two-component neutrino, he might have beaten Lee and Yang by 3 years.

The most famous example of Fermi's so-called intuition has to do with his Nobel-prize winning discovery of how slow neutrons can produce artificial radioactivity. It is true that he was the first to slow down a beam of neutrons with a slab of paraffin. But there is at this time a dispute whether he first tried a lead filter with no result and then followed it with paraffin resulting in a hundred-fold increase in the induced radioactivity. On one side of the dispute is a famous quotation by Chandrasekhar. Chandrasekhar had told Segré that Fermi told him in a conversation about scientific method: «When finally, with some reluctance, I was going to put it [the lead filter] in its place, I said to myself; “No, I do not want this piece of lead here. What I want is a piece of paraffin.” It was just like that with no advance warning, no conscious prior reasoning.» This is one of the reasons why we students would joke about Fermi having an inside track to God. Segré who was with Fermi at that experiment does not seem to remember that detail, but he cannot trust his memory. Chandrasekhar admits he did not write down verbatim what Fermi said to him but he feels he can trust his memory.

On the other hand Laura Fermi in her *Atoms in the family* tells a different story. On page 98 she says: «They placed the neutron source outside the cylinder and interposed objects between them. A plate of lead made the activity increase slightly. Lead is a heavy substance. Fermi said, «let us try a light one next, for instance, paraffin.» Laura Fermi's book was proofread by her husband. Too bad that Enrico Fermi, Laura Fermi, Segré, Pontecorvo, or Chandrasekhar are no longer available to settle this dispute. I will stick my neck out and give 5 reasons why I think Fermi did try the lead first. 1) The Chandrasekhar version is admittedly not verbatim. 2) The Laura Fermi version is verbatim (she was writing a book while interviewing her husband and her husband did proofread her entire book). 3) It was a lead box which was giving Segré and Fermi contradictory result and

which they wanted to study in a more systematic way. 4) The heavier elements gave more complications like artificial radioactivity (and even fission which they did not understand at the time) whereas the lighter elements did not. 5) If Fermi at the last minute had changed their agreed upon logical plan without any warning to Segré, Segré would have been annoyed and have a reason for remembering something so out of Fermi's character.

One last example of good intuition is whether Fermi believed in the Fermi-Metropolis phase shifts as defined in paper f.n.m. 260 of the *Collected Papers of E. Fermi*, Vol. II (University of Chicago Press) 1965. In the paper delivered by Val Telegdi at the Cornell Symposium, Telegdi says the Fermi-Metropolis fit «favored by Fermi did not correspond to the proposed resonance.» What Telegdi should have said is that «the world data at that time favored the Fermi-Metropolis phase shift but Fermi favored the resonance fit.» All the data at that time preferred the Fermi-Metropolis solution to the solution where the p -wave phase shift went through a resonance. And it was this resonance fit which Fermi personally always favored. In an earlier talk I remember Herb Anderson making a statement similar to Telegdi's. These statements might cause readers to rule out Fermi as the discoverer of the first excited state of the nucleon. What Telegdi and Anderson should have said is that in their paper the Fermi-Metropolis solution gives a better goodness-of-fit value than the resonance solution. One must keep in mind that Fermi and Metropolis were doing a fit to the combined world data. At the time the resonance solution fit every combination of world data until a first «measurement» of the π^+ proton total cross-section was reported from Columbia University. They reported a total cross-section considerably smaller than required by a p -wave resonance. They had exposed nuclear emulsion to positive pions at the resonance energy at a position near the centre of the cyclotron. It was a difficult experiment because of the heavy background and the scanning efficiency for finding all the elastic scattering is expected to be low. Fermi and I felt all along that the scanning efficiency must have been lower than the Columbia scanners had estimated. If the Columbia data could have been corrected for this, then the Fermi-Metropolis fit would be ruled out. (Later experiments at the Cosmotron using π^+ beams at and, beyond the resonance energy proved that the Columbia cross-section was a way too low). Fermi was so

confident that there was a resonance that he tried to repeat the Columbia experiment using the Chicago cyclotron with Horace Taft as the grad student in charge. This involved mounting some nuclear emulsion and shielding near the center of the vacuum tank where residual radiation levels were significant. Members of our nuclear emulsion group took turns working short shifts inside the tank. Our course we wore film badges and dosimeters and made sure no one was exposed to more than 300 mr per week. Fermi as a member of the group insisted on taking the same dosage as Taft, Orear, Rosenfeld, and Silverstein. We pointed out to Fermi that he already had accumulated more lifetime dosage than we, and that we preferred that he not crawl inside the cyclotron as we were doing. But he was an egalitarian and he felt strongly about this and he was our boss. We did find some elastic scattering in our exposures, but we also found heavy background that would swamp out the signal at the needed exposure levels. So we were unable to disapprove the Columbia experiment as the Cosmotron did shortly after Fermi died.

As a check on my memory of Fermi's beliefs, I sent the above opinion as an email to Nick Metropolis and received the following reply: «... I have read the now ancient documents and they are consistent with what you plan to say. Trust you'll have a most successful conference, Yours sincerely, N. Metropolis». I feel that one can safely conclude that Fermi never did actually believe in what is known as the Fermi-Metropolis solution.

6. – Fermi humor

Hans Bethe in his talk at the Cornell Symposium gave an example of Fermi's humor when Fermi was at the age of 29. Not only was he a full professor, but he was a member of the Royal Academy with the title of His Excellency Fermi. The driveway to the Physics Institute also led to an important governmental department that sometimes had «classified» meetings and on such occasion the driveway was closed to the physics people. On one of those days Fermi came driving and when the guards stopped him he said «I am the driver to His Excellency Fermi. And His Excellency would be very annoyed if you didn't let me in». And as he told the story later, Fermi emphasized that he had told the whole truth: he WAS the driver to the Ex-

cellency Fermi, and indeed His Excellency WOULD have been very annoyed.

Fermi chose to inject quite a bit of humor into his retirement lecture as the president of the APS (American Physical Society) on January 29, 1954. The announcement and title are shown as taken from the official announcements. On the next day Fermi gave a second lecture in honor of the 200th anniversary of Columbia University that he also sprinkled with humor. Both of these lectures give a good idea of his personality and style of humor. Unfortunately no audio or visual recording exists for the first, but the entire second lecture exist on audio tape and is transcribed in *Physics Today* and other places.

7. – The ultimate accelerator

This is the unofficial title we physicists gave to the retiring president lecture. Fortunately Fermi typed out notes for it with his own hands (he did know how to type). This page of notes, as will be shown in the slide, is in the Fermi archives at the Regenstein Library at the University of Chicago and I shall analyze part of it here. We shall see that he does plan jokes days in advance and from the taped lecture, where we can hear both Fermi laughter and audience laughter, we note that he laughs heartily at his own jokes. As far as I can tell, the style of humor and delivery shown in these documents are as I remember and to me they give some feeling of his humble, friendly and cheerful personality.

The first sentence of his page of notes says «Congratulate Society on Loosing mediocre President and getting excellent one». (*Spelling has not been corrected*). *The first joke is one of self-deprecation.*

Next sentence: «Counting number of papers... most active branches... solid state physics in which, perhaps mistakenly, we believe... nuclear Physics in which we cannot make that mistake. Since Yukawa... first suspected and then known...» *As a father of solid state physics he cannot get away with criticizing it compared to nuclear physics.*

Now comes a criticism of nuclear physics: «But, to our dismay we got a lot more... many so called elementary particles... and because in addition... each... many names... number of names... stupendously great... even more than the number... which large enough». *He finds it humorous that there are even more names than there are*

particles. But to solve the mysteries higher energy data are needed. But cosmic rays above 25 BeV only one/cm² at an inconvenient location.

«For these reason... clamoring for higher and higher...

Slide 1: MeV and M\$ vs. time and vs. cost (of the existing accelerators showing extrapolation). Now he extrapolates to 1994 and reads off an energy of 5 per 10⁹ MeV at a price of 170 B\$.

(Remarkably this energy could have been built in 1994, and at a lower price of about 11 B\$ by using colliding beams).

«Preliminary design... 8000 km, 20000 gauss» *Such a single ring would give the desired energy, but the radius of 800 km or 5000 mi would put the orbit 1000 mi above the surface of the Earth! This is shown in Fermi's Slide 2. By now the audience was in hysterics.*

«What we can learn impossible to guess... main element surprise... some things look for but see others... Look for multiple production... antinucleons... strange particles... puzzle of long life times... large angular moment? ... double formation? At present more probable...»

Fermi's intuition was working well: this energy was achievable in 1994. A colliding beam version could have been built at his estimated cost, but Congress ruled that the cost of ~10 B\$ was too much the main element was surprises like strangeness, charm, and beauty quantum numbers, heavy leptons, electro-weak unification, the 6 quarks and 3 different kind of leptons, fantastic success of the standard model, non-conservation of parity, etc. is preference for «double formation» which is now called conservation of strangeness was also correct.

«... tried to photograph what I saw in the ball... and made slide.

Slide 5 — Strange particles in pion nucleon collisions.

... should realize this picture retouched...»

His slide 5 must be Fermi's last joke in this talk. Unfortunately I was not able to find it among his papers. If anyone can remember it, please let me know.

8. – Nuclear Physics at Columbia in the 1940's

The following are some of the jokes in this talk that are on tape and will be played to the

audience. Note that Fermi laughs while giving the joke.

1. «I don't know how many of you know Szilars; no doubt many of you do. He is certainly a very peculiar man, extremely intelligent. (*laughter*). I see that this is an understatement. (*laughter*). He is extremely brilliant and he seems somewhat to enjoy, at least that is the impression he gives to me, he seems to enjoy startling people».

2. «And in fact help came along to the tune of \$6000 a few months after and the \$6000 were used in order to buy huge amounts — or what seemed at that time when the eye of physicist had not yet been distorted — (*laughter*) what seemed at that time a huge amount of graphite. So physicists sit on the 7th floor of Pupin Laboratories started looking like coal miners (*laughter*) and the wives to whom these physicists came back tired at night were wondering what was happening. We know that there is smoke in the air, but after all (*laughter*).

3. It was the first time when apparatus in physics, and these graphite columns were apparatus, was so big that you could climb on top of it — and you had to climb on top of it. Well cyclotrons were the same way too, but anyway that was the first time when I started climbing on top of my equipment because it was just too tall — I'm not a tall man (*laughter*).

9. – Fermi and politics and religion

Politics

After the first H-bomb test the possibility of a cobalt bomb producing widespread radioactive contamination was rather obvious. We asked Fermi for his opinion on this and he spoke freely to us. He gave a response I did not expect. He said the military leaders would not rely on a weapon whose effects had never been tested and that the long range air patterns are too unpredictable. Now that I am older and perhaps wiser, I agree with Fermi on this.

Bob Wilson in his Cornell talk criticized the common opinion that Oppenheimer was more liberal than Fermi. Wilson gave the pending May-Johnson Bill on military control of atomic energy and research as an example. Oppenheimer was for it but Fermi strongly opposed it and supported an alternate civilian control bill. Fortunately there were enough liberals in Congress to defeat the May-Johnson Bill. I also seem to remember

that when Oppenheimer's security clearance was revoked Fermi testified on his behalf and that Fermi privately tried to persuade Edward Teller not to testify against Oppenheimer.

Carl Sagan in his Cornell talk quoted a strong warning by Fermi not to make an H-bomb. He said: «In the October 1949 report of the General Advisory Committee to the U.S. Atomic Energy Commission, there was an addendum by Enrico Fermi and I.I. Rabi. This was a report on whether it was a good idea to build the first thermonuclear weapon, and the main report, signed by Robert Oppenheimer and others said, "The extreme danger to mankind, inherent in the proposal by Edward Teller and others, to develop a thermonuclear weapon, wholly outweighs any military advantage" and the addendum, by Fermi and Rabi, made that point even more strongly. It said, "The fact that no limits exist to the destructiveness of this weapon makes its very existence, and the knowledge of its construction, a danger to humanity. It is an evil thing." Which is, to my mind, a very strong statement». Again Fermi took a stronger position than Oppenheimer.

The film "World of Enrico Fermi" closes with a shot of a press conference called by Fermi shortly before he died which criticized a newly released right wing book praising Teller and accusing Los Alamos of negligence. The next of his press release is as follows:

Oct. 4, 1954. It is my conviction that the Los Alamos Laboratory has deserved the gratitude of this nation through the development of both A and H weapons.

This outstanding success is due to the intelligent and self-sacrificing work of its staff and to the sound and farseeing direction of Norris Bradbury. For this reason I have been deeply perturbed by the implications of the recent book *The Hydrogen Bomb* by Schepley and Blair, that the Laboratory dragged its feet and went only half-heartedly into the H-bomb development. Statement of this kind are bound to produce dissention and to set back the atomic program. It is true, of course, that Edward Teller is the hero of the H-development. But it is equally true that a single man cannot alone carry a job of that kind. A genius needs the support of many other men and organizations. The Los Alamos Laboratory developed and added to his ideas and brought them into practice.

Enrico Fermi

Religion

Laura Fermi did cover Fermi's view on religion in her book *Atoms in the Family*. On page 98 she said: "Enrico, who takes an agnostic view of all phenomena..." I think this was her way of saying he did not believe in miracles or supernatural phenomena. On page 108 Laura relates a conversation she had with her young daughter: "No, I believe that he [Jesus] was a very good man, who taught people to love each other, but I don't believe that he was God's son".

Nella: "What does dad believe?"

Laura: "I was not prepared for that question. It is hard to explain to a child the attitude of one who called himself an agnostic, who admitted that with science he might be able to explain almost anything except himself, but who looked at other's spiritual needs with objective rationality".

Laura to Nella: "Well..." I said, "Dad is a scientist. ... Like many other scientists he isn't quite sure that God exist...".

ENRICO FERMI, MY MASTER AND TEACHER J. Steinberger



Fig. 1. – Snapshot of Fermi (1948).

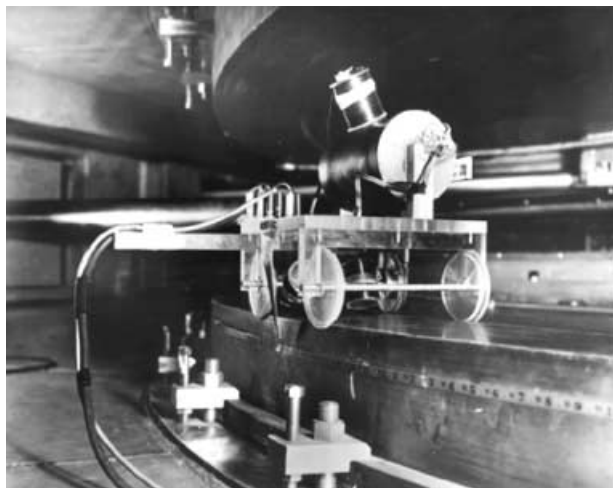


Fig. 2. – The cyclotron target cart of Fermi.

Fermi was the dominant figure at the University of Chicago during my two graduate student years there just after the war. These years were probably the most satisfying time in my privileged life. Fermi in particular, teacher and model physicist, gave the direction to my subsequent work in physics.

My contact with Fermi was the following:

- 1946-'47 Assistant in Fermi's undergraduate course in Physics.
- 1946 Fermi's course on Electromagnetic Theory.
- 1947 Fermi's course on Nuclear Physics.
- 1947-'48 Evening sessions with Fermi and fellow students on problems in physics.
- 1948 Ph.D. thesis with Fermi.
- 1952-'53 Competitor in the measurements of pion-nucleon scattering.
- 1954 Varenna summer school.

1. – Fermi, the teacher

Fermi devoted a great deal of his time to the graduate students. We were the first group after the war. The department had been completely reorganized by William Zachariasen, and was excellent. In addition to Fermi there were Wentzel, Teller, Maria Meyer, Clarence Zehner, and Zachariasen himself. We were a dozen or so students, several (not I) extraordinarily gifted. The war had interrupted everyone's academic life, and we all, faculty and students, were exhilarated by the opportunity and challenge to catch up with lost time, to learn and to do some physics. Fermi taught

many courses. His teaching was exemplary, minutely prepared, clear, with emphasis on simplicity and understanding of the basic ideas, rather than generalities and complications. He regularly came to lunch with us, to Hutchinson Commons, the student dining hall. One evening a week, at least during one of these two years, he invited us to a session in which he would propose some problem in physics, unrelated to any course work, and invite us to understand it. The solution would then be discussed the next week. More than once a year we were invited to a dinner in his house. In the parlor games following, whether penny pitching or musical chairs, Fermi liked to win.

Fermi had some particular friends among the students, whom he had already known in Los Alamos days, for instance Joan Hinton, a wonderful girl who, before getting her degree, went on to China and devoted her life to help make this proletarian experiment successful. But whether we were special friends or not, especially gifted or not, Fermi did what he could to help us. We would knock at his office door, and if free, he would take us in, and then he would be ours until the question was resolved.

2. – Fermi, the thesis advisor

Fermi accepted to be my thesis advisor, despite the fact that there was no great evi-



Fig. 3. – Fermi with Leprince-Ringuet and me, Varenna 1954 (year of Fermi's death.)



Fig. 4. – Outing on the Grigna near Varenna. Left to right: Bianca Puppi, Fermi, Mrs. and Mr. Goldschmidt-Clermont, Eduardo Amaldi, JS. 1954.

dence of capability, perhaps the contrary (I had distinguished myself as the only one to fail the Ph.D. qualifying exam). I still don't know what he thought of my potential as a physicist (I would give a lot to know), but it didn't matter. Fermi was ready to help each one of us, as much as he could. As all my fellow students, I wanted to do a theoretical thesis, but it turned out to be an experiment. In retrospect, perhaps the most interesting fact about Fermi as thesis advisor is that despite his clear pleasure in experimenting, and his interest in the physics of this cosmic ray experiment, he let me do my thing, without participating himself, or suggesting the design. He did help me to get things done, such as finding machinists to make the Geiger counters, a lady (Mrs Woods) to fill them with the proper gas, and a truck with a young man to drive it (I didn't know how to drive), to take the experiment to the top of a mountain in Colorado. But at a certain moment Fermi did give me some advice: when I was analyzing the result, and he saw that I might not do so, he said: «Jack, don't forget to correct for the radiation of the electrons in estimating their energy». This would have been a very bad mistake, which, however, I was capable of making. One incident I enjoy remembering happened on the morning I first turned on the apparatus, and found a counting rate which was much too large. I was still shocked and perplexed when the time came to go to lunch, with Fermi and some fellow students: theorists, of course, perhaps it was Murph Goldberger and Geoff Chew. Fermi took pleasure

in telling them of my troubles, with the comment: you see, also experiments can have difficulties and challenges. Fermi was of course excellent with both theoretical and experimental problems. Perhaps I understand why he enjoyed experiments so much. Theory can be frustrating, it is not always possible to think of an interesting problem you can solve. Experiments offer more possibility of relaxation: soldering wires, brazing tube joints or turning things on a lathe.

3. – Fermi, the competitor

A few years later I was able to see Fermi, the experimenter, at close range. We were both doing very similar experiments, the measurement of pion–nucleon scattering, Fermi at the Chicago 440 MeV cyclotron, I at the Columbia-Nevis 400 MeV cyclotron. The designs of the experiments — a liquid hydrogen target, liquid scintillation counters, the electronics, etc. — were very similar. But still, watching Fermi at close range gave me several opportunities to again admire his exceptional qualities. One aspect was the clarity of the overall conception of what was interesting to measure, as well as his competence in the theoretical analysis of the experimental data. A completely different cause for admiration was Fermi's invention of an ingenious little cart to move the target inside the cyclotron vacuum, which permitted a change of the pion beam energy without the time consuming operation of opening the cyclotron vacuum. We had been working with this problem for at least a year before Fermi, but this idea had never occurred to us. Also the manner of execution, using the magnetic field of the cyclotron as part of the motor, and the shims of the cyclotron as rails, was beautiful.

4. – Fermi, the model

I hope that I can capture here some of Fermi's essential personal qualities as a physicist. Fermi was intensely focused on understanding physics. He also cared about family and his own health (he played tennis, came to work on his bike), but had little interest in art. As best I know he did have a real sense of social responsibility as a scientist, in particular on the

questions raised by the atom bomb and its evolution, but these questions he did not discuss with the students, at least never with me. He had no vanity that I could notice, needed no reassurance about his greatness in physics. This did not seem to matter to him, what mattered was to understand physics. When a new development of interest came along, he would insist on understanding it thoroughly, deriving the result in his own way, and this work he recorded in notebooks which are preserved to this day. If later he needed to come back to this physics, he knew how to find it in his own notes.

FERMI IN VARENNA

R.A. Ricci

*Laboratori Nazionali di Legnaro
Via Romea 4, 35020 Legnaro PD*

«It was with considerable misgiving that I agreed to edit this set of notes, based on the lectures of Enrico Fermi at Varenna. The notes were originally prepared by students at the school, making liberal use of tape recordings of lectures.

Many portions are essentially word-for-word, in the original form. This is certainly not in the form in which Fermi would have written them for publication, for his methods of oral and of written presentation were very different. In their present form, however, they illustrate (subject to the limitations of those who transcribed and edited them) the unique qualities of Fermi as an expositor and teacher...»

This is part of the preface of B.T. Feld in editing the lectures on «Pions and Nucleons» given by E. Fermi in 1954 at Villa Monastero in Varenna during the II Course of the International Summer School organized by the Italian Physical Society.

Starting from the memory of that event, a brief survey of the «last» lecture of Fermi is presented. An excursus of his activity as a teacher in the last years of his life is also reported. His illuminating presence at the Varenna School is underlined by the discussion and suggestions related to the perspectives of a successful development of physics in Italy and Europe during the 50s.



Fig. 1.

No doubt that this constitutes an important piece of the history of physics in the XX century and the name of Fermi remains also as a mark of prestige for the Varenna School.

1. – Varenna School

1) Figure 1 shows a famous picture: the group-photo of the participants to the II Course of the International School of Physics, at Villa Monastero in Varenna in 1954.

The school was founded one year before, in 1953, by the President of the Italian Physical Society at the time, Giovanni Polvani.

A significant celebration of such an event was that of the 30th anniversary of the School, in 1983, (fig. 2) for which we did reprint, with a translation into Italian, the Fermi lectures on «Pions and Nucleons».

In that occasion Gilberto Bernardini mentioned that the first course, directed by Giam-piero Puppi and devoted to the «Detection of Elementary Particles and Cosmic Radiation» was a great success. I have to remind that at this course people like C.F. Powell, G. Occhialini, M.S. Blackett, Ch. Peyrou, H. Alfvén, Y. Goldschmidt, D.A. Glaser, E. Amaldi, G. Wataghin were present.



Fig. 2.

INTRODUZIONE

G. POLVANI - Discorso inaugurale	pag. 4
G. PUPPI - Prolusione	» 8

PARTE PRIMA - Fisica delle particelle elementari.

SEZIONE I: Questioni relative alla Fisica dei pioni e nucleoni pag. 17

E. FERMI - Lectures on Pions and Nucleons	» 17
W. HEISENBERG - The production of Mesons in very High Energy Collisions	» 96

SEZIONE II: Questioni relative alla fotoproduzione e fenomeni connessi pag. 104

G. BERNARDINI - Lectures on Photoproduction	» 104
B. T. FELD - Photomeson Production from Hydrogen	» 139
B. T. FELD - The Photodisintegration of the Deuteron at High Energies and Associated Phenomena	» 145
S. LOKANATHAN and J. STEINBERGER - Search for the β -Decay of the Pion	» 151

SEZIONE III: Questioni riguardanti i mesoni pesanti prodotti dai raggi cosmici o dal cosmotrone. pag. 163

B. ROSSI - Lectures on Fundamental Particles	» 163
M. CECCARELLI - Results on Heavy Mesons	» 227
A. BONETTI - On the Identification of Charged Hyperons and the Establishment of Their Decay Schemes in Nuclear Emulsions	» 231
C. DILWORTH and B. ROSSI - Comparison of Results on K-Particles Disintegrating at Rest in Cloud Chambers and Photoemulsions	» 239
N. DALLAPORTA - Statistical Evidence Concerning the χ -Meson Decay	» 247
A. DE BENEDETTI, C. M. GARELLI, L. TALLONE and M. VIGONE - Two Examples of a Star Emitting Two Heavy Unstable Particles	» 249
E. AMALDI - On the Measurement of the Mean Life-Time of Strange Particles	pag. 253
R. LEVI SETTI - Unstable Fragments	» 263

SEZIONE IV: Questioni relative all'origine dei raggi cosmici. pag. 275

B. ROSSI - Lectures on the Origin of Cosmic Rays	» 275
U. HABER-SCHAIM - The Energy Spectrum of the Primary Cosmic Radiation.	» 336

PARTE SECONDA - Progetti di macchine acceleratrici.

SEZIONE I: Progetto di macchina acceleratrice per il Centro Europeo di Ricerche Nucleari pag. 339

E. AMALDI - CERN, the European Council for Nuclear Research	» 339
J. B. ADAMS - The Alternating Gradient Proton Synchrotron	» 355
A. CITRON and M. G. HINE - Experimental Facilities of the CERN Proton Synchrotron	» 375
G. LÜDERS - Theory of Particle Orbits in the Alternating Gradient Synchrotron	» 392
T. G. PICKAVANCE - Synchrocyclotrons and the CERN 600 MeV Machine	» 403

SEZIONE II: Progetto inglese di macchina acceleratrice pag. 413

T. G. PICKAVANCE - Proton Linear Accelerators for Nuclear Research and the A.E.R.E. 600 MeV Project	» 413
---	-------

SEZIONE III: Progetto francese di macchina acceleratrice pag. 423

H. BRUCK et R. LÉVI-MANDEL - Sur le projet du Synchrotron à protons de Saclay	» 423
---	-------

SEZIONE IV: Progetto italiano di macchina acceleratrice pag. 442

G. SALVINI - The Italian Design of a 1000 MeV Electronsynchrotron. A Comparisons between the Strong and the Weak Focusing	» 442
E. PERSICO - A Theory of the Capture in a High Energy Injected Synchrotron	» 459

Fig. 3.

Then Gilberto Bernardini continued:

«The subject of the second course, also directed by Puppi, was on “The detection of elementary particles and their interaction”. The first two lectures were given by E. Fermi and Heisenberg; that of Fermi on “Pions and Nucleons”.

I do believe that for him it was natural to extend to the interaction between nucleons through pions the concept of Quantum Electrodynamics on which he wrote in 1932 an article which, for the influence it exerted in the future, has been recently referred by Pontecorvo as the “ROMAN BIBLE”».

On the other hand, G. Puppi, on the same occasion, referring to that unforgettable course (let me mention other participants like B. Rossi, E. Amaldi, B. Adams, T.G. Pickavance, R. Levi-Setti, G. Salvini, E. Persico, N. Dallaporta, J. Steinberger, A. De Benedetti...) said:

«... The second Course remains as memorable one, not because the first was not equally interesting but because a sequence of astral conjunctions gave rise to a particular carisma, taking also into account the fact that at this moment a kind of SUMMA TEOLOGICA on what was known about pions was done and which was for long time a reference point.

But later the death of Fermi did reflect on that course a particular light. So, when we speak about the Varenna School, we have in mind the second year and Enrico Fermi...»

So was that course and it is easy to understand its importance looking at the program as it is shown by the index of the Proceedings which were published in Supplemento del Nuovo Cimento, Vol. II, Ser. X, N. 1, 1955 (fig. 3).

As for the physical content let me only quote again Gilberto Bernardini: «...He (Fermi) said also how the interaction between nucleons should be attributed to some pseudo-charges which, by emitting and transferring pions, will constrain their energies and momenta as do photons (real or virtual) between electric charges. Speaking about charges and the corresponding integration constants, he compared that of classic electrodynamics:

$$\alpha = \frac{l^2}{4\pi\hbar c} = \frac{1}{137}$$

corresponding to the Coulomb energy of two charges at a distance τ :

$$H(\tau) = -l^2/4\pi\tau$$

with the nucleonic constant

$$\frac{g^2}{4\pi\hbar c} = 10$$

corresponding to the Yukawa potential:

$$H(\tau) = -g^2 \exp[-k\tau]/4\pi\tau$$

with $k = m_\pi c/\hbar$ and m_π the pion mass.

I have no further comment on that.»

2. – The Fermi lecture and its inheritance

As for the Proceedings, as mentioned by B.T. Feld, in his presentation of the Fermi lectures, they are not only a historic document but also a beautiful piece of an extraordinary pedagogic work. The beginning of such lecture, where the concept of Isotopic-Spin is introduced, are a significant example.

I am showing here the first page of those lectures (fig. 4).

Moreover, as is known, Varenna is not only physics and the free-time is often rich of human and social aspects.

The participation of Fermi to such activities and entertainments was enthusiastic.



Fig. 4.



Fig. 5.



Fig. 6.

The pictures reported in fig. 5 and 6 show Fermi playing «calcetto» (a kind of table football) in a bar of Varenna and the visit to the famous «Moto Guzzi» in Mandello Lario.

Of course, the atmosphere of Varenna and particularly in Villa Monastero was quite peculiar not only a cultural event.

As reported by the eyewitnesses the presence of Fermi was very enlightening.

In fact, Varenna '54 was also a kind of milestone for the revival and the international venture of Italian physics.

Let me remind that in 1951 the INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare) was founded thanks to the extraordinary insight and activity of Amaldi and Bernardini and that in 1953 the board of directors of INFN did decide to build the 1000 MeV Electrosynchrotron, whose design was just presented at Varenna 1954 by G. Salvini and E. Persico.

It was then realized, under the direction of Salvini at the Laboratory of Frascati and was operating since 1959. That realization together with the Italian participation to the CERN founding and its perspectives (*i.e.* the building of the 600 MeV proton Synchrotron) as illustrated also at Varenna '54, by Amaldi, Adams and Pickavance, has to be considered as a real mark of the international renaissance of physics in Italy.

If one keeps also in mind that one year later, in 1955, a Course was held in Varenna on «Nuclear Structure and Low Energy Nuclear Processes», directed by Carlo Salvetti, with the participation, for instance, of A. Bohr, D. Brink, J. Horowitz, I.I. Rabi, A.M. Weinberg, it is really worthwhile to say that Varenna and the mark and heritage of Fermi were of great help for the development of nuclear physics in Italy.

In fact, in the same years, the Cyclotron Laboratory in Milano, the Van der Graaff accelerator Laboratories at Legnaro (Padova) and Catania were developing such important national enterprises, and were thereafter meeting INFN with the establishment of the two international nuclear physics Laboratories: the LNL (Laboratori Nazionali di Legnaro) and the LNS (Laboratorio Nazionale del Sud). The seed was thrown.

The name of Enrico Fermi cannot be avoided when speaking of the Varenna School (as mentioned by G. Puppi).

For that reason the school was entitled to him

and the memorial tablet here at the Villa Monastero will be a message for ever.



Il Prof. T.D. Lee non avendo potuto essere presente, desidera contribuire con questo articolo, che riportiamo per gentile concessione della Redazione del quotidiano «Il Giornale» dove è stato pubblicato il 29 Settembre 2001.

RICORDI DEL MIO MAESTRO

Tsung Dao Lee

Cattedra Enrico Fermi

Columbia University – New York

Avevo vent'anni quando, nel 1946, grazie a una borsa di studio del Governo Cinese, riuscii a essere ammesso nell'Istituto di Fisica dell'Università di Chicago. La guerra era finita da poco e quell'Istituto era il migliore del mondo. Basti ricordare, oltre a Fermi, i professori che vi insegnavano: S. Chandrasekhar, J. e M. Mayer, J. Simpson, E. Teller, H. Urey, G. Wentzel, W. Zachariasen. Il mio sogno era di essere ammesso in questo Istituto dove insegnava il gotha della fisica mondiale. Per assistere alle lezioni di

Fermi era necessario essere invitati. Con mia grande sorpresa ricevetti un biglietto, scritto a mano da Fermi, in cui mi invitava a frequentare le sue lezioni. A ciascuno di noi arriva sempre nella vita qualcosa di cui ci rendiamo conto solo dopo tanti anni. Quel bigliettino fu il punto di svolta da cui ebbe inizio la mia carriera scientifica.

Mi affascinò il modo in cui insegnava. I temi coprivano tutto ciò che si potesse sperare di sapere in fisica. Fermi aveva una serie di fogli, come un mazzo di carte. Estraeva a caso un foglio in cui c'era scritto un titolo e una formula chiave. In una lezione — che durava diverse ore — il professore Fermi, iniziando da basi semplicissime, riusciva a portarci alla formula finale e ai risultati fisici ad essa legati.

Un giorno estrasse uno dei suoi fogli in cui si parlava di teoria dei gruppi: una delle strutture matematiche più complesse nella descrizione dei fenomeni fisici. I gruppi erano elencati in ordine alfabetico. Molti di noi erano rimasti perplessi e confusi da questo modo di attaccare un argomento tanto complesso. Fermi ci disse: «Ragazzi, la teoria dei gruppi è un insieme di definizioni; elencarli in ordine alfabetico è un metodo altrettanto valido quanto gli altri». Fermi dominava tutto quel settore avendo da giovane già scoperto la legge statistica che porta il suo nome. Legge oggi di grande attualità con la Fisica del Supermondo. Eravamo entusiasti del suo modo di insegnare argomenti estremamente difficili, partendo da zero e portandoci alle massime altezze delle conoscenze scientifiche.

Fermi incoraggiava noi studenti a derivare le sue formule in modo indipendente. Un giorno ci mettemmo a discutere la struttura interna del Sole. Le equazioni che descrivevano quella struttura erano molto complesse. Siccome si trattava di un tema lontano dai miei interessi, non avevo verificato la validità di quelle equazioni. Fermi mi disse che non bisognava mai accettare i risultati ottenuti da altri — anche se autorevoli colleghi — senza verificarli in modo indipendente. Fu così che mi dette l'idea formidabile di costruire un «regolo calcolatore» speciale (a quei tempi non c'erano computers) per trattare in modo quantitativo le difficoltà matematiche di quelle equazioni. Lavorammo insieme dieci giorni per produrre lo strumento in grado di fare quei calcoli. Sono esperienze che lasciano il segno. Ancora oggi, quando mi trovo dinanzi a difficoltà a prima vista insormontabili, cerco di immaginare come reagirebbe Fermi.

Vorrei ricordare quando nel 1948 scoprimmo che il decadimento del muone e la sua cattura potevano essere descritti come esempi diversi della stessa struttura matematica che Fermi aveva proposto per i fenomeni radioattivi. Erano i primi passi verso l'Interazione Universale di Fermi. Questo ci portò a costruire un'analogia con le forze elettromagnetiche che descrivono la fisica atomica e molecolare. La conseguenza era che dovevano esistere le particelle responsabili per il trasporto di questa nuova forza fondamentale della natura, oggi nota come forza di Fermi. Il simbolo scelto per denotare queste particelle fu W (dall'inglese weak e cioè debole). Le forze di Fermi infatti si manifestavano nel 1948 in modo estremamente debole, essendo bassissime le energie in gioco. Fermi era entusiasta di questi nostri lavori e ci incoraggiava. Inutile dire che c'erano difficoltà enormi da superare. Ad esempio, l'esistenza di effetti che dipendevano dal modello di Gamow-Teller. Ci sono voluti quindici anni per capirlo. Ciò avvenne nel 1955 quando io e Yang scoprimmo che la forza universale di Fermi violava la legge di conservazione detta di parità (e cioè di simmetria destra-sinistra).

Il rapporto tra Fermi e noi studenti era di grande familiarità. Voleva che gli parlassimo di cosa aveva colto il nostro interesse. Ci stimolava a essere aggiornati su tutto. Leggere i lavori e vedere se c'erano spunti per nuove ricerche.

Un giorno gli dissi che avevo letto un lavoro di Marshak sulle «nane bianche» (stelle alla fine della loro vita). Sulla base di quanto era stato teoricamente scoperto da Chandrasekhar la massa critica trovata da Marshak avrebbe potuto essere 5,75 volte la massa del Sole. Fermi mi chiese se era stato studiato il problema della stabilità, caratteristica estremamente importante della evoluzione stellare che porta alla «nana bianca». Scoprii, con mia grande sorpresa, che nessuno l'aveva studiato. Ancora una volta l'insegnamento del mio maestro si manifestava in tutta la sua straordinaria validità. Fermi stava a sentire, senza mettere mai in difficoltà i suoi collaboratori. Voleva che esponessero in tutti i dettagli, nel miglior modo possibile, ciò che avevano studiato. Alla fine dell'esposizione se c'era un punto chiave Fermi lo avrebbe messo in evidenza.

E infatti, dopo un'analisi attenta del lavoro di Marshak toccò a me il privilegio di scoprire che il limite della massa critica per una «nana bianca» era molto più basso del risultato di Marshak.

Il mio limite era di 1,44 masse solari, non di 5,75. Quando presentai questi risultati a Fermi, in una delle nostre solite sedute pomeridiane, con grande sorpresa e immenso piacere mi disse «questa è la tua tesi». Non potevo credere a ciò che sentivo dire. Per noi in USA una tesi (detta PhD) è un lavoro notevole. Avere Enrico Fermi come relatore della mia tesi era il sogno della mia vita studentesca. Esserci arrivato in quel modo, senza quasi accorgemene, lavorando con impegno ma con vivo interesse ed estrema gioia, fu un traguardo che non potrò mai dimenticare.

Ho raccontato questi episodi legati alla mia conoscenza di Fermi come maestro, sperando di essere riuscito a dare una testimonianza chiara della sua estrema sensibilità nei suoi rapporti con i giovani e della sua umanità. Di questa è testimonianza diretta la lettera che, in modo riservato, indirizzò da Roma al Preside della Facoltà di Scienze dell'Università della Columbia per raccomandargli i suoi giovani collaboratori italiani che erano in gravi difficoltà politiche: Emilio Segré, Bruno Rossi, Giulio Racah, Ugo Fano e Leo Pincherle. Nomi che avrebbero contribuito con scoperte e invenzioni al progresso della nostra Scienza; Fermi amava dire che a lui stavano a cuore solo i fisici capaci di scoperte e invenzioni.

Questa lettera fa parte di quattro documenti originali di grande valore storico che, per volontà di Laura Fermi, ho donato al Professore Zichichi in occasione della cerimonia di apertura a Erice dell'anno fermiano, presenti scienziati di tutto il mondo. La Signora Fermi mi diceva che era nei progetti di Enrico creare un Centro di Cultura Scientifica, per promuovere la vera Scienza al fine di difenderla dagli errori della divulgazione scientifica. Laura Fermi fu di grande aiuto a Zichichi negli anni difficili dell'inizio delle attività a Erice dove era stato creato un Centro di Cultura Scientifica intitolato all'alievo di Fermi da lui definito «genio come Galilei e Newton»: Ettore Majorana. L'Università della Columbia era stata la prima sede in cui Fermi venne accolto quando fu costretto a lasciare Roma. Qui a Columbia stabilì in modo diretto

(attraverso il bilancio energetico) la validità di quanto era stato scoperto a Berlino da Hann e Strassman e cioè che i neutroni spezzavano l'Uranio. Dirigevo l'Istituto di Fisica della Columbia il Professore Isidor Rabi, fondatore della più prestigiosa Scuola di Fisica americana di quegli anni. Scomparso Fermi, Rabi si adoperò affinché venisse istituita una Cattedra che portasse il nome del «navigatore italiano» che aveva acceso qui sulla Terra il primo fuoco che non dipende dal Sole. Rabi sapeva il valore che Fermi attribuiva alla Cultura Scientifica. Quando Laura Fermi gli raccontò che un giovane fisico italiano del CERN di Ginevra aveva fondato un Centro di Cultura Scientifica intitolato a Ettore Majorana volle conoscerlo. Lo frequentò per valutarne il livello, e ne divenne un entusiasta sostenitore. Noi tutti alla Columbia University sentimmo un impegno scientifico e umano per onorare la memoria di Fermi partecipando al potenziamento di una Istituzione che Lui non aveva potuto realizzare essendo scomparso prematuramente dopo una vita che aveva visto tremendi sconvolgimenti nel mondo. Come ha detto Zichichi nella sua lezione di apertura dell'anno fermiano a Erice, per spiegare l'attività di Enrico Fermi bisognerebbe scrivere un'enciclopedia. Di fatto non sfuggì a Fermi nulla che fosse di rilievo nella Scienza galileiana di quegli anni. Nel corso della sua vita dominò tutto ciò che era alle frontiere delle nostre conoscenze dando contributi essenziali con scoperte e invenzioni. È incredibile che la stessa persona abbia saputo realizzare, in così pochi anni, l'enorme mole di lavoro scientifico con scoperte e invenzioni che resteranno nella Storia della Scienza Galileiana. Io ho avuto il privilegio di essere stato suo studente, di averlo avuto come relatore della mia tesi di Ph.D., di essere titolare della Cattedra che porta il suo nome e di avere partecipato in Italia al potenziamento di una Istituzione, il Centro Majorana di Erice, che rappresenta oggi la testimonianza permanente di ciò che un genio può riuscire a fare anche dopo la sua scomparsa. Se non fosse esistito Enrico Fermi, il Centro Majorana non sarebbe mai nato, ha detto più volte Zichichi.

INAUGURAZIONE LXXXVII CONGRESSO NAZIONALE DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

Milano, 24 settembre 2001

G.-F. Bassani: Nell'aprire questo Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica desidero annunciare gli auguri e le espressioni che ci sono pervenute dal Sindaco Albertini, dal Rettore Mantegazza, dal Professor Guzzetti, Presidente della Fondazione CARIPLO, dal Ministro dell'Ambiente Altero Matteoli, tramite il suo rappresentante Renato Angelo Ricci, dal Presidente della Regione Lombardia Roberto Formigoni, dall'Assessore alla Cultura Ettore Albertoni, da Enzo Iarocci, Presidente dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, dal Presidente del Consiglio Nazionale delle Ricerche Lucio Bianco, da Carlo Rubbia, Presidente dell'ENEA, da Paolo Blasi, nostro rappresentante presso il Consiglio Nazionale delle Ricerche, da Flavio Toigo, Presidente dell'Istituto Nazionale di Fisica della Materia, da Edoardo Vesentini, Presidente dell'Accademia Nazionale dei Lincei, dal Professor Bignami dell'Agenzia Spaziale, da Carlo Rizzuto, Presidente del Sincrotrone Trieste, da Giovanni Puglisi e da altri.

Desidero ora dare la parola al Professor Marcello Fontanesi che ci ospita nell'Università Bicocca di Milano.

M. Fontanesi: Un benvenuto a tutti i presenti da parte della comunità universitaria dell'Università di Milano-Bicocca. Avete visto che Milano ha sfoderato il meglio di quanto può fornire per quanto riguarda le sue capacità climatiche, ma questo naturalmente è da vedere in chiave positiva perché così non sarete distratti dai lavori del Congresso. Dò quindi il benvenuto a tutti i partecipanti all'LXXXVII Congresso in occasione anche del centenario della nascita di Enrico Fermi.

Siete ospiti di una nuova Università e desidero segnalare che qui il primo insediamento è avvenuto nel 1992 con il Dipartimento di Scienze Ambientali, a cui sono seguiti poi i Dipartimenti di Scienza dei Materiali e di Biotecnologie. Allora erano insediamenti tecnologici della Facoltà di Scienze della prima università. Nel 1998 è stata poi fondata la seconda università di Milano e qui si è trasferita una gran parte dei docenti che attualmente costituiscono l'organico. In questo momento abbiamo circa 22.000 stu-

denti, distribuiti in 8 facoltà. Per quanto riguarda la Fisica, abbiamo un Dipartimento di Fisica che porta il nome di Giuseppe Occhialini, che qui a Milano ha svolto gran parte della sua attività di ricerca e di docente.

Un problema della fisica, in questo momento, è quello di cercare di sviluppare nei giovani l'interesse per questa disciplina. Abbiamo grossi problemi per quanto riguarda la disaffezione che molti giovani provano per le materie scientifiche, non è un problema solamente della fisica, ma riguarda anche altre discipline scientifiche come la chimica e la matematica. Su questo bisogna lavorare, io so che la Società Italiana di Fisica si sta impegnando, ma certamente dovremo fare molto di più tenuto anche conto dei nuovi indirizzi della riforma che dovrebbe permettere di portare più giovani, in tempo ragionevole, a conseguire la laurea. Dobbiamo insistere per attirare giovani soprattutto qui a Milano dove esistono possibilità di lavoro e ne esistono anche in numero non indifferente, tanto che non riusciamo più a coprire tutte le richieste di laureati in molti settori scientifici.

Il calo nel numero di iscrizioni può essere dovuto a una situazione culturale, a una situazione legata al tipo di informazione, alle aspettative che i giovani oggi hanno, ma certamente è in parte dovuto anche a una nostra incapacità di trasmettere un messaggio chiaro su quelle che sono le finalità, gli obiettivi e le prospettive della laurea in fisica, e su questo credo che bisognerà lavorare molto. Io non vorrei togliere altro tempo ai vostri lavori, però vorrei ringraziare il Comitato Locale che ha organizzato questo convegno a fianco dei colleghi della Società Italiana di Fisica. Ricordo inoltre che del Comitato fanno parte anche colleghi della Università di Milano Statale e che la Tavola Rotonda sull'Energia è prevista nell'Aula Magna della prima Università. Quindi le due università di Milano, in particolare le due comunità dei Dipartimenti di Fisica, hanno collaborato per cercare di assicurarvi un convegno all'altezza della Società Italiana di Fisica.

Prima di restituire la parola al Professor Bassani, devo adempiere a un gradito compito: consegnare le medaglie che ricordano Fermi ad alcuni dei presenti, in particolare al Professor Bassani come Presidente della Società Italiana di Fisica, al Professor Ricci come Presidente Onorario della Società Italiana di Fisica, all'Assessore ai servizi civici di Milano Professor Giancarlo Martella, alla Dottoressa Iannace che è sempre qui come Assessore della Provincia, e

al Professor Sindoni che è il segretario del Comitato Organizzatore Locale.

Prima di cedere la parola al Professor Bassani vorrei salutare Giorgio Salvini che è qui tra noi e dirgli che lo ricordiamo sempre per tutto quello che ha fatto per noi e quello che ha fatto per la fisica italiana anche come Ministro, grazie.

G.-F. Bassani: Molte grazie caro Fontanesi, ed ora la parola a Sua Eminenza il Cardinale Martini.

Sua Eminenza Cardinale Carlo Maria Martini (Arcivescovo di Milano): Mi è particolarmente gradito portare il mio saluto e il mio augurio ai partecipanti all'LXXXVII Congresso della Società Italiana di Fisica. Saluto perciò cordialmente tutti i partecipanti al Congresso, i relatori, le autorità, il Magnifico Rettore di questa Università e tutti i presenti.

È la prima volta, nella più che centenaria storia della Società, che essa tiene i suoi lavori a Milano e nella sede di questo nuovo Ateneo. Per questo sono lieto di potervi porgere personalmente una parola di benvenuto, anche se dovrò assentarmi subito dopo per partecipare al Consiglio Permanente della Conferenza Episcopale Italiana.

Considerando il programma del vostro Congresso vedo che si tratta di argomenti affascinanti e coinvolgenti. Sarebbe molto bello per me potermi fermare un po' qui in questi giorni. Potrei allora non solo ascoltare le parole di illustri scienziati ed essere aggiornato sulle più avanzate ricerche nel campo della Fisica ma, a partire dalle dinamiche operanti nell'universo, mi sarebbe dato di riflettere più profondamente sull'intelligenza che le scruta e ne trae certezze e dubbi, sentimenti di potenza e senso del limite.

La Scienza, e in particolare il suo «cuore» storico e metodologico costituito dalla Fisica, nel suo attuarsi in un rapporto penetrante, «intelligente» e rigoroso nella realtà del mondo svela, attraverso la conoscenza, nella sua gratuità e nella sua capacità di finalizzare ogni cosa al bene dell'uomo, la grandezza dell'essere umano, reso così partecipe, dalla potenza della sua ragione, del senso delle cose, fino a poter intuire qualcosa del «mistero» presente nel mondo.

Un ulteriore motivo per cui mi sento molto vicino al vostro lavoro, consiste nel fatto che da quasi quindici anni ho promosso a Milano una singolare Cattedra, che ho chiamato «Cattedra dei non credenti», che, nelle ultime due edizioni,

ha avuto come soggetto la Scienza. Nel 1998 abbiamo infatti discusso sul tema «Orizzonti e limiti della Scienza» e nel 2000 abbiamo concentrato la nostra riflessione sul problema del tempo, con la Cattedra su «I figli di Cronos si interrogano». Scopo di questa iniziativa è stato quello di dar voce alle interrogazioni che sia il credente sia il non credente fanno a se stessi riguardo l'Universo che è attorno a noi e riguardo il mistero dell'uomo e del suo destino. Se ogni persona si ponesse davvero in ascolto di quanto di più profondo si muove in lui e in chi gli sta accanto, anche la violenza che ha scosso il mondo in questi ultimi giorni sarebbe più facilmente bandita dal cuore di ogni essere umano.

Nessuno infatti può eludere le domande più profonde, e chi ascolta a fondo sé e l'altro ha già iniziato un cammino di tolleranza e di pace. Questa esperienza che abbiamo vissuto insieme in questi anni a Milano, e per la quale ho avuto la collaborazione convinta anche di scienziati e di ricercatori, ha voluto essere per tanti un esercizio di riflessione su di sé e sulle ragioni di quelle cose che riguardano l'orientamento globale della vita. Ciascuno infatti ha dentro di sé un credente e un non credente, che si interrogano a vicenda, che si rimandano continuamente interrogazioni pungenti e inquietanti. Il non credente che è in me inquieta il credente che è in me e viceversa in un dialogo incessante che vale la pena di rendere esplicito in un clima di serenità e di rispetto reciproco.

Non trovo perciò migliore augurio per il vostro lavoro, anzi per la vostra vita, dedicata a svelare qualche aspetto del mondo che ci circonda, se non quello espresso da Sua Santità Giovanni Paolo II nella sua lettera enciclica *Fides et Ratio*. Dice il Papa: «Nell'esprimere la mia ammirazione e il mio incoraggiamento a questi valorosi pionieri della ricerca scientifica, ai quali l'umanità deve tanto del suo presente sviluppo, sento il dovere di esortarli a proseguire nei loro sforzi restando sempre in quell'orizzonte sapienziale, in cui alle acquisizioni scientifiche si affiancano i valori filosofici ed etici, che sono manifestazione caratteristica e imprescindibile della persona umana. Lo scienziato è ben consapevole che la ricerca della verità, anche quando riguarda una realtà limitata del mondo o dell'uomo, non termina mai; rinvia sempre verso qualcosa che è al di sopra dell'immediato oggetto degli studi, verso gli interrogativi che aprono l'accesso al Mistero» (*Fides et Ratio*, n. 106).

Per questo riesprimo la simpatia e la fiducia con cui seguo i vostri lavori e vi porgo l'augurio che, anche mediante il vostro impegno, ci sia dato di superare il timore di nuovi conflitti che incombe su di noi in questi giorni e tutti i nostri sforzi siano rivolti a opere e a iniziative di pace. Grazie e buon lavoro a questo Congresso.

G.-F. Bassani: Molte grazie Eminenza delle sue parole. Vorrei chiedere ora all'Assessore ai servizi civici del Comune di Milano, in rappresentanza del Sindaco, Professor Giancarlo Martella, di intervenire.

G. Martella: Signore e signori, vi porgo un cordiale saluto di benvenuto a nome del Sindaco di Milano Gabriele Albertini e di tutta l'amministrazione cittadina che ho qui l'onore di rappresentare. La mia delega è ai servizi civici e all'innovazione tecnologica, e credo che forse sia uno dei rari esempi di istituzione di una delega apposita che dovrebbe improntare tutte le amministrazioni, cioè quella dell'innovazione, in particolare basata sulle nuove tecnologie. Noi siamo particolarmente lieti di poter ospitare questa importante iniziativa nella nostra città. Attenti e sensibili come siamo in questa città, ad un progresso che si fonda sui fattori della conoscenza e della ricerca e su quei principi che qualificano la società civile e il progresso. Ogni trasformazione destinata a segnare il percorso scientifico e socio-culturale del nostro paese necessita, come è noto, di grande impegno e generosità, doti che caratterizzano la serietà di un lavoro come il vostro dedicato a quella ricerca che purtroppo rappresenta la cenerentola del finanziamento pubblico nel nostro paese. Ogni traguardo, ogni conquista, ogni scoperta devono essere presentate, spiegate e diffuse così da essere conosciute ed applicate; per questo risulta particolarmente significativo ed importante il congresso che si inaugura oggi qui, nella nostra città. Perché diventa l'occasione per formare, per confortare e sostenere ulteriori percorsi di innovazione. Perché gli stessi presupposti che determinano la vostra opera rispecchiano sicuramente le aspettative del mondo della didattica, del lavoro, delle imprese, dei cittadini. Grazie a voi e a tutti coloro che hanno consentito di accelerare lo sviluppo della fisica in Italia, permettendo così alla Società Italiana di Fisica di inserirsi in un contesto internazionale, quale valida e autorevole rappresentanza scientifica nazionale. Grazie e buon lavoro a tutti.

G.-F. Bassani: Grazie Professor Martella, dò ora la parola all'Assessore alla Cultura della Provincia di Milano, Dottoressa Paola Iannace.

P. Iannace: Porgendovi il mio benvenuto, vi porto anche il saluto della Presidente della Provincia, l'Onorevole Ombretta Colli.

In qualità di Assessore alla Cultura e ai Beni Culturali, nomina che mi è stata conferita lo scorso luglio, desidero prima di tutto sottolineare la necessità di riferirmi ad un concetto ampio di cultura inteso come patrimonio di conoscenze che l'individuo acquisisce nel corso della sua vita e che lo formano anche sul piano etico. Se adottiamo questa definizione di cultura, è evidente come ognuno sia particolarmente coinvolto nella formazione della persona.

Il mio *background* culturale comprende indagini svolte in ambito economico, pertanto conosco direttamente l'estrema difficoltà che si incontra nel campo della ricerca. A questo proposito non posso che confermare quanto ha precedentemente sottolineato l'assessore Martella: il nostro paese, pur essendo tra i più industrializzati, è agli ultimi posti in termini di investimenti e di finanziamenti in ricerca e sviluppo. È per questo che credo sia fondamentale che le università e gli istituti che si dedicano con passione alla ricerca possano trovare nelle istituzioni non solo un interlocutore, ma anche un partner capace di disporre e creare, per quanto possibile, le condizioni migliori per lo sviluppo.

Ho molto apprezzato le parole del Cardinale Martini che ha sottolineato come la ricerca, pur non essendo in grado di rispondere ad ogni domanda e di chiarire ogni dubbio, debba avere come obiettivo quello di migliorare la vita dell'uomo. È doveroso mettere i ricercatori nelle condizioni di poter lavorare per ampliare le nostre conoscenze e per il progresso all'insegna del bene comune.

Il progresso ottenuto nel nostro paese, grazie a voi e a tutti coloro che ci hanno preceduto, non deve tuttavia mai farci dimenticare che la ricerca scientifica, pura e applicata, deve accettare il mistero dell'esistenza.

Desidero rinnovare il mio benvenuto a tutti voi, rivolgervi il mio più sincero augurio di buon lavoro e, come rappresentante dell'amministrazione provinciale, mi impegnerò per realizzare una più stretta collaborazione con il mondo della ricerca e dell'università. Grazie.

DISCORSO INAUGURALE DEL PRESIDENTE DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

Prof. Giuseppe-Franco Bassani

Eminenza Cardinale Martini, Magnifico Rettore Fontanesi, Autorità presenti, Cari Consoci, Signore e Signori:

La Società Italiana di Fisica celebra oggi per la prima volta a Milano il suo ottantasettesimo Congresso annuale. Questo avviene in un momento tragico, che ci ha colpito tutti e ci ha indotto ad inviare un messaggio di solidarietà all'American Physical Society, al quale il Presidente George Trilling ha risposto.

Ormai anche la Fisica è suddivisa in settori specialistici e molti sono i congressi su argomenti specifici, ma questi nostri Congressi Nazionali sono l'unica occasione di incontro di tutti i fisici italiani di ogni settore e di molti stranieri che sono soci. Ed è opportuno ricordarlo in questo anno in cui si celebra il centenario della nascita di Enrico Fermi, che forse è stato l'ultimo grande fisico veramente universale, per i suoi contributi a tutti i settori della Fisica.

Abbiamo ancora vivo il ricordo dell'ultimo congresso lo scorso ottobre a Palermo nello storico Palazzo Chiaramonti, e desidero ringraziare della bella settimana tutti i colleghi palermitani, e in particolare Ugo Palma e Antonino Messina.

Nell'anno trascorso alcuni colleghi e amici ci hanno lasciato per sempre e desidero ricordarne i nomi per un nostro affettuoso pensiero: Salvo Sambataro, Paolo Camagni, Ugo Fano, Pietrino Manca, Giorgio Tabarroni, Nicola Cindro. Con loro va una parte di noi stessi, ma il ricordo delle loro opere non ci abbandonerà mai.

La vita della Società continua e si arricchisce di iniziative e di impegni, anche per il sorgere di altre associazioni di categoria a cui siamo legati, quali quelle di «Fisica in Medicina», «Fisica nell'Industria», Società Italiana di Ottica e di Fotonica, Società di Relatività Generale, Società di Fondamenti della Fisica, Società Italiana per il Progresso delle Scienze. La Società di Fisica in Medicina ha tenuto un interessantissimo convegno a Brescia, l'Associazione di Fotonica ha celebrato il cinquantenario della scoperta del Laser a Firenze; a queste e ad altre iniziative abbiamo partecipato.

Sollecitati da una generale preoccupazione

europea sul calo delle iscrizioni al corso di Laurea in Fisica, abbiamo tenuto una giornata di incontro il 25 maggio all'Accademia Nazionale dei Lincei sul tema: «La Fisica e le nuove generazioni», preparata insieme all'INFN e all'INFM. Le relazioni appaiono sull'ultimo numero del Nuovo Saggiatore.

Altre attività vengono svolte quotidianamente insieme alla Associazione per l'Insegnamento della Fisica (AIF) e la Società di Astronomia (SAIt), di concerto con l'Unione Matematica Italiana e la Società Italiana di Chimica, sulla base di un accordo con il Ministero, nell'ambito che ci riguarda, in vista della riforma di tutto il periodo scolastico che precede l'Università. È un compito importantissimo perché dovrebbe portare ad una maggiore familiarità con la scienza e con i suoi metodi tutti i nostri giovani, fin dalla più tenera età. Si è costituita nell'ambito della Società Europea di Fisica una nuova sezione riguardante la didattica e l'immagine della Fisica nella Società e anche in questo ambito si stanno attuando varie iniziative. In tutte queste iniziative e in altre che verranno suggerite è gradita la partecipazione di tutti i Soci. Il Consiglio della SIF non basta.

Nella fisica europea siamo sempre più coinvolti sul piano organizzativo ed editoriale, e lo «*European Physical Journal*», rivista nata dalla fusione delle riviste nazionali, è di grande successo, ed è ormai la sola rivista in grado di competere con il «*Physical Review*» e «*Physics Letters*». Sempre maggiore è anche l'impatto di «*Europhysics Letters*». Le riviste che sono rimaste in totale gestione alla nostra Società sono in buona posizione, il calo delle sottoscrizioni esiste ma non è più tanto evidente, è un po' come un decadimento radioattivo. La «*Rivista del Nuovo Cimento*» ha certamente il successo maggiore. Di tutte le nostre pubblicazioni occorrerà comunque potenziare la diffusione.

Il fiore all'occhiello della Società Italiana di Fisica è come sempre la Scuola «Enrico Fermi» di Varenna. I volumi dei corsi che vi si tengono sono veramente preziosi e documentano le tappe della fisica mondiale. I corsi di quest'anno sono stati particolarmente seguiti, e desidero comunicarvi l'atmosfera gioiosa e la fattiva partecipazione che ho notato in tutti. È un'esperienza che docenti e allievi non dimenticheranno mai. Desidero menzionare esplicitamente i direttori G. Chiarotti e R.J. Hemley per il corso «*High Pressure Phenomena*», F. De Martini e C. Monroe per il corso «*Experimental*



Quantum Computation and Information», V. Agranovich e G. La Rocca per il corso «*Organic Nanostructures: Science and Applications*».

Per il prossimo anno sono in preparazione quattro corsi:

«*Electron and Photon Confinement in Semiconductor Nanostructures*», diretto da B. Deveaud-Plédran e A. Quattropani;

«*Quantum Properties of Mesoscopic Systems*», diretto da B. Altshuler e V. Tognetti;

«*Neutrino physics*», diretto da E. Bellotti, Y. Declais e P. Strolin

«*From nuclei and their constituents to stars*», diretto da A. Molinari e L. Riccati.

Prima di dare inizio ai lavori ho tre piacevoli compiti. Anzitutto desidero menzionare i soci che hanno ottenuto particolari riconoscimenti dopo il Congresso scorso:

Luigi RADICATI di Brozolo per la medaglia Giancarlo Wick;

Ennio ARIMONDO per il Premio von Humbolt, assegnato dalla Fondazione Tedesca von Humbolt;

Armando LUCHES per la medaglia d'onore Ernst Mach assegnata dall'Accademia Ceca della Scienza;

Ignazio CIUFOLINI e Serge HAROCHE per il «Premio Caterina Tomassoni e Felice Piero Chisesi»

Giorgio PARISI per il Premio Speciale 2000 per la Ricerca Scientifica assegnato dal Consiglio di Presidenza dei Ministri;

Carlo BERNARDINI, Ettore FIORINI, Enrico GARACI, Luciano MALANI, Antonino ZICHICHI, Franco BASSANI per la medaglia del Presidente della Repubblica ai benemeriti della Cultura e della Scienza;

Stefano ATZENI, per la medaglia Edward Teller.

Il Consiglio di Presidenza della Società Italiana di Fisica ha deciso di assegnare il Diploma di Benemerito ad alcuni soci per i contributi dati alla Scienza e alla Società Italiana di Fisica, e il mio secondo piacevole compito è consegnare questo riconoscimento ai Professori:

Giorgio CARERI (ritira il premio Giorgio SALVINI), Carlo CASTAGNOLI, Fausto FUMI (ritiro il

premio io per suo incarico, non potendo egli essere presente), Alberto GIGLI BERZOLARI (ritira il premio Agiolino STELLA), Giampietro PUPPI (ritira il premio Michele CAPUTO), Renato Angelo RICCI, Carlo SALVETTI (ritira il premio Giorgio SALVINI), Giorgio SALVINI, Daniele SETTE, Sebastiano SCIUTI, Giuliano TORALDO DI FRANCIA.

E per ultimo il compito più piacevole: la consegna dei Premi della Società Italiana di Fisica.

Per le migliori comunicazioni al Congresso scorso di Palermo verrà consegnato un Diploma e per i primi classificati un assegno e un dono offerto dal Comitato Organizzatore Locale di Palermo.

Chiamo i seguenti soci.

Per la Fisica Nucleare e Subnucleare:

Premio prima migliore comunicazione: Alesia DI PIETRO dei Laboratori Nazionali del Sud dell'INFN, Catania; Riccardo PARAMATTI dell'Università «La Sapienza» di Roma;

Premio seconda migliore comunicazione: Rosario TURRISI dell'Università di Padova; Manuela CIRILLI del CERN, Ginevra;

Premio terza migliore comunicazione: Maria-laura COLANTONI dell'Università di Torino; Daniele BONACORSI dell'Università di Bologna.

Per la Fisica della Materia:

Premio prima migliore comunicazione: Antonio POLIMENI dell'Università «La Sapienza» di Roma; Cecilia OLIVA dell'Università di Roma III (Ritira il premio Antonio POLIMENI);

Premio seconda migliore comunicazione: Luca LORINI del Politecnico di Torino; Valentina VENUTI dell'Università di Messina (Ritira il premio Antonella CARNABUCI);

Premio terza migliore comunicazione: Lucia RIZZUTO dell'Università di Palermo (non può venire); Rosanna MIGLIORE dell'Università di Palermo.

Per l'Astrofisica e la Fisica Cosmica:

Premio prima migliore comunicazione: Maria Antonia IATÍ dell'Università di Messina;

Premio seconda migliore comunicazione: Roberto CIRAMI dell'INFN, sezione di Trieste (Ritira il premio Alessandro OLIVO);

Premio terza migliore comunicazione: Monica BRIGIDA dell'Università di Bari.

Per la Geofisica e Fisica dell'Ambiente:

Premio prima migliore comunicazione: Umberto GIOSTRA dell'ISIATa del CNR, Lecce (Ritira il premio Silvia SCHIPA);

Premio seconda migliore comunicazione: Silvia SCHIPA dell'ISIATa del CNR, Lecce;

Premio terza migliore comunicazione: Erika COPPOLA dell'Universtà dell'Aquila (Ritira il premio Francesco FLORA).

Per la Biofisica e la Fisica Medica:

Premio prima migliore comunicazione: Rosario ESPOSITO dell'Università di Napoli «Federico II»;

Premio seconda migliore comunicazione: Alessandro OLIVO dell'INFN, Sezione di Trieste;

Premio terza migliore comunicazione: Sara M. VAIANA dell'INFM, Unità di Palermo (Ritira il premio Rosalba DANIELE).

Per l'Elettronica e la Fisica Applicata:

Premio prima migliore comunicazione: Enrico SCALAS dell'INFN, Sezione di Torino;

Premio seconda migliore comunicazione: Francesco FLORA dell'ENEA, Frascati;

Premio terza migliore comunicazione: Maria Giuseppina BISOGNI dell'INFN, Sezione di Pisa.

Per la Fisica Generale, la Didattica e la Storia della Fisica:

Premio prima migliore comunicazione: Enrico Antonio GIANNETTO dell'Università di Pavia;

Premio seconda migliore comunicazione: Enrica GIORDANO dell'Università Milano-Bicocca;

Premio terza migliore comunicazione: Franco GIUDICE dell'Università di Pavia.

CONFERIMENTO DEI PREMI PER LA FISICA PER L'ANNO 2001

Assegnazione del Premio per la Fisica riservato ai dottori laureati dopo il maggio 1998

Consegno il Diploma e l'assegno a:

Pietro FACCIOLI, laureato in Fisica presso l'Università di Bologna;

Rosario Gianluca PIZZONE, laureato in Fisica presso l'Università di Catania;

Stefania Maria Serena PRIVITERA, laureata in Fisica presso l'Università di Catania;

Letizia SAVIO, laureata in Fisica presso l'Università di Genova;

Leonardo SILVESTRI, laureato in Fisica presso l'Università di Pisa;

Maurizio VANNONI, laureato in Fisica presso l'Università di Firenze.

Assegnazione del Premio per la Fisica riservato ai dottori laureati dopo il maggio 1994

Consegno il Diploma e l'assegno a:

Chiara GUAZZONI, laureata in Fisica presso l'Università di Milano (ritira il Premio Ricardo BROGLIA);

Federica MIGLIARDO, laureata in Fisica presso l'Università di Messina;

Marco TARDOCCHI, laureato in Fisica presso l'Università di Milano.

Assegnazione del Premio per Attività nel Campo della Didattica della Fisica

Il premio è assegnato al Professore Gianni BONERA dell'Università di Pavia, con la seguente motivazione:

«Per una trentennale importante attività nel

campo della didattica della fisica e per l'originalità dei suoi contributi alla storia della fisica»

Premio «Luigi Giulotto»

Per onorare la memoria del Professor Luigi Giulotto, la Società Italiana di Fisica, grazie al contributo della famiglia, bandisce ogni tre anni un premio per un giovane laureato in Fisica con una tesi su un argomento di Struttura della Materia per svolgere attività di ricerca.

Per quest'anno il vincitore è la Dottorssa Chiara MAURIZIO Con la seguente motivazione:

«Ha dato un contributo importante alle ricerche riguardanti vetri compositi e nanocluster, con particolare riferimento sia a tecniche di preparazione e manipolazione che a sofisticati metodi di analisi e caratterizzazione».

Desidero segnalare che la signora Gilda Olivelli Giulotto invia alla vincitrice le sue congratulazioni e auguri.

Premio «Associazione Geofisica Italiana»

La Società Italiana di Fisica, per iniziativa e grazie al contributo dell'Associazione Geofisica



Italiana, bandisce un concorso per giovani laureati con una tesi in Geofisica.

Il premio è assegnato alla dottoressa Elena BIANCO, laureata in Fisica presso l'Università di Torino per il suo lavoro sulla datazione dei sedimenti marini che può contribuire anche alla ricostruzione del clima dell'Olocene nel Mediterraneo.

Premio «Sergio Panizza»

La SIF, per iniziativa e con il contributo della Società Laser Optronica di Milano, attribuisce un premio biennale intitolato a Sergio Panizza, destinato a un cittadino italiano che abbia svolto attività di ricerca e dato importanti contributi scientifici nel campo della Optoelettronica.

Il Premio Panizza 2001 è assegnato congiuntamente a Gerardo ALZETTA, Luigi MOI ed Ennio ARIMONDO «per la scoperta del fenomeno della trasparenza elettromagneticamente indotta (E.I.T.) nell'assorbimento del sodio atomico; e per la sua spiegazione in termini dell'intrappolamento coerente delle popolazioni sui livelli iperfini.».

Consegnano il premio e il diploma il Presidente della Società Laser Optronica Gabriele Galimberti e la dottoressa Silvia Gozzini.

Per Ennio Arimondo ritira il premio Maria Allegrini.

Premio «Enrico Fermi» della Società Italiana di Fisica

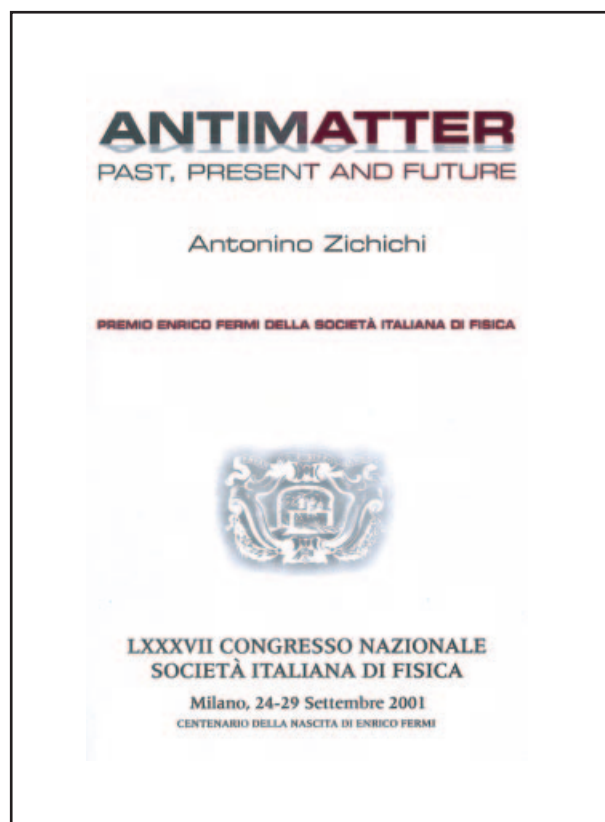
Il Premio della Società Italiana di Fisica destinato ad un socio che abbia onorato la Fisica con le sue scoperte e che il Consiglio di Presidenza ha deciso di istituire e intitolare «Premio Enrico Fermi», viene assegnato per la prima volta quest'anno.

Vincitore del premio, su proposta di una Commissione i cui membri sono stati nominati dal Consiglio SIF, dal Presidente del CNR, dal Presidente dell'Accademia dei Lincei, dal Presidente dell'INFN e dal Presidente dell'INFM, e presieduta dal Presidente della SIF, è Antonino ZICHICHI, con la seguente motivazione:

«Per la sua scoperta del primo esempio di antimateria nucleare (l'antideutone), e per i suoi lavori che hanno aperto la strada alla rivelazione del leptone carico pesante».

Ho il piacere di consegnare ad Antonino

ZICHICHI il premio, il diploma e la medaglia conosciuta per questo Congresso.



Nel corso del Congresso si è tenuta una Tavola Rotonda sul tema: «Energia nel XXI Secolo: Prospettive per l'Italia» con i seguenti relatori: S. Carrà, F. De Marco, P. Fornaciari, C. Lombardi, R.A. Ricci, C. Rubbia e D. Sanfilippo. Riportiamo qui di seguito alcune delle relazioni presentate.

CELLE A COMBUSTIBILE

S. Carrà

Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica «Giulio Natta»

«Come possiamo continuare a consumare grandi quantità di energia senza riempire l'atmosfera con smog, riscaldare il pianeta e depauperare le sorgenti naturali di combustibili fossili? Una tecnologia vecchia di 160 anni quella delle **celle a combustibile**, sta ora diventando attuale e ci può offrire una risposta per il problema menzionato».

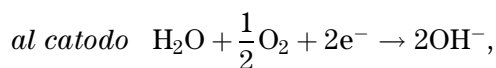
Queste enfatiche dichiarazioni, riportate sul numero di giugno del 2001 della rivista *New Scientist*⁽¹⁾, sembrerebbero sancire l'avvento di una nuova era nella quale mediante fonti elettrochimiche sia possibile alimentare molti dei servizi energetici che ci sono familiari, compreso il riscaldamento delle nostre case. Non solo ma si prospetta addirittura la possibilità di rimpiazzare i vetusti e complicati, ma sempre più perfezionati, motori a combustione interna con motori puliti e silenziosi alimentati con l'energia elettrica prodotta da una cella a combustibile. Tutto ciò con vantaggi quanto mai significativi sulla purezza dell'ambiente in particolare quello urbano.

In realtà come direbbe Carlo Levi «il futuro ha un cuore antico» poiché già nel remoto 1839 il chimico fisico inglese William R. Grove costruì un dispositivo mediante il quale si otteneva energia elettrica per combinazione diretta di idrogeno con l'ossigeno ad acqua. E con ciò veniva individuato un approccio per costruire dei dispositivi nei quali potesse avere luogo la trasformazione diretta dell'energia chimica nella più pregiata delle energie utilizzate dall'uomo, quella elettrica, operando a basse temperature senza passare attraverso un processo di combustione⁽²⁾.

Malgrado i vantaggi menzionati le celle a combustibile rimasero per lungo tempo una curiosità di laboratorio in particolare sino agli inizi degli anni sessanta del secolo scorso quando la NASA iniziò a costruirne opportune versioni, in realtà

molto costose, da impiegarsi quali fonti di energia per i veicoli spaziali. Infatti l'applicazione estesa di tali dispositivi comportava il superamento di diversi ostacoli di natura tecnologica, non ultimo quello della produzione del combustibile: l'idrogeno.

Lo schema di funzionamento di una cella a combustibile tradizionale, ovvero nella impostazione di Grove, è relativamente semplice ed è illustrato in fig. 1. Un elettrolita costituito da una soluzione alcalina è a contatto con due elettrodi a base di platino sui quali rispettivamente fluiscono due correnti gassose costituite da idrogeno e ossigeno. Hanno luogo le seguenti reazioni elettrodiche:



dove e^- indica un elettrone. E ciò grazie alla presenza del platino quale catalizzatore, mentre

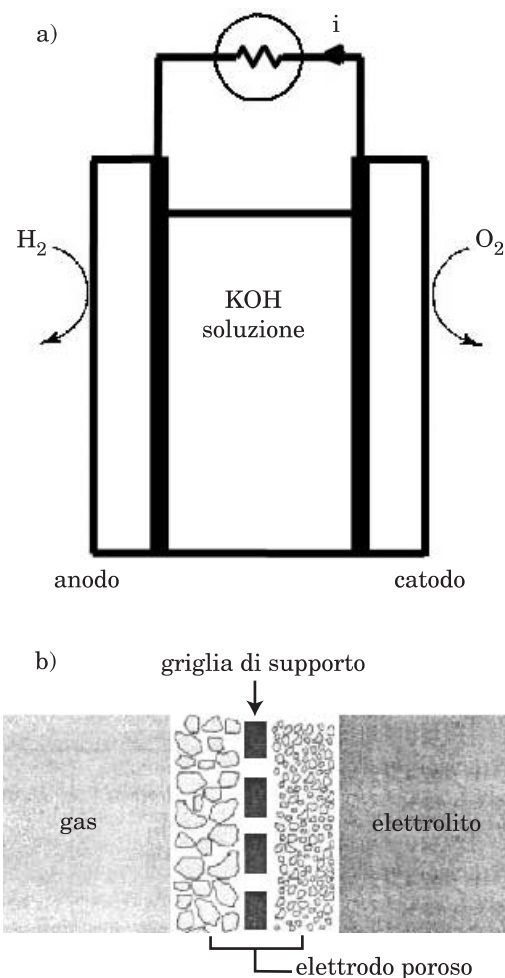
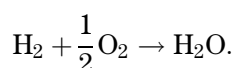


Fig. 1. – a) Schema di una cella a combustibile operante con una soluzione elettrolitica alcalina, b) dettagli dell'elettrodo.

il trasporto di corrente attraverso la soluzione ha luogo mediante gli ioni ossidrili OH^- . Il processo viene condotto in condizioni continue stazionarie in virtù delle quali si instaura un flusso continuo di corrente che genera una potenza associata alla trasformazione in energia elettrica dell'energia liberata dalla reazione globale di combinazione dell'idrogeno con l'ossigeno per dare acqua:



Se la reazione viene condotta reversibilmente si produce per unità di tempo un lavoro espresso da⁽³⁾

$$\dot{W} = -\Delta\tilde{G}\dot{\phi} = -\Delta\tilde{H}\left(1 - T\frac{\Delta\tilde{S}}{\Delta\tilde{H}}\right)\dot{\phi} = -\eta_c\Delta\tilde{H}\dot{\phi},$$

essendo rispettivamente $\Delta\tilde{G}$, $\Delta\tilde{H}$ e $\Delta\tilde{S}$ le variazioni di energia libera, entalpia ed entropia associate alla reazione precedente e $\dot{\phi}$ il flusso molare di idrogeno. In una macchina termica che opera in accordo al ciclo di Carnot si ottiene invece

$$\dot{W} = -\Delta\tilde{H}\left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right)\dot{\phi} = -\eta_t\Delta\tilde{H}\dot{\phi},$$

dove T_1 e T_2 sono rispettivamente la temperatura delle sorgenti fredda e calda presenti nella macchina stessa.

In fig. 2 viene riportato un confronto fra i rendimenti η_c ed η_t della cella a combustibile e della macchina termica in un ampio intervallo di temperatura. Si può osservare che η_c è sempre maggiore di η_t , e che a temperature relativamente basse la differenza di rendimento risulta piuttosto elevata.

In realtà purtroppo tali vantaggi termodinamici risultano severamente penalizzati da fattori cinetici che limitano la velocità dei processi che si svolgono agli elettrodi e all'interno della soluzione dovuti a resistenze interne al sistema, e che contribuiscono a dis-

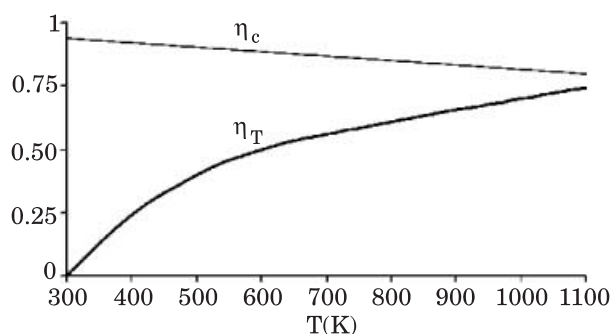


Fig. 2. - Confronto fra i rendimenti di una cella a combustibile (η_c) e di una macchina termica (η_T) in funzione della temperatura.

sipare parte dell'energia elettrica, potenzialmente ottenibile in condizioni di reversibilità, in energia termica. Essi sono riassunti nello schema di fondo pagina.

In sostanza nelle celle a combustibile l'erogazione di corrente elettrica è fatalmente accompagnata da processi dissipativi che convertono in calore parte del lavoro elettrico.

Tale comportamento è riassunto nella curva caratteristica della cella che ci fornisce il valore del potenziale agli elettrodi in funzione dell'intensità di corrente che fluisce nel circuito esterno. In fig. 3 ne viene illustrato un andamento tipico⁽⁴⁾ mettendo in evidenza come le diverse menzionate resistenze facciano emergere una divergenza della curva caratteristica dalla linea tratteggiata orizzontale che corrisponde alla situazione ideale. È interessante osservare che raggiunta una certa soglia di intensità della corrente si manifesta una catastrofica caduta di tensione dovuta alla resistenza alla diffusione degli ioni presenti nella zona elettrolitica. Questo fatto evidenzia l'importanza che assumono i processi di trasporto di materia, nei loro aspetti geometrici e fisici, nella progettazione di una buona cella a combustibile.

In un certo senso il miglioramento delle tecnologie delle celle a combustibile si identifica

Fattori chimico-fisici	elettrodo negativo	elettrodo positivo
Pressioni parziali, coefficienti di diffusione, fluidodinamica.	$\text{H}_2(\text{gas})$ $\text{H}_2\text{O}(\text{vap})$ ↓ ↑	$\text{O}_2(\text{gas})$ ↓
Proprietà elettrocatalitiche degli elettrodi	$\text{H}_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$	$\text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^-$
Trasporto ioni in soluzione, distanza fra gli elettrodi	↑	

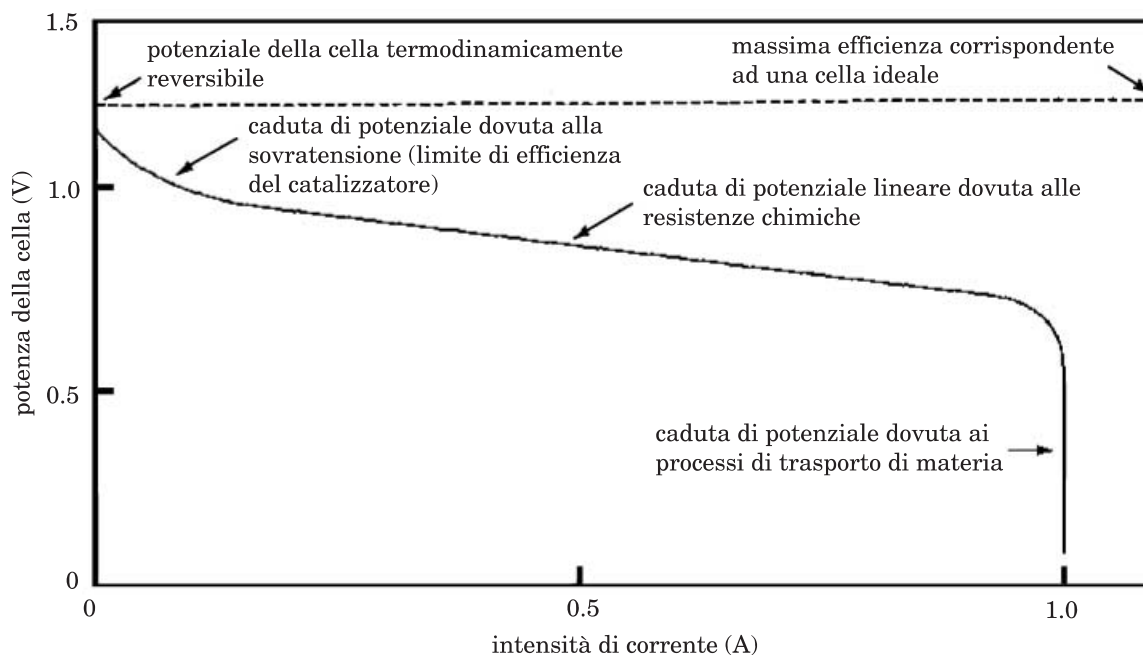
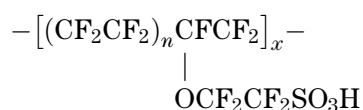


Fig. 3. - Andamento tipico di una curva caratteristica nella quale vengono illustrate le zone di controllo dei diversi fenomeni cinetici sulla caduta di potenziale (da rif. (4)).

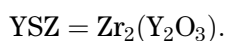
con gli sforzi per avvicinare la curva caratteristica alla tratteggiata orizzontale, mantenendo basso il peso del dispositivo e quindi il suo costo.

Gli sviluppi più recenti, e tuttora in fase di studio, delle celle a combustibile hanno visto l'avvicinamento della soluzione elettrolitica con materiali solidi. Di particolare importanza sono ad esempio gli elettroliti polimerici solidi a conduzione di protoni (Solid-Polymer-Electrolyte-Fuel-Cell SPEFC). Un esempio interessante dei materiali impiegati sono i polimeri perfluorati (teflon) solfonati, analoghi al Nafion:



L'elettrolita viene così sostituito da una sottile membrana di spessore intorno ai 50 micrometri schiacciata come in un sandwich fra due piastre su cui sono disperse particelle di platino.

Un ulteriore sviluppo è costituito dalle celle a ossidi solidi (Solid-Oxide-Fuel-Cells SOFC) (5), basate sull'impiego di un elettrolita solido che conduce O^{2-} . I più comuni materiali sono particolari ceramiche a base di ossidi di bismuto, gallio ed altri metalli, drogati con metalli rari. Di importanza è anche l'ossido di ittrio e zirconio avente composizione



Quali catalizzatori si usano le perovskiti costituite da titanato di calcio.

Poiché la conducibilità è dovuta al trasporto di O^{2-} nel solido attraverso vacanze reticolari, esse operano a temperature elevate comprese fra 700–1000°C. Di particolare interesse dal punto di vista tecnologico è la possibilità di impiegare delle configurazioni tubolari come quella illustrata in fig. 4 che permettono anche la realizzazione di strutture a fasci.

La rassegna dei diversi tipi di celle non si può considerare esauriente se non ne vengono menzionati due ulteriori tipi costituiti rispettivamente dalle celle a *carbonati fusi*, effi-

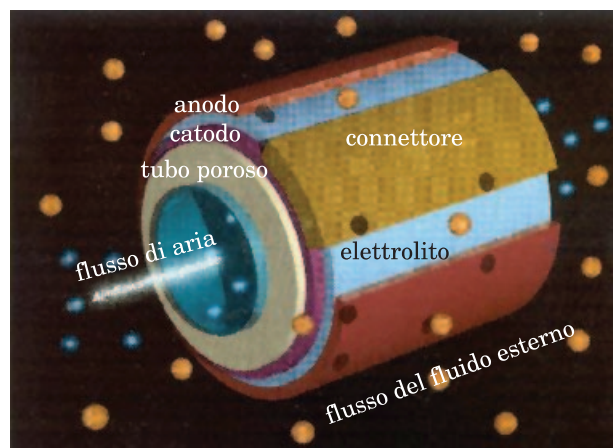


Fig. 4. - Tipica configurazione tubolare degli elettrodi di una SOFC (da rif. (1)).

Tabella 1. Confronto fra diverse celle a combustibile (da rif. (6)).

Elettrolita	membrana a scambio protonico	acido fosforico	carbonato fuso	ceramica a ossidi solidi
Temperatura di funzionamento (°C)	80	~ 200	650	800–1000
Portatore di carica	ione idrogeno	ione idrogeno	ione carbonato	ione ossigeno
Reformer	esterno	esterno	interno o esterno	interno o esterno
Componenti principali	a base di carbonio	a base di grafite	acciaio inossidabile	Ceramica
Catalizzatore	platino	platino	nichel	perovskite (titanato di calcio)
Efficienza (%)	40–50	40–50	oltre 60	oltre 60
Grado di sviluppo	sistemi dimostrativi fino a 50 kW unità da 250 kW attese entro pochi anni	sistemi in commercio funzionanti, per lo più da 200 kW è stato collaudato un modello da 11 MW	sistemi dimostrativi fino a 2 MW	sistemi dimostrativi fino a 100 kW

cienti e quindi attraenti per applicazioni su larga scala anche se presentano problemi per la corrosione, e le celle ad *acido fosforico* piuttosto resistenti alle impurezze. In conclusione esiste una gamma piuttosto vasta di dispositivi che possono operare a temperature molto diversificate e con prestazioni compatibili con le richieste applicative.

In tabella I vengono riassunti i diversi tipi di cella riportando anche alcune delle loro caratteristiche fondamentali. Si può osservare che alcune di esse hanno già una applicazione concreta mentre altre costituiscono dei prototipi ancora oggetto di studio e ricerca che si conducono all'approfondimento di alcuni temi classici della chimica fisica, quali:

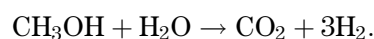
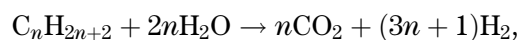
- sintesi e caratteristiche di particolari elettroliti polimerici
- scelta di particolari ossidi che trasportano ossigeno
- individuazione di adeguati catalizzatori, da utilizzarsi in particolare per l'impiego di combustibili alternativi all'idrogeno quali il metanolo
- studio delle interfacce elettroliti-elettrodi.

Una delle prospettive più interessanti riguarda l'impiego delle celle a combustibile nel trasporto. In tal caso il motore a combustione interna viene sostituito da una cella alimentata con idrogeno, trasportato in bombola o prodotto localmente. A partire dal 1990 sono stati costruiti molti prototipi di autobus e automobili con motore alimentato da una cella a combustibile, coinvolgendo molte case automobilistiche quali la Daimler-Benz, la Toyota, la Renault, la Mazda, la General Motors ed altre. Alcune di tali vetture trasportano idrogeno ed al-

tre lo producono localmente mediante un impianto di steam reforming del metanolo⁽⁶⁾. Trattandosi di prototipi il loro costo è ancora molto elevato, circa dieci volte il costo di una macchina normale. Indiscutibilmente le celle a combustibile presentano rispetto ai motori a combustione interna una serie di vantaggi quali l'elevata efficienza potenziale, l'assenza di parti mobili e soprattutto l'assenza di inquinamento.

I problemi che devono essere risolti perché se ne possa realizzare una ampia diffusione riguardano la diminuzione del menzionato costo elevato, soprattutto economizzando o sostituendo il platino quale catalizzatore, una migliore affidabilità e un aumento della densità della corrente prodotta. Infatti devono competere con una tecnologia ben consolidata. Inoltre il loro impiego nel trasporto richiede nuove infrastrutture di alimentazione del carburante, ovvero l'idrogeno.

In realtà il problema della produzione, immagazzinamento e trasporto dell'idrogeno costituisce in un certo qual senso il tallone di Achille dell'economia energetica basata sulle celle a combustibile. Il metodo principale per produrre idrogeno implica la trasformazione di idrocarburi, a partire da metano, o di alcoli, quali in particolare il metanolo, attraverso la reazione di steam reforming (*shift reaction*) che, stochiometricamente procede come segue:



Si tratta di processi catalitici molto ben consolidati nell'ambito dell'industria petrolchimica che hanno ormai raggiunto piena maturità tec-

Tabella 2. Confronto tra il potenziale energetico di alcune batterie ricaricabili con quello delle celle a combustibile.

	Energia elettrochimica contenuta (in wattora)	
	In peso (per chilogrammo)	In volume (per litro)
<i>Celle a combustibile</i>		
Decalina ($C_{10}H_{18}$)	2400	2100
Idrogeno liquido	33000	2500
Boroidruro di litio ($LiBH_4$ e $4H_2O$)	2800	2500
Idruro metallico solido ($LaNi_5H_6$)	370	3300
Metanolo	6200	4900
Idrogeno in nanofibre di grafite	~16000	~32000
<i>Batterie ricaricabili</i>		
Piombo	30	80
Nichel-cadmio	40	130
Idruro metallico-nichel	60	200
Ioni litio	130	300

nologica. I problemi che si presentano nel loro impiego associato alle celle a combustibile riguarda la purificazione dell'idrogeno, soprattutto dallo zolfo che avvelenerebbe il catalizzatore. Purtroppo, come si può osservare dalle reazioni precedenti, la produzione di idrogeno da steam reforming non ci affranca da quella dell'anidride carbonica che immessa nell'ambiente contribuisce ad aumentare l'effetto serra.

Per superare tale difficile strozzatura è necessario individuare nuove strade per produrre idrogeno e fra di esse rivestono particolare fascino quelle intese alla dissociazione dell'acqua basate sull'impiego dell'energia solare. Un esempio interessante è dato dalla cella fotoelettrochimica illustrata in fig. 5 nella quale si sfruttano le proprietà semiconduttrici di particolari materiali quali ad esempio GaAs e GaInP⁽⁷⁾. La peculiarità di tale dispositivo è costituita dalla presenza di un sistema di due

semiconduttori, stabili in ambiente acquoso, i cui elettroni per assorbimento della luce vengono eccitati al livello energetico adeguato per promuovere la dissociazione dell'acqua.

Per concludere è interessante ricordare che, come illustrato nella tabella II, il potenziale energetico delle celle a combustibile è nettamente più elevato di quello delle batterie ricaricabili. Questo fatto conferisce a tali dispositivi un particolare interesse per un loro impiego pervasivo e differenziato. Infatti la durata, la leggerezza, la facilità e velocità di ricarica sono i requisiti richiesti alle fonti di alimentazione delle sempre più onnipresenti apparecchiature portatili quali i telefoni cellulari, i calcolatori, le macchine fotografiche e così via⁽⁸⁾.

In sostanza anche se in un futuro prossimo la quantità di energia prodotta mediante celle a combustibile resterà limitata rispetto alle altre fonti di energia, il loro interesse diventerà sempre più rilevante, soprattutto in una società in transizione verso un'era informatica nella quale la funzionalità di fruizione dell'energia acquisterà sempre maggiore importanza rispetto al suo costo.

Bibliografia

- (1) D. HART, *New Scientist*, June 2001.
- (2) S. CARRÀ, *Celle a combustibile*, in *Enciclopedia delle Scienze Fisiche* (Treccani Istituto dell'Enciclopedia Italiana) 1992.
- (3) S. CARRÀ, *Termodinamica* (Bollati Boringhieri, Torino) 1990.
- (4) A. HAMNETT, P. CHRISTIANSEN, *Electrochemical and Photoelectrochemical Energy Conversion*, in *Nina Hall «The New Chemistry»* (Cambridge University Press) 2000.
- (5) S.C. SINGHAL, *MRS Bulletin*, **16**, March 2000.
- (6) A.J. APPLEBY, *Le Scienze*, **373**, 86 (1999).
- (7) O. KHASOLOV, J.A. TURNER, *Science*, **280**, 425 (1998).
- (8) C.K. DYER, *Le Scienze*, **373**, 98 (1999).

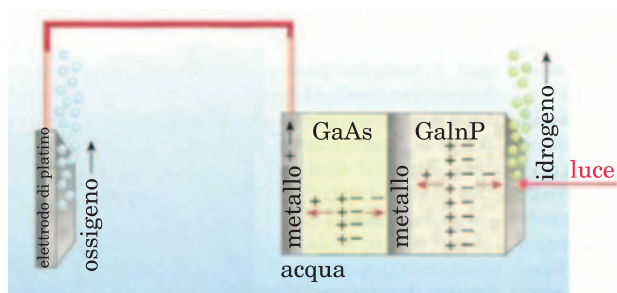


Fig. 5. – Decomposizione fotoelettrochimica dell'acqua. Due diversi semiconduttori producono cariche elettriche accessibili al livello energetico adeguato per catalizzare la dissociazione dell'acqua (da rif. (7)).

PROSPETTIVE DELLA FUSIONE NUCLEARE

F. De Marco

Associazione EURATOM-ENEA sulla Fusione,
Centro Ricerche di Frascati,
C.P. 65 – 00044 Frascati, Rome, Italy

1. – Introduzione

La ricerca per un reattore a fusione si sta protraendo da circa 50 anni. La ricerca sulla fusione iniziò come ricerca segreta alla fine degli anni 40, ma divenne un soggetto di una sempre più crescente collaborazione dopo la conferenza di Ginevra (1958), ove furono rese pubbliche le attività che venivano condotte in diversi stati sulle applicazioni civili dell'energia da fusione.

La fusione ha sempre suscitato grandi speranze di una sorgente di energia inesauribile, benigna, fundamentalmente pulita. Durante la prima fase della ricerca furono sottostimate le difficoltà da superare nel cammino per ottenere un reattore che fosse economico e accettabile da un punto di vista ambientale. Anche se dopo i primi anni le dichiarazioni ufficiali, specialmente in Europa, sono sempre state molto prudenti, si creò nel pubblico una grande aspettativa che un reattore a fusione sarebbe stato operativo entro pochi decenni. Oggi è possibile fare una valutazione affidabile e consapevole di dove sta la fusione, di che cosa è stato fatto e del cammino che ancora resta da fare.

2. – Il reattore a fusione

Attualmente la ricerca sulla fusione è focalizzata sulla reazione $D+T \rightarrow {}^4\text{He}(3.5\text{MeV}) + n(14.1\text{MeV})$. Altre reazioni avrebbero flussi di neutroni minori ed eliminerebbero la necessità del trizio, quindi presenterebbero proprietà ambientali ancora più favorevoli. Tuttavia l'utilizzazione pratica di questi *combustibili avanzati* è oggi incerta e solo la reazione $D+T$ ha prospettive di utilizzazione nel futuro prossimo. Alle alte temperature necessarie per la fusione il mezzo reagente è in uno stato di plasma. La scelta della reazione $D+T$ ha fondamentali conseguenze che non possono essere sottostimate. I quattro quinti dell'energia da fusione sono portati da neutroni veloci di 14 MeV. Questi neutroni devono essere rallentati in un involucro (*blanket*) che circonda la camera di reazione, ove la loro energia è con-

vertita in calore per alimentare una turbina. Il *blanket* ha anche un'altra funzione fondamentale, cioè generare il trizio. Dato che il trizio è radioattivo con un tempo di dimezzamento di 12.3 anni, esso deve essere rigenerato nel *blanket* tramite la reazione ${}^6\text{Li} + n \rightarrow T + {}^4\text{He} + 4.8\text{MeV}$. Mentre i neutroni non sono trattiene nella regione di reazione, le particelle alfa sono confinate nel plasma cui cedono la loro energia, in tal modo dando un contributo al bilancio dell'energia. Se l'energia delle alfa compensa le perdite, la «fiamma» nucleare si può automantenere (regime d'ignizione). In un reattore ovviamente si deve produrre più potenza di quella necessaria a mantenere il reattore in operazione. Il guadagno Q è definito come il rapporto tra la potenza di fusione e la potenza esterna entrante nel plasma. Nel regime d'ignizione Q è infinito. Oggi si prevede che i futuri reattori a fusione funzioneranno in regime «driven» con una potenza esterna immessa nel plasma. Q avrà quindi un valore finito (circa 50). In fig. 1 è indicato lo schema di un reattore a fusione. Si può dimostrare attraverso un semplice bilancio che per ottenere un alto Q o l'ignizione i valori di densità, temperatura, e tempo di confinamento dell'energia devono soddisfare ($1\text{keV} = 1.16 \times 10^7\text{K}$);

$$nT\tau > 3 \times 10^{21} \text{keVm}^{-3}\text{s} \quad (8 \leq T \leq 20 \text{keV}),$$

oppure

$$n\tau > 2 \times 10^{20} \text{m}^{-3}\text{s} \quad (T = 15 \text{keV}).$$

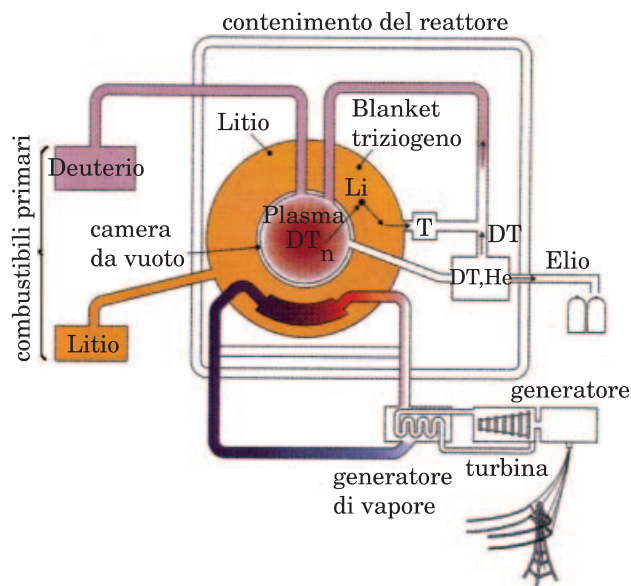


Fig. 1. – Schema di un possibile reattore a fusione. Le particelle alfa rallentano nel plasma. I neutroni sono rallentati nel *blanket* ove si genera il trizio. Il calore del blanket alimenta una turbina e genera elettricità. Il ciclo del trizio è chiuso internamente.

I due metodi principali sono la fusione a confinamento magnetico (MCF) ⁽¹⁻³⁾ e la fusione inerziale (IFE) ⁽⁴⁻⁶⁾. Tra i molti concetti di MCF inizialmente proposti, il tokamak è quello che è stato più studiato e che si è più avvicinato alle condizioni del reattore.

Il reattore tokamak usa bobine superconduttrici per generare il campo magnetico, opera in continua o con impulsi molto lunghi. Un reattore IFE opera mediante una successione (1-5 Hz) di microesplosioni di piccole capsule di combustibile, compresse attraverso l'irradiazione di potenti fasci laser o di particelle.

Parleremo principalmente della fusione magnetica, che è il programma principale della UE e dell'Italia. La ricerca sulla MCF è altamente integrata in Europa e gode di un'ampia collaborazione internazionale. Infatti l'obiettivo a lungo termine delle attività della fusione europea (che abbraccia in un solo programma tutte le attività degli stati della UE oltre alla Svizzera e più recentemente Ungheria, Romania e la repubblica Ceca) è sempre stato la costruzione congiunta di reattori prototipo per centrali elettriche che mostrino caratteristiche di sicurezza, compatibilità ambientale e convenienza economica.

3. - Caratteristiche della ricerca per il reattore MCF

Nella progressione della ricerca per il reattore si possono individuare i seguenti obiettivi principali:

- produzione di plasmi con caratteristiche rilevanti per il reattore in condizioni quasi stazionarie;
- controllo su tempi lunghi della «fiamma» nucleare, che richiede anche l'appropriata progettazione dei componenti affacciati al plasma;
- dimostrazione delle funzioni del *blanket*;
- sviluppo di materiali che abbiano proprietà accettabili dal punto di vista radioattivo e un tempo di vita appropriato durante e dopo l'irradiazione neutronica;
- convenienza economica della produzione di elettricità.

Anche se con una certa dose di arbitrarietà, tale processo si può dividere in tre stadi di dimostrazione: fattibilità scientifica, fattibilità tecnologica, fattibilità commerciale. Occorre comunque tener presente che scienza, tecnolo-

gia ed economia sono mutuamente interagenti e si influenzano tra loro. Un importante esempio di questa mutua relazione è il seguente: il tempo di confinamento non può essere accresciuto semplicemente aumentando oltre un certo limite le dimensioni del reattore in quanto il costo del reattore stesso è dovuto per lo più al costo capitale delle strutture dell'impianto che cresce con le dimensioni. Quindi gli scienziati cercano di migliorare la qualità del plasma in modo di avere reattori più piccoli e compatti. D'altra parte sempre per ragioni economiche la potenza elettrica di uscita deve essere almeno dell'ordine del gigawatt per ammortizzare l'investimento iniziale in un tempo ragionevole. Come conseguenza l'implicazione di reattori compatti è l'alto carico sui componenti affacciati al plasma. Ne consegue che le dimensioni del reattore devono essere un compromesso e un bilancio tra motivi scientifici, tecnologici ed economici.

La fattibilità scientifica può esser definita come la dimostrazione di una configurazione magnetica che abbia le proprietà di confinamento atte a mantenere e sostenere la pressione di plasma richiesta per i tempi necessari. Questo è un compito formidabile poiché proprio il processo di confinamento e di riscaldamento del plasma crea necessariamente gradienti spaziali

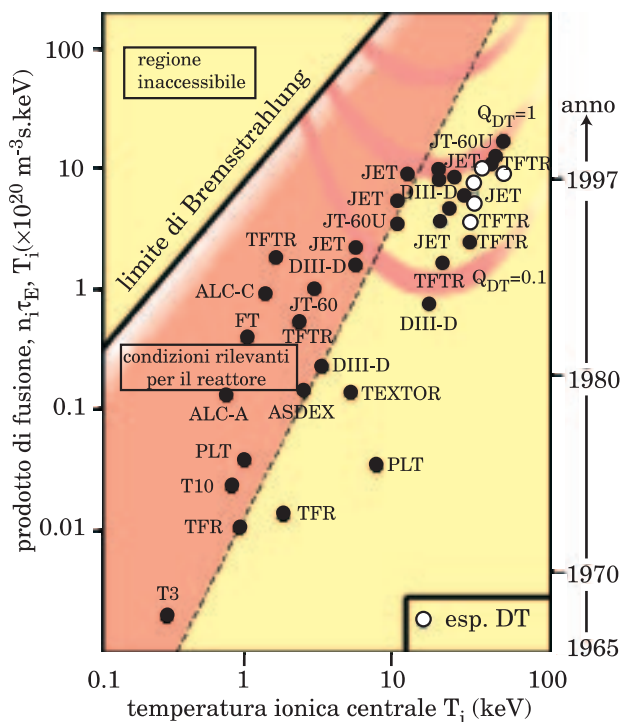


Fig. 2. - Il grafico mostra il progresso realizzato negli anni dagli esperimenti di fusione. (Cortesia di EFDA-JET.)

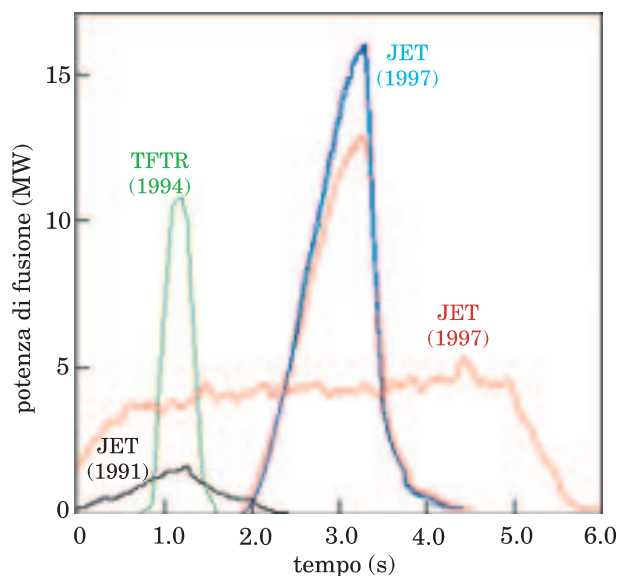


Fig. 3. - Potenza di fusione negli esperimenti D+T (Cortesia di EFDA-JET.)

e distorsioni della funzione di distribuzione delle velocità. Gradienti e distorsioni sono sorgenti di energia libera che possono rilassare quietamente tramite collisioni, oppure, come accade più di frequente, tramite l'insorgere di instabilità e il successivo sviluppo di turbolenze.

La fig. 2 mostra il progresso del prodotto $nT\pi$ negli anni. Dal 1991 megawatts di potenza di fusione sono stati prodotti in esperimenti con

miscele D+T sul TFTR (Tokamak Fusion Text Reactor, Princeton, USA) e il JET (Joint European Torus, Culham, RU) (⁷). La fig. 3 mostra il risultato degli esperimenti in miscele D+T. Valori di picco di 16 MW sono stati ottenuti sul JET, corrispondenti a un guadagno Q di 0.6. Anche la comprensione dei fenomeni ha compiuto grandi progressi. Un esempio indicativo del livello di comprensione che è stato raggiunto, è presentato in fig. 4. che mostra come si è riusciti a ottenere un notevole controllo della turbolenza del plasma e quindi del trasporto (^{8,9}).

4. - Verso il reattore a fusione

Si può oggi affermare con confidenza che siamo in grado di controllare plasmi aventi parametri d'interesse per il reattore di notevoli dimensioni (dell'ordine di 100 metri cubi) con buone proprietà di confinamento per diversi secondi. Gli esperimenti in corso oggi hanno raggiunto valori di $nT\pi$ entro un fattore circa 3 da quello richiesto.

Per superare questo intervallo, scienziati e ingegneri di Europa, Russia e Giappone stanno collaborando da diversi anni sul prossimo passo per lo sviluppo dell'energia da fusione: ITER (*International Thermonuclear Experimental*

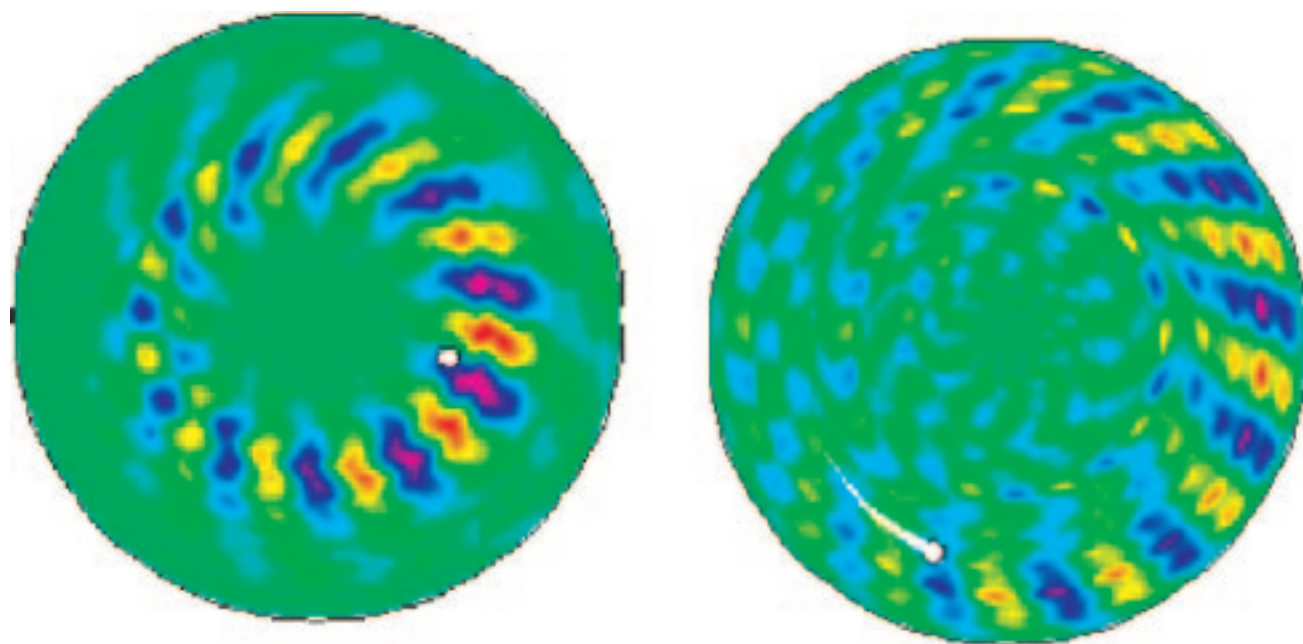


Fig. 4. - Curve di livello dei vortici della turbolenza, calcolati su una sezione del plasma di un tokamak. La turbolenza forma vortici allungati nella direzione radiale che causano un forte trasporto dell'energia. Si può provocare la rottura radiale dei vortici, riducendo grandemente le perdite.

Reactor)⁽¹⁰⁾. La missione di ITER è dimostrare la fattibilità scientifica dell'energia da fusione e di progredire nella fattibilità tecnologica. Per effettuare ciò, ITER ha come obiettivo: di dimostrare la produzione estesa nel tempo di energia; provare tecnologie essenziali per il reattore (come le bobine superconduttrici) in un sistema integrato. ITER è progettato per produrre più di 500 MW di potenza nucleare, con un corrispondente guadagno Q di 10.

Nella tabella I vengono mostrati per un confronto i parametri di FTU⁽¹¹⁾, il tokamak che opera all'ENEA di Frascati, del JET e di ITER.

Tabella I.

Device	B (tesla)	I_p (MA)	Vol (m ³)	<i>t</i> (s)
FTU	8	1.2	1.5	1.5
JET	3.5	5	100	40
ITER	5.3	15	840	> 300

Nella tabella, **B** è il campo magnetico principale, **I_p** la corrente di plasma, Vol il volume di plasma, *t* è la durata dell'impulso (da non confondersi con il tempo di confinamento).

Oltre a ITER vi sono anche altre proposte, come Ignitor⁽¹²⁾ e FIRE⁽¹³⁾. Questi esperimenti, sfruttando le proprietà dei tokamak compatti ad alto campo magnetico, si concentrano su alcuni problemi di fisica di un *burning plasma*, sono meno costosi che ITER, ma rinunciano alla dimostrazione della produzione di energia estesa nel tempo e quasi completamente all'integrazione delle tecnologie per il reattore.

Le principali aree tecnologiche nel cammino verso il reattore sono: bobine superconduttrici, i componenti affacciati al plasma, il *blanket* triziogeno, i materiali resistenti alla radiazione e che abbiano basse proprietà di attivazione. Un trattamento esteso può essere trovato in^(14, 15).

È necessario costruire una sorgente intensa di neutroni di 14 MeV per provare e sviluppare i materiali strutturali affacciati al plasma. Sono stati proposti diversi progetti; attualmente il progetto favorito è l'IFMIF (*International Materials Irradiation Facility*)⁽¹⁶⁾, basato sulla reazione nucleare di *stripping* Li(d,n), studiato nell'ambito di una collaborazione internazionale. Dopo ITER, in parallelo all'operazione di IFMIF si può costruire il DEMO (*Demonstration reactor*), il primo impianto capace a produrre energia elettrica. Infine si potrà costruire il prototipo del reattore commerciale.

5. – Fusione inerziale

Anche nel cammino verso un reattore IFE vi sono problemi scientifici, tecnologici ed economici in mutua relazione. Nell'IFE il problema dei materiali è meno duro che nella MCF, perché è più facile disporre un *blanket* liquido circolante come prima parete intorno alla regione di esplosione. Il campo dell'IFE non ha goduto della vasta collaborazione internazionale del confinamento magnetico. La somiglianza di questo approccio ai processi presenti nelle armi termonucleari ha reso difficoltosa la collaborazione. Oggi la situazione è migliore. Si è proceduto a declassificare del materiale importante e sono possibili collaborazioni anche se non in una estesa cornice multilaterale come nel caso della MCF. Si stanno costruendo due grandi impianti, la National Ignition Facility⁽¹⁷⁾ negli Stati Uniti e il Laser Megajoule⁽¹⁸⁾ in Francia. Questi esperimenti avranno lo stesso ruolo di ITER nella fusione magnetica, cioè dovranno dimostrare l'alto guadagno e la fattibilità scientifica di alcuni dei differenti schemi proposti. Dopo di ciò, anche in questo campo sarà necessario un vasto sviluppo tecnologico per preparare i componenti del reattore. Quindi la via al reattore inerziale presenta aspetti simili a quella della fusione magnetica.

6. – Conclusioni e prospettive

L'obiettivo finale della ricerca sulla fusione, fornire in maniera sicura ed economica grandi quantità di energia elettrica è ancora distante, almeno 40–50 anni. Infatti si devono costruire e operare grandi macchine (ITER, IFMIF, DEMO), e infine costruire il primo reattore prototipo.

La fusione è una delle quattro sorgenti primarie disponibili, le altre essendo i combustibili fossili, la fissione, le rinnovabili. Oggi vi è una forte spinta a ridurre al massimo l'uso dei combustibili fossili. Quindi rimangono poche opzioni. La fusione promette di essere una sorgente di energia inesauribile, relativamente pulita. I vantaggi della fusione sono: centrali inerentemente sicure, in particolare sono impossibili incidenti di *runaway and meltdown*; i combustibili della fusione, deuterio e litio, sono abbondanti ovunque; non è necessario trasportare materiale radioattivo; non vi è emissione di gas serra; con una appropriata scelta dei materiali le scorie della fusione non co-

stituiranno un problema di lungo termine per le generazioni successive a quella che ha prodotto le scorie stesse.

In Europa le spese sulla fusione sono circa 500Meuro per anno di cui il 40% proviene dai fondi comunitari. Si può dire che ogni cittadino dell'UE spende in media annualmente 1.2. Lo sforzo italiano è in linea con quello europeo.

La ricerca sulla Fusione in Italia per la maggior parte viene finanziata nell'ambito del Contratto di Associazione EURATOM-ENEA. L'ENEA per delibera del CIPE (1983) coordina la ricerca in Italia sulla fusione. Essa è svolta dall'ENEA principalmente nei centri di Frascati e Brasimone, dal Consorzio RFX di Padova, dall'Istituto di Fisica del Plasma «Piero Caldirola» (CNR-Milano), e da consorzi e dipartimenti universitari. Al di fuori del contratto di Associazione vi sono le attività sul progetto Ignitor e attività varie svolte nelle università.

Come detto, la linea principale è quella sul confinamento magnetico; in questa linea le attività riguardano la sperimentazione su FTU a Frascati e e RFX a Padova, la teoria, la tecnologia per ITER e il reattore, la partecipazione agli esperimenti e progetti internazionali JET e ITER. La ricerca sulla fusione inerziale è limitata alla sperimentazione con il Laser ABC (Frascati) e alle attività di alcuni gruppi universitari. Durante il secolo appena nato l'Italia avrà la possibilità di partecipare ai grandi progetti internazionali e proseguire nella R&S sulla tecnologia per il reattore in collaborazione con l'industria; se si presenta l'opportunità si potrà convergere su un esperimento in Italia che studi la scienza del burning plasma..

Si può concludere affermando che il successo del programma qui delineato dipende non soltanto da problemi tecnici e scientifici, ma anche dalla determinazione e convincimento a inseguire questa meta da parte della società. A tal riguardo è fondamentale il forte e durevole supporto della comunità scientifica.

Bibliografia

- (1) K. MIYAMOTO, *Plasma Physics for Nuclear Fusion* (MIT Press, Cambridge, Mass.) 1989.
- (2) J. WESSON, *Tokamaks* (Clarendon Press) 1997.
- (3) www.fusion-eur.org/fusion; www.fusion.enea.it; www.fusioned.gat.com; www.ppl.gov/fusion/basics/pages.
- (4) LINDL J.D., *Inertial Confinement Fusion: the Quest for Ignition and Energy Gain Using Indirect Drive* (Springer Verlag, New York) 1998.
- (5) Energy from inertial fusion IAEA Vienna 1995.
- (6) www.llnl.gov/nif/library/ife.pdf.
- (7) www.jet.efda.org.

- (8) F. ZONCA, S. BRIGUGLIO, L. CHEN, G. FOGACCIA, G. VLAD e L.-J. ZHENG, *Energetic Particle Modes Dynamics in Tokamaks*; Presented at the 18th IAEA Fusion Energy Conference, Sorrento, Italy, Oct. 4-10, (2000).
- (9) LIN Z. et al., *Science* **281**, 1835 (1998).
- (10) www.iter.org.
- (11) www.frascati.enea.it/FTU; F. ROMANELLI, *Il Nuovo Saggiatore*, **13**, N. 5-6 (1997) 53.
- (12) B. COPPI et al., MIT (RLE) Report PTP 99/60. Revised May 2000.
- (13) fire.pppl.gov.
- (14) R. ANDREANI, P. BATISTONI P. DE MARCO, *Neutronics Problems in the Design and Construction of a Magnetic Fusion Reactor*, in *International Conference on Nuclear Data for Science and Technology, Trieste, May 19-24 1997*.
- (15) R. ANDREANI, *Nucl. Fusion* **40**, 1033 (2000).
- (16) IFMIF CDA Team Conceptual Design Activities (Martone M. Editor) Report ENEA RT/ERG/FUS/96/11 (1996).
- (17) W.J. HOGAN et al., *Nucl. Fusion* **41**, 567 (2001).
- (18) P.A. HOLSTEIN et al., *Laser Part. Beams* **17**, 403 (1999).

SOMMARIO DELL'INTERVENTO «PROSPETTIVE DELL'ENERGIA NUCLEARE IN FUTURO»

P. Fornaciari

A.I.N. - Associazione Italiana Nucleare
Via Cernaia 49, I - 00185 Roma

Sono dieci e più anni che non si parla di politica energetica e di energia nucleare nel nostro Paese. Non è stata sufficiente la crisi petrolifera del 1999/2000, che pure nella precedente crisi del 1973 aveva indotto tutti i Paesi Industrializzati a sviluppare il nucleare al ritmo di 20 centrali nucleari all'anno (dalle 167 del 1975 alle 365 del 1985), non la «guerra sul clima» per il rifiuto del Presidente degli Stati Uniti, George W. Bush, a ratificare il Protocollo di Kyoto, non l'aumento dei prezzi di olio combustibile e gas naturale, più che triplicati in pochi anni. C'è voluta la grave crisi energetica in California per costringere gli Stati Uniti, dopo 20 anni, a rilanciare con il carbone anche il nucleare. Alla presentazione del Nuovo Piano Energetico Nazionale degli USA, ha fatto subito seguito il consenso del Premier britannico Tony Blair, mentre l'Europa proponeva con il Libro Verde della Commission una politica basata sul risparmio, gas importato dall'Algeria e dalla Siberia ed energie rinnovabili. Eppure le prospettive di aumento del prezzo degli idrocarburi in futuro, inevitabilmente per il declino della maggior parte dei pozzi petroliferi occidentali con l'OPEC che dovrebbe raddoppiare la produzione nei prossimi 20 anni per far fronte alla crescita della domanda, lasciano prevedere la necessità di differenziare le fonti energetiche. Da noi invece si sostiene, e non è vero che

«l'Italia è uscita dal nucleare» e che altre Nazioni starebbero per seguire il nostro esempio. Si spera e ci si illude che il completamento del processo di privatizzazioni del settore energetico possa consentire la riduzione delle bollette di elettricità e gas.

Ieri si sosteneva che il nucleare è una «fonte costosa, anzi costosissima», affermazione smentita dai fatti. Il dato medio del costo della generazione di energia elettrica da fonte nucleare nel 1999 è stato 1.83 US *cents* pari a 40 lire, mentre alle nostre imprese l'energia elettrica costa oltre 150 lire/kWh. È molto difficile competere in questa situazione!

Oggi si ritiene che il problema della sistemazione dei rifiuti radioattivi sia un problema insolubile e non lo è, si sostiene che c'è il pericolo di incidenti senza spiegare che Chernobyl era un caso tutto particolare o che c'è il rischio della proliferazione nucleare, mentre è noto che diversi Paesi hanno intrapreso programmi nucleari militari senza passare per un programma nucleare civile.

A livello politico, specie in Italia, ma non solo, si rifiuta il nucleare perchè «la gente non lo vuole».

Quali alternative?

Non gli idrocarburi per il loro costo crescente, non le nuove energie rinnovabili per il più elevato costo e la loro intermittente natura, anche se gli ambientalisti ne parlano senza successo da 15 anni e Greenpeace propone di investire in queste nuove fonti energetiche, che il sottosegretario USA all'Energia ha simpaticamente definito «*the undiscovered energy sources*», per combattere la povertà e il riscaldamento globale del Pianeta. Non l'energia idraulica per esser le nuove risorse lontane dai centri di consumo. Due miliardi di persone non hanno accesso a fonte di energia commerciale. Un miliardo non dispone di elettricità o di acqua potabile. Il nucleare soltanto è l'unica concreta risposta al crescente aumento del fabbisogno energetico mondiale. Essa sola può consentire: di fornire ai Paesi Industriali e alle Economie in Transizione l'energia di cui hanno bisogno, evitando di sottrarre ai Paesi in Via di Sviluppo — con una sorta di «colonialismo energetico» — le fonti energetiche (petrolio e gas naturale) di più facile uso per loro, senza emettere gas ad effetto serra. Il futuro sviluppo dell'energia nucleare non è solo una necessità economica o ecologica, ma soprattutto etica, per garantire a tutti e non a pochi soltanto di

conoscere uno sviluppo sostenibile, solidale in pace ed equità.

In questo senso si erano espressi alcuni illustri esponenti dell'Industria energetica all'ultimo Congresso Mondiale dell'Energia (WEC) di Houston, Texas nel giugno del 1998, proponendo di realizzare nei prossimi decenni da 6 a 8 mila miliardi di kWh aggiuntivi di energia nucleare con la costruzione di diverse decine di grandi centrali nucleari all'anno. Se i Paesi industrializzati si impegnassero in questo grande progetto, otterrebbero per il 2010 una riduzione delle loro emissioni di anidride carbonica nel 5,2% raccomandato dal protocollo di Kyoto, ma di oltre il 20%!

Cinquant'anni or sono furono gli Stati Uniti a promuovere la ricostruzione dell'Europa con il Piano Marshall. Oggi spetta all'Europa, assieme agli altri Paesi dell'OCSE, l'orgoglio e l'onore di assicurare al mondo uno sviluppo dignitoso, sostenibile e solidale con un nuovo Piano Marshall nucleare degli anni 2000 a beneficio di tutti. Ci auguriamo che questo auspicio possa essere raccolto dall'imminente Congresso Mondiale dell'Energia di Buenos Aires (21/25 Ottobre 2001).

Sarebbe il modo migliore per ricordare il nostro grande scienziato Enrico Fermi.

ENERGIA NUCLEARE DA FISSIONE

C. Lombardi

*Dipartimento di Ingegneria Nucleare
del Politecnico di Milano*

«Comunque, se anche l'energia di disintegrazione non può ancora mettersi in diretta concorrenza con l'energia di combustione, e se anche non se ne potrà disporre tanto presto, non è lecito agli ingegneri scartare senz'altro l'eventualità che un giorno essi abbiano a doversi occupare di quelle che saranno vere e proprie *centrali* per lo sfruttamento dell'energia nucleare»

Da un articolo di E. Severini sulla rivista «Elettrotecnica» dell'aprile 1941. La pila di Fermi che dimostra la fattibilità di un reattore nucleare è del 2 Dicembre 1942.

L'intento di questa premessa è quello di dimostrare come l'interesse del nostro Paese per l'energia nucleare risalgia a tempi lontani, quando la non ancora verificata possibilità di un reattore nucleare e il pieno svolgimento della

seconda guerra mondiale potevano rendere incredibile ogni speranza al riguardo. La storia dell'energia nucleare in Italia è ben nota e si può sintetizzarla nel dire che un Paese che era ai vertici dell'utilizzazione di questa fonte energetica è arrivato a chiudere tutte le centrali in esercizio e ad interrompere quelle in costruzione, con un danno economico rilevantissimo. È interessante osservare che per questo il Paese non ha smesso di utilizzare l'energia nucleare, perché essa viene importata dall'estero. All'incirca ci sono cinque centrali nucleari da 1000 MWe che lavorano per noi e proprio cinque centrali italiane sarebbero oggi funzionanti se non si fosse decisa la loro chiusura. Nel mondo le cose si sono svolte in modo ben diverso. Oggi l'energia nucleare contribuisce alla produzione di energia elettrica per il 18%, alla pari di quella idroelettrica e ben superiore all'apporto del petrolio che vale l'11%, mentre preponderante è il contributo del carbone, il 39%. Nell'Europa il peso del nucleare è ben superiore pari al 36%, sullo stesso livello del carbone, mentre l'idroelettrico, il petrolio e il gas sono all'incirca alla pari con un 10%.

Tuttavia non si può negare che il grande sviluppo iniziale dell'energia nucleare si sia progressivamente rallentato, soprattutto nel mondo occidentale, per giungere negli ultimi anni a una vera e propria stasi, derivata tra l'altro da una «moratoria» ufficiale o di fatto messa in atto in molti Paesi. I motivi sono complessi e tra di loro interdipendenti. Volendo schematizzare al massimo il problema si possono elencare le seguenti motivazioni: i) la sicurezza, ii) la proliferazione nucleare, iii) la complessità del sistema, iv) i costi.

La sicurezza è ritenuta da gran parte dell'opinione pubblica, sotto l'influsso dei mass media, il principale impedimento all'utilizzo dell'energia nucleare. Senza voler sminuire un problema, che è sicuramente di grande importanza, si può affermare che l'energia nucleare, messa a confronto con le altre energie, risulta sicuramente vincente sul piano della sicurezza per l'uomo e l'ambiente. Studi recenti fatti da organizzazioni indipendenti arrivano a questa conclusione, quando correttamente si prenda in esame tutto il sistema a monte e a valle. Ciò vale anche considerando le energie rinnovabili, che comportano la produzione e lo smaltimento di alcuni prodotti pericolosi.

Viceversa non si è mai data grande rilevanza nel nostro Paese al problema della prolifera-

zione nucleare, che invece a parere dello scrivente è stato e tuttora è il principale ostacolo alla diffusione dell'energia nucleare. In particolare, si è convinti che questa motivazione sia di fatto alla base dell'abbandono da parte del nostro Paese dell'energia nucleare.

Certamente anche la complessità del sistema nucleare e del ciclo del combustibile è elevata sia per ragioni tecniche sia per gli effetti della gestione della sicurezza. In sintesi, tale complessità deriva da: ampiezza del sistema, difficoltà tecnologiche, necessità di decisioni strategiche ad ampio raggio per il suo sviluppo, il lungo intervallo temporale in gioco, l'interazione tra enti diversi inclusa l'autorità di sicurezza, i rapporti di licenza, i rapporti con la pubblica opinione.

Infine, quando sopra detto circa la sicurezza e la complessità si riverbera sul costo dell'energia, che in ultima analisi è sempre il motivo alla base del successo o meno di una tecnologia. Il costo dell'energia nucleare è concorrenziale in un mercato in cui il prezzo dei prodotti dei combustibili fossili sia quello «giusto». È ben noto come per lunghi periodi questi prezzi siano stati molto bassi, per varie ragioni che sarebbe troppo lungo discutere. Oggi però tale situazione non è più vera, né sembra che si possa tornare alla situazione del passato.

Recentemente si respira un'aria nuova nel settore nucleare. Tutto ha avuto origine negli USA fin dal 1999 con il varo di un programma di ricerca e sviluppo NERI (*Nuclear Energy Research Initiative*) sponsorizzato da *Department of Energy*. L'accelerazione del *revival* è poi avvenuta recentemente con il rapporto *National Energy Policy* emesso dall'amministrazione Bush. Citiamo la frase che meglio chiarisce la svolta:

«Per fronteggiare la domanda prevista nelle prossime due decadi, l'America deve avere tra le 1300 e le 1900 nuove centrali elettriche. La maggior parte saranno a gas naturale. Tuttavia, le attuali e le nuove tecnologie ci danno la possibilità di espandere la produzione nucleare. L'energia nucleare fornisce attualmente il 20% della nostra elettricità. Questa sorgente di energia, che non produce gas serra, può giocare un ruolo crescente nel nostro futuro energetico»

Inoltre, gli elettro-produttori americani, che gestiscono centrali nucleari esistenti (circa 100), stanno ottenendo rilevanti ritorni economici grazie all'ammortamento dei costi capitale

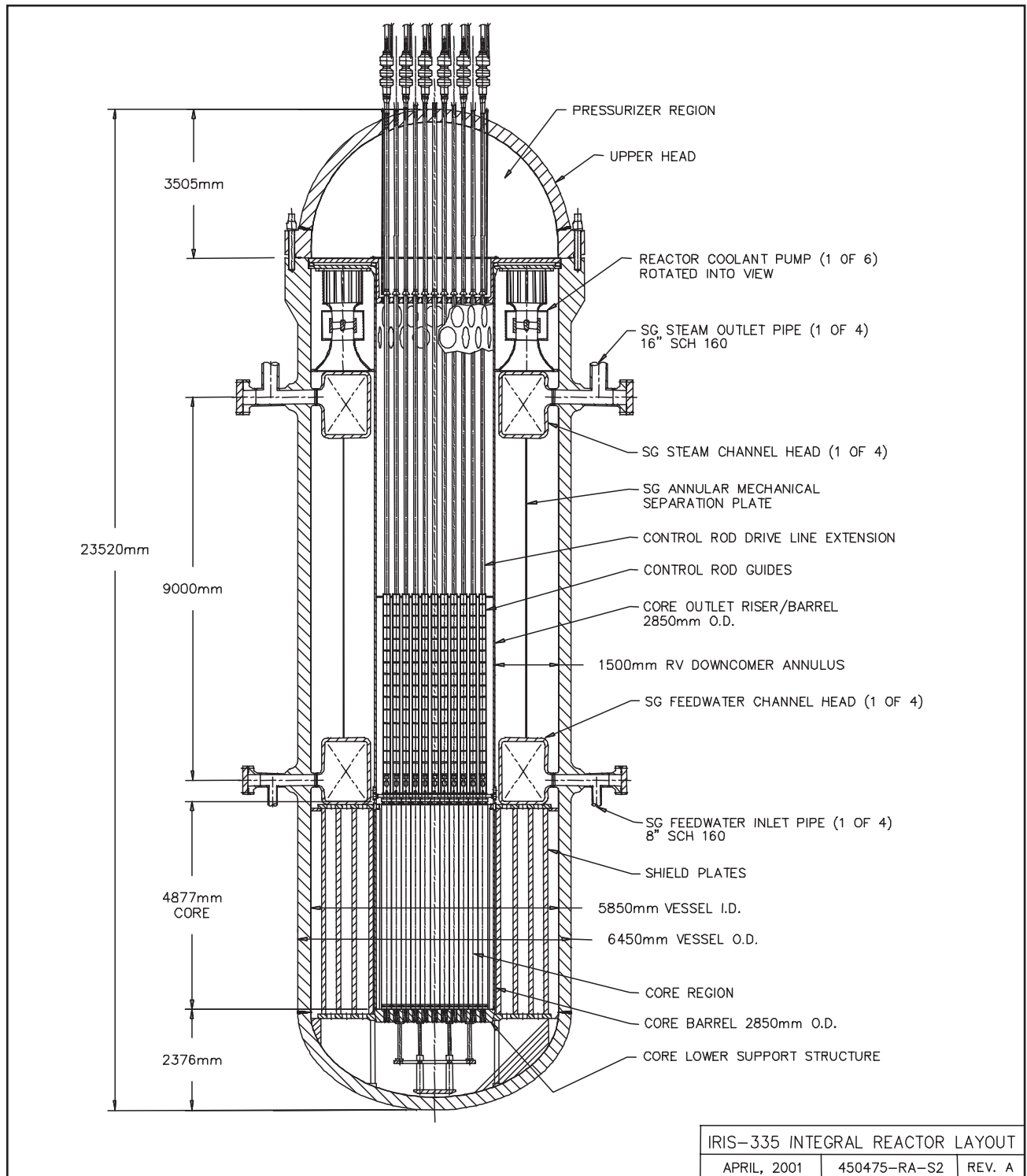


Fig. 1.

e al notevole allungamento della vita degli impianti concesso dall'organo di sicurezza.

In breve, il ruolo trainante degli Stati Uniti, la confermata politica espansiva dei Paesi asiatici al riguardo, la necessità di contenere i gas-serra, la competitività economica delle centrali nucleari, l'internalizzazione dei costi ambientali

per tutte le fonti energetiche come già avvenuto per il nucleare, il lento ma certo esaurirsi dei combustibili fossili e la messa in funzione di una nuova generazione di centrali nucleari sono le solide premesse di quello che gli americani chiamano il *Rinascimento* dell'energia nucleare.

I programmi americani prevedono lo sviluppo di nuove tipologie di reattori nucleari, che vanno sotto il nome di *Generation IV*, termine ora mai fatto proprio da molti altri programmi internazionali, inclusa

FP VI della Unione Europea. Questa tipologie sono state suddivise tra quelle *near term* e quelle *long term*. Ovviamente le prime comprendono reattori più vicini alla tecnologia corrente, così da essere costruibili entro breve, i secondo quelli più innovativi, che richiedono lunghi periodi di ricerca e sviluppo per verificare la fattibilità. I primi comprendono tre diversi tipi di reattore: AP-1000, PBMR, IRIS, i secondi oltre 50 tipi diversi, attualmente sottoposti a valutazione critica da parte degli americani. L'AP1000 è una versione avanzata di un PWR che prevede un uso estensivo di sistemi di protezione passiva, la cui progettazione è quasi ultimata. Il PBMR è un reattore a gas ad alta temperatura, di cui esistono da molto tempo diversi prototipi, che viene ora rilanciato con alcune importanti modifiche. L'IRIS è un PWR integrato su cui ci si soffermerà qui sotto data la rilevante presenza italiana per il suo sviluppo.

L'IRIS è l'acronimo di *International Reactor Innovative and Secure*. Esso è un PWR di potenza media piccola (100–350 MWe), modulare, con un layout integrato con tutti i componenti del circuito primario inseriti nel recipiente a pressione insieme al nocciolo (uno spaccato del recipiente in pressione è riportato in figura). Esso è attualmente sviluppato da un consorzio di 18 organizzazioni da 8 Paesi: Westinghouse Electric Co., USA; *Ansaldo Nucleare, Italy*; Bechtel, USA; British Nuclear Fuel Limited (BNFL), Great Britain; Comissao Nacional de Energia Nuclear (CNEN), Brazil; Equipos Nucleares S.A. (ENSA), Spain; Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), Mexico; Japan Atomic Power Company (JAPC), Japan; Mitsubishi Heavy Industries (MHI), Japan; Massachusetts Institute of Technology (MIT), USA; Nuclebras Equipamentos Pesados S.A. (NUCLEP), Brazil; Oak Ridge National Laboratories (ORNL), USA; *Politecnico di Milano (POLIMI), Italy*; Tokyo Institute of Technology (TIT), Japan; University of California, Berkeley (UCB), USA; *Università di Pisa (UNIP), Italy*; Zagreb University (FER), Croatia.

Le specifiche che deve soddisfare il progetto sono:

- *Resistenza alla proliferazione*: minimizzando l'accesso al combustibile mediante noccioli a vita lunga;

- *Economia elevata*: mediante semplificazione dell'impianto e standardizzazione dei componenti;

- *Sicurezza aumentata*: mediante l'eliminazione di importanti classi di incidente con una diversa concezione dell'impianto (*safety by design*);

- *Minimizzazione dei rifiuti radioattivi e facile smantellamento*: eliminazione di tutti i prodotti attivati al di fuori del recipiente a pressione.

Infine, durante lo svolgimento delle attività si è imposta l'ulteriore specifica:

- *La prima centrale deve essere pronta entro il 2012*: ciò richiede che si ricorra per le prime versioni dell'impianto a tecnologie già collaudate.

In conclusione, sembra ci siano tutte le premesse perché l'energia nucleare da fissione possa riprendere il suo cammino.

I COMBUSTIBILI FOSSILI

D. Sanfilippo

Snamprogetti S.p.A., S. Donato Milanese

1. – Combustibili fossili come fonte di energia primaria

La produzione di energia per combustione di molecole contenenti carbonio ed idrogeno è alla base della stessa vita animale. Per l'umanità in particolare il controllo della produzione di energia tramite l'uso di fonti energetiche fossili (carbone, petrolio e gas naturale) ha consentito il raggiungimento dei livelli attuali di sviluppo sociale e di standard di vita.

Il consumo di energia è fattore chiave per lo sviluppo industriale e sociale di ogni Paese: a sviluppo maggiore corrisponde un maggiore fabbisogno energetico e, tendenzialmente, un uso più efficiente dell'energia.

La quantità di energia consumata è cresciuta ad un tasso impressionante, raggiungendo i 100 miliardi di miliardi di kcal nel 1998! È previsto che al 2020 il consumo di energia sia tre volte quello di 25 anni fa ed addirittura venti volte quello degli albori del ventesimo secolo (fig. 1).

Attualmente le fonti fossili (petrolio, gas naturale e carbone) forniscono ca. il 90% dell'energia consumata nel mondo e questa situazione è prevista continuare per decenni. Le riserve accertate

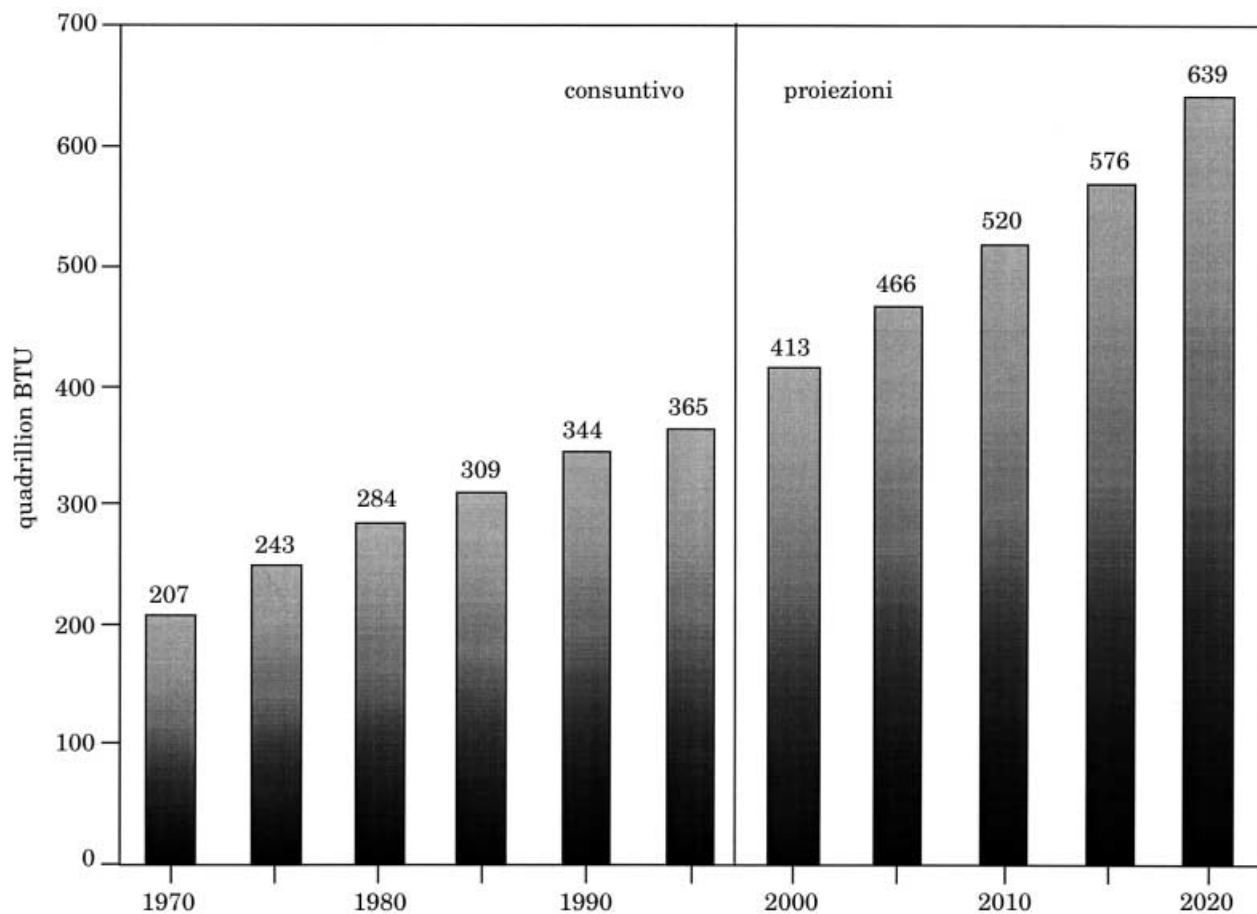


Fig. 1.

70

convenzionali di combustibili fossili sono in grado di sostenere per molti anni ancora la domanda di energia sia per il miglior sfruttamento delle riserve esistenti, grazie al continuo sviluppo di nuove tecnologie di estrazione, sia per il ritrovamento di nuove riserve (fig. 2).

Idealmente la combustione degli idrocarburi fossili si evolve sviluppando insieme al calore i prodotti termodinamicamente più stabili acqua e

anidride carbonica, ma inevitabilmente si formano anche sottoprodotti che costituiscono delle emissioni indesiderabili: monossido di carbonio, idrocarburi incombusti, ossidi di azoto (sia dall'eventuale azoto del combustibile sia da quello dell'aria), ossidi di zolfo (dallo zolfo del combustibile), ozono (formato via reazioni secondarie fotocatalizzate), particolato (sia da incompleta combustione, sia per la presenza di eteroatomi), etc.

Inoltre i limiti nell'efficienza termica aumentano la CO_2 ed i sottoprodotti formati.

La tabella I riporta le fonti dei maggiori inquinanti derivanti da fonti fossili (situazione Europea).

Gli effetti dell'inquinamento hanno carattere sia locale/regionale sia globale. Nel primo caso, la maggior concentrazione degli inquinanti ha effetto diretto sulla salute dell'uomo o sul territorio circostante (piogge acide, deterioramento della vita vegetale e dei monumenti). Poiché notevole contributo deriva dal traffico stradale, particolarmente esposti sono i centri cittadini.

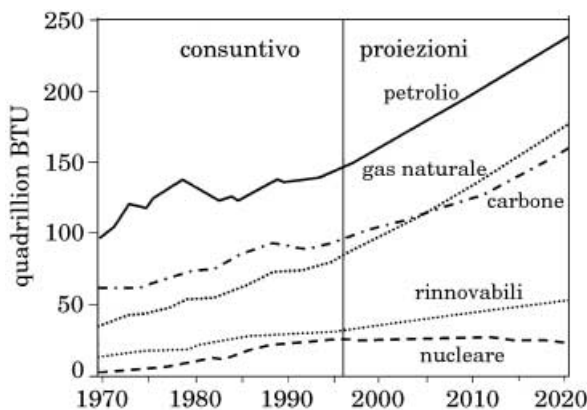


Fig. 2.

Tabella I. Origine dei principali inquinanti — Per cento del Totale — Europa dei 15.

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	VOC	SO ₂	PM ^a
Trasporti	24	0.9	6.8	51.8	57	27.1	4.1	46
Uso domestico	20	32.3	4.1	13.1	21	8.6	7.4	33
Centrali	33.1	16.7	3.7	19.2	1.5	8.2	68.1	6
Industria	22.6	0.5	23.0	14.8	17.7	37.8	20.2	14
Agricoltura	-6.1	49.6	62.0	0.5	2.6	18.3	0	0
Altri	0.5	0.0	0.4	0.6	0.2	0.1	0.1	1

European Environment Agency, Annual European Community: *Greenhouse Gas Inventory 1990-1998, May 2000*^(a) J.G.Ayres, *Chem.Ind.*, Nov. 4 (1996) 827.

L'impatto globale deriva dall'accumulo di GHG (gas serra), con effetto di riscaldamento della Terra e variazioni climatiche.

1.1. – La consapevolezza sociale

Le attività umane hanno sempre avuto un impatto sull'ambiente, ma negli ultimi decenni sia per il miglioramento del tenore di vita per larghi strati della popolazione con il correlato aumento dei consumi sia per l'aumentata consapevolezza degli effetti estremamente negativi dell'inquinamento è andata maturando nella comunità una spinta via via più forte a rendere compatibili sviluppo e ambiente. Ciò si è tradotto in un aumentato ricorso alla legislazione al fine di regolamentare composizione dei combustibili, emissioni, qualità dell'aria e dell'acqua.

2. – Impatto globale: riduzione delle emissioni di CO₂ nella produzione di energia

In termini di effetti sul clima, ciò che desta maggior preoccupazione è il crescente accumulo di CO₂ in atmosfera. Le emissioni di questo composto derivano da sorgenti naturali, quali oceani (30 miliardi t/a), decomposizione vegetale (30 miliardi t/a) e respirazione vegetale ed animale (30 miliardi t/a). Le emissioni imputabili alle attività antropogeniche contribuiscono con sette miliardi di tonnellate annue, sufficienti a spostare il delicato equilibrio fra la CO₂ prodotta e quella smaltita. Il 75% della CO₂ antropogenica deriva dalla combustione di carburanti fossili (fig. 3).

Con la stesura dei Protocolli di Kyoto (dicembre '97), è iniziata la programmazione della riduzione a livello mondiale delle emissioni che alimentano l'effetto serra.

La posizione assunta dalla nuova amministrazione statunitense con la mancata ratifica

dei Protocolli comporta la necessità di nuove negoziazioni (Marrakesch) sugli obiettivi (che verranno ridimensionati) e l'introduzione di clausole di scambio di crediti (forestazione in cambio di emissioni).

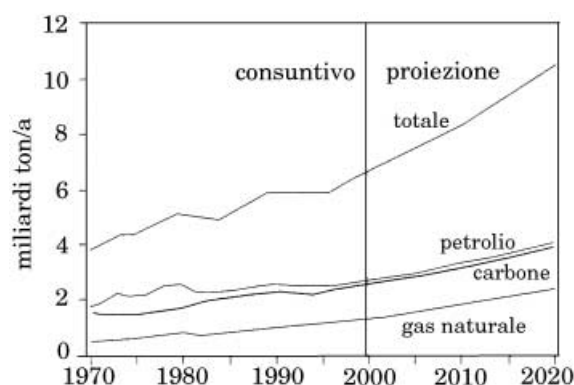
L'energia elettrica, tipica delle economie avanzate, è l'uso finale di energia a maggiore richiesta di energia primaria ed è largamente prodotta da combustibili fossili (grande contributo del carbone). Di fatto la generazione di potenza è il maggiore contributore alle emissioni di CO₂.

L'intensificarsi delle preoccupazioni di un possibile cambio del clima per effetto dei gas serra può fortemente influenzare la generazione di potenza (GP).

Le emissioni dalle centrali elettriche sono state sicuramente ridotte grazie ai sistemi di rimozione degli ossidi di azoto e di zolfo, ma risentono ancora del tipo di combustibile impiegato che, secondo il proprio rapporto idrogeno/carbonio, produce più o meno CO₂.

2.1. – Uso di combustibili più puliti

La riduzione delle emissioni di CO₂ nella GP è certamente possibile con una produzione più efficiente dell'energia nella catena *well-to-wire*, soprattutto nei settori dell'industria, della produzione di elettricità nelle centrali termiche.

**Fig. 3.**

Sul versante del *fuel* nel medio-breve periodo minori emissioni di CO₂ si possono conseguire con lo sviluppo dell'impiego di combustibili con un alto rapporto H/C (*fuel switching*), in particolare con il gas naturale (GN).

Il gas naturale è il combustibile a minore impatto serra nella catena *well-to-wire* perchè ha il più alto rapporto H/C, dunque la maggior efficienza in termini di ridotta produzione di CO₂. Il vantaggio è inoltre aumentato dall'uso dei moderni cicli combinati con turbogas — turbine a vapore che raggiungono efficienze del 60%, non ottenibili con altri combustibili. Non contiene neanche eteroatomi, quindi anche le altre emissioni sono ridotte.

Il GN è largamente disponibile, con riserve stimate di 132 miliardi di TOE (*Ton Oil Equivalent*). Queste riserve disponibili di gas, paragonabili per entità a quelle di petrolio grezzo, rendono il GN il *fuel* ideale per un periodo di transizione verso un'economia basata su nuove forme eneegetiche (*Hydrogen Economy?*).

Il GN viene trasportato dalle regioni più remote ai mercati di consumo via metanodotti sia marini sia terrestri fino a distanze dell'ordine di 2-3000 km. Oltre queste distanze diviene più conveniente il trasporto via navi metaniere come gas liquefatto (GNL). Quest'ultima opzione ha trovato in Italia un ostacolo finora insormontabile nell'opposizione della pubblica opinione per il temuto impatto ambientale della rigasificazione nel terminale di arrivo.

Recentemente si intravede anche la possibilità di generazione microdistribuita (su scala domestica — condominiale — piccoli aggregati) di energia elettrica mediante *fuel cells* (PEM o SOFC) alimentate a metano.

2.2. – Opzioni per la cattura e sequestrazione della CO₂

L'opzione ecologicamente più desiderabile resta il ricorso a tecnologie a bassa o zero-CO₂

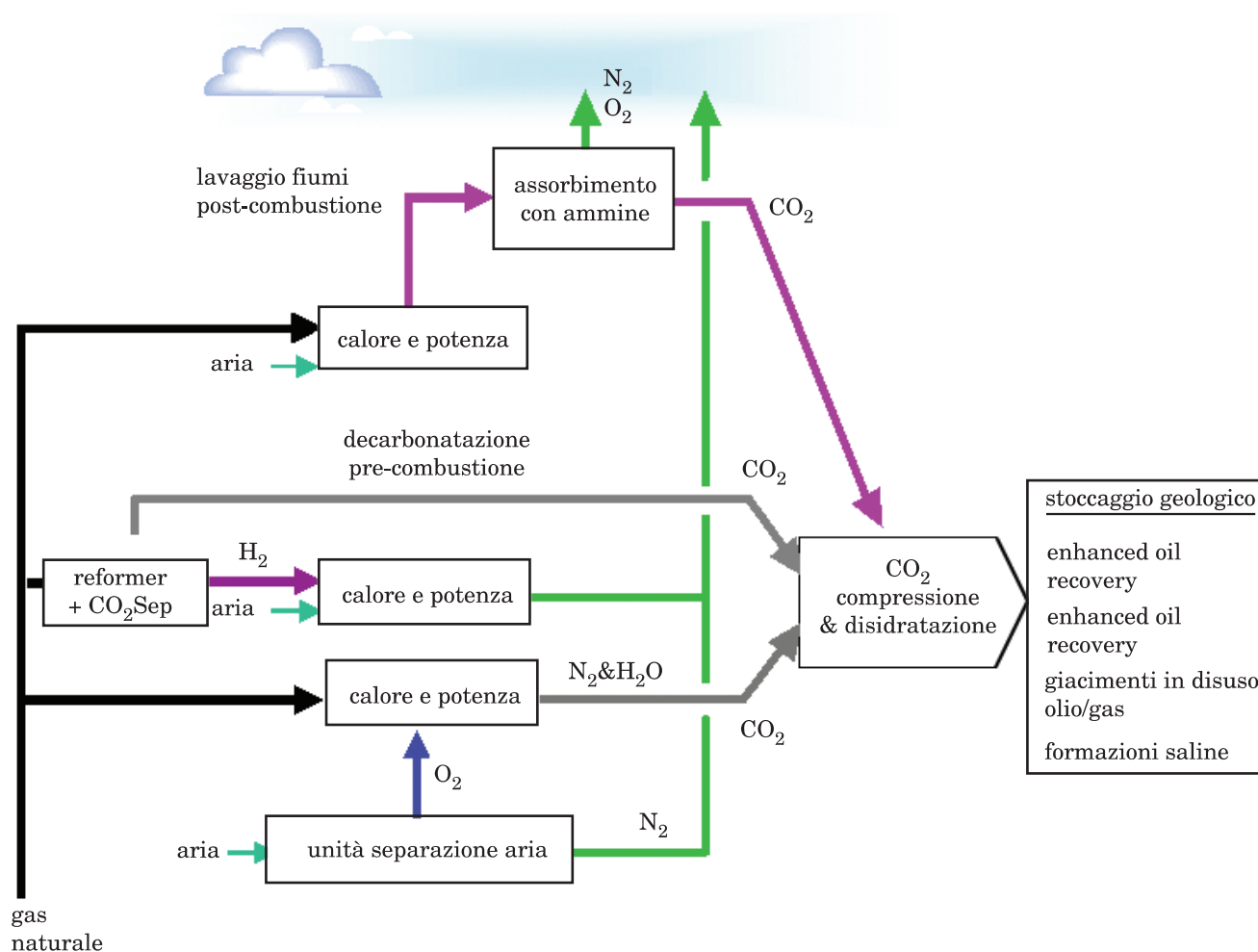


Fig. 4.

tra cui bisogna includere, oltre al nucleare ed ai rinnovabili, anche le tecnologie di GP con cattura o sequestrazione di CO₂. Numerosi studi indicano che è possibile immagazzinare permanentemente CO₂ in serbatoi naturali (formazioni geologiche quali campi in disuso di petrolio o gas, giacimenti salino-acquiferi, miniere di carbone inutilizzabili).

La reiniezione di CO₂ nel sottosuolo è stata recentemente introdotta in Norvegia, ove peraltro vige la *carbon tax* sulle emissioni di CO₂.

La reiniezione presuppone la «cattura» selettiva della CO₂. Ciò può essere fatto in post-combustione (recupero dai fumi di combustione) o in pre-combustione via decarbonatazione di un gas di sintesi di cui si manda in combustione solo l'idrogeno (fig. 4).

Recentemente è stato attivato un progetto internazionale «CO₂ Capture Project (CCP)» il cui obiettivo è quello di poter arrivare a ridurre drasticamente i costi della sequestrazione della CO₂ e sviluppare metodi per il suo stoccaggio in formazioni geologiche. Al CCP partecipano alcune tra le maggiori *oil companies* (BP, Shell, Chevron, Texaco, Pan Canadian, Suncor Energy, Statoil, Norsk Hydro, ENI).

Il progetto comprende: la valutazione di tecnologie disponibili e in via di sviluppo, l'identificazione di *gap* tecnologici e lo sviluppo di tecnologie innovative. Alla fine di questa fase saranno scelte le tecnologie più promettenti da portare al livello di impianto dimostrativo nella fase successiva (2004-2006).

Le tecnologie attuali di rimozione della CO₂ dai fumi (mediante lavaggio con ammine) indicano che la cattura della CO₂ penalizza di ca. 10 punti % l'efficienza della GP ed introducono un costo addizionale di ca. 55 \$/t CO₂ rimossa (Fonte: *IEA Greenhouse Gas R&D Programme Combustion*, Canada 1999). La separazione della CO₂ dai fumi non sembra quindi facilmente percorribile. Nuove tecnologie sono quindi necessarie.

Uno scenario ragionevole per le riduzioni di CO₂ da GP indica per il medio-breve (al 2010) un intensificarsi del *fuel switching* da carbone o *fuel oil* a GN. In questo senso nuove tecnologie in fase di sviluppo per la conversione del fondo del barile a prodotti per autotrazione, eliminando così il *fuel oil*, facilitano il *fuel switching*.

Al 2010-2020 è attesa l'introduzione uso di tecnologie innovative CO₂ neutre quali ad es. la combustione con ossigeno separato dall'azoto o con l'ossigeno strutturale di un solido circolante come il *chemical looping*.

3. – Ambiente e mobilità

Il traffico urbano è percepito dalla comunità come la maggiore fonte di inquinamento degli agglomerati urbani.

Il trasporto infatti incide sulle emissioni di CO₂ (il 24%) ed inoltre contribuisce significativamente alle emissioni di inquinanti che impattano a livello locale sulla vivibilità dei centri cittadini.

La frontiera tecnologica si pone come obiettivo la riduzione sia dei consumi per la riduzione dei gas serra sia degli inquinanti ad impatto locale per il miglioramento della qualità dell'aria.

Mobilità e trasporto sono basati sui motori a benzina o diesel (alcune caratteristiche in tabella II); in Europa si ha un consumo quasi uguale tra i due *fuels*, mentre negli USA si ha una netta (4:1) prevalenza dei veicoli a benzina.

Lo sviluppo tecnologico delle autovetture e dei carburanti porta ad una continua diminuzione dei consumi e delle emissioni di CO₂; trasmissione, peso, aerodinamica, attriti e motori sono stati ottimizzati in funzione di ciò. Le nuove tecnologie motoristiche privilegiano la combustione *lean burn* (in eccesso di ossigeno), attraverso un sofisticato sistema di controllo digitale dell'alimentazione a iniezione (on board diagnostic).

In termini di LCA (*Life Cycle Analysis*) per la CO₂ ovvero di riduzione di CO₂ nell'intero ciclo di vita della catena *Well-to-wheel*, il ciclo diesel

Tabella II. Alcune caratteristiche dei *fuels* per il trasporto.

	Benzina	Diesel
Intervallo di ebollizione	35-200 °C	200-350 °C
Composizione	idrocarburi ramificati, olefine, naftaleni, aromatici leggeri, ossigenati	idrocarburi lineari a catena lunga, aromatici pesanti, policiclici
Combustione	Numero di ottani	Numero di cetani
Caratteristiche	Curva di distillazione, pressione di vapore Reid (PVR)	Proprietà a freddo
Marmitta catalitica	Marmitte catalitiche a 3 vie	Ossidazione catalitica + trappole PM

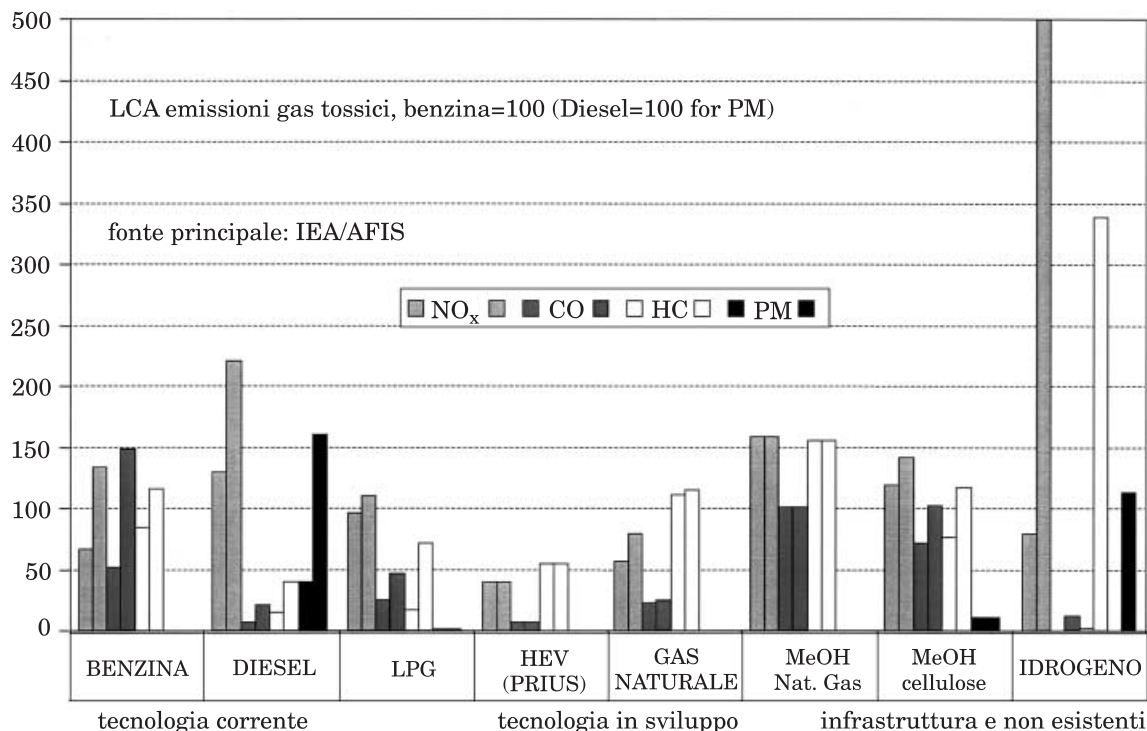


Fig. 5.

risulta più efficace poichè presenta il vantaggio di una maggiore efficienza termica rispetto a quello Otto (44% vs. 24%).

Grazie al sistema *common rail* di iniezione ad alta pressione le moderne vetture diesel hanno fortemente ridotto i consumi e raggiunto livelli prestazionali eccellenti. La commercializzazione di motori diesel che consumano 3 litri ogni 100 chilometri (o 80 miglia per gallone) è ormai prossima.

Ciò lascia prevedere una maggiore penetrazione del diesel nel *light duty*, cioè le vetture passeggeri. Bisogna, però, tenere conto del LCA per tutte le altre emissioni (fig. 5).

Crescente preoccupazione destano infatti le emissioni di particolato da parte dei veicoli diesel soprattutto nel campo delle polveri fini. Gli inverni 1999-2000 e 2000-2001 hanno visto numerose restrizioni al traffico a Milano per eccessiva concentrazione di particolato. Sono attese nuove regolamentazioni a questo riguardo.

In effetti la tecnologia automobilistica ha compiuto un continuo sviluppo per aderire ai sempre più restrittivi criteri di compatibilità ambientale. Ciò ha portato ad una riduzione delle emissioni del 90% ca. dal 1970 al 1990. Entro il 2005 è prevista un'ulteriore riduzione

Tabella III. Evoluzione delle specifiche Europee per la qualità del carburante.

		2000	2005	2011
Benzina		UE	UE	UE
Zolfo	ppm, max	150	50	10
Aromatici	%v, max	42	35	
Olefine	%v, max	18	18	
Benzene	%v, max	1	1	?
RVP	kPa, max	60/70 ^(a)	60/70 ^(a)	
FBP	°C, max	205	205	
Diesel				
Zolfo	ppm, max	350	50	10
Densità	kg/m ³ , max	845	845	
No. Cetani	min	51	51	
I. Cetani	min	46	46	?
T95	°C, max	360	350	
PAH	%p, max	11	11	

^(a) Clima Artico

quasi di un fattore 10, portando la riduzione totale al 98% rispetto agli anni '70.

Il continuo sforzo evolutivo dei veicoli con motori a combustione interna è stato determinato dallo sforzo combinato delle industrie automobilistiche e delle compagnie petrolifere, con il contributo dell'industria dei catalizzatori per il trattamento degli scarichi.

Sul fronte dei combustibili, l'evoluzione delle specifiche ha sempre più determinato una «formulazione» sempre più indirizzata alla limitazione dei componenti ritenuti responsabili della formazione di sottoprodotti dannosi alla salute: la raffineria ha adattato e continua ad adattare i suoi cicli produttivi alla legislazione (tabella III).

4. – Idrogeno da fonti fossili

Le tecnologie correnti (fig. 6) prevedono la trasformazione (*reforming*) degli idrocarburi, per reazione con ossigeno e/o vapor d'acqua, in una miscela di idrogeno e ossido di carbonio, che a sua volta viene convertito in altro idrogeno e CO_2 . L'idrogeno è praticamente ottenibile da tutte le fonti fossili: è possibile alimentare alla «gassificazione» dal GN al carbone, dai residui del petrolio al coke, dai rifiuti urbani ai rifiuti animali.

La materia prima più conveniente è ovviamente il gas naturale, ma, anche in questo caso, per impiego dell'idrogeno su larga scala come vettore energetico, le tecnologie oggi disponibili sono penalizzate per capacità degli impianti, costo di investimento, consumi energetici.

Il vantaggio di combustibile «pulito» per eccellenza si può ottenere solo producendo idrogeno in modo efficiente ed altrettanto efficientemente sequestrando la CO_2 coprodotta con l' H_2 .

Questa prospettiva determina una serie di obiettivi per le attività di Ricerca e Sviluppo: aumento di capacità dei singoli impianti, riduzione del costo di investimento, miglioramento dei consumi energetici e produzione di H_2 con sequestrazione della CO_2 .

Quest'ultimo obiettivo è certamente il principale in quanto attraverso la separazione ed il confinamento permanente della CO_2 nel sottosuolo rende l'energia fossile EQUIVALENTE all'energia rinnovabile. Un esempio è la tecnologia in fase di sviluppo di produzione di idrogeno via *water splitting* (fig. 7).

In tal modo fonti fossili e rinnovabili sarebbero esattamente sullo stesso piano nei confronti dell'ambiente e il mercato potrebbe scegliere la soluzione più conveniente.

Un ulteriore obiettivo consiste nella miniaturizzazione per produzione a bordo di veicoli in quanto consente l'uso in autotrazione delle *fuel cells* (alimentate a metanolo o benzina con loro *reforming* a idrogeno).

Queste tecnologie che fino a pochi anni fa non erano considerate convenienti, lo stanno diventando, sebbene solo in nicchie di mercato, visti i seri problemi di *re-engineering* delle infrastrutture di produzione e distribuzione, ed il costo ancora molto elevato.

5. – Considerazioni conclusive

- Le risorse mondiali di combustibili fossili, ed in particolare di petrolio, saranno la colonna portante dello sviluppo ancora per decenni, almeno alla luce delle tecnologie oggi disponibili.
- La qualità dei grezzi disponibili tende a peggiorare, richiedendo alla raffinazione un maggiore ricorso a tecnologie di *up-grading*.
- Il gas naturale tende ad aumentare il proprio peso come fonte energetica primaria, ed è previsto che sia il vettore energetico di transizione dall'economia del petrolio a quella dell'idrogeno.
- I carburanti per autotrazione subiranno un continua riformulazione, per soddisfare le condizioni di compatibilità con l'ambiente.
- L'autotrazione diesel tenderà ad espandersi a maggior tasso rispetto a quella a benzina
- Ovviamente i nuovi carburanti devono essere

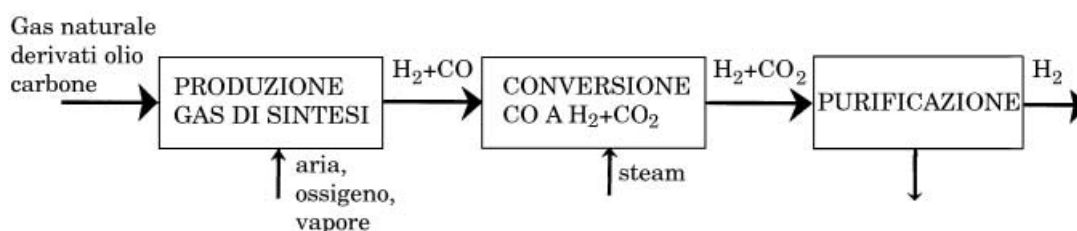


Fig. 6.

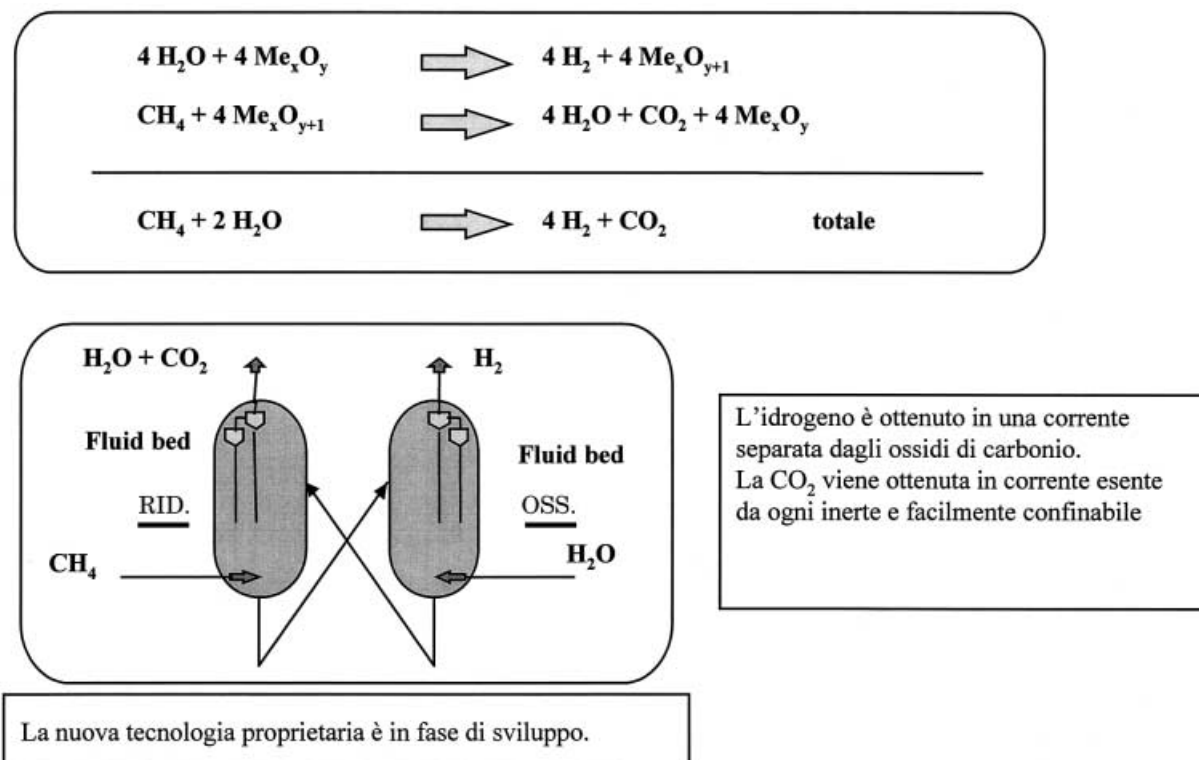


Fig. 7.

sviluppati in simbiosi con i propulsori ai quali saranno destinati, ottimizzando le prestazioni del ciclo termodinamico, migliorandone l'efficienza.

- Di conseguenza l'evoluzione della tecnologia motoristica e della combustione trarrà beneficio dalla riformulazione dei carburanti, e lo sforzo congiunto dei costruttori di auto e dei raffinatori per ottimizzare il sistema auto-carburante sarà aumentato.
- I sistemi innovativi di produzione di energia, di trasporto, ogni vettore energetico alternativo deve competere in termini di qualità e costo con i sistemi tradizionali basati sulle fonti fossili.
- La disponibilità delle infrastrutture per la distribuzione dei *fuel* è critica
- Lo sviluppo dell'idrogeno come vettore energetico da fonti fossili, presuppone la possibilità di produrlo su impianti di grande scala, con elevati rendimenti di trasformazione e con sequestrazione della CO₂. Alcune tecnologie che possono raggiungere questi obiettivi sono state individuate.
- In ogni caso una politica efficace di contenimento delle emissioni richiede precise scelte di priorità poiché assorbe grandi risorse economiche: la formulazione di nuovi carburanti

e la progettazione di nuovi veicoli sottrarrà in investimenti ad altri bisogni.

Molto può essere fatto con l'attuale tecnologia, ma nuove sfide per la comunità scientifica e tecnologica devono essere affrontate per ridurre le emissioni ad un valore accettabile senza effetti permanenti dal nostro ecosistema.

PROBLEMI ENERGETICO-AMBIENTALI E INFORMAZIONE SCIENTIFICA

R.A. Ricci

INFN - Laboratori Nazionali di Legnaro, Padova

Viviamo in un momento particolare della nostra storia e non va dimenticata la necessità di difendere e far progredire i valori fondamentali della nostra civiltà per una evoluzione pacifica delle società umane.

La democrazia vive di libertà e di solidarietà ma è legata non solo allo sviluppo economico e politico ma anche a quello culturale. Per questo anche in tema di bisogni energetici e di protezioni ambientali, occorre comprendere che se essi sono aspetti cruciali della società moderna, vere e proprie chiavi di volta del cosiddetto

«sviluppo sostenibile», una terza chiave entra nel gioco: l'informazione scientifica.

Non è infatti un problema minore quello dell'acquisizione di dati affidabili e della loro corretta interpretazione, non solo per la comunicazione all'opinione pubblica ma anche per fornire basi fondate di conoscenza ai decisori politici.

Tuttavia esiste una grande varietà di usi distorti di tali conoscenze o, addirittura di informazioni deformate, dovute in particolare a superficiali comportamenti dei mass-media ed anche a veri e propri atteggiamenti pseudo o antiscientifici collegati a precise posizioni ideologiche e politiche.

È mia opinione che non vi sia una contromossa sufficiente da parte della comunità scientifica.

Nel campo energetico-ambientale si possono fare numerosi esempi. Mi limiterò a citarne alcuni.

6. – Problemi ambientali e sanitari

Prendiamo il caso dei *cambiamenti climatici*.

Non vi è dubbio che il nostro pianeta — non essendo un sistema statico e immutabile (il che non sembra far parte della cultura comune) — sia sottomesso a modifiche importanti durante la sua vita. *Anche in assenza dell'uomo*.

Il problema scientifico è abbastanza delicato a causa del gran numero di parametri necessari per una modellazione dell'evoluzione climatica storicamente fondata nei suoi aspetti geologici e planetari.

Considerare pochi aspetti come l'*effetto serra* e attribuire le conseguenze «dannose» sostanzialmente alle attività antropiche è abbastanza discutibile. Accettiamo tuttavia l'«idea comune» di un possibile (quanto «probabile?») riscaldamento globale e di una possibile accelerazione dell'effetto serra dovuto alle attività industriali umane (specialmente emissioni di CO₂ da combustibili fossili).

Ciò non toglie che non si debbano diffondere notizie catastrofiche e per giunta false per enfaticizzare il problema. Un caso emblematico (ma ve ne sono a iosa) è stata la notizia riportata recentemente dal *New York Times* sullo «scioglimento del Polo Nord» in relazione al fatto che una spedizione russa aveva individuato una «chiazza d'acqua larga un miglio» laddove tale evento non era mai stato visto, non dico a memoria d'uomo, ma, cito : «..... da 50 milioni di anni a questa parte» (sic)!

Ovviamente la notizia è risuonata con grande enfasi e mettendo in causa l'effetto serra (antropico, ben inteso!) sulla stampa e sui programmi televisivi italiani. Si trattava di una bufala, naturalmente. Ma mentre il *New York Times* per lo meno faceva marcia indietro qualche giorno dopo, *scusandosi con i lettori*, poco o nulla è apparso da noi e comunque senza chiare rettifiche e scuse per non aver approfondito l'informazione. Il che avviene, di solito, molto raramente.

Per essere più seri, accennerò al problema della riduzione delle emissioni di CO₂. Il protocollo di Kyoto — che sarà sempre più soggetto a ridimensionamenti — prevedeva di ricondurre tali emissioni globali nel 2000 al livello del 1990. Tanto per fare un esempio, visto che siamo già nel 2001 e tale obiettivo è lungi dall'essere stato raggiunto, il contributo dell'Italia su scala globale è del 2% (~450 MtCO₂ eq, milioni di tonnellate di CO₂ equivalenti). L'obiettivo nazionale al 2000 era di una diminuzione del 6.5%.

Siamo fuori oggi del 13% circa. Inoltre, per soddisfare le richieste al 2008 (586 MtCO₂ eq da confrontare con una previsione di almeno 600) occorrerebbero drastiche misure di risparmio ed efficienza energetica.

Altri esempi tipici che riguardano da vicino problemi di salvaguardia della salute sono la questione dell' «uranio impoverito» e quella ancora più emblematica del cosiddetto «elettrosmog».

Cominciamo da quest'ultimo. Mi limiterò a leggere qualche frase dell'appello che molti di noi hanno inviato a suo tempo al Presidente della Repubblica:

«Sulle radiazioni non-ionizzanti sono stati scritti più di 25.000 articoli negli ultimi 30 anni. Si sa più su questo agente che su qualunque composto chimico... La Commissione Europea ha approvato un importante comunicato sul principio di precauzione, fornendo le condizioni per la sua applicazione. Ebbene: tali requisiti non sembrano essere soddisfatti né nel caso dei campi elettromagnetici a frequenza industriale, né in quello dei campi a radiofrequenza.

L'ICNIRP (la Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non-Ionizzanti, ufficialmente riconosciuta dall'OMS) ha suggerito valori di soglia che sono già 50 volte inferiori a quelli per i quali si cominciano a osservare innocui effetti biologici. In ogni caso i valori dei campi cui si è normalmente esposti

sono già almeno 100 volte inferiori a quelli di soglia suggeriti dall'ICNIRP.

Malgrado ciò, nel nostro Paese si sta sviluppando un orientamento precauzionale che, ignaro delle più serie valutazioni scientifiche e della Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea ai Paesi Membri di adottare un quadro comune di normative, è teso a imporre valori di soglia legali inferiori ai già prudenti valori suggeriti dall'ICNIRP. Tali valori appaiono atti solo a giustificare un enorme sperpero di denaro pubblico per effettuare immotivati controlli o, peggio, costose opere di intervento agli elettrodotti. Una tale spesa (che si prospetta dell'ordine di diverse decine di migliaia di miliardi), se motivata da esigenze sanitarie, essendo queste assenti, è eticamente insostenibile: storna enormi risorse da emergenze sanitarie accertate e dalla ricerca scientifica accreditata....».

È da questo appello del resto che è nato il Movimento Galileo 2001, in difesa della libertà e dignità della scienza, di cui il Nuovo Saggiatore ha pubblicato il Manifesto.

Veniamo all'uranio impoverito. E qui il discorso investe la scarsa cultura relativa ai rischi da radiazioni. In questo l'opinione pubblica viene «forzata» a vedere il fenomeno come altamente misterioso, molto complesso e estremamente pericoloso. Rimane il problema di come spiegare e convincere che la radioattività è uno degli agenti ambientali più semplici e meglio compresi, molto di più, per esempio, delle azioni biologiche del biossido di zolfo, degli ossidi di azoto e altri agenti chimici come, in particolare, il biossido di carbonio.

Quanto si deve faticare per spiegare che il rischio da radiazione è un dato quantitativo e meglio misurabile dell'inquinamento atmosferico, degli additivi alimentari, degli insetticidi, dei prodotti tossici e così via? E che l'informazione e le conoscenze in merito sono basate su criteri «scientifici» ineccepibili?

Siamo di fronte ad una situazione in cui il pubblico — grazie anche alla disinformazione di buona parte dei mass-media e alla mancanza di una sufficiente educazione scolastica — ha sviluppato la convinzione che il rischio da radiazioni è incomparabilmente maggiore di quanto indicato dalla corretta informazione scientifica.

Non parliamo della percezione del rischio, in generale, completamente disgiunta dalla conoscenza del concetto di probabilità che tutti,

dalle comunità scientifiche agli organi d'informazione, ai politici abbiamo il dovere di rendere accessibile all'opinione pubblica.

7. – Il problema energetico

Qui la storia dell'energia nucleare è veramente paradigmatica. Una prima questione è che un approccio scientifico normale dovrebbe essere quello di considerare tutte le sorgenti di energia disponibili e potenziali, senza alcuna discriminazione e fare un confronto oggettivo dei pro e dei contro rispetto alla situazione sociale.

Come mai l'opposizione più forte, che deriva da reazioni emotive e, ancor peggio, da informazioni distorte, è sostanzialmente concentrata sull'energia nucleare? Questo non è solo un problema sociale e politico legato ad aspetti tecnologici, ma più propriamente è una «questione scientifica».

Incidentalmente il problema è anche divertente — se mi si consente questa espressione — e illumina una certa dicotomia nell'atteggiamento «schizofrenico» degli estremisti verdi: da una parte essi attribuiscono l'effetto serra alle emissioni di CO₂ di origine antropica (La Peste), dall'altra sono ferocemente contrari all'uso dell'energia nucleare (Il Colera), l'unica fonte disponibile in larga misura che può contribuire a ridurlo.

Vi è quindi un paradosso.

La società moderna è sempre più investita da innovazioni tecnologiche risultanti dallo sviluppo delle conoscenze scientifiche. D'altra parte, la scienza non è generalmente considerata come un aspetto essenziale della cultura (vedi ad esempio la terminologia Scienza e Cultura), pur essendo la chiave fondamentale per un corretto controllo delle applicazioni tecniche e una conoscenza corretta a monte di ogni decisione politica.

È quindi l'informazione scientifica e corrispondentemente l'educazione e la formazione che la precedono a dover essere considerata in particolare dalle comunità scientifiche il cavallo di battaglia da addestrare, se non domare, prima di cavalcarlo e utilizzarlo come strumento di progresso e di evoluzione culturale prima che sociale.

Il problema da affrontare non è solo e non tanto quello della comunicazione alla «gente comune» ma a quanti — intellettuali, giornalisti, politici — hanno il potere di influenzarla. Dibattiti come questo hanno senso se si ha coscienza del problema.

È un compito arduo. Ma dobbiamo assolverlo.

ASSEMBLEA GENERALE DEI SOCI DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

Milano, Università degli Studi di Milano Bicocca, 25 settembre 2001

G.-F. Bassani: I punti all'ordine del giorno sono i seguenti: approvazione ordine del giorno che consiste di sette punti, il secondo è l'approvazione del verbale dell'Assemblea dei Soci del 10 ottobre a Palermo. I verbali dell'assemblea dei soci, questa è la regola, vengono pubblicati sul Nuovo Saggiatore e vengono approvati nella riunione successiva. Il verbale è stato distribuito e se ci sono correzioni verranno apportate come varianti nel verbale della riunione di oggi. Terzo punto sono le relazioni finanziarie. Vanno divise in due parti: la relazione commerciale e la relazione generale della società. Quarto punto è la nomina dei revisori dei conti. Quinto la relazione del Presidente. Sesto punto, il più importante, è la discussione della relazione con i suggerimenti vari. Al settimo abbiamo le varie ed eventuali. Va bene a tutti questo ordine del giorno? Chi è favorevole ad approvare questo ordine del giorno alzi la mano, chi è contrario lo dica. Allora, approvato l'ordine del giorno, devo lasciare un po' di tempo perché abbiate la possibilità di leggere il rapporto dell'assemblea dell'anno scorso a Palermo. Chi non l'ha già letto sul Nuovo Saggiatore, chi ha osservazioni da fare può alzare la mano e farle subito. A me sembrava che andasse bene il verbale della riunione anche perché in genere quello che si fa prima di pubblicarlo sul Nuovo Saggiatore, siccome viene tratto da registrazione, è di inviarlo a chi ha fatto degli interventi perché possa correggere o semplificare l'intervento. Quindi tutti quelli che hanno fatto degli interventi l'hanno già visto. Chi ha osservazioni al verbale della precedente riunione? Non vedo osservazioni e allora chiedo di approvare il verbale della precedente riunione. Alzi la mano chi approva il verbale. Alzi la mano chi non lo approva o chi si astiene. Il verbale è approvato.

Adesso passiamo alle relazioni finanziarie. Volevo dire che al solito le relazioni finanziarie sono due, la prima è la relazione dell'attività commerciale che viene fatta presentando un bilancio di competenza. Il bilancio commerciale deve essere separato perché per il bilancio commerciale la Società Italiana di Fisica agisce come fosse un'azienda; questo è il bilancio che riguarda le pubblicazioni di vario tipo e su questo bilancio commerciale c'è la tassa da pagare allo Stato, l'utile che rimane dopo la tassa viene poi incorporato nel bilancio generale. Il bilancio generale viceversa è fatto sulla base delle entrate e delle uscite verificate per l'anno 2000; durante

l'anno in corso fino ad oggi, quindi se ci sono dei crediti o dei debiti non riscossi non figurano nel bilancio generale. In futuro, il Consiglio ha già deciso, su proposta dei revisori dei conti, di presentare anche per il bilancio generale il bilancio di competenza. Adesso chiederei al Dottor Comini di illustrare il bilancio del 2000 che è quello che dobbiamo approvare.

G. Comini: Comincerei con la esposizione della relazione dei revisori dei conti sul bilancio della contabilità separata. Per la parte commerciale, io definisco amara questa tassazione anche se è vero che l'attività commerciale da noi comprende sia l'editoria sia la scuola di Varenna. Però, mentre nelle imprese se si determina un reddito questo viene distribuito tra i soci, da noi non è così. Il reddito viene riportato a riserva ma i soci non ne usufruiscono. Ed è tanto più amaro pensare che il fisco, con miliardi di evasioni, non riesca a trovarle e colpisca delle società di tipo culturale scientifico, come la nostra, e le colpisca benché istituzionalmente non abbiano scopi di lucro. È vero tuttavia che la tassazione, come percentuale, ha un'aliquota ridotta. Questo bilancio del 2000, dedotte le tasse che abbiamo già pagato e che paghiamo in anticipo prima ancora dell'approvazione, come statuto vuole, ha avuto un utile di esercizio di L. 133.843.807. Ovviamente anche tutta l'attività commerciale, che viene presentata in un modello apposito unicamente ai fini fiscali, si compendia tutta nell'attività generale della Società Italiana di Fisica di cui, come revisore, relaziono in questo momento.

RELAZIONE DEI REVISORI DEI CONTI DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA AL BILANCIO ED AL CONTO ECONOMICO DELL'ATTIVITÀ COMMERCIALE CON CONTABILITÀ SEPARATA PER L'ESERCIZIO 2000.

Signori Soci,

il Bilancio ed Il Conto Economico predisposto dal Consiglio di Presidenza della Società Italiana di Fisica, attiene alla attività commerciale per il periodo 01/01/00 al 31/12/00.

L'obbligo che deriva alla S.I.F. secondo le vigenti norme di legge di approntare un bilancio per la parte «commerciale» è unicamente di carattere tributario (T.U.I.R. n. 917/86 — Capo III, art. 108).

Nel caso di specie ricorre l'obbligo di dichiarare il reddito derivante dall'esercizio di attività commerciale (nel caso editoriale e per la Scuola Internazionale di Varenna) con dichiarazione annuale nei modi e nei termini previsti dalla legislazione, su

di un apposito modello — approvato dal Ministero delle Finanze con proprio decreto.

Il Bilancio della parte «commerciale» si presenta redatto nel rispetto delle norme civilistiche-fiscali recepite dal disposto della IV Direttiva CEE (25/07/78 n. 78/660 CEE) e si compone di tre parti inscindibili:

- a) Stato Patrimoniale
- b) Conto Economico
- c) Nota Integrativa

L'esercizio 2000 si è chiuso con un utile di L. 133.843.807 comprensivo delle imposte sul reddito di L. 68.996.000 e con una perdita della gestione non commerciale di L. 177.059.426, come evidenziato dai dati contenuti nel bilancio stesso e così compendati.

Il presente bilancio è stato redatto in forma abbreviata ai sensi dell'art. 2435 bis del Codice Civile e con il più attento rispetto della normativa vigente, recepita dalla già citata IV Direttiva CEE. Compete l'esonero dalla redazione della relazione del Consiglio di Amministrazione previsto dal combinato disposto degli artt. 2435-bis e 2428, n. 3 e n. 4 del Codice Civile.

Riteniamo di portare a conoscenza che non ricorre di richiamare l'art. 105 del T.U.I.R. n. 917/86 non comparendo in bilancio riserve od altri dondi, né l'art. 10 della Legge 72/93 in quanto non si sono verificate rivalutazioni sulle immobilizzazioni che figurano in bilancio al costo storico.

Diamo atto che è stato provveduto all'adattamento del bilancio di esercizio precedente 1999 (art. 2423-ter, quinto comma, del Codice Civile) con voci disposte secondo gli attuali obblighi schematici e comunque, sulle variazioni intervenute nella consistenza delle poste dell'attivo e del passivo, è detto nella «Nota Integrativa».

Possiamo dare atto, ai fini delle valutazioni eseguite, che le stesse sono state ispirate da sani criteri di competenza e prudenza e più esattamente si è provveduto come segue.

— Le immobilizzazioni immateriali attengono unicamente alla capitalizzazione dei costi sostenuti per il ripristino dell'immobile goduto in affitto, ammortizzati direttamente con riferimento alla durata pluriennale del contratto.

— Gli ammortamenti sono stati calcolati nel rispetto delle norme fiscali e con l'applicazione delle aliquote vigenti, ivi previste.

— Le rimanenze finali sono state calcolate con il metodo LIFO con il risultato di non differire sostanzialmente dai costi correnti di beni di analoga categoria.

— Non si sono verificati casi eccezionali che abbiano reso il necessario ricorso alle deroghe art.

Stato Patrimoniale	
<i>Immobilizzazioni:</i>	
Immateriali	10.538.345
Materiali	107.554.614
Finanziarie	5.629.228
<i>Attivo circolante:</i>	
Rimanenze	14.170.678
Crediti	1.143.596.894
Disponibilità liquide	467.506.719
Ratei e risconti	2.630.930
TOTALE ATTIVO	1.751.627.408
Altre riserve	81.496.000
Utili portati a nuovo	762.124.424
Utile (perdita) d'esercizio	(43.215.619)
Fondi per rischi e oneri	11.490.000
Debiti	406.560.194
Ratei e risconti	533.172.409
TOTALE PASSIVO	1.751.627.408
Patrimonio Netto Evidenziato	800.404.805
Conto Economico	
Valore della produzione	2.610.530.482
Costi della produzione	2.617.804.298
Differenza	(7.273.816)
Proventi e oneri finanziari	12.727.870
Proventi ed oneri straordinari	20.326.327
Risultato prima delle imposte	25.780.381
Imposte sul reddito dell'esercizio	(68.996.000)
Perdita gestione non commerciale	177.059.426
Risultato d'esercizio	133.843.807

80

2423, quarto comma, ed art. 2423-bis, secondo comma, del Codice Civile.

— I crediti commerciali sono iscritti secondo il loro presumibile valore di realizzo. Gli altri crediti sono iscritti al loro valore nominale.

— I debiti commerciali e non, sono iscritti al passivo patrimoniale al loro valore nominale.

— Costi e ricavi sono stati determinati avuta presente la competenza.

— I ratei ed i risconti sono stati riportati al periodo di competenza.

— Le disponibilità liquide sono state indicate strettamente in ossequio agli importi cartolari.

Proponiamo l'approvazione del Bilancio come redatto nel rispetto delle vigenti disposizioni.

I Revisori
Dr. Giorgio Comini
Dr. Icilio Agostini
Dr. Luciano Delfo Majorani

G.-F. Bassani: L'utile commerciale di quest'anno è inferiore a quello dell'anno scorso. A che cosa è dovuto questo?

G. Comini: A cosa sia dovuto non potrei dirlo. Bisognerebbe che avessi il bilancio dell'anno scorso anche perché ho dimenticato di dire una cosa: il bilancio commerciale, che viene fatto secondo una direttiva CEE del '78, la 660, viene redatto su un modello particolare attraverso il quale si modifica il risultato civilistico, cioè delle entrate e delle uscite, a secondo che determinate spese siano o non siano detraibili. Quindi si modifica ancora il risultato civilistico che non è quello fiscale; noi abbiamo quello fiscale. Bisognerebbe vedere quali sono state le modifiche per stabilire come si è raggiunto questo utile, che forse civilisticamente poteva essere superiore.

G.-F. Bassani: Probabilmente si può vedere facendo il confronto dettagliato. La mia impressione è che ci sia stato un calo degli abbonamenti.

G. Comini: Per me sì.

G.-F. Bassani: L'anno scorso, nel 2000, per la prima volta abbiamo chiuso la sezione A del Nuovo Cimento che era quella che rendeva di più, perché era quella tradizionale

che aveva il numero più elevato di abbonamenti. Abbiamo inserito la sezione nello European Physical Journal, per cui abbiamo una certa quota di partecipazione, ma che per il primo anno non ha compensato la perdita. Per il futuro, European Physical Journal sta andando bene. Teniamo presente poi che noi abbiamo fatto un accordo secondo cui la sezione A è divisa in due sezioni dell'European Physical Journal: la sezione A e la sezione C dell'EPJ. La sezione C è quella di particelle elementari e fisica delle alte energie. Sulla sezione C noi non abbiamo utili, li abbiamo solo sulla sezione A, che è la parte di basse energie. Noi figuriamo anche partecipanti nella sezione C, ma siccome siamo entrati in ritardo e il Nuovo Cimento A comprendeva tutte e due le sezioni, ci hanno dato gli utili soltanto sul settore A, utili del 30% ma su un limitato settore dell'European Physical Journal. Quindi in questa operazione, rispetto all'anno scorso, come primo anno c'è stata una diminuzione.

Qual è la percentuale di tassazione?

G. Comini: La tassazione anziché del 36 è del 18%. Se noi prendiamo il bilancio commerciale e partiamo da 133.843.807 e aggiungiamo le tasse che abbiamo pagato, otteniamo 202 milioni di utile effettivo civilistico.

G.-F. Bassani: Ci sono altre domande sul bilancio commerciale? Chi è favorevole ad approvare il bilancio commerciale con l'utile di 133.843.807 alzi la mano. Chi è contrario? Chi si astiene? Tale bilancio è approvato.

Adesso vediamo il bilancio generale della società, che viene fatto sulla base delle entrate e uscite accertate, relative all'anno 2000.

G. Comini: Con anche la gestione dei residui.

G.-F. Bassani: Sì, ma esclusi il fondo di riserva.

G. Comini: Sì. Nel bilancio è scritto: previste, incassate, da incassare e poi c'è la situazione finanziaria che tiene conto anche della gestione dei residui che a quel momento si è venuta a creare. Anzi dobbiamo precisare che, secondo me e anche secondo i miei colleghi revisori, c'è un difetto nell'impostazione che risale ancora al periodo del Presidente Polvani perché i residui bisognerebbe puntualizzarli all'inizio dell'anno, non quando facciamo il bilancio, altrimenti mettiamo dentro dei residui delle gestioni precedenti che non sappiamo a quale periodo si riferiscono. Ci siamo proposti di vedere, al principio dell'anno, quali sono i nostri residui relativi al bilancio in competenza.

RELAZIONE DEI REVISORI DEI CONTI DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA AL BILANCIO CONSUNTIVO GENERALE DELL'ESERCIZIO 2000.

I sottoscritti Revisori Dr. Giorgio Comini, Dr. Icilio Agostini e Dr. Luciano Majorani in ordine al combinato disposto degli artt. 14 e 7 dello Statuto della Società Italiana di Fisica, relazione sullo andamento finanziario dell'esercizio 2000.

Ritengono innanzitutto necessario precisare che l'impostazione tecnica della presentazione dei dati di bilancio non si discosta da quella ormai da anni sempre adottata e che pertanto il bilancio, come già per il passato, si compendia in:

- 1) un bilancio consuntivo generale che consta di una parte prima «ENTRATE» e di una parte seconda «USCITE»
- 2) una dimostrazione del risultato che in allegato al sub 1° ne forma parte integrante
- 3) una situazione patrimoniale.

Oltre al predetto bilancio consuntivo generale di gestione, per esigenze ed obblighi di carattere fiscale, viene anche approntato un bilancio secondo la tecnica ragionieristica aziendale della rilevazione del reddito per la sola parte commerciale esercitata occasionalmente; nel caso di specie per l'attività editoriale e per la Scuola E. Fermi di Varenna. Detto obbligo infatti discende dal disposto del Capo III art. 108 del vigente T.U.I.R. n. 917/86, indipendentemente dal fatto che trattasi di enti che istituzionalmente hanno scopi scientifici e culturali e non di lucro. Detti obblighi ci impongono conseguentemente la stesura di uno specifico bilancio per la rilevazione del reddito della sola parte commerciale, approntato separatamente attraverso una inderogabile tenuta di particolari libri societari e che, per ottemperare alle esigenze fiscali innanzi dette, richiede l'approvazione della Assemblea dei Soci della S.I.F., in uno con la relazione degli Amministratori e dei Revisori.

Il predetto Bilancio della «Parte Commerciale» viene presentato nel rispetto delle norme civilistiche-fiscali recepite dal disposto della IV Direttiva CEE.

Per prassi sempre seguita, anche per quest'anno si provvede alla distribuzione dei bilanci in tutte le loro parti. Stante la dettagliata esposizione del bilancio, riteniamo che ci sia consentito di limitarci all'esame, nel loro assieme, dei vari titoli e capitoli di entrate e di uscite, con brevi commenti illustrativi sugli scostamenti dalla previsione, laddove si sono verificati in sede consuntiva.

Parte prima: Entrate

Titolo I – Entrate effettive Sez. I – Ordinarie

Con riferimento alle somme stanziare in via definitiva si è determinato un totale di somme accertate algebricamente in più di L. 172.161.684.

Ad influire maggiormente su detto aumento algebrico hanno contribuito le seguenti voci:

- a) EPJ
- b) Estratti Riviste
- c) Contributi stampa
- d) Dalla I.O.S.

per gli importi che con chiarezza si evincono dal Bilancio e che hanno contribuito ad annullare il minor incasso rilevante della voce E.P.L. per Lire 81.530.495.

Titolo II Sez. II – Straordinarie

Con riferimento alle somme stanziare in via definitiva si è accertata algebricamente una minore somma di L. 88.889.525.

Titolo IV

Trattasi di partite di giro e come tali trovano contropartita per eguale importo e con la stessa classificazione nella parte «USCITE» e pertanto, trattandosi di conti transitori, non influiscono sul risultato finanziario della gestione.

Parte seconda: uscite

Titolo I – Uscite effettive Sez. I – Ordinarie

a) Le spese per il personale, stipendi, contributi, assicurazioni, collaboratori, spese viaggio e diarie (artt. 1-2-3) hanno evidenziato algebricamente, rispetto la previsione, una minore spesa di L. 28.028.742.

b) Le spese sostenute dalla Società per le pubblicazioni, in sede consuntiva, hanno evidenziato algebricamente una minore spesa di L. 33.511.254. Hanno in particolare influenzato detto risparmio le voci «Il Nuovo Cimento», «EPJ», «Estratti Riviste», «Conference proceedings» ed «E.P.L.».

c) Le spese per l'attività sociale evidenziano una minore spesa rispetto alla previsione algebricamente di L. 26.361.869.

d) Le spese di gestione rilevano algebricamente una maggiore spesa sulla previsione di L. 12.282.828, causa l'incidenza delle imposte e tasse di competenza.

Titolo II Sez. II – Straordinarie

Si rileva un risparmio sulla previsione di L. 3.538.800.

Titolo III

Sulla voce «Arredamento e attrezzature varie» si rileva un maggior costo di L. 247.740 rispetto alla previsione sul quale riteniamo non occorra soffermarsi.

Titolo IV

Per le partite di giro vedasi quanto detto per le stesse voci nella parte «ENTRATE».

Titolo V – Accantonamenti

Sulla previsione una minor spesa di L. 979.250.

La «situazione finanziaria» evidenzia un avanzo dell'esercizio 2000 di L. 194.479.926.

Ritenuto che da informazioni assunte il contributo INFN accertato in meno per Lire 100.000.000 (Parte I «Entrate» - Tit. II Cap. 1 Art. 3) sarebbe comunque a disposizione della SIF che ne verrebbe prima o poi in possesso, ne deriva che l'avanzo finanziario 2000 assumerebbe il valore di L. 294.479.926 (L. 194.479.926 + 100.000.000).

Nel corso dell'anno 2000 l'ammon-tare delle entrate di tipo «ordinario» è stato di L. 2.249.161.684 e quelle di tipo «straordinario» di L. 1.055.110.475.

Le Uscite, al netto delle voci «Partite di giro» (L. 362.889.601), sono ammontate a L. 3.141.110.653.

Da questo prospetto:

Entrate ordinarie	L. 2.249.161.684
Uscite	L. 3.141.110.653
	<u>L. -891.948.969</u>

si evince che la Società deve fare assegnamento sulla continuità delle entrate a carattere «straordinario» che ci auguriamo per l'avvenire anche in crescente entità, onde dare luogo ad un maggiore assestamento finanziario a vantaggio di una sempre più potenziata e serena attività della Società.

Riteniamo doveroso dare atto che la conduzione amministrativa del Consiglio di Presidenza della S.I.F. è stata di positiva impostazione, con inoltre il lodevole intento di contenere le spese nel limite del possibile, senza comunque venire meno ad un sempre maggior potenziamento dell'attività.

Possiamo rassicurare l'Assemblea che nel corso dell'esercizio in esame abbiamo effettuato i necessari e periodici controlli, sia collegialmente che individualmente, di cui ne è dato atto nell'apposito Libro dei Verbali tenuto a cura dei Revisori.

Nel corso di detti controlli abbiamo sempre riscontrato la perfetta rispondenza dei movimenti bancari della Banca Nazionale del Lavoro di

Bilancio consuntivo 2000 - Parte I «Entrate».

Class. Bil. Tit. Cap. Art.	Descrizione articoli	Somme ammesse		Somme stanziata definitivamente	Somme accertate nell'esercizio 2000		Differenze tra somme accertate e previste	
		nel Bil. prev.	Variazioni		Riscosse	Totali	in+	in-
I	TITOLO I - ENTRATE EFFETTIVE							
	<i>Sez. I - Ordinarie</i>							
1	Avanzi da esercizi precedenti	p.m.	-	p.m.	-	-	-	-
2	Rendite del patrimonio	2.000.000	-1.500.000	500.000	477.374	477.374	-	22.626
3	Interessi su somme depositate	10.000.000	-3.000.000	7.000.000	4.950.298	2.192.577	7.142.875	142.875
	Quote sociali	100.000.000	-10.000.000	90.000.000	85.199.439	5.650.000	90.849.439	849.439
2	Abbonamenti <i>Il Nuovo Cimento</i>	420.000.000	+20.000.000	440.000.000	290.826.462	149.564.338	440.390.800	390.800
3	<i>EPJ</i>	470.000.000	-	470.000.000	178.519.844	485.074.212	663.594.056	193.594.056
4	Abbonamenti <i>Rivista del Nuovo Cimento</i>	135.000.000	+3.000.000	138.000.000	133.213.898	5.230.107	138.444.005	444.005
5	Abbonamenti <i>Giornale di Fisica e Quaderni</i>	30.000.000	-3.000.000	27.000.000	25.209.838	3.336.500	28.546.338	1.546.338
6	Abbonamenti <i>Il Nuovo Saggiatore</i>	8.000.000	-1.000.000	7.000.000	6.698.230	165.720	6.863.950	-
7	<i>Rendiconti della Scuola E. Fermi</i>	15.000.000	+3.000.000	18.000.000	17.670.357	2.068.500	19.738.857	1.738.857
8	Estratti Riviste	40.000.000	-	40.000.000	17.683.765	47.750.987	65.434.752	25.434.752
9	Vendita fascicoli arretrati	30.000.000	+4.000.000	34.000.000	33.204.062	1.362.998	34.567.060	567.060
10	Conference proceedings	70.000.000	+10.000.000	80.000.000	20.949.911	47.625.150	68.575.061	11.424.939
11	JHEP	p.m.	-	p.m.	-	-	-	-
4	Contributi stampa	35.000.000	-	35.000.000	8.179.109	50.140.334	58.319.443	23.319.443
5	Dalla I.O.S.	50.000.000	+30.000.000	80.000.000	24.446.194	71.276.722	95.722.916	15.722.916
2	Dalla North Holland	2.000.000	-1.500.000	500.000	471.927	-	471.927	-
6	Quote allievi Scuola E. Fermi	180.000.000	+2.000.000	182.000.000	182.401.498	-	182.401.498	401.498
7	Film didattici	p.m.	+5.000.000	5.000.000	5.000.000	-	5.000.000	-
8	Entrate pubblicità	p.m.	-	p.m.	-	-	-	-
9	E.P.L.	393.000.000	-	393.000.000	246.019.509	65.449.996	311.469.505	-
10	Borse ENEA/SIF	p.m.	-	p.m.	-	-	-	-
11	POS	p.m.	+30.000.000	30.000.000	29.651.828	1.500.000	31.151.828	1.151.828
		1.990.000.000	+87.000.000	2.077.000.000	1.310.773.543	938.388.141	2.249.161.684	265.303.867
II	TITOLO II							
	<i>Sez. II - Straordinarie</i>							
	ENTI PUBBLICI							
1	ENEA	p.m.	-	p.m.	-	-	-	-
2	CNR	200.000.000	-	200.000.000	-	200.000.000	200.000.000	-
3	INFN	300.000.000	-	300.000.000	200.000.000	-	200.000.000	-
3b	INFN	p.m.	+30.000.000	30.000.000	30.000.000	-	30.000.000	-
4	Ministero P.I.	p.m.	+30.000.000	30.000.000	48.890.000	-	48.890.000	-
5	Ministero Beni Culturali	20.000.000	-	20.000.000	19.997.500	-	19.997.500	-
6	Contributo dello Stato - MURST	p.m.	-	p.m.	-	-	-	-
6b	UNESCO	39.000.000	-4.000.000	35.000.000	10.852.800	24.623.720	35.476.520	476.520
6c	EC (Unione Europea)	203.000.000	-	203.000.000	194.586.716	-	194.586.716	-
6d	Altri	p.m.	+110.000.000	110.000.000	109.544.470	-	109.544.470	-
7	Ente Cellulosa - Premio esportazione	36.000.000	-4.000.000	32.000.000	32.119.860	-	32.119.860	-
8	Compensazioni e rimborsi fiscali	p.m.	+184.000.000	184.000.000	184.229.049	-	184.229.049	-
2	ENTI PRIVATI							
1	Società e organismi vari	p.m.	-	p.m.	-	-	-	-
2	Proventi diversi	p.m.	-	p.m.	204.050	62.310	266.360	266.360
		798.000.000	+346.000.000	1.144.000.000	830.424.445	224.686.030	1.055.110.475	19.981.789
								108.871.314
III	TITOLO III — MOVIMENTO DI CAPITALI							
IV	TITOLO IV — PARTITE DI GIRO							
1	Anticipazioni	p.m.	-	p.m.	125.493.655	10.300.000	135.793.655	135.793.655
2	Ritenute erariali	p.m.	-	p.m.	203.185.012	16.910.934	220.095.946	220.095.946
3	Fondo Economato	7.000.000	-	7.000.000	-	7.000.000	7.000.000	-
		7.000.000	-	7.000.000	328.678.667	34.210.934	362.889.601	355.889.601
		2.795.000.000	+433.000.000	3.228.000.000	2.469.876.655	1.197.285.105	3.667.161.760	641.175.257
								202.013.497

Bilancio consuntivo 2000 - Parte II «Uscite».

Class. Bil. Tit. Cap. Art.	Descrizione articoli	Somme annesse		Somme stanziata definitivamente	Somme accertate nell'esercizio 2000		Differenze tra somme	
		nel Bil. prev.	Variazioni		Pagate	Totali	accertate e previste in+	in-
I	TITOLO I - USCITE EFFETTIVE Disavanzo esercizi precedenti	-	-	-	-	-	-	-
1	Sez. I - Ordinarie							
	Spese per il personale							
	1 Stipendi, assegni, contributi, assicurazioni	805.000.000	-	805.000.000	734.160.347	58.101.525	792.261.872	-
	2 Collaboratori	60.000.000	-	60.000.000	57.748.000	3.086.000	60.834.000	-
	3 Rimborso spese viaggio e diarie	120.000.000	-15.000.000	105.000.000	85.926.668	2.948.718	88.875.386	-
		985.000.000	-15.000.000	970.000.000	877.835.015	64.136.243	941.971.258	834.000
	2 Pubblicazioni della Società							
	1 Il Nuovo Cimento	440.000.000	-40.000.000	400.000.000	247.431.019	143.465.236	390.896.255	-
	2 EPJ	70.000.000	+40.000.000	110.000.000	43.787.815	62.176.916	105.964.731	-
	3 Rivista del Nuovo Cimento	70.000.000	+4.000.000	74.000.000	41.096.840	33.279.690	74.376.530	-
	4 Giornale di Fisica e Quaderni	45.000.000	+7.000.000	52.000.000	22.554.312	29.988.610	52.542.922	-
	5 Il Nuovo Saggiatore	65.000.000	+2.000.000	67.000.000	20.431.290	50.215.370	70.646.660	-
6 Rendiconti della Scuola E. Fermi	45.000.000	-10.000.000	35.000.000	8.856.727	26.685.460	35.542.187	-	
7 Estratti Riviste	32.000.000	-	32.000.000	2.058.198	21.999.637	24.057.835	-	
8 Editrice Compositori	200.000.000	+40.000.000	240.000.000	166.774.200	73.225.800	240.000.000	-	
9 Conference proceedings	60.000.000	+2.000.000	62.000.000	19.489.020	30.115.450	49.604.470	-	
10 J.H.E.P.	p.m.	-	p.m.	-	-	-	-	
11 Film didattici	p.m.	-	p.m.	-	-	-	-	
12 E.P.L.	40.000.000	-	40.000.000	18.639.018	16.218.138	34.857.156	-	
	1.067.000.000	+45.000.000	1.112.000.000	591.118.439	487.370.307	1.078.488.746	5.108.299	
3	Spese per l'attività sociale							
	1 Scuola Internazionale di Fisica «E. Fermi» di Varenna	420.000.000	+165.000.000	585.000.000	581.425.014	4.961.253	586.386.267	-
	2 Congresso Nazionale S.I.F.	50.000.000	+100.000.000	150.000.000	119.370.804	28.391.144	147.761.948	-
	2b Premio SIF	20.000.000	-	20.000.000	-	-	-	-
	3 E.P.S.	40.000.000	-5.000.000	35.000.000	30.606.516	-	30.606.516	-
	4 Borse ENEA/SIF	p.m.	-	p.m.	-	-	-	-
	5 POS	530.000.000	+300.000.000	830.000.000	38.557.900	325.500	38.883.400	-
		90.000.000	-	90.000.000	71.031.237	16.879.200	87.910.437	-
4	Spese di gestione							
	1 Affitto e gestione locali	1.000.000	-	1.000.000	365.000	-	365.000	-
	2 Manutenzione macchine e mobili	8.000.000	+8.000.000	16.000.000	16.325.200	-	16.325.200	-
	2b Dispositivi informatici e multimediali	2.000.000	-	2.000.000	2.129.323	-	2.129.323	-
	3 Acquisto libri e riviste scientifiche	40.000.000	-	40.000.000	33.673.400	5.846.600	39.520.000	-
	4 Spese postali, telegrafiche, telefoniche, ecc.	5.000.000	+2.000.000	7.000.000	5.407.812	1.427.600	6.835.412	-
	5 Cancelleria, stampati, rilegature	10.000.000	+3.000.000	13.000.000	12.195.120	991.650	13.186.770	-
	6 Spese varie, di rappresentanza, ecc.	p.m.	-	p.m.	-	-	-	-
	7 Interessi passivi	1.000.000	+10.000.000	10.000.000	9.524.686	-	9.524.686	-
	7b Perdite su titoli	1.000.000	+70.000.000	71.000.000	71.001.000	15.485.000	86.486.000	-
	8 Imposte e tasse	157.000.000	+93.000.000	250.000.000	221.682.778	40.630.050	262.282.828	-
		4.000.000	+10.000.000	14.000.000	12.461.200	-	12.461.200	-
	2.000.000	-	2.000.000	-	-	-	-	
	6.000.000	+10.000.000	16.000.000	12.461.200	-	12.461.200	-	
	3.000.000	-	3.000.000	3.247.740	-	3.247.740	-	
	3.000.000	-	3.000.000	3.247.740	-	3.247.740	-	
II	TITOLO II							
	Sez. II - Straordinarie							
	1 Convegni, congressi vari, COASSI	4.000.000	+10.000.000	14.000.000	12.461.200	-	12.461.200	-
III	TITOLO III — MOVIMENTO DI CAPITALI							
	1 Arredamento e attrezzature varie	3.000.000	-	3.000.000	3.247.740	-	3.247.740	-
		3.000.000	-	3.000.000	3.247.740	-	3.247.740	-
IV	TITOLO IV — PARTITE DI GIRO							
	1 Anticipazioni	p.m.	-	p.m.	51.984.908	83.808.747	135.793.655	-
	2 Ritenute erariali	p.m.	-	p.m.	146.817.946	73.278.000	220.095.946	-
V	Fondo Economato	7.000.000	-	7.000.000	-	-	7.000.000	-
		7.000.000	-	7.000.000	205.802.854	157.086.747	362.889.601	-
	TITOLO V — ACCANTONAMENTI							
1	Spese impreviste	p.m.	-	p.m.	-	-	-	-
	2 Fondo quiescenza impiegati	40.000.000	-	40.000.000	36.020.750	3.000.000	39.020.750	-
	3 Fondo riserva di bilancio - Avanzi di gestione	40.000.000	-	40.000.000	36.020.750	-	-	-
	2.795.000.000	+433.000.000	3.228.000.000	2.718.099.010	785.901.244	3.504.000.254	379.593.200	

<i>Gestione competenze</i>				
Entrate rimosse		L.	2.469.876.655	
Entrate rimaste da riscuotere		<u>L.</u>	<u>1.197.285.105</u>	L. +3.667.161.760
Uscite pagate		L.	2.718.099.010	
Uscite rimaste da pagare		<u>L.</u>	<u>785.901.244</u>	L. -3.504.000.254
				<u>L. +163.161.506</u>
<i>Gestione residui</i>				
Entrate rimaste da riscuotere al 31.12.1999	L.	961.884.096		
Entrate effettivamente rimosse al 31.12.2000	<u>L.</u>	<u>1.094.974.758</u>	<u>L.</u>	<u>+133.090.662</u>
Uscite rimaste da pagare al 31.12.1999	L.	723.636.455		
Uscite effettivamente pagate al 31.12.2000	<u>L.</u>	<u>825.408.697</u>	<u>L.</u>	<u>-101.772.242</u>
				<u>L. +31.318.420</u>
			Avanzo finanziario 2000	<u><u>L. +194.479.926</u></u>

ATTIVO			PASSIVO		
Beni mobili da Inventario	L.	334.736.792	Beni mobili da Inventario	L.	334.736.792
Biblioteca e fascicoli arretrati	L.	1	Biblioteca e fascicoli arretrati	L.	1
Residui attivi della competenza	L.	1.197.285.105	Residui passivi della competenza	L.	785.901.244
2 quote Villa Cipressi - Varenna	L.	1.000.000	2 quote Villa Cipressi - Varenna	L.	1.000.000
 <i>A) Valori in deposito presso terzi</i>			 <i>A) Depositanti valori</i>		
INA di Prato:			INA di Prato:		
per Fondo quiescenza personale:			per Fondo quiescenza personale:		
Polizza n. 9002566	<u>L.</u>	<u>393.769.171</u>	Polizza n. 9002566	<u>L.</u>	<u>393.769.171</u>
	L.	393.769.171		L.	393.769.171
 Banca Nazionale del Lavoro:			 Banca Nazionale del Lavoro:		
c/c 201154		L. 115.415.191	per Beni Patrimoniali:		
per Beni Patrimoniali:			B.O.T.	L.	80.000.000
B.O.T.	<u>L.</u>	<u>80.000.000</u>	Depositi bancari (c/c 46634)	<u>L.</u>	<u>404.623</u>
Depositi bancari (c/c 46634)	L.	80.404.623		L.	80.404.623
	<u>L.</u>	<u>404.623</u>			
 <i>B) Depositi per conto terzi</i>			 <i>B) Depositanti conto terzi</i>		
per Borse Stanghellini, Bassi, Giulotto			per Borse Stanghellini, Bassi, Giulotto		
B.O.T.	<u>L.</u>	<u>55.000.000</u>	B.O.T.	<u>L.</u>	<u>55.000.000</u>
Banca Nazionale del Lavoro (c/c 46634)	L.	63.745.476	Banca Nazionale del Lavoro (c/c 46634)	<u>L.</u>	<u>8.745.476</u>
	<u>L.</u>	<u>8.745.476</u>		L.	63.745.476
 <i>C) Cauzione presso terzi</i>			 <i>C) Terzi conto cauzione</i>		
Depositi cauzionali:			Deposito cauzionali:		
per locali Via Castiglione 101 - Bologna	<u>L.</u>	<u>8.000.000</u>	per locali Via Castiglione 101 - Bologna	<u>L.</u>	<u>8.000.000</u>
SIP	L.	25.000	SIP	L.	25.000
ENEL	<u>L.</u>	<u>225.000</u>	ENEL	<u>L.</u>	<u>225.000</u>
	L.	8.250.000		L.	8.250.000
 <i>D) Fondo Economato</i>			 <i>D) Fondo Economato</i>		
Direzione	<u>L.</u>	<u>7.000.000</u>	Direzione	<u>L.</u>	<u>7.000.000</u>
Vice Direzioni e gestione film	L.	750.000	Vice Direzioni e gestione film	L.	750.000
Scuola di Varenna	<u>L.</u>	<u>300.000</u>	Scuola di Varenna	<u>L.</u>	<u>300.000</u>
	L.	8.050.000		L.	8.050.000
 <i>E) Fondo di riserva</i>			 <i>E) Fondo di riserva</i>		
Totale Attivo		L. 2.202.656.359	Totale Passivo		L. 2.008.176.433
			Avanzo finanziario		L. 194.479.926
		L. 2.202.656.359			L. 2.202.656.359

Bologna che, come è noto, è il nostro cassiere unico, con le scritture contabili.

Desideriamo inoltre dare atto che i dati del Bilancio consuntivo generale trovano perfetta rispondenza con le scritture contabili generali in essere e sottoposte alle formalità di legge.

Proponiamo all'Assemblea l'approvazione del Bilancio, con destinazione a riserva dell'avanzo finanziario.

I Revisori
Dr. Giorgio Comini
Dr. Icilio Agostini
Dr. Luciano Delfo Majorani

B. Preziosi: Chiedo quali sono le entrate che vengono definite straordinarie.

G.-F. Bassani: Un esempio è la convenzione con il CNR, che abbiamo stipulato due anni fa e che ci garantisce duecento milioni all'anno. È stata disdetta perché il CNR queste convenzioni non le fa più. Dovremo trovare un altro modo per recuperare questa fonte di entrata.

S. Focardi: Qualcuno ha già detto che l'impostazione di questo bilancio risale al pliocene. Quelle che si chiamano entrate straordinarie non sono poi del tutto straordinarie dato che alcune sono consolidate da tempo. Per altre si tratterà di consolidarle mediante convenzioni, altre, come i contributi della Comunità Europea per la Scuola di Varenna, si stanno per consolidare. Per questo credo che alcune di queste voci debbano essere spostate nell'altra parte del bilancio o evidenziate in modo diverso. In caso contrario questo bilancio dà immediatamente la sensazione di precarietà. Fra l'altro, se si fa la somma di tutte queste cifre duecentomilioni del CNR, trecento di fatto dell'INFN, e duecentotremilioni dell'Unione Europea si ottiene proprio quella differenza di settecento-ottocento milioni che Comini segnalava. Per questo penso, come è già stato detto, che occorrerà mettere mano al bilancio, per renderlo più adeguato, e ritengo che l'arrivo dell'euro sia oltretutto un'ottima occasione, dato che l'anno prossimo il bilancio sarà scritto in euro.

L. Cifarelli: Io vorrei chiedere a tutti i Soci di riflettere sul fatto che Il Nuovo Cimento è confluito in European Physical Journal, fatto di grande rilievo perché a noi dà un respiro ben più europeo. La questione fondamentale degli utili e delle previsioni che la SIF può fare per quanto riguarda l'editoria è tuttavia determinato dai fisici che pubblicano sulle riviste legate alla Società Italiana di

Fisica. Se non pubblichiamo su European Physical Journal o non invitiamo a pubblicare su questa rivista, che tra l'altro ha dei risvolti molto interessanti di editoria elettronica (si parla di sezioni elettroniche dedicate proprio ai giovani), se non facciamo noi Soci un'azione di intensa promozione dell'European Physical Journal, allora siamo un po' masochisti, è il meno che si possa dire.

G.-F. Bassani: Grazie. Questo invito verrà poi ripetuto nel corso della relazione che farò. Ci sono osservazioni? Se non ci sono osservazioni allora io metterei separatamente in votazione l'approvazione del bilancio e la destinazione dell'utile del bilancio. Chi è favorevole all'approvazione del bilancio, così com'è presentato, alzi la mano, chi è contrario? Chi si astiene? Il bilancio è approvato all'unanimità. Adesso c'è la proposta dei revisori dei conti, già anticipata al Consiglio di Presidenza. Su questo decidono i Soci; il Consiglio di Presidenza raccomanda di accogliere il suggerimento dei revisori dei conti e di destinare l'utile a fondo di riserva in modo che l'anno venturo avremo in bilancio entrate e uscite effettive dell'anno venturo. Solo in caso di necessità si attingerà al fondo di riserva. Chi è favorevole a questa soluzione? Chi è contrario? Chi si astiene? La destinazione dell'utile a fondo di riserva è approvata. Adesso passerei al quarto punto dell'ordine del giorno: nomina dei revisori dei conti. A nome del Consiglio di Presidenza e con gran piacere mio desidero proporre ai Soci di nominare revisori dei conti i Dottori Giorgio Comini, Icilio Agostini e Luciano Majorani che hanno sempre operato tanto bene.

RELAZIONE DEL PRESIDENTE DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

Prof. Giuseppe-Franco Bassani

Vorrei soltanto toccare sinteticamente alcuni punti per poi aprire la discussione in vista di eventuali suggerimenti. Primo punto: rapporti della Società Italiana di Fisica con la European Physical Society. Questi rapporti sono intensi, si è tenuta a Mulhouse la riunione annuale nel marzo scorso e abbiamo inserito un nostro rappresentante nell'Executive Council. L'Executive Council è costituito soltanto da dieci membri che hanno un notevole potere decisionale, il nostro rappresentante è Maria Allegrini. Altri rappresentanti sono nelle varie divisioni. Dal Congresso di Mulhouse è emerso che i problemi che assillano la Società Europea di Fisica sono gli stessi problemi nostri.

Prima di tutto vorrei dare qualche nota positiva sulle pubblicazioni, sui

convegni che si tengono, sull'opera della Società Europea di Fisica nel sostenere scuole, convegni, eccetera. E tutto di ordinaria amministrazione; le cose procedono bene, le Divisioni operano bene. La rivista della Società Europea di Fisica «Europhysics letters» sta andando molto bene. Vedete nel bilancio che ne deriva un utile anche a noi in quanto noi abbiamo fondato «Europhysics letters» conferendo le «Lettere al Nuovo Cimento». Lo «European Physical Journal» è anche una rivista di grande successo, è il risultato di uno sforzo comune dei fisici europei a cui partecipa la Società Europea di Fisica con i suoi rappresentanti. Dalla riunione del Board dei «chief editors» di sezioni dell'EPJ, che si è tenuta in Spagna recentemente, e a cui ha partecipato Paoletti, è emerso un fatto: nel B i contributi italiani sono del 6,8%, nel D sono 8,8% e nell'E sono 2,5%; sono percentuali di partecipazione piuttosto piccole, e da quanto ricordo nelle altre sezioni sono anche un pochino inferiori. Allora occorre un'azione promozionale presso i giovani e i meno giovani. C'è stata una corrispondenza anche con Flavio Toigo; Toigo verrà qui dopodomani, avremo un incontro, vedremo di cercare di attivare anche nell'ambito degli enti di ricerca, e in particolare dell'INFN, che è l'ente interessato a queste tre sezioni, un impulso a pubblicare. La rivista è buona ed è gestita meglio di tante altre, chi ha mandato qualche lavoro sa che i rapporti dei revisori sono più puntuali e critici che non quelli del Physical Review. Il fattore d'impatto è buono, è maggiore di due ed è in crescita. Non si capisce perché dobbiamo continuare a coltivare il mito del Physical Review in modo così ossessivo nell'Europa di oggi.

L'8 e il 9 novembre avremo una riunione a Pisa dello Steering Committee dell'EPJ e spero di portare qualche buona notizia, almeno che c'è un desiderio di autori italiani di contribuire di più a questa rivista. Tra l'altro occorrono suggerimenti di coeditori che siano disponibili, allora tutti i Soci sono pregati di inviare questi suggerimenti ad Antonio Paoletti o a Tito Arecchi, Renato Ricci e Antonino Zichichi, che sono i chief editors rappresentanti nostri nelle varie sezioni, o anche direttamente alla SIF; in ogni modo si provvederà a trasmettere questi suggerimenti in modo compatibile con i posti vacanti. Non so quanti siano attualmente i posti vacanti ma ogni volta che c'è un certo numero di posti vacanti sarà bene avere un numero di suggerimenti di revisori italiani disponibili.

Questa è la parte positiva, veniamo ora alle note dolenti che riguardano allo stesso modo la Società Europea di Fisica e la Società Italiana di Fisica e tutta la fisica europea. La nota veramente dolente è il calo delle iscrizioni a Fisica, è un fenomeno generale

nelle società tecnologicamente avanzate, anche negli Stati Uniti. Gli Stati Uniti hanno lo stesso numero di iscritti a Fisica che avevano agli inizi degli anni '50, mentre il numero di iscritti alle università si è triplicato. È un fenomeno delle società tecnologiche che fa pensare a Crono che divora i suoi figli; «il mondo dell'immagine e della comunicazione sembra offuscare nei più l'amore per la conoscenza approfondita e l'accettazione dei sacrifici che questo impone», scrive Fontana nell'articolo che è comparso sul numero 1-2 del Nuovo Saggiatore 2001. Naturalmente non è questa la sola causa, le cause sono molteplici, il fenomeno è molto vistoso. Abbiamo tenuto all'Accademia dei Lincei, il 25 maggio, una riunione in cui ho riportato una tabella che potete vedere nel numero corrente, che si può trovare presso la Segreteria, dove sono riportati tutti gli interventi alla riunione del 25 maggio. Ho riportato le tabelle di tutti gli iscritti al primo anno di Fisica nei vari anni e si vede che nel 94-95 erano 3624 in tutte le università italiane, nel 2000-2001 sono state 1695. In cinque anni c'è stato un calo a meno della metà. La cosa è importante e fa riflettere perché questo avviene mentre aumenta la richiesta dei fisici nell'industria e nell'ambito di varie professioni. Allora cosa si può fare? Vorrei menzionare il problema educativo pre-universitario a tutte le età. Si sta lavorando insieme all'Associazione Insegnanti di Fisica, alla SAIt per l'Astronomia e alle altre associazioni per rinnovare la convenzione con il Ministero al fine di proporre programmi realistici e attuabili prima che il Parlamento decida i tempi stretti di una riforma e non ci sia modo di elaborare seriamente dei programmi. Occorre quindi che molti di noi si impegnino urgentemente, collaborando in tutti i modi, perché la riforma del ciclo primario adesso va rifatta, poi c'è la programmazione del biennio e del triennio successivo a cui dobbiamo essere preparati. Una considerazione però che deve essere fatta è che le iscrizioni sono significativamente aumentate nei corsi di Ingegneria Fisica. Questo significa che occorre divulgare maggiormente le prospettive che la laurea in Fisica offre anche al di fuori delle carriere di docenti e ricercatori. L'ordine professionale è un obiettivo a cui si sta lavorando e credo che sia importante. Gli ingegneri hanno l'ordine professionale, noi non l'abbiamo; si deve sapere che i fisici possono lavorare come liberi professionisti, imprenditori di sé stessi, creatori di lavoro per sé e per gli altri e con uffici di consulenza. Questa è la frase che è stata inserita dalla European Physical Society nel creare un comitato «ad hoc» per quello che noi chiamiamo ordine professionale e che loro al momento chiamano albo dei fisici che esercitano attività professionale.

Seconda nota dolente è la partecipazione alla Società che rappresenta i fisici e i loro interessi. I soci in regola con la quota sociale sono poco più di mille, dovrebbero essere almeno cinque volte tanti. La Società di Fisica Tedesca ha 33.000 soci, quella Inglese 38.000. Allora il Consiglio della SIF ha deciso di incoraggiare i giovani ad iscriversi riducendo la quota a 30 euro per i giovani, anziché i 45 di tutti, ed esentandoli dal pagamento per il primo anno. Occorre farlo sapere. Chi si iscrive riceve il Nuovo Saggiatore e partecipa a tutto senza pagare nulla per il primo anno. Una riduzione analoga è prevista per i soci di categorie relative alla Fisica o vicine alla Fisica, per esempio l'Associazione Insegnanti di Fisica, l'Associazione Fisica Medica, l'Associazione Fisici nell'Industria, l'Associazione di Ottica e Fotonica; i membri di queste associazioni hanno tutti la stessa riduzione. Sarebbe bene che tutti facessero parte della SIF.

La politica dei Premi va potenziata. Si è già provveduto ad aumentare l'ammontare dei premi per le comunicazioni ai Congressi e gli altri premi della SIF. Siamo partiti con il premio Enrico Fermi quest'anno e speriamo di poterlo continuare e rendere sempre più ambito.

Per quanto riguarda la sede, il Consiglio d'Amministrazione dell'Università di Bologna non ha ancora approvato la cessione dei locali necessari. Ho ricevuto una lettera di una funzionaria che dice che solo due dei locali, previsti in una precedente decisione del Consiglio d'Amministrazione, sono disponibili per 70 mq anziché 230 mq. Le possibilità sono due, o il Consiglio d'Amministrazione accetta e ratifica la convenzione che è stata fatta con il Direttore dell'Istituto di Fisica perché ci vengano dati quei 230 mq di spazio nel vecchio Istituto Righi di Bologna, e quindi ci concede le due grandi sale che attualmente sono ancora in parte utilizzate da studenti che seguono il corso di Umberto Eco di Scienza della Comunicazione, o occorre proporre una soluzione alternativa.

In conclusione i problemi non mancano, c'è il desiderio di affrontarli, il Consiglio della SIF chiede la collaborazione di tutti i soci e di tutti i fisici. Grazie e apro la discussione.

N. Grimellini Tomasini: Vorrei intervenire sul secondo punto che il Presidente ha trattato: il calo delle immatricolazioni al corso di laurea in Fisica. Giustamente il Presidente ha fatto riferimento a molte possibili cause: ad interessi diversi delle nuove generazioni, a scale di valori diverse e quindi a criteri di scelta diversi, ad un cattivo insegnamento della Fisica nella scuola secondaria, ecc. Fra le tante cause però ce n'è una, a mio parere importante, che non è stata considerata in modo adeguato. È

molto facile fare riferimento al cattivo insegnamento della Fisica a livello di scuola secondaria superiore, liquidando così il problema: il vero problema è che, attualmente, nella maggioranza dei casi, non sono i laureati in Fisica ad insegnare la Fisica. Questa evidenza è emersa anche in sede EUPEN, durante l'ultimo *International Forum* tenuto qualche settimana fa a Colonia. In Italia, ad insegnare Fisica nella scuola secondaria superiore sono prevalentemente i laureati in Matematica e, in alcune realtà, gli ingegneri. Il problema è quindi l'insegnamento della Fisica da parte dei Matematici, tanto più ora che, con la riforma dei *curricula* universitari, sono stati stravolti qualità e peso dell'insegnamento della Fisica nei corsi di laurea triennali in Matematica. In molte Facoltà, infatti, agli insegnamenti di Fisica viene attribuita una modesta manciata di crediti, come per esempio a Bologna: due corsi semestrali di Fisica, per un totale di 12 crediti, nell'ambito delle «attività formative affini o integrative» (secondo semestre del I anno e secondo semestre del II anno). Questo perché i matematici hanno deciso che, anche a livello universitario, la Fisica la insegnano loro. Naturalmente in modo coerente con quella che è l'immagine che il laureato in Matematica ha della Fisica: una semplice applicazione della Matematica, sono infatti previsti due corsi semestrali di Fisica Matematica, per un totale di 12 crediti, uno nell'ambito delle «attività formative di base» (primo semestre del I anno) e l'altro nell'ambito delle «attività formative caratterizzanti» (primo semestre del II anno). Inoltre, non è prevista alcuna attività sperimentale. Poiché questa è l'immagine della Fisica che i laureati in Matematica hanno, questa è anche l'immagine della Fisica che gli studenti acquisiscono a livello di scuola secondaria superiore: cioè quella di una disciplina arida, piena di formule, nella quale il rapporto con il mondo dei fenomeni naturali e della vita di tutti i giorni è totalmente assente. Allora, se questo modo di vedere le cose è condivisibile, dobbiamo domandarci: cosa possiamo fare? A mio parere, possiamo fare due cose: continuare ad insistere, secondo un vecchio impegno che la SIF si era dato, affinché venga eliminata la classe di abilitazione A049 (Matematica e Fisica): chi vuole insegnare Matematica e Fisica deve essere certificato, separatamente, sia in Matematica sia in Fisica come, per altro, è avvenuto negli ultimi concorsi ordinari. Questo è un problema particolarmente sentito nelle Scuole di Specializzazione all'Insegnamento Secondario (SSIS): siamo infatti costretti a rilasciare abilitazioni per la classe A049 sommando, sostanzialmente, un curriculum dimezzato di A038 (Fisica) ad un curriculum dimezzato di A047 (Matematica). Un'altra cosa che potremmo

fare è impegnarci in un confronto con i Matematici, per esempio con l'UMI, in modo da definire un *gentlemen agreement* rispettabile sul piano culturale. La corporazione dei Matematici è molto forte per quanto concerne la difesa dell'insegnamento della Matematica (lo abbiamo visto in tante occasioni, soprattutto a livello di commissioni interministeriali e ministeriali!), rispetto a loro noi siamo veramente dei dilettanti. Se non ci impegneremo seriamente, e in modo professionale, ci dobbiamo aspettare che l'insegnamento della Fisica a livello pre-universitario avrà sempre meno importanza e sarà sempre più di bassa qualità.

G.-F. Bassani: Molte grazie per questa osservazione. Sono cose che tutti diciamo da anni e non si riesce a farne nulla. C'è anche una legge in preparazione su questo. Ma il problema è più ampio, comincia da prima, comincia dalla scuola primaria, perché come si insegna ai bambini ad apprezzare la letteratura cominciando ad insegnare le poesie a memoria e poi a fare leggere brani via via di maggiore complessità, così bisogna insegnare ai bambini fin dalla più tenera età, almeno dagli ultimi anni della scuola elementare, ad apprezzare i fenomeni della natura, e così già nel biennio propedeutico al liceo ci dovrebbe essere uno studio delle scienze, e della fisica in particolare, effettivamente maggiore e adeguato alla cultura necessaria nella società moderna. Questo è uno degli scopi delle riforme che si tenta di fare.

G.V. Pallottino: Siccome è indubbiamente difficile che i matematici, con la loro forza in Italia, accettino spontaneamente riforme di questo genere, mi chiedo se non sia il caso di fare dibattiti internazionali su questo tema. Non sarebbe il caso di fare una riunione comune delle società di fisica di varie nazioni per dibattere il problema di come fronteggiare la questione della riduzione degli iscritti a fisica, e fra le varie cause esaminare anche questa della preparazione degli insegnanti nelle scuole preuniversitarie?

G.-F. Bassani: A livello di Società Europea di Fisica, si è già creata una divisione apposita, si è fatta una riunione a Malvern; si farà una riunione nuovamente. Il problema è dibattuto alla Società Europea di Fisica, e poi internamente ognuno deve lottare con le leggi che ha. A una discussione sulle classi di insegnamento da inserire nei vari corsi di laurea, l'insegnamento della fisica nel corso di laurea in matematica non ha avuto i voti sufficienti per passare. Hanno inserito Metodologie Scientifiche, Storia delle Metodologie Scientifiche ma il nome Fisica nella classe di

Matematica non l'hanno voluto mettere.

G.V. Pallottino: Questo dimostra la forza dei matematici e la necessità per noi di affrontare il problema a livello internazionale.

A. Paoletti: Io sono perfettamente d'accordo con quello che è stato detto prima, però vorrei fare anche qualche riflessione. La situazione dell'insegnamento della fisica nelle scuole secondarie non era certo migliore venti o trenta anni fa, eppure avevamo una marea di iscritti a Fisica. Quello che è cambiato, e bisogna riconoscerlo, è l'atteggiamento della società italiana nei confronti della cultura scientifica, e parlo volutamente della società italiana, e non della società in generale, perché in Germania e in Francia, guarda caso, la stessa situazione non si verifica. Questo è un paese che si è deindustrializzato, che punta soltanto sul terziario, sui servizi. Ma come volete che un giovane intelligente, un giovane ambizioso si iscriva a una materia dove non c'è futuro? Avessimo almeno fra di noi dei fisici di fama mondiale come abbiamo avuto in passato, senza offesa per nessuno, allora si potrebbe ancora sperare in un processo di imitazione, a livello di ambizione accademica, ma purtroppo la fisica italiana vive un momento di bassa marea e sta in un ambiente nazionale che si trova in una situazione precaria. Per quanto riguarda l'insegnamento, il problema non è soltanto che gli studenti non ricevono una buona preparazione nelle scuole secondarie perché non gli viene insegnata la fisica nel modo giusto, ma è che gli studenti nelle scuole secondarie non ricevono neanche i rudimenti per apprendere la fisica perché non imparano neanche la lingua italiana. Qui stiamo in una situazione molto peggiore. A mio avviso, non dobbiamo più guardare ai numeri, guardiamo alla qualità, cerchiamo di seguire e di coltivare quelle persone brave e intelligenti, quei giovani che si dedicano alla fisica per passione, indipendentemente dalle mode, indipendentemente da quello che è l'ambiente sociale esterno. Negli anni venti la fisica italiana non aveva molti iscritti eppure l'impatto della fisica italiana a livello mondiale, negli anni venti e negli anni trenta, è stato enorme perché era la qualità delle persone, perché sono state seguite le persone dotate. Lo stesso discorso si può fare per l'EPJ, io ringrazio la Cifarelli per aver spezzato una lancia a favore della partecipazione. Non voglio ripetere quello che ho detto già due volte in passato e che è a verbale nel mio intervento dell'anno scorso, ma nello *European Physical Journal* il ruolo dell'Italia è un ruolo marginale perché, a fronte del 22% dei lavori dei francesi e del 18% di quelli dei

tedeschi, noi siamo a cifre che stanno intorno al 7-8%. Badate bene che i tedeschi non hanno ancora avuto l'appoggio della *Deutsche Physikalische Gesellschaft*; quando avranno l'appoggio ci sommergeranno di lavori e a quel punto noi verremo assolutamente azzittiti. Noi reggiamo da due anni promettendo che aumenteremo il numero dei lavori italiani, cosa che puntualmente non si verifica. Adesso facciamo questi passi ufficiali con l'INFM per quanto riguarda le sezioni B, D ed E. Speriamo che abbiano un qualche seguito, però non dimentichiamo che il fatto che si pubblichi sul *Physical Review* non è dovuto soltanto ad una tradizione, un'abitudine, ma al fatto che molti dei nostri ricercatori, giustamente, ci tengono a mantenere dei legami scientifici con gli Stati Uniti, ad essere invitati a passare anni sabbatici, a fare i «summer visitors» e questo si ottiene se uno ha lavori pubblicati sul *Physical Review*. Quindi purtroppo, siamo alle solite. È la debolezza del sistema italiano che ci costringe ad emigrare e quindi noi ci teniamo buoni quelli che ci possono dare il contentino. Questo non succede a paesi come la Francia e come la Germania. Io rinnovo ancora l'invito, con gli «associated editors» italiani, di queste sezioni almeno, a fare un ulteriore sforzo a livello personale. Prego il Presidente di inviare a tutti i soci della SIF la brochure nuova che è in preparazione, che illustra lo *European Physical Journal*, con una sua lettera di accompagnamento che inviti a mandare lavori. Credo che potremmo forse difenderci dignitosamente se riuscissimo a raddoppiare il numero di lavori che inviamo.

A. Stella: Posso fare un piccolo completamento? È chiaro che Paoletti ha parlato dell'INFM pensando alle sezioni B,D ed E, però che il discorso deve essere riferito a tutto l'arco della fisica e indubbiamente c'è, come diceva Cifarelli, la sezione A, c'è la sezione C e c'è la concorrenza, nel caso specifico, di *Physics Letters*. Le percentuali di partecipazione della fisica italiana a tali sezioni non le conosco ma sono senz'altro molto basse. Per quello che riguarda il *Physical Review*, per esempio, mi sembra di aver letto che i 2/3 dei lavori provengono da paesi fuori dagli Stati Uniti. Questo dato è significativo, proprio tenendo conto di quello che diceva prima Paoletti: c'è tutto questo insieme di legami, di rapporti che si mantiene, ed è un processo che va avanti da molti anni ed è chiaramente a lunghissimo termine. Noi dobbiamo avviare un processo a lungo termine ponendo delle basi, e questo è un lavoro che richiede tempo, cominciando da piccole cose, tipo quelle che ha suggerito lui.

G.-F. Bassani: Ho notato che il lavoro di Mannelli, che è stato pre-

sentato a questo Congresso sulla violazione diretta di CP, col decadimento del kaone, è stato inviato allo *European Physical Journal*. Almeno si vede qualche caso isolato positivo.

E. Bellotti: Finora si è parlato di pubblicazioni nel campo fisica della materia. Il problema della fisica subnucleare è, per certi versi, più complesso perché, almeno la parte sperimentale, non la parte teorica, è frutto di collaborazioni internazionali. Basta andare indietro, non è che gli italiani non volessero pubblicare sul Nuovo Cimento, erano i collaboratori stranieri che comunque te lo impedivano. In questo caso non è su *Physical Review* che si pubblica ma su *Physics Letters*. La sola rivista che conta è *Physics Letters*, che però è di livello, non ho paura di dire, uguale o superiore a *Physical Review Letters*. Risultati importanti, tutto LEP, tanto per parlare di macchine, sono stati pubblicati su *Physics Letters*. Adesso occorrerebbe un trasferimento da *Physics Letters* allo *European Physical Journal*; non è facile perché bisogna sentire il parere di tutti e ciò richiederà molto tempo, anni probabilmente. Per tornare invece al problema da cui si era partiti, sono state dette cose assolutamente condivisibili però, e può darsi che io veda le cose da un'ottica un po' locale; in un contesto industriale, importante è la questione dell'albo professionale. È un atto concreto, si tratta di definire cosa vogliamo come fisico, come vogliamo definire la figura del fisico, che non è competizione con l'ingegnere, e non è una definizione facile. Avere questo albo professionale potrebbe, almeno in un certo contesto di attività industriale, o terziaria, dare quelle garanzie che vengono date dal Politecnico o genericamente da Ingegneria. Questo però è un atto concreto che si fa o non si fa.

M. Vicentini: Certamente vi sono problemi nella preparazione che gli studenti ricevono nella Scuola Secondaria. È tuttavia importante che l'Università rifletta sui propri problemi: da un lato abbiamo il calo nel numero di iscrizioni a Fisica e dall'altro la diminuzione degli studenti nel 1° anno di corso. Uno dei compiti a livello universitario, con la nuova strutturazione dei corsi di laurea, sarà quello di evitare tale diminuzione. Sarà anche compito della SIF riflettere sulle modalità di attuazione della nuova laurea. In particolare è importante la riflessione su due aspetti. Il primo riguarda l'organizzazione dei contenuti che dovrebbe essere tale da motivare gli studenti a continuare gli studi. Il secondo riguarda la metodologia didattica. Dobbiamo chiederci se l'attuale metodologia (sono d'accordo con Paolotti che essa va benissimo per gli studenti bravi) sia adeguata a stimolare

l'apprendimento negli studenti che andranno nel mondo del lavoro dopo la laurea triennale. L'Università ha un compito e delle responsabilità su ambedue questi aspetti. È importante non nascondersi dietro l'alibi della non sufficiente preparazione della Scuola Secondaria.

M. Michellini: Credo che il problema della didattica e della diminuzione degli iscritti si possa affrontare a vari livelli e su vari piani. Possiamo cominciare con una riflessione sul piano sociale, come qualche esperto sta cominciando a fare, per discutere il nuovo significato di Università e corrispondentemente il cambiamento della società verso la scienza. Possiamo affrontarlo a un livello più operativo, riflettendo su quelle che sono le realtà dell'insegnamento della fisica nelle nostre scuole, nelle nostre università e nei nostri corsi di formazione insegnanti, oppure ancora più pragmaticamente riesaminando quello che facciamo tutti i giorni. Mi permetto di dare un contributo in questo senso a partire da un settore in cui ho lavorato non poco: l'orientamento. Io credo che, prima ancora di un problema di immagine ci sia un problema di superamento di un atteggiamento troppo empirico sul problema delle motivazioni e dell'orientamento. Mi pare si possa e si debba lavorare molto sul piano della didattica disciplinare per costruire motivazioni e incentivare interesse per la fisica nei giovani. Potenziare, rinnovare e qualificare la didattica della nostra disciplina è, per mia esperienza la strategia motivazionale più completa ed efficace. Non è tanto questione che i giovani oggi non abbiano desiderio e voglia di fare sacrifici e di impegno. Io li ho visti lavorare 10 ore al giorno su problematiche di loro interesse, come facevo e faccio anch'io quando sono mosso da passione per un particolare problema.

Gli slogan sui successi della fisica e sulle grandi ricerche suscitano curiosità, ammirazione e anche timore: un immaginario anche fantastico che non sempre gioca a favore della motivazione per un personale coinvolgimento nello studio della fisica, mentre è proprio questo che dobbiamo suscitare nei nostri giovani: l'interesse verso la disciplina, dando loro gli strumenti per capirla. Dobbiamo allora migliorare l'insegnamento della fisica a partire da quello universitario, che oggi deve affrontare la sfida di una riforma in cui ruoli e spazi impongono una didattica rinnovata: anch'io desidero, come Vicentini, sottolineare il bisogno di lavorare in forma coordinata nazionalmente su questo problema e chiedo alla Società Italiana di Fisica di valutare se darsi un'organizzazione operativa per un lavoro di merito sulla didattica della fisica nelle Lauree scientifiche triennali delle diverse Classi, evitando di offrire corsi che siano solo il surro-

gato dei vecchi corsi. Ai giovani della scuola secondaria dobbiamo poi offrire consapevolezza di questo nuovo scenario: si tratta di lavorare a livello di orientamento in modo significativo. Desidero proporre alla SIF di attivare azioni, oltre che in questo campo, in un altro importante settore della didattica universitaria: la formazione degli insegnanti sia per quanto concerne il Corso di Laurea in Scienze della Formazione Primaria sia per quanto riguarda la formazione degli insegnanti secondari, oggi effettuata attraverso la Scuola di Specializzazione per l'Insegnamento Secondario, post lauream. Le facoltà di scienze della formazione non sono più magisteri, stanno arrivando all'interno di queste facoltà le discipline, e tra queste discipline c'è la fisica. I Corsi di Laurea in Scienze della Formazione Primaria serviranno a formare i futuri maestri e i futuri insegnanti di scuola primaria, che da ora in poi cominceranno presto ad affrontare l'educazione scientifica. Non possiamo rinunciare a formare adeguatamente chi formerà le basi del sapere scientifico fin dai primi anni, perché uno dei mali che sono stati documentati nella letteratura a livello internazionale, è proprio il fatto che la fisica, le scienze, non sono un patrimonio culturale di base e non si inizia a conoscerle fin dalle prime età scolari: dobbiamo comincerlo a fare e farlo bene. Quindi dobbiamo dare una cultura scientifica solida di base alle maestre, perché lo sappiano fare. Propongo due azioni, un'azione è quella di sostenere dei contratti di studio a questo scopo anche con il MIUR, perché ci possano essere dei contributi di qualità a partire dalle competenze che dentro la SIF ci sono. Abbiamo delle competenze in questo campo tra i nostri soci SIF: persone che hanno guadagnato rispetto a livello internazionale per il loro lavoro in questo campo. Credo che la Società Italiana di Fisica debba tenere conto di queste competenze e con esse condurre la seconda azione, che riguarda l'affrontare il problema dei programmi, dei contenuti, dei metodi e delle strategie per l'innovazione didattica, ma anche quello dell'internazionalizzazione. Si è appena chiuso a Udine, a tal proposito, un convegno internazionale che riguardava il *Developing Formal Thinking in Physics*: hanno discusso il tema esperti di 24 paesi dei 5 continenti. A conclusione è stato affidato all'Italia il compito di studiare la formazione degli insegnanti in fisica per un'analogo appuntamento nel 2003. Infine credo importante fare in modo che i fisici siano all'interno delle commissioni per la revisione delle classi di concorso per le abilitazioni all'insegnamento. Queste commissioni hanno un importante compito da svolgere in questo momento ed è forse utile che ci pensiamo.

G.-F. Bassani: Queste informazioni particolari, tipo questa delle classi di concorso, sarebbe bene pervenissero alla SIF, perché quando arrivano a nostra conoscenza è già troppo tardi. Io credo che la SIF su questo possa farsi sentire, interpellando persone disposte ad entrare in queste commissioni. Quindi scrivete non appena avete l'impressione che la SIF possa fare qualcosa. La SIF è la società che vi rappresenta. Scrivete e noi vi facciamo da tramite presso il Ministero.

M.L. Bargellini: Riprendendo l'intervento della collega, vorrei precisare che bisogna dare un maggior contributo alle iniziative di *orientamento* che si svolgono nelle scuole medie superiori. La Settimana della Scienza, che cerca di avvicinare i ragazzi ai laboratori, ai musei scientifici, non è sufficiente a trasferire l'entusiasmo per le facoltà scientifiche. Proporrei, anche attraverso la SIF, di promuovere conferenze nelle scuole e visite alle scuole da parte dei fisici soprattutto quelli che frequentano, presso le Università, i corsi di specializzazione per la didattica. Conferenze, visite ed esperimenti fatti sistematicamente in tutte le scuole, a mio avviso potrebbero da un lato riportare i ragazzi verso la scelta di discipline scientifiche, dall'altro rappresentare un fruttuoso tirocinio per i laureandi o laureati che hanno vocazione per la fisica didattica.

G.-F. Bassani: Molte grazie. Posso dare un'informazione? Sò che Gianfranco Chiarotti a Roma II ha fatto quest'anno una serie di esperienze dimostrative per alunni e docenti delle scuole medie. È un lavoro enorme preparare esperienze che si possono fare in aula e a cui possono partecipare tutti.

M.L. Bargellini: Bisognerebbe portare questo in tutte le scuole, in maniera sistematica, si potrebbero inserire queste esperienze come Laboratorio nel piano di studio della Scuola di Specializzazione per la didattica della Fisica. Vorrei toccare un altro punto: le nuove Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione (ICT) permettono, in maniera semplice ed efficace, la diffusione della scienza attraverso nuovi media (Siti Internet, CDrom), ma è necessario arrivare ai ragazzi con prodotti di qualità che vengano certificati, infatti potrebbero essere diffusi sussidi multimediali, così come ci sono ancora e c'erano libri di testo, che presentano dei problemi dal punto di vista del rigore scientifico. Credo che la Società Italiana di Fisica si dovrebbe interessare alla qualità di questi prodotti, cioè prevedere al suo interno un'attività di *certificazione della qualità scientifica dei sussidi didattici della Fisica*.

G. Benedek: Io dovrei dire due cose. Una si riferisce alla questione delle riviste. Prima di imbarcarci in una difficile azione che pure va fatta perché porterà sicuramente dei risultati, i numeri andrebbero un po' chino rinormalizzati al numero di effettivi ricercatori; il rapporto tra il 7% di italiani e il 18% di tedeschi è in rapporto tra quanti fanno ricerca di materia condensata in Italia e in Germania. Quindi si dovrebbe forse dividerli per il numero di addetti. Il discorso dell'*impact factor* è un discorso non facilissimo perché, in mancanza di altri parametri di valutazione, si tende oggi a distribuire i fondi in base alla produzione scientifica, che viene però valutata in base agli *impact factors* per carenza di un modo migliore per valutare rapidamente la qualità scientifica. Però è molto bene che con Toigo, visto che la parte in causa è la materia condensata, si cominci seriamente a fare questo discorso perché la forza, nel campo scientifico, di una nazione o di un'area geografica, poggia anche sulla forza delle sue riviste. Quando la Germania, prima dell'avvento di Hitler, era la prima nazione nel campo della fisica, aveva anche le prime riviste, lo *Zeitschrift für Physik* era la rivista più importante e con l'onda lunga di Fermi in Italia anche il Nuovo Cimento era una rivista molto importante. Quindi se noi vogliamo che l'Europa primeggi nella scienza dobbiamo effettivamente sostenere con tutte le forze le riviste europee. Per questo c'è anche una ragione oggettiva nel fatto che in alcune aree scientifiche siano più forti in Europa che non negli Stati Uniti.

Questa era una cosa, l'altra riguarda il preoccupante calo degli iscritti. Questo calo c'è anche in altre aree del mondo, anche in Germania. In Germania c'è un consistente calo di studenti di fisica. Ma non so se il problema sia quello dell'insegnamento fin dalla più tenera età, perché gli studenti che non fanno fisica vanno a fare altre discipline scientifiche, quindi non è che sia una carenza di sensibilità. Diciamo che c'è un calo di interesse per la scienza fondamentale, per quella più speculativa. Allora forse dobbiamo riflettere sul fatto che noi in realtà paghiamo lo scotto di una debolezza in quei campi della fisica che afferiscono di più al mondo produttivo. Avere un rapporto forte con l'industria vuol dire avere un grimaldello per diventare importanti nella società e non solo, ma attrarre anche, per banali ragioni di reddito, più studenti. Leggevo ieri, sulla rivista dell'APS *Industrial physicist*, che negli Stati Uniti il fatturato globale di ricerche fatte in collaborazione con l'Università, o comunque ricerche di tipo accademico che hanno un impatto industriale, è di qualcosa come ottantamila miliardi di lire. In Italia se noi facessimo questa indagine ci ac-

corgeremmo che la cifra è trascurabile, cioè che non è assolutamente in rapporto con quello che è il PIL o altre cose. Questo è un fatto indicativo. È chiaro che negli Stati Uniti il calo di studenti viene rimpiazzato facilmente con l'immigrazione e il numero, con questo rincalzo, rimane alto.

G.-F. Bassani: Naturalmente sono tutte osservazioni certamente condivisibili, ma vorrei ricordare quello che diceva Paoletti a questo proposito: stiamo vivendo in questo momento in Italia un processo di deindustrializzazione. Di questo si deve tener conto.

M.I. Asdente: Io vorrei fare una domanda. Tutte le volte che facciamo questa riunione della Società Italiana di Fisica ho la sensazione che abbiamo una povertà di intervento rispetto alla classe politica, che poi è la classe nella quale le decisioni vengono prese sulla didattica, sui fondi, eccetera. Mi chiedevo se è un'impressione mia o se è un po' la realtà e allora, in questo caso, cosa avete fatto per avere una maggiore incisività. Insomma, mi sembrerebbe logico che il Ministero della Pubblica Istruzione, nell'impostare una riforma, si rivolgesse alla SIF e chiedesse un confronto e suggerimenti. Ad esempio se noi andiamo avanti a dire che non riteniamo opportuno che la fisica e la matematica siano insegnate dallo stesso insegnante e non otteniamo niente, chiediamoci anche perché e che cosa potremmo fare.

G.-F. Bassani: Posso dire l'esperienza che ho fatto l'anno scorso con la riforma; sono andato a quattro riunioni a Roma e poi l'ultimo giorno abbiamo lavorato fino a notte tarda per preparare uno schema di quelli che noi chiamiamo programmi ma che era proibito chiamare programmi perché allora bisognava chiamarli «percorso formativo». Comunque, abbiamo lavorato molto l'anno scorso, abbiamo mandato il nostro rapporto al Ministero, avevamo anche Habel che era lì al Ministero che aspettava il rapporto, dopo di che di quello che abbiamo scritto noi, nonostante avessimo un accordo con i funzionari del Ministero firmato, non si è visto molto. La difficoltà è quella di inserirsi come rappresentanti dei fisici in un mondo che è molto grande, fatto di molte voci, e in cui c'è la decisione politica presa *a priori*; ci sono questi pedagogisti di mestiere che hanno più accesso e sono più vicini al mondo politico. Essi stabiliscono le regole del gioco in cui noi non riusciamo a entrare.

B. Preziosi: Il senso di frustrazione che ha espresso il Presidente è da me condiviso pienamente. Io ho fatto questo lavoro per dieci anni.

Ricordo che la rappresentanza SIF per la commissione Brocca fu praticamente espulsa e fui riconvocato soltanto io.

G.-F. Bassani: Gli altri si dimisero, quelli non cacciati via si dimisero.

B. Preziosi: Sì, infatti tutti quanti andarono via, dopo di che io fui riconvocato. Ricordo che andai da Ricci e da Prosperi a chiedere consiglio se dovevo dimettermi anch'io. Dissero che non era opportuno e che era meglio che uno di noi ci fosse. Dopo di che rimasi a dare un contributo. Non più di cinque anni fa, su richiesta del Ministro dell'epoca, il CUN designò Figà Talamanca, Puglisi e me stesso a far parte di una commissione per la riforma delle tabelle per i concorsi nelle scuole secondarie. Dopo ho saputo che il lavoro fatto non era piaciuto ed era stato modificato. Per concludere vorrei riprendere lo spunto da quello che ha detto Antonio Paoletti all'inizio e che ha ribadito in parte Giorgio Benedek. Secondo me la SIF non può fare granché. Devono essere i docenti di fisica delle singole Università che devono darsi da fare per evitare la fuga degli studenti e recuperare chi inizialmente sa poco.

G. Baldacchini: Farò un brevissimo intervento su una cosa detta nella relazione generale: il calo delle vendite delle riviste che cura la SIF. Posso portare un contributo personale perché mi occupo della biblioteca del Centro di Frascati che è una bellissima e grande biblioteca. Da quattro o cinque anni, ogni anno dobbiamo ridurre il numero delle riviste alle quali siamo abbonati, semplicemente perché non ci sono più i finanziamenti per tener testa ai prezzi che aumentano e mantenere anche un certo numero di riviste che si rinnovano di tanto in tanto. Questo principalmente per il nuovo sistema di finanziamento della ricerca.

G.-F. Bassani: Non ditemi che avete tolto il Nuovo Cimento.

G. Baldacchini: Finché ci sono io, cercherò di mantenerlo, però avremo un anno, il prossimo, in cui dovremo diminuire il numero degli abbonamenti. Il finanziamento per la ricerca oggi non avviene più attraverso il contributo dello Stato ma avviene attraverso progetti attribuiti a gruppi partecipanti diversi e spesso difficili da ottenere. Bene, mentre dal finanziamento dello Stato era possibile prendere dei soldi per pagare le spese delle biblioteche, da questi progetti non è sempre possibile prelevare finanziamenti per spese generali, e quando è possibile non è facile anche per l'opposizione dei gruppi partecipanti. Questo è tutto, non ci sono più

soldi per le biblioteche perché, con il nuovo sistema di finanziamenti, nessuno vuole mettere i propri soldi «personali» nelle biblioteche. Un esempio: la nostra biblioteca costa ogni anno, per essere mantenuta e quindi non migliorata, circa ottocento milioni. L'ENEA non ha gli ottocento milioni l'anno da dedicare ad una biblioteca come quella di Frascati, o per lo meno non li ha più disponibili con facilità come una volta.

G.-F. Bassani: Questo spiega la riduzione del numero di abbonamenti alle riviste ma anche il fatto che sia necessario concentrare le riviste. Adesso siamo su scala europea, non ci sono più alcune sezioni del Nuovo Cimento che sono confluite lì, non c'è più il *Journal de Physique*, non c'è più lo *Zeitschrift für Physik* e c'è solo la rivista europea.

G. Baldacchini: Ma la situazione è drammatica lo stesso perché è cambiato il modo di dare i soldi e se ne danno anche di meno. I giovani si sono accorti perfettamente che ci sono meno soldi e non vengono (a frequentare le discipline fisiche o scientifiche in generale, e questo per rispondere anche ad una discussione precedente). E un cerchio che si chiude perfettamente.

G.-F. Bassani: Ci sono altre osservazioni? Se posso trarre una conclusione dalla discussione che c'è stata è che dobbiamo cercare di non arrenderci. Andiamo avanti a fare quello che abbiamo fatto fino adesso e che va bene, in particolare la Scuola di Varenna, le nostre pubblicazioni, partecipare all'EPS; e cerchiamo di fare qualche cosa in più. Il qualche cosa in più sarà soprattutto nel prestare più attenzione e focalizzarci meglio sulla didattica e sulle prospettive che si offrono ai laureati in fisica, fare anche conoscere queste prospettive e rendere possibile la formazione di questo albo professionale di cui si parla tanto anche a livello europeo.

D. Sette: Vorrei che la SIF fosse presente nell'esaminare ciò che accade nelle Università e nelle nuove strutture universitarie perché è veramente importante trovare i modi per arginare questa tendenza a diminuire sempre più, mi riferisco a Ingegneria, gli insegnamenti di base. Tutti i docenti delle materie specialistiche vogliono essere presenti nel corso triennale e quindi c'è una tendenza a limitare fortemente le materie di base e in particolare la fisica. Credo che occorra una attenta vigilanza perché non si scenda al di sotto di certi limiti, il che squalificherebbe completamente la formazione universitaria. Credo che la Società di Fisica debba seguire ciò che accade nelle varie università e cercare di intervenire ad

aiutare i fisici che sono presenti lì.

G.-F. Bassani: Grazie. Qualche risultato l'abbiamo ottenuto l'anno scorso. Come sai nel progetto di legge, era stabilito che per le materie di base, per la laurea triennale, che erano matematica, fisica e chimica, era stabilito un minimo del 5 % dei crediti e, con le nostre proteste, siamo riusciti a portarlo al 10 %. Questo è soltanto un minimo perché poi le Università potevano correggere. Non è stato così perché la pressione corporativa di ogni singola disciplina è stata molto forte. Questo lo dobbiamo tenere presente, e perciò agire sulle singole Università per la SIF è quasi impossibile.

D. Sette: Esaminando le situazioni e dando dei giudizi; questi pesano.

G.-F. Bassani: Bisogna però cercare qualche strumento altrimenti ci si attira l'odio di tutti senza raggiungere alcun risultato.

D. Sette: Se si fa una questione comparativa e si vede che Milano fa in una certa maniera e Reggio Calabria fa in un'altra, si può cercare di dare forza a fisici lì presenti perché ciò che è ora destinato alla fisica venga mantenuto.

G.-F. Bassani: Anche su questo, abbiamo la nostra rivista, il Nuovo Saggiatore, che è aperta a osservazioni di ogni tipo. Se poi c'è un certo consenso nell'attribuire alla Società di Fisica una qualche missione in questo campo, certamente non ci tireremo indietro.

D. Sette: Io credo che la missione di fare degli studi comparativi e di andare a vedere i deficit che ci sono è qualcosa che indubbiamente sarebbe utile e che la SIF potrebbe fare.

G.-F. Bassani: Però è anche vero che la Società di Fisica avrà più voce anche quando avrà più Soci. Quindi nelle sedi universitarie dove operate, fate iscrivere la gente.

A. Stefanini: Io credo che se il Presidente potesse tirare le conclusioni sarebbe più opportuno che non continuare la discussione.

G.-F. Bassani: Sostanzialmente la conclusione è nata dalla discussione. I punti essenziali sono: l'attenzione alla didattica, l'opera nell'ambito professionale e per il resto potenziare le cose che già si fanno. In particolare la Scuola «E. Fermi» di Varenna e i congressi. Il congresso della SIF è organizzato bene, il programma è ottimo, devo dire che mi dispiace vedere che forse la partecipazione non

sia così ampia come dovrebbe essere in una città come Milano. Ho visto che mancava la partecipazione di molti, e se non c'è questo spirito di partecipazione anche l'opera della SIF diventa meno efficace. Un'altra cosa che desidero dire prima di chiudere è che, a nome anche di tutto il Consiglio di Presidenza, desidero ringraziare il personale della Società Italiana di Fisica che si prodiga in un modo encomiabile, e lo potete vedere qui. Sia chi si dedica alle pubblicazioni, sia chi si dedica alla Segreteria, sia chi fa tutto il servizio per lo *European Physical Journal*, per *Europhysics Letters*, un lavoro che è molto apprezzato anche su base europea. Abbiamo uno staff di prim'ordine a tutti i livelli. Poi la scuola di Varenna. Sono andato quest'anno a tutti i tre corsi di Varenna e ho visto l'entusiasmo delle persone, anche perché queste scuole erano seguite fin dall'inizio, per tutto un anno, dallo staff della Segreteria della Società e devo dire che dobbiamo essere grati a questi collaboratori, e come Soci della SIF vi invito ad unirvi a me nell'applauso per i collaboratori.

G. Comini: Chiedo scusa, io torno indietro perché ho lasciato che tutti

intervenissero giustamente in questa sede con domande pertinenti, io che di fisica ho una ignoranza abissale. Ho l'onore di far parte della Società di Fisica per altre mansioni ma la mia competenza in materia di fisica è un'abissale ignoranza, anzi una completa non conoscenza, però approvo molto quello che caldeggia il Professor Bellotti, di fare un albo professionale perché io ho fatto una constatazione. Io sono Dottore Commercialista, quando qualche industria fa una scelta per un dottore laureato in Economia e Commercio, per averlo al suo interno, sempre unicamente attinge all'albo professionale.

G.-F. Bassani: È già da un anno che se ne parla ma bisogna arrivare ad una conclusione.

E. Recami: Approfitto del fatto che abbiamo qualche minuto in più, per aggiungere due mie considerazioni. La prima si riferisce a quello che diceva Paoletti. Per andare avanti (cioè avere studenti e soldi) dovremmo organizzare dei corsi di astrologia...! Di fronte agli strafalcioni che appaiono ogni giorno sui giornali più quotati e di fronte alle accuse che ci rivolgono «che tutti i mali provengono dalla

scienza», propongo che ciascuno di noi possa rispondere ai giornali, ma non a nome solo personale — perché così ci si perde d'animo — bensì anche a nome della SIF.

Il secondo suggerimento è questo: ho notato che il *Physical Review* sta mettendo on-line (in pdf) anche gli articoli antichi, e non soltanto quelli recenti, ovvero da quando esistono le versioni elettroniche. Per fare un esempio, una settimana fa in Brasile un giovane mio collaboratore ha potuto prendere dalla rete, in pdf, un mio articolo del *Physical Review* di quasi 35 anni fa (del 1967). L'APS sta mettendo tutto on-line, e per il *Physical Review Letters* sono già arrivati all'ottocento. Io propongo che, anche se si tratta di un lavoro immane, la SIF cominci se possibile a fare la stessa cosa: per valorizzare il nostro Nuovo Cimento, non solo per il suo futuro ma anche per il suo passato.

G.-F. Bassani: Cercheremo di farlo e possiamo partire dal 1844, il Cimento, e il Nuovo Cimento dal 1855. A questo punto non mi rimane che chiedere ai soci di approvare la relazione del Presidente. Chi è favorevole ad approvarla alzi la mano. Ci sono contrari? Astenuti? Va bene. Grazie.

ASSEMBLEA DI RATIFICA ALLE ELEZIONI DELLE CARICHE SOCIALI PER IL TRIENNIO 2002-2004

Il giorno venerdì 28 settembre 2001 alle ore 19.30 si sono riuniti presso l'Università di Milano-Bicocca i Soci della Società Italiana di Fisica per la ratifica e proclamazione degli eletti alle cariche di Presidente e di Membro del Consiglio.

Presiede, in qualità di rappresentante della commissione elettorale il Prof. Pullia.

Vengono riportati i risultati delle votazioni effettuate nei giorni 26, 27 e 28 Settembre:

VOTANTI 778 (corrispondente al 56.2% degli aventi diritto al voto)

Voti per la Presidenza 775
così suddivisi:

Prof. Giuseppe Franco Bassani	663	Prof. A. Reale	61
Prof. Renato Angelo Ricci	13	Prof. L. Periale	36
Prof. Antonio Vitale	3	Prof.ssa Maltoni	20
Prof.ssa Luisa Cifarelli	2	Prof.ssa Tomasini	5
Prof. Sergio Focardi	2	Prof. G. Piragino	4
Candidature diverse (con 1 solo voto)	3	Altri (con 1 solo voto)	20
Schede Bianche	85	Schede bianche	10
Schede nulle	4	Schede nulle	1

Consiglio di Presidenza:

Hanno ottenuto voti:

Prof. Luisa Cifarelli	446
Prof. Vincenzo Grasso	273
Prof. Angiolino Stella	258
Prof. Sergio Focardi	217
Prof. Antonio Vitale	180
Prof. Enrico Bellotti	162
Prof. Roberto Habel	152

La maggioranza assoluta dei voti (390) viene ottenuta dal Prof. Bassani per la carica di Presidente e dalla Prof.ssa L. Cifarelli per il Consiglio di Presidenza.

Si passa quindi alla ratifica degli eletti per il Consiglio, V. Grasso, A. Stella, S. Focardi, A. Vitale, E. Bellotti e R. Habel, che vengono approvati all'unanimità. Sono le ore 20.00 e la seduta viene chiusa.

**MIGLIORI COMUNICAZIONI PRESENTATE AL LXXXVII CONGRESSO NAZIONALE
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA**

Milano, 24-29 settembre 2001

SEZIONE 1

Fisica Nucleare e Subnucleare

Primo Premio

PETRICCA Federica
Dipartimento di Fisica, Università di
Milano-Bicocca e Laboratori Nazio-
nali del Gran Sasso
«L'esperimento GNO»

DI SANTO Daniela
Dipartimento di Fisica, Università di
Bari, INFN, Sezione di Bari
«Studio degli ipernuclei ricchi di
neutroni in FINUDA»

Secondo Premio

TRICOLI Alessandro
Università di Bologna, INFN, Sezione
di Bologna
«Misure di molteplicità carica in
eventi da quark pesanti e da quark
leggeri con l'esperimento OPAL al
LEP»

CORTIANA Giorgio
Dipartimento di Fisica, Università di
Padova, INFN, Sezione di Padova
«La ricerca del bosone di Higgs in
stati finali completamente adronici
all'esperimento CDF»

SEZIONE 2

*Fisica della Materia (Materia Con-
densata, Atomi, Molecole e Plasmì)*

Primo Premio

LIBERALE Carlo
INFM, Unità di Pavia, Dipartimento di
Elettronica, Università di Pavia
«Caratterizzazione di guide in niobato
di litio per la realizzazione di un con-
vertitore di lunghezza d'onda»

CARUSOTTO Iacopo
Laboratoire Kastler Brossel, Ecole
Normale Supérieure, Paris, France
«Stochastic field methods for the in-
teracting Bose gas»

Secondo Premio

MARTINELLI Lucio
Dipartimento di Scienza dei Materiali,

Università di Milano-Bicocca
«Luminescenza da precipitati di β -Fe-
Si₂ in silicio»

CRESTI Alessandro
INFM, Unità di Pisa, Dipartimento di
Fisica, Università di Pisa
«Ballistic transport in two-dimensio-
nal quantum wires»

SEZIONE 3

Astrofisica e Fisica Cosmica

Primo Premio

GERVASI Massimo
Dipartimento di Fisica, Università di
Milano-Bicocca
«Studio della polarizzazione della ra-
diazione fossile dalla Testa Grigia e
dal Plateau Antartico»

Secondo Premio

GUIDI Gianluca Maria
Istituto di Fisica, Università di Urbino
«Sottrazione del rumore newtoniano
nei rivelatori interferometrici di onde
gravitazionali»

SEZIONE 4a

Geofisica e Fisica dell'Ambiente

Primo Premio

MANTOVANI Roberta
Dipartimento di Matematica e Fisica,
Università di Camerino
«Bande di precipitazione alla grande
scala e instabilità simmetrica condi-
zionale»

Secondo Premio

IAFOLLA Valerio
Istituto di Fisica dello Spazio Inter-
planetario del CNR, Roma
«Possibilità di realizzazione di una
nuova strumentazione per la geo-
fisica, con l'uso di tecniche spazia-
li»

SEZIONE 4b

Biofisica e Fisica Medica

Primo Premio

ZUCCA Sergio
INFN, Sezione di Pisa
«Simulazione di dispositivi di Si»

Secondo Premio

FIDANZIO Andrea
Istituto di Fisica, Università Cattolica
del Sacro Cuore, Roma
«Dosimetria di base di sorgenti en-
dovascolari gamma emittenti»

SEZIONE 5

Elettronica e Fisica Applicata

Primo Premio

GRASSI Valerio
Dipartimento di Fisica, Università di
Milano, INFN, Sezione di Milano
«Indagine spettroscopica di JFET al
germanio per applicazioni criogeni-
che mediante la analisi del rumore a
bassa frequenza»

Secondo Premio

MURRA Daniele
ENEA, Divisione FIS-LA, Frascati RM
«Omogeneizzatore trasfocale di luce
laser»

SEZIONE 6

*Fisica Generale, Didattica
e Storia della Fisica*

Primo Premio

MASCHERETTI Paolo
Dipartimento di Fisica «A. Volta»,
Università di Pavia
«Modelli per comprendere l'equipar-
tazione dell'energia»

Secondo Premio

DILLON Giorgio
Dipartimento di Fisica, Università di
Genova, INFN, Sezione di Genova
«Diffrazione e interferenza come
sparpagliamento trasversale del pac-
chetto d'onde»

IL PREMIO NOBEL PER LA FISICA DEL 2001

G.M. Tino

Dipartimento di Fisica/Laboratorio LENS

Università degli Studi di Firenze

Polo Scientifico, I-50019 Sesto Fiorentino, FI

Il Premio Nobel per la Fisica del 2001 è stato assegnato a Eric A. Cornell e Carl E. Wieman del JILA di Boulder-Colorado (USA) e a Wolfgang Ketterle del MIT (USA) per «aver ottenuto la condensazione di Bose-Einstein in un gas di atomi alcalini e per i primi studi fondamentali delle proprietà dei condensati». Nella presentazione del premio, l'Accademia delle Scienze svedese scrive in maniera poetica che, in analogia con quanto avviene per i fotoni in un laser, gli atomi in un condensato «cantano all'unisono».

Perché è così importante aver osservato la condensazione di Bose-Einstein (BEC, *Bose-Einstein condensation*)? Un po' di storia innanzitutto: questo effetto puramente quantistico era stato predetto per gli atomi nel 1924-25 da Einstein, ispirato da un lavoro del fisico indiano Bose che aveva studiato le proprietà statistiche dei fotoni. La previsione teorica di Einstein non era mai stata verificata direttamente sebbene la degenerazione quantistica giochi un ruolo importante nel comportamento dell'elio superfluido, dei superconduttori e dei gas di eccitoni nei semiconduttori. Dopo 70 anni, in una conferenza a Capri nel 1995, Cornell riportò la prima evidenza diretta di questo effetto in un gas di atomi di rubidio, resa possibile da un «trucco sperimentale» da lui inventato per perfezionare il metodo inizialmente proposto da Wieman. Dopo qualche mese, lo stesso effetto venne osservato da Ketterle in un gas di atomi di sodio con un apparato per molti aspetti diverso da quello del JILA. Queste prime osservazioni hanno scatenato un'incredibile attività sia sperimentale sia teorica che ha fatto sì che la BEC sia al momento uno degli argomenti su cui si pubblicano più lavori di fisica.

In effetti l'osservazione della BEC non è una cosa ovvia: si tratta infatti di un effetto puramente quantistico per cui un gas di particelle identiche non interagenti, descritte da una funzione d'onda simmetrica per lo scambio di due di esse, subisce una transizione di fase quando la lunghezza d'onda di de Broglie diventa confrontabile con la distanza tra le particelle. Come è noto, nella teoria quantistica le particelle

descritte da una funzione d'onda simmetrica per lo scambio di due particelle sono dette *bosoni* e obbediscono, appunto, alla statistica di Bose-Einstein. La meccanica quantistica ammette un'altra classe di particelle, quelle descritte da una funzione d'onda antisimmetrica per lo scambio di due particelle, e che hanno spin semintero; esse sono dette *fermioni* e obbediscono alla statistica di Fermi-Dirac. Poiché sia gli elettroni che i nucleoni (neutroni e protoni) sono dei fermioni, un atomo neutro in cui il numero dei protoni ed elettroni è uguale ha spin intero e quindi è un bosone se il nucleo comprende un numero pari di neutroni. Quando la temperatura di un gas di bosoni è ridotta al di sotto di un valore critico, ci si attende che essi si accumulino nel livello fondamentale del sistema evidenziando aspetti di comportamento collettivo. Il sistema acquista una fase ben definita che è all'origine del comportamento «all'unisono» degli atomi. La transizione avviene per una densità nello spazio delle fasi $n\lambda_{dB}^3 = 2.612$ (condizione di degenerazione quantistica), dove n è la densità delle particelle e λ_{dB} è la lunghezza d'onda termica di de Broglie. Quest'ultima dipende dalla massa m delle particelle e dalla temperatura T tramite la relazione $\lambda_{dB} = h/(2\pi mk_B T)^{1/2}$.

Le ragioni di una così lunga attesa tra predizione e osservazione sperimentale sono da ricercarsi nel fatto che per ottenere la degenerazione quantistica bisogna raggiungere temperature estremamente basse. La densità del gas non può essere infatti aumentata oltre un certo valore perché bisogna evitare che al diminuire della temperatura il gas si liquefaccia e solidifichi. Se si considerano le condizioni tipiche da cui si parte negli esperimenti sulla BEC, ad esempio un gas di atomi di Rb a temperatura ambiente e a pressioni dell'ordine di 10^{-9} Torr, si ottiene $n\lambda_{dB}^3 \sim 10^{-20}$. È stato quindi necessario recuperare 20 ordini di grandezza per osservare la BEC e, poiché la densità n è limitata, si è dovuto raffreddare il gas fino a temperature non molto lontane dallo zero assoluto. Tipicamente negli esperimenti la temperatura critica è di circa 100 nanokelvin.

La procedura sperimentale che ha permesso di ottenere temperature così basse e di osservare la condensazione è essenzialmente composta da quattro «ingredienti»:

1) Raffreddamento mediante radiazione laser: a partire da un gas a temperatura ambiente, gli atomi vengono raffreddati e confinati utilizzando radiazione laser.

2) Intrappolamento magnetico: gli atomi, dotati di un momento magnetico, vengono confinati in una trappola magnetica.

3) Raffreddamento evaporativo: la temperatura degli atomi nella trappola magnetica viene ridotta eliminando selettivamente gli atomi con energia maggiore. La ritormalizzazione per collisioni porta ad una riduzione della temperatura e ad un aumento della densità.

4) Rivelazione ottica del condensato: il campione di atomi raffreddati viene osservato inviando un fascio laser di frequenza quasi risonante con una transizione atomica.

La strada verso l'osservazione della BEC era cosparca di molti trabocchetti e nella messa a punto della giusta strategia sperimentale ha avuto un ruolo determinante il lavoro svolto per anni in diversi laboratori quali quelli impegnati nella ricerca della BEC in un gas di idrogeno atomico. Come sempre accade, però, ha svolto un ruolo importante anche la capacità di individuare la strada giusta combinando opportunamente i diversi metodi e, non ultima, la fortuna: per esempio, il raffreddamento laser funziona molto meglio di quanto gli stessi proponenti e i primi sperimentatori potessero aspettarsi. L'intrappolamento magnetico era stato già sviluppato per altre applicazioni ma, se utilizzato per intrappolare atomi ultrafreddi, sembrava non funzionare a causa di un effetto di depolarizzazione degli atomi detto «spin-flip di Majorana»; proprio per eliminare questo problema Cornell aveva ideato la trappola detta TOP. Infine, il raffreddamento evaporativo può portare fino alla condensazione solo se si hanno i giusti valori per i parametri collisionali: negli esperimenti iniziali del JILA era stato scelto più o meno a caso l'isotopo 87 del Rb; se fosse stato scelto l'altro isotopo stabile, ^{85}Rb , l'esperimento sarebbe risultato estremamente più difficile.

È utile fare alcune osservazioni sulle caratteristiche principali di un condensato atomico.

Il condensato di Bose-Einstein è un oggetto quantistico macroscopico. Le dimensioni possono essere di decine di micrometri. Rispetto all'elio superfluido, in cui a causa delle interazioni nel liquido la frazione di condensato è inferiore al 10%, in un gas atomico si può ottenere un puro condensato.

Il condensato che si ottiene è in uno stato metastabile. Infatti, alle temperature e densità degli esperimenti gli atomi dovrebbero solidificare. Tuttavia, le densità atomiche negli espe-

rimenti sono tali che il tasso di collisioni a due corpi è sufficientemente alto da permettere il funzionamento del raffreddamento evaporativo mentre le collisioni a tre corpi, che sono quelle che portano alla ricombinazione degli atomi in molecole, avvengono con una probabilità minore. Il condensato si trova quindi in uno stato metastabile ma i tempi di vita media di diversi secondi sono ampiamente sufficienti per effettuare gli esperimenti.

Vediamo ora in maggior dettaglio come si svolge un esperimento che porta alla BEC.

1) *Raffreddamento mediante radiazione laser.* L'idea alla base del raffreddamento laser è di diminuire l'energia cinetica degli atomi trasferendo parte dell'energia di questi al campo elettromagnetico. Lo studio del raffreddamento e confinamento di atomi con luce laser è stato recentemente uno dei campi più attivi della ricerca in fisica atomica; la messa a punto e la comprensione di questi metodi aveva portato al premio Nobel per la fisica nel 1997 a S. Chu, C. Cohen-Tannoudji e W.D. Phillips. I metodi sviluppati sono diversi ma quelli di gran lunga più importanti negli esperimenti sono la *melassa ottica* e la *trappola magneto-ottica*. In una melassa ottica, schema inizialmente proposto da T.W. Hänsch e A. Schawlow nel 1975, gli atomi vengono investiti da tre coppie di fasci laser contropropaganti nelle tre direzioni dello spazio. La frequenza della radiazione è di poco inferiore a quella di risonanza atomica. L'assorbimento di fotoni, con conseguente trasferimento di impulso, seguito dal meccanismo dissipativo di emissione spontanea fa sì che gli atomi risentano di una forza di tipo viscoso che porta al raffreddamento del gas. In una melassa ottica si possono raggiungere temperature estremamente basse, dell'ordine di pochi microkelvin, ma gli atomi non vengono confinati. Se si aggiunge alla configurazione di fasci laser della melassa un opportuno campo magnetico quadrupolare, la combinazione dello spostamento Zeeman dei livelli atomici e della pressione di radiazione fa sì che gli atomi vengano non solo raffreddati ma anche confinati spazialmente. La trappola magneto-ottica rappresenta un sistema molto efficace per la raccolta e il raffreddamento di atomi a partire da fasci atomici o da un gas a bassa pressione in una cella a temperatura ambiente. Si possono tipicamente intrappolare 10^8 – 10^9 atomi in un volume di circa 1 mm^3 a temperature di qualche decina di microkelvin. Densità e temperature sono limitate dai meccanismi di diffusione

di fotoni. La massima densità nello spazio delle fasi ottenibile con trappole magneto-ottiche e melasse ottiche è di $10^{-5}-10^{-4}$ che rappresenta quindi un notevole passo avanti, ma non sufficiente, verso l'osservazione della degenerazione quantistica. È importante notare che uno dei vantaggi negli esperimenti con atomi alcalini, rispetto a quelli sull'idrogeno, è proprio la possibilità di utilizzare il raffreddamento laser; le transizioni dell'atomo di idrogeno sono invece nell'ultravioletto da vuoto e questo rende il raffreddamento laser molto complesso.

2) *Intrappolamento magnetico*. Le trappole magnetiche sono realizzate mediante un campo magnetico disomogeneo con un minimo locale. Gli atomi dotati di un momento magnetico risentono di una forza la cui direzione dipende dall'orientazione del momento magnetico rispetto alla direzione del campo. Se il moto atomico può essere considerato adiabatico, gli atomi che si trovano in uno stato la cui energia aumenta all'aumentare del campo magnetico risentono di una forza di richiamo verso la regione di minimo e possono essere confinati. Se confrontata con la trappola magneto-ottica, la trappola magnetica permette il confinamento di atomi a temperature più basse perché sono assenti gli effetti dovuti alla diffusione di fotoni. La trappola magnetica è una trappola conservativa ed è quindi necessario un meccanismo indipendente per raffreddare gli atomi nella trappola. I metodi finora dimostrati sono il raffreddamento evaporativo, presentato nel seguito, e il raffreddamento mediante collisioni con un altro gas di atomi a bassa temperatura.

3) *Raffreddamento evaporativo*. Nel raffreddamento evaporativo, la temperatura degli atomi nella trappola magnetica viene ridotta eliminando selettivamente gli atomi con energia maggiore. La ritermalizzazione per collisioni porta ad una riduzione della temperatura e, a causa della forma della trappola, ad un aumento della densità. Con una procedura di evaporazione ben ottimizzata è possibile quindi ottenere un aumento della densità nello spazio delle fasi di diversi ordini di grandezza e questo metodo ha quindi avuto un ruolo fondamentale negli esperimenti che hanno portato all'osservazione della BEC. Il raffreddamento evaporativo fu inizialmente proposto e utilizzato per cercare di ottenere la BEC in un gas di idrogeno atomico. La tecnica fu poi estesa agli atomi alcalini, per alcuni dei quali i parametri collisionali risultano estremamente favorevoli. Perché il raffredda-

mento evaporativo funzioni, infatti, è necessario che il tasso di collisioni elastiche che permettono la ritermalizzazione durante l'evaporazione forzata sia molto maggiore del tasso di perdita degli atomi dalla trappola dovuta alle collisioni anelastiche tra gli atomi. Inoltre per ottenere un condensato stabile con un numero elevato di atomi è necessario che l'interazione tra gli atomi raffreddati sia repulsiva, ossia che risulti positiva la lunghezza di *scattering* in onda *s*, che è la sola grandezza rilevante alle temperature d'interesse.

4) *Rivelazione ottica del condensato*. Il campione di atomi raffreddati viene osservato inviando un fascio laser di frequenza quasi risonante con una transizione atomica. L'osservazione degli atomi nello stato condensato non è facile. Le dimensioni del condensato sono di alcuni micrometri ed è quindi difficile raggiungere una risoluzione sufficiente a osservare la distribuzione spaziale degli atomi nella trappola. Inoltre l'elevata densità ottica del campione fa sì che un fascio laser di frequenza risonante venga completamente assorbito, impedendo quindi l'osservazione del condensato. Nella maggior parte degli esperimenti finora effettuati, l'osservazione è stata fatta nel modo seguente: una volta conclusa la fase del raffreddamento evaporativo, viene spento il campo magnetico e si lasciano espandere gli atomi. Dopo un tempo di alcune decine di ms, le dimensioni del campione sono tali da permetterne l'osservazione con una sufficiente risoluzione spaziale. Viene allora inviato sul campione un fascio laser di frequenza risonante con quella della transizione atomica e l'immagine dell'«ombra» prodotta dal condensato viene osservata con una telecamera a CCD. In fig. 1 sono mostrati i risultati per la condensazione di Bose-Einstein di atomi di rubidio ottenuti al JILA dal gruppo di E.A. Cornell e C. E. Wieman. Le immagini in falsi colori mostrano la distribuzione di atomi di ^{87}Rb per diverse temperature. Nella prima immagine la temperatura è superiore alla temperatura critica e la distribuzione degli atomi è isotropa come ci si attende per un campione all'equilibrio termico. L'immagine centrale corrisponde a una temperatura di poco inferiore a quella critica; si può quindi osservare una zona più densa di forma ellittica nella parte centrale. Questa forma ellittica è uno degli aspetti interessanti del fenomeno. Essa dipende dall'anisotropia del potenziale prodotto dalla trappola magnetica; tale anisotropia si riflette nell'asimmetria della funzione d'onda che de-

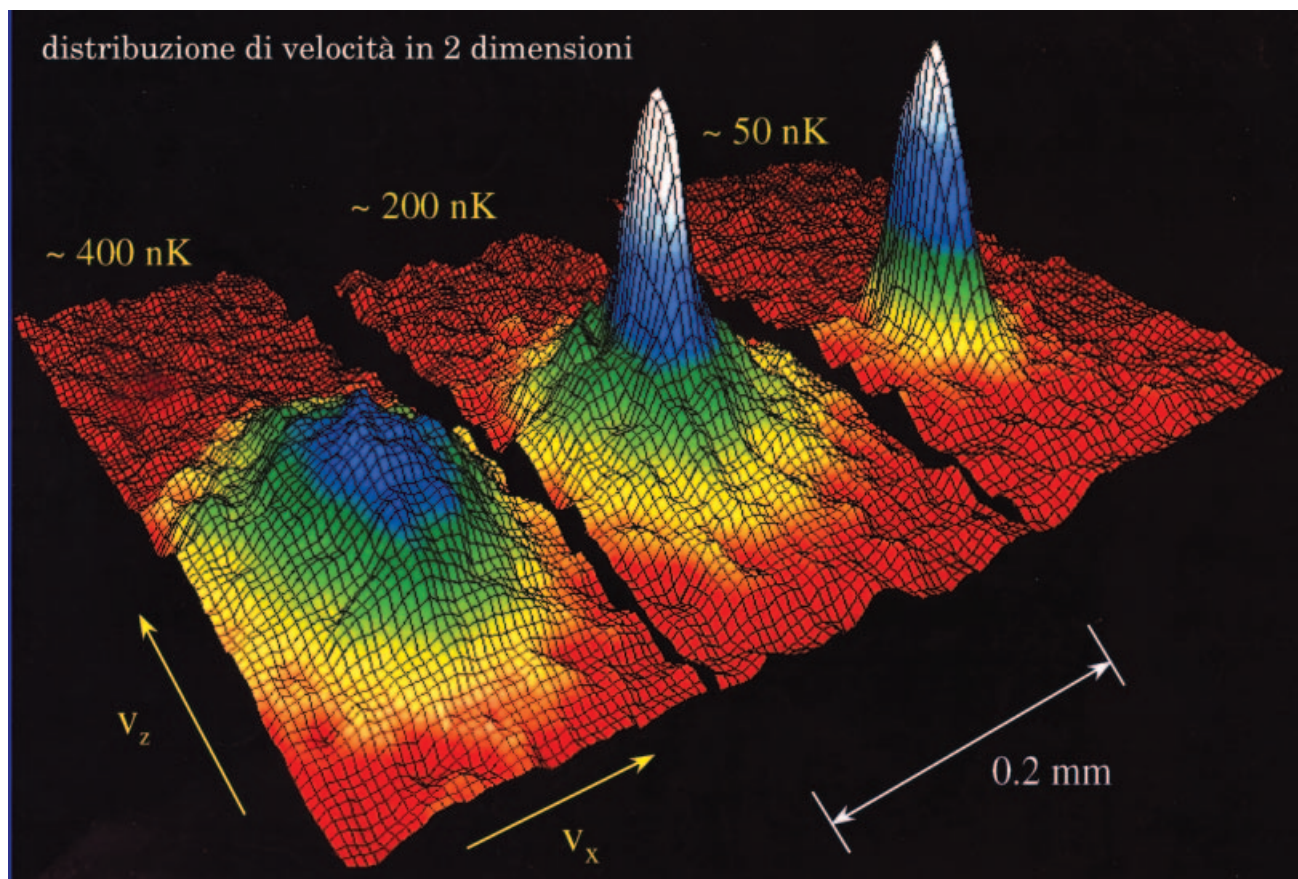


Fig. 1. – Condensazione di Bose-Einstein di atomi di rubidio ottenuta al JILA dal gruppo di E. A. Cornell e C. E. Wieman. Le immagini in falsi colori mostrano la distribuzione di atomi di ^{87}Rb per diverse temperature. Nella immagine a sinistra la temperatura è superiore alla temperatura critica e la distribuzione degli atomi è isotropa; l'immagine al centro corrisponde a una temperatura di poco inferiore a quella critica e si può osservare la zona più densa di forma ellittica nella parte centrale che indica la presenza del condensato. Nell'ultima immagine la temperatura è stata ridotta fino a ottenere un puro condensato. Le immagini sono state ottenute con un metodo di osservazione in assorbimento risolto spazialmente dopo una fase di espansione del campione. (Per cortesia di E.A. Cornell, JILA.)

scrive il condensato. Nell'ultima immagine la temperatura è stata ridotta fino a ottenere un puro condensato.

Dal '95 ad oggi, la BEC è stata realizzata in diversi laboratori del mondo e sono state studiate molte delle sue proprietà più importanti, alcune attese e altre nuove e non ancora ben comprese. Si è studiato, ad esempio, il numero di atomi nello stato fondamentale ed il calore specifico in funzione della temperatura, le eccitazioni collettive e la propagazione del suono per questo nuovo stato della materia. In analogia con i sistemi laser, è stata ottenuta una emissione controllata degli atomi dal condensato (fig. 2) e sono stati effettuati esperimenti di interferometria atomica e amplificazione delle onde di materia. Sono stati osservati direttamente i vortici nel condensato, effetto studiato precedentemente nell'elio superfluido. Dopo i

primi esperimenti sul rubidio e sul sodio, la BEC è stata ottenuta anche con atomi di litio, idrogeno, elio e recentemente, a Firenze, nel potassio. Questo campo è avanzato così velocemente che si può già pensare realisticamente a possibili applicazioni dei condensati atomici in misure di alta precisione, per lo sviluppo di sensori ad altissima sensibilità basati sull'interferenza atomica, per litografia ad alta risoluzione e come sistema interessante nel campo dell'informazione quantistica.

In Italia la ricerca sperimentale e teorica sulla BEC è molto avanzata. A Firenze, il gruppo di M. Inguscio al LENS ha ottenuto risultati di grande rilevanza quali l'osservazione dell'effetto Josephson (analogo a quello che si ha nei superconduttori) in un array di condensati e la prima osservazione della BEC per atomi di potassio. Quest'ultimo risultato è di grande impor-

laser atomico (frequenza di emissione 200 Hz)

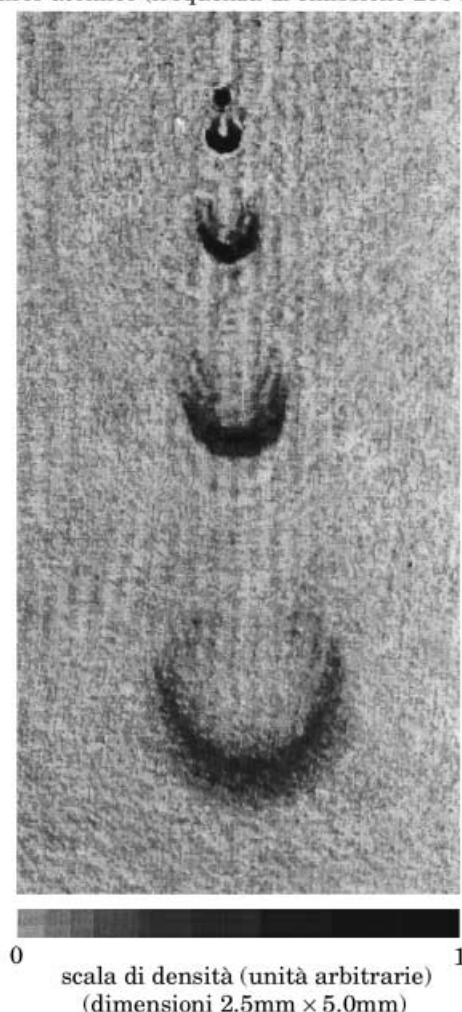


Fig. 2. – Laser atomico realizzato al MIT dal gruppo di W. Ketterle. Pacchetti successivi di atomi vengono emessi in maniera coerente da un condensato di atomi di sodio e cadono a causa della gravità. (Per cortesia di W. Ketterle, MIT.)

tanza in quanto il potassio naturale è composto di isotopi bosonici e fermionici e quindi permetterà di confrontare le proprietà statistiche di un gas di bosoni con quelle dei fermioni predette dalla statistica di Fermi. S. Stringari e il suo gruppo a Trento sono riconosciuti tra i massimi esperti della teoria della BEC: di questo gruppo fa parte L. Pitaevskii che nel 1961 aveva derivato l'equazione, detta appunto di Gross-Pitaevskii, che permette di descrivere il comportamento di un condensato a basse temperature. Ricerca attiva sulla BEC viene anche portata avanti dal gruppo sperimentale di E. Arimondo all'Università di Pisa e dai gruppi teorici di M. Tosi alla Scuola Normale Superiore di Pisa e L. Reatto a Milano. I tre vincitori del premio Nobel di quest'anno sono stati più volte in Italia per partecipare a confe-

renze e scuole e, in particolare hanno partecipato come Lecturers e Codirettore (Weiman) al Corso CXLIX della Scuola E. Fermi di Varenna nel 1999. Inoltre Cornell ha trascorso alcuni mesi a Firenze nel 1998 per collaborare agli esperimenti di raffreddamento laser dei fermioni condotti presso il LENS.

Una nota a proposito dei criteri di valutazione e procedure di reclutamento: Cornell ha ora 39 anni; quando il JILA lo ha assunto affidandogli il laboratorio per la ricerca sulla BEC, aveva meno di 30 anni e 3 pubblicazioni e quando ha realizzato la BEC nel 1995 aveva pubblicato 10 articoli.

Per approfondire:

- G.M. Tino, M. Inguscio: «Experiments on Bose-Einstein Condensation», La Rivista del Nuovo Cimento, Vol. 22, N. 4 (1999).
- M. Inguscio, S. Stringari, C. E. Wieman (Editors): «Bose-Einstein Condensation in Atomic Gases», Proceedings of the International School of Physics E. Fermi, Course CXL (IOS Press, Amsterdam) 1999.

IL CENTRO ENRICO FERMI DI VIA PANISPERNA: MUSEO STORICO E CENTRO STUDI E RICERCHE

97

Con questa nota presentiamo brevemente il progetto e le attività del Centro E. Fermi che consiste in una nuova istituzione scientifica istituita dalla legge n. 62 pubblicata sulla G.U. del 17.3.99.

L'idea ha radici lontane. La Signora Laura Fermi ne aveva parlato più volte con Antonino Zichichi. E in particolar modo quando venne celebrato a Erice il 33mo Anniversario dell'accensione del Fuoco Nucleare di Pace. Il primo passo concreto inizia nel 1995 quando Bruno Maraviglia, allora Direttore del Dipartimento di Fisica dell'Università La Sapienza di Roma, invia una lettera al Ministro dell'Interno dell'epoca Rinaldo Ossola in cui propone di destinare l'edificio di via Panisperna a Museo e Centro Scientifico. Questa lettera non ebbe mai una risposta diretta ma innescò un processo complesso, turbolento ma infine efficace sfociato nella legge del 1999. Il primo firmatario della legge e una delle persone che ha più contribuito a questo progetto è stato il Sen. Athos De Luca.

Tra i tanti altri promotori vogliamo poi ricordare anche il coordinatore del Comitato promotore, Luigi Squitieri del Ministero degli Interni che purtroppo è venuto a mancare recentemente.

Verso la fine del 2000 il Ministro Ortensio Zecchino ha nominato Antonino Zichichi Presidente del Centro e le varie Università ed Enti di Ricerca hanno nominato i loro rappresentanti nel Consiglio di Amministrazione che sono: Bruno Maraviglia, Franco Pacini, Giorgio Parisi, Roberto Petronzio, Luciano Pietronero, Piergiorgio Picozza. Questo Consiglio ha iniziato le sue attività alla fine del 2000.

Un punto chiave di questo progetto è l'acquisizione dell'edificio storico di via Panisperna. Questo edificio diventerà la sede del Museo Storico della Fisica e del Centro Scientifico. Al momento l'edificio è parte del comprensorio del Viminale, sede del Ministero dell'Interno. C'è già un progetto abbastanza dettagliato per il restauro e la sistemazione dell'immobile, che dovrebbero concludersi nell'arco di due anni come è stato recentemente riassicurato dal Ministro degli Interni Scajola.

Nel frattempo quindi la parte museale del progetto è sospesa fino al momento della disponibilità della storica palazzina.

Il Centro prevede però anche una attività di studi e ricerche che è stata già impostata e verrà avviata nei prossimi mesi. L'idea è di onorare la memoria di Enrico Fermi con una attività vitale e attuale che dia un contributo alle conoscenze scientifiche dei nostri tempi. Fermi non amava vivere di ricordi. La sua famosa "pila" venne smantellata e al suo posto vennero costruiti due campi da tennis. Fermi amava e viveva di futuri progetti animati da uno spirito giovanile e fortemente innovativo.

In questo spirito e con l'impulso di Zichichi abbiamo deciso di focalizzare le attività scientifiche del Centro verso due punti chiave che sono complementari alle attività tradizionali delle Università e dei vari Enti di Ricerca, e cioè verso le attività Multidisciplinari e il ruolo fondamentale dei Giovani Ricercatori particolarmente dotati.

Le istituzioni tradizionali hanno una naturale tendenza a svilupparsi in discipline ben definite che spesso evolvono senza molte interazioni tra di loro. Questo approccio porta ad un alto grado di specializzazione nei problemi che sono ben rappresentati nell'ambito di un determinato settore. Esiste però anche un ampio spettro di problemi fondamentali che intrinsecamente toccano

settori diversi tra loro e vengono spesso trascurati a causa di queste barriere strutturali. Il Centro Fermi si propone di focalizzare la sua attività precisamente verso questo tipo di problemi multidisciplinari per i quali è essenziale eliminare le barriere tra le varie discipline e creare una comunità scientifica di tipo nuovo che operi con lo spirito di innovazione interdisciplinare che fu la grande novità introdotta da Enrico Fermi.

Queste tendenze stanno emergendo in diversi ambiti, come una sorta di movimento spontaneo, e alcuni ritengono addirittura che questo nuovo approccio costituirà il punto di riferimento per ridefinire le discipline scientifiche del futuro. Per esempio questo è uno dei temi fondamentali per il prossimo programma di attività scientifiche della Comunità Europea. Abbiamo quindi l'opportunità di proporre un contributo importante e per molti aspetti unico a questa tendenza innovativa.

Per quanto riguarda i Giovani Ricercatori particolarmente dotati un problema fondamentale e critico per le nostre istituzioni scientifiche è la carenza di buone opportunità professionali. Questa situazione è ben nota e diffusa anche in altri paesi. Secondo alcune stime potrebbe portare ad una grave carenza di ricercatori in tutta l'Europa nei prossimi 5-10 anni.

Proponiamo quindi di cogliere l'opportunità offerta dal Centro Fermi per dare un significativo contributo al miglioramento di questo problema dedicando una apprezzabile parte delle risorse a questo fine. L'idea è di creare a livello junior e intermedio, per giovani ricercatori brillanti ed innovativi, delle Grants di prestigio che coprano lo stipendio ed un contributo alle attività di ricerca per periodi da 2 a 4 anni. Le attività interdisciplinari nello spirito sopra descritto, saranno prioritarie purchè di livello eccellente.

Insieme a queste Grants si svilupperanno anche alcuni progetti specifici che sono in corso di elaborazione. Nell'attesa dell'edificio di Via Panisperna l'attività scientifica si svolgerà in modo delocalizzato. L'elaborazione dei dettagli di queste varie attività è al centro della nostra attenzione e rappresenta un impegno su cui vogliamo qualificare l'originalità di questa nuova istituzione creata per onorare la memoria del più grande galileiano del XX secolo portando avanti il suo impegno nelle attività di ricerche innovative e di promozione per giovani talenti.

Luciano Pietronero
Università di Roma La Sapienza