

Bollettino della Società Italiana di Fisica  
Nuova Serie Anno 16  
N. 5 settembre-ottobre 2000  
N. 6 novembre-dicembre 2000



Comitato di Redazione:

Giuseppe-Franco Bassani, Enrico Bellotti, Luisa Cifarelli, Vincenzo Grasso, Roberto Habel, Angiolino Stella, Andrea Taroni, Antonio Vitale

Direttore Editoriale:

Andrea Taroni

Responsabile di produzione:

Angela Oleandri

Hanno inoltre collaborato a questo numero: G.F. Bassani, E. Bellone, A. Bettini, P. Cosentino, S. Deganello, F. Focardi, R. Giovanelli, C. Lo Surdo, N. Messina, A. Orefice, R.A. Ricci, G. Salvini, L. Satta, E. Scapparone, S. Sciuti, P. Tucci

Copertina a cura di Enzo Iarocci

Segreteria di Redazione:

Carmen Vasini

Direzione e Redazione:

Società Italiana di Fisica

Via Castiglione 101

40136 Bologna

Tel. 051331554 / 051581569

Questo fascicolo è stato realizzato in Fotocomposizione dalla Monograf, Bologna e Stampato dalla Tipografia Compositori nel mese di Febbraio 2001

Autorizzazione del Tribunale di Bologna n. 3265 del 3/5/1967

© Società Italiana di Fisica

Proprietà Letteraria Riservata

Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte della rivista può essere riprodotta in qualsiasi forma (per fotocopia, microfilm o qualsiasi altro procedimento), o rielaborata con uso di sistemi elettronici, o riprodotta, o diffusa, senza autorizzazione scritta dell'editore

 USPI Associato all'Unione  
Stampa Periodica Italiana

Editrice Compositori, Via Stalin-  
grado 97/2, Bologna

# IL NUOVO SAGGIATORE

BOLLETTINO DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

Direttore Responsabile  
Giuseppe-Franco Bassani

Vicedirettori  
Antonio Bertin e Antonio Vitale

Comitato Editoriale

E. Arimondo, G. Benedek, N. Cabibbo, S. Focardi,  
E. Iarocci, P. Picchi, e R.A. Ricci

## OPINIONI

- 3 Lettera al direttore  
G. Lo Surdo  
4 A proposito di uranio impoverito  
R.A. Ricci

## IL NOSTRO MONDO

- 06 Cerimonia di inaugurazione del LXXXVI Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica  
12 Discorso inaugurale del Presidente della Società Italiana di Fisica  
16 Conferimento dei Premi per la Fisica per l'anno 2000  
21 Storia delle scienze e cultura  
E. Bellone  
23 L'archeometria e la salvaguardia del patrimonio artistico  
S. Sciuti  
32 Resoconto sulla tavola rotonda: La fisica per i beni culturali  
P. Cosentino e S. Deganello  
41 Fisica e società - Conferenza cittadina al LXXXVI Congresso della Società Italiana di Fisica  
G.F. Bassani  
46 Verbale dell'assemblea generale dei Soci al LXXXVI Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica  
46 Relazione dei Revisori dei Conti della Società Italiana di Fisica per l'esercizio 1999  
53 Relazione del Presidente della Società Italiana di Fisica  
63 Vincitori dei premi per le migliori comunicazioni  
64 Commento di Ninni Messina al congresso di Palermo  
65 Guido Tagliaferri, fisico, storico, umanista  
G. Salvini e P. Tucci

## PERCORSI

- 74 Attualità dei paradossi di Copenhagen  
A. Orefice e R. Giovanelli

## SCIENZA IN PRIMO PIANO

- 79 Il laboratorio del Gran Sasso dell'INFN: ritratto e attività di ricerca  
A. Bettini  
85 Il progetto su lunga base CERN-Gran Sasso (CNGS)  
E. Scapparone  
94 Il progetto MONOLITH: Studio delle oscillazioni dei neutrini al laboratorio del Gran Sasso  
L. Satta

## 101 RECENSIONI

- 103 SCELTI PER VOI  
L'ultimo calcolatore - La stampante prossima ventura

## 104 ANNUNCI

- 110 INDICE Vol. 16, 2000

## ABBONAMENTI 2000

Il Nuovo Saggiatore - Bollettino della Società Italiana di Fisica viene inviato gratuitamente ai Soci della Società Italiana di Fisica.

Quota di associazione alla Società Italiana di Fisica:

Socio individuale	Lit. 70.000 36 €
Socio collettivo	Lit. 300.000 155 €
Socio sostenitore	(a partire da) Lit. 500.000 258 €

Quota abbonamento a Il Nuovo Saggiatore - Bollettino della Società Italiana di Fisica per i non soci: Lit. 100.000 52 €.

Quote di abbonamento ai periodici della Società Italiana di Fisica:

Il Nuovo Cimento B per i soci	Lit. 670.000 346 €	Il Nuovo Cimento C per i non soci	Lit. 405.000 209 €
Il Nuovo Cimento B per i non soci	Lit. 835.000 431 €	Rivista del Nuovo Cimento per i soci	Lit. 357.000 184 €
Il Nuovo Cimento C per i soci	Lit. 340.000 175 €	Rivista del Nuovo Cimento per i non soci	Lit. 440.000 227 €

Abbonamento cumulativo alle 3 riviste

per i soci	Lit. 1.250.000 645 €
per i non soci	Lit. 1.500.000 775 €

Giornale di Fisica per i soci	Lit. 79.000 40 €	Giornale di Fisica per i non soci	Lit. 95.000 49 €
Quaderni di Storia della Fisica		Quaderni di Storia della Fisica	

A partire dal gennaio 2000 la sezione A del *Nuovo Cimento* si è fusa con le sezioni A e C dell'*European Physical Journal*, rivista europea nata nel 1998 dalla fusione del *Journal de Physique* con lo *Zeitschrift für Physik* oltre che del *Nuovo Cimento*, e pubblicata col supporto della Società Europea di Fisica e di numerose società di fisica della comunità europea.

Le somme per l'abbonamento devono essere versate (direttamente o per mezzo di un libraio) sul c/c N. 19197409 - Il Nuovo Cimento - Società Italiana di Fisica S.I.F., via Stalingrado 97/2, 40128 Bologna

Per ulteriori informazioni rivolgersi a:

Editrice Compositori  
Via Stalingrado, 97/2  
40128 Bologna, Italy

tel. +39-0514199711  
fax +39-051327877  
e-mail: 1865@compositori.it

## PUBBLICITÀ

Nella tabella sottostante sono indicati i prezzi delle inserzioni pubblicitarie ne Il Nuovo Saggiatore - Bollettino della Società Italiana di Fisica.

Spazio dell'inserzione	Superficie stampata (altezza × larghezza)	Numero di inserzioni			
		1 inserzione	3 inserzioni	6 inserzioni	12 inserzioni
1 pagina	cm 25.3 × 17.2	L. 1.000.000	L. 960.000	L. 930.000	L. 920.000
½ pagina	cm 12.2 × 17.2	L. 665.000	L. 640.000	L. 625.000	L. 590.000
⅓ pagina	cm 25.3 × 5.4	L. 585.000	L. 558.000	L. 530.000	L. 505.000
¼ pagina	cm 12.2 × 8.1	L. 500.000	L. 475.000	L. 458.000	L. 425.000

Supplemento per stampa a colori L. 600.000 + eventuali spese di produzione dei files per la quadricromia.

Le inserzioni pubblicitarie devono attenersi alle misure standard indicate.

La pubblicità è limitata al 20% del fascicolo.

La Direzione si riserva la facoltà di pubblicare esclusivamente le inserzioni che ritiene conformi al contenuto della rivista.

Periodicità: 6 numeri l'anno.

Stampa in fotocomposizione

Riproduzione di offset.

Gli articoli destinati alla pubblicazione devono essere inviati in duplice copia direttamente ed esclusivamente alla redazione, così come la corrispondenza relativa ad articoli e pubblicità:

**Redazione de Il Nuovo Saggiatore**

**Società Italiana di Fisica**

**Via Castiglione 101**

**40136 Bologna**

**tel. +39-051581569 - fax +39-051581340**

**e-mail: [saggiatore@sif.it](mailto:saggiatore@sif.it) - web page: [www.sif.it](http://www.sif.it)**

# OPINIONI

Egregio sig. Direttore,

la presente lettera ambisce ad indurre qualche riflessione — o forse ad aprire un dibattito — su un tema del quale poco si parla e ancor meno si scrive, nonostante il suo interesse centrale nel mondo della ricerca. Mi riferisco al funzionamento del sistema dei media scientifici, ed in particolare ai meccanismi che in esso governano la possibile trasformazione dei manoscritti, che a quei media pervengono, in articoli direttamente accessibili alla pubblica fruizione.

Per tradizione, il «giuoco a tre parti» (media-referees-autori) in cui si articola la selezione dei contributi scientifici candidati a pubblicazione si ispira essenzialmente a tre distinti principi, i primi due dei quali, come vedremo, strettamente correlati tra loro, e cioè:

1) la sostanziale gratuita delle consulenze dei *referees* verso i media che li interpellano;

2) l'anonimato (verso l'esterno in genere, ed in particolare verso gli autori) dei *referees* stessi;

3) la virtuale inappellabilità del giudizio, o per lo meno del giudizio finale, di questi ultimi, a fronte di possibili controdeduzioni degli autori.

È opportuno commentare immediatamente il terzo punto. Come è ovvio, gli autori hanno il diritto di difendere il valore dei loro contributi contro possibili giudizi e/o sollecitazioni a modifiche da essi ritenuti inaccettabili; ma le discussioni (quasi sempre epistolari) che possono allora svilupparsi «tramite redazione» (non è affatto detto che questo avvenga) si svolgono di norma in una situazione di sleale asimmetria tra le posizioni degli interlocutori, la quale ne infirma potenzialmente l'obiettività degli effetti. Quando poi il margine di trattabilità si mostra troppo esiguo, la *querelle* viene inappellabilmente risolta dalle redazioni, e allora quasi sempre a favore delle valutazioni dei *referees*; né è detto, naturalmente, che questa sia di fatto e senza eccezioni la scelta ottimale. Un'altra ed ultima possibilità, nello stesso caso di contenzioso autori-*referees* incompatibile, consiste nella richiesta, da

parte degli autori, di una sorta di giudizio di 2° grado (cioè del giudizio di un altro *referee* — e non, con ogni evidenza, di un secondo giudizio dello stesso *referee*); ma ancora, non vi è alcuna garanzia che la scelta delle redazioni, se l'appello viene accordato, cada su un esperto più autorevole ed obiettivo del precedente (di obiettivo ci sarà al più soltanto la somma, per quanto significativa, di giudizi analoghi). Una importante conclusione che emerge tra le altre da quanto sopra ricordato è che, salvo casi eccezionali, *i media si limitano a gestire una selezione nei fatti largamente delegata ai referees* da essi interpellati; come, dopotutto, è abbastanza naturale che avvenga.

Nonostante i suaccennati margini dialettici e discrezionali, nella cui gestione la correttezza ed il buon senso delle redazioni giuocano un ruolo determinante, la possibilità di giungere a veri e propri scontri, inaccettabili ritardi o definitive rotture è tutt'altro che infrequente. Un insieme di tendenze di tipo «centrifugo», da tempo irreversibilmente in atto, rende poi la situazione anche più difficile. Intendo qui riferirmi ad esempio alla parcelizzazione del sapere in aree sempre più specialistiche, spesso con la formazione di gruppi di ricerca (o meglio, di gruppi di potere nel sistema della ricerca) sempre più ristretti e gelosi dei loro territori, alla correlata elaborazione e fissazione di specifici idiomi (spesso non necessari, sia in senso linguistico che concettuale, ma comunque incomprensibili ai non addetti ai lavori — e questo è allora il loro vero ruolo) e alla generale provincializzazione degli orizzonti conoscitivi. Su diversi versanti agiscono anche la talvolta insopportabile interferenza tra scienza applicata e potere economico, l'esplosiva crescita quantitativa delle pagine scientifiche sottoposte per pubblicazione, la globalizzazione dell'audience, i rapporti formalmente «di buon vicinato» tra i media, e via dicendo.

La pressione di queste ed altre difficoltà giustifica ormai largamente, a mio avviso, l'opportunità di una revisione delle consuetudini, o norme non codificate, che fino ad oggi hanno go-

vernato il sistema mediatico della scienza. Al di qua di ogni eventuale modifica (di quelle norme) che ne derivasse, un punto mi sembra tuttavia destinato a rimanere fermo, e cioè la sopraddetta natura «a tre parti» del sistema stesso. Ciò vale a maggior ragione in un momento in cui le teste si avviano ad una transizione epocale, che ne vedrà presuntivamente trasformate la maggior parte, nel volgere di pochi anni, da oggetti cartacei in convenienti «siti» in rete, opportunamente predisposti e regolati. I gestori di tali nuovi media dovranno infatti in ogni caso provvedere a rendere operativo un filtro di qualità equo ed efficace sui contributi ad essi sottoposti; ed anzi, essenzialmente a questa operazione si ridurrà allora il loro ruolo, ed essenzialmente al suo costo il loro onere economico. Concludendo, con il permanere della procedura «a consultazione di esperti», la scelta ottimale dei *referees* ed il miglior pilotaggio di eventuali contenziosi *referees*-contributori resteranno obiettivi primari delle redazioni. Ma come procedere alle eventuali modifiche delle regole del «gioco a tre parti»?

Si dà il caso che giungere ad una valutazione seria e responsabile di una memoria scientifica, entro tempi prefissati, sia spesso un'impresa di tutto rispetto, che richiede applicazione, disponibilità, flessibilità di giudizio, onestà intellettuale e libertà da ogni tipo di condizionamento (oltre naturalmente a presupporre un livello di preparazione al di sopra di una certa soglia); e mi si perdoni l'ovvietà della tesi. Si tratta cioè di una vera e propria attività di lavoro altamente professionale (e ad alto rischio in assenza di coperture), e nessuno dovrebbe vedere nulla di strano se essa fosse congruentemente remunerata. Ciò avrebbe alcune importanti ricadute positive. Innanzitutto, essendo ricompensati (a tariffa? a discrezione? a «trattativa riservata»?), i *referees* assumerebbero una responsabilità concreta, fattuale e non di principio, verso il giornale committente; e dunque anche verso la sua audience e gli stessi contributori, perché, come abbiamo osservato più sopra, di nor-

ma il giornale in buona sostanza «amministra», ma non «decide in proprio», la selezione. *Una naturale conseguenza della remunerazione è quindi che i referees dovrebbero in qualche conveniente modo rinunciare al vantaggio dell'anonimato.* In secondo luogo i tempi della procedura di valutazione, essendo prefissati contrattualmente, si snellirebbero, e comunque non toccherebbero mai i limiti indecorosi che si hanno spesso a lamentare. L'onorario pagato al *referee*, e niente altro di più o meno ben definito — di solito si tratta soltanto di una forma di consenso, più o meno meritato, da una parte, e di autocompiacimento dall'altra; ma non di rado del riconoscimento, e rispettivamente dell'affermazione, di un effettivo potere — salderebbe una volta per tutte il debito nei suoi confronti. E ancora, al potenziale relatore sarebbe comunque consentito di declinare la richiesta di collaborazione senza rischiare in qualche senso di «perdere la faccia», come in qualunque libero rapporto professionale (possono sempre esserci mille buone ragioni per rifiutare una richiesta di lavoro remunerato). A sua volta, poi, la nominatività dei giudizi contribuirebbe ad equiparare le posizioni dei contendenti in caso di disaccordo, inducendo così le redazioni a maggior spirito di collaborazione (per non dire a maggior correttezza) nei confronti dei contributori. Naturalmente, la (relativa) inappellabilità delle valutazioni dei *referees* rimarrebbe in essere (salvo il caso di redazioni scientificamente autorevoli che, scavalcandole, decidessero di assumersi la responsabilità sostanziale della decisione); ma venendo allo scoperto, essi *referees* sarebbero tenuti a sostenere le loro valutazioni con argomenti concreti, attinenti alla sostanza (e non soltanto alla forma, come troppo spesso succede) dei contributi in oggetto, senza che fosse loro permesso di rifugiarsi nel limbo di stroncature generiche «tanto per esprimere qualcosa in negativo» — una pulsione naturale ed incontrollabile, talvolta con radici psicologiche profonde — per poi sparire dietro la cortina di un troppo comodo silenzio. Infine la nominatività avrebbe il vantaggio di far emergere, col tempo e «innanzi al popolo», i veri esperti nel ruolo (soggetti cioè non necessariamente portatori di valori creativi, ma piuttosto critici, culturali e didattici), per i quali si potrebbe addirittura creare una specie di mercato non occulto, una «borsa» aperta alle libere valutazioni delle parti terze. D'altra parte, la sola nominatività dei giudizi considerata di per sé accrescerebbe a tal punto il coinvolgimento dei relatori *da automaticamente configurare le loro prestazioni come*

*veri e propri «rapporti di lavoro a carattere saltuario»* (da regolare mediante appositi contratti e convenientemente remunerare). Insieme alla prima, riportata in corsivo all'inizio del presente paragrafo, questa seconda implicazione (che ne è l'inversa) dimostra che tra la nominatività e la remunerazione dei giudizi (o anche tra le loro corrispondenti negazioni, vedi il regime oggi in uso) esiste una sostanziale correlazione logica, fattuale e, in senso qui intenzionalmente vago, «legale».

Orbene: è mia ponderata opinione che, nella situazione presente, fino a quando la sopraddetta «coppia virtuosa» (nominatività, remunerazione) dei giudizi non venga in qualche modo o misura o accezione introdotta nel nostro sistema mediatico, l'«onesto» gioco a tre parti menzionato in apertura si possa talvolta trasformare, in certi casi sfortunati ma non così infrequenti come parrebbe a prima vista, in un perverso «scaricabarile» in cui nessuno (salvo, evidentemente, gli autori) risponde come dovrebbe delle proprie scelte; sempreché, all'opposto, non si riduca ad una tranquilla ma rigidamente esclusiva «partita di parrocchia», dove tutti gli associati/iniziati vanno sempre (o quasi) d'accordo tra loro. Esempi anche estremi, dell'una come dell'altra evenienza, non mancano certo a chiunque abbia maturato una sufficiente esperienza nel campo.

Beninteso, chi scrive è perfettamente conscio del carattere approssimativo, problematico e financo evanescente della sua proposta, che andrebbe approfonditamente discussa nei numerosi e difficili aspetti tecnici della sua attuazione. Ma come è norma in questi casi, il suggerimento che ne deriva è quello di considerarla per il momento come un invito a riflettere: perché i problemi esistono, e sono più o meno quelli descritti.

RingraziandoLa dell'attenzione,  
Le invio molti cordiali saluti.

C. Lo Surdo  
(ENEA-Frascati)

#### A proposito di «Uranio Impoverito»

Alla ribalta delle informazioni diffuse in merito alla cosiddetta «Sindrome dei Balcani» (associata ormai a quella precedente, nota come «Sindrome del Golfo») è assurta la questione dell'uso dell'uranio impoverito (o depleto) in proiettili perforatori usati dalla NATO nelle campagne militari in Irak e successivamente in Bosnia e nel Kosovo.

Tali informazioni per la gran parte approssimative e allarmanti sono state essenzialmente basate sulla con-

nessione dichiarata, ma non provata scientificamente, (le indagini «tecniche» sono tuttora in corso) tra l'utilizzazione di tali proiettili (non bombe esplosive) e la manifestazione di malattie e decessi per cause tumorali, soprattutto forme leucemiche, di militari italiani (23 casi di cui 8 mortali) ed europei dei contingenti operanti nei Balcani. Poiché tale connessione ha costituito il motivo dominante della drammatizzazione del problema, non solo dal punto di vista sanitario ma anche da quello ambientale, esso ha fatto passare in seconda linea eventuali altre cause ben possibili (nel caso di superamento delle risultanze statistiche possibili tramite serie analisi epidemiologiche), che dovranno essere analizzate a tutto campo, di qualsiasi provenienza esse siano.

In ogni modo, la messa in causa dell'uranio (impoverito o no) mette altresì in causa conoscenze fisiche, chimiche e radioprotezionistiche di pertinenza delle comunità scientifiche corrispondenti.

A maggior ragione, dopo che si è parlato anche di presenza di plutonio (ovvero di uranio-236 possibile discendente del plutonio-240 oppure proveniente dalla cattura di neutroni lenti dall'uranio-235, comunque separabili chimicamente dal plutonio).

Per questa ragione, l'AIN (Associazione Nucleare Italiana) ha emesso un comunicato stampa dettagliato che si potrà trovare sul sito Web: [www.ain.it](http://www.ain.it) e, in accordo con altre associazioni scientifiche e tecniche, sta proponendo una doverosa posizione comune che offra all'opinione pubblica, ai mass-media e alla classe politica una base scientificamente corretta per una valutazione responsabile non influenzata da allarmismi intempestivi e da posizioni di natura politica e ideologica.

È questo anche un problema culturale che riguarda l'informazione scientifica che si trova ad affrontare un'atmosfera ormai insostenibile dove il catastrofismo, l'avidità di *scoop*, la drammatizzazione irresponsabile di ogni problema e la disinformazione continuano ad imperversare.

Credo sia dovere e responsabilità della Comunità Scientifica e, per quel che ci riguarda della SIF, non lasciare a poche voci coraggiose il richiare fermamente l'attenzione dell'opinione pubblica sul problema.

Tra tutti gli allarmi che girano ce n'è sicuramente uno ormai importante ed è la carenza di cultura scientifica (nel nostro Paese sta diventando gravissima) accompagnata dalla disinformazione.

Renato Angelo Ricci  
Pres. Onorario SIF



**CERIMONIA DI INAUGURAZIONE  
DEL LXXXVI CONGRESSO NAZIONALE  
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA**

**Palermo, 6 ottobre 2000**

**G.-F. Bassani:** Nel dare inizio alla Cerimonia Inaugurale del LXXXVI Congresso della Società Italiana di Fisica, desidero leggere alcuni messaggi che ci sono pervenuti. Anzitutto il telegramma di Vincenzo Leanza, Presidente della Regione Siciliana: «Impossibilitato presenziare alla Cerimonia di Apertura ed alla sessione plenaria del LXXXVI Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica che avrà luogo dal 6 all'11 ottobre pp.vv. c/o La Sala dei Baroni di Palazzo Steri - Palermo invio i miei più sentiti saluti con preghiera di estenderli ai Relatori ed alle Autorità partecipanti.»

Abbiamo poi il telegramma del Presidente del Consiglio Nazionale delle Ricerche Lucio Bianco: «Ho ricevuto il suo cortese invito a partecipare alla Cerimonia di Inaugurazione del LXXXVI Congresso della Società di Fisica che si terrà a Palermo il giorno 6 ottobre p.v. Al riguardo desidero ringraziarLa e comunicarLe che purtroppo non potrò essere presente a causa di concomitanti impegni dovuti al mio ufficio. Le invio con l'occasione i miei più cordiali saluti».

Abbiamo poi un telegramma di Carlo Rubbia, Presidente dell'ENEA, il quale ringrazia per l'invito a partecipare alla Cerimonia di Inaugurazione, non può venire e augura il pieno successo alla manifestazione. Invia a tutti i più cordiali saluti.

Abbiamo poi un telegramma di Edoardo Ventsentini, Presidente dell'Accademia Nazionale dei Lincei: «Grato per il cortese invito formulo vivissimi auguri per l'ottantaseiesimo Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica».

Per finire dò lettura del telegramma di Fabio Granata, Onorevole Assessore dell'Assessorato Regionale Beni Culturali di Palermo: «Causa inderogabili impegni precedentemente assunti impossibilitato presenziare alla Cerimonia apertura lavori Congresso, formulo i migliori auguri per un proficuo lavoro».

Adesso, vorrei dare la parola ad alcune persone presenti che penso ci daranno il benvenuto in questa magnifica Sala dei Baroni

dell'Università di Palermo che il Rettore ha messo a nostra disposizione. Come prima cosa desidererei invitare il Preside della Facoltà di Scienze, Professor Francesco Maria Raimondo, a dire due parole in rappresentanza del Rettore, il quale, a causa di un impegno pressante, interverrà più tardi e al momento non può essere presente.

**F.M. Raimondo:** Innanzitutto sento il dovere di dare il saluto della Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali che rappresento, ma aggiungò a questo saluto quello del Magnifico Rettore impossibilitato ad essere presente proprio all'avvio dei lavori, perché convocato d'urgenza in una riunione con altri Rettori delle Università siciliane.

Sento altresì il dovere di onorare i fisici italiani e in particolare i fisici della mia Facoltà, che ben degnamente hanno sviluppato questo settore delle Scienze che a Palermo gode di un'antica tradizione.

È per me motivo di compiacimento rappresentare la Facoltà di Scienze in questo momento in cui per la Fisica sembra delinearsi localmente una grande attenzione, viste le implicazioni della Fisica nelle varie problematiche che attengono non solo agli aspetti della Scienza specifica, ma alle varie applicazioni anche nel settore dei Beni Culturali, come opportunamente «attenzionato» dal vostro programma congressuale. La Sicilia certamente ha bisogno di esperti in questo settore; di un contributo non solo scientifico per garantire l'ulteriore conservazione di questo grande patrimonio di cui è depositaria assieme al resto del nostro Paese: siamo tutti consapevoli di quale incidenza hanno i Beni Culturali in Italia e in Sicilia in particolare.

Devo dire, da un punto di vista strettamente accademico, che la Fisica nella nostra Facoltà di Scienze — a parte la sua tradizione — anche in questo ultimo periodo è rappresentata da esponenti di primo piano.

Io desidero cogliere l'occasione per esprimere, ancora al Professor Ugo Palma, i sentimenti di apprezzamento e la viva soddisfazione della Facoltà per il recente riconoscimento conferitogli dal Presidente della Repubblica. Ma a parte queste espressioni, che potrebbero in qualche modo essere considerate interessate, voglio soprattutto augurare a tutti i convenuti un proficuo lavoro e un soggiorno in questa città da ricordare piacevolmente:

stimolo per tornare ancora nella nostra regione. Sarà casuale, ma proprio in questa settimana e nella precedente, in Sicilia, si sono date appuntamento diverse società scientifiche italiane per tenervi i loro Congressi. A parte Palermo, che sicuramente costituisce una sede privilegiata, vorrei ricordare che proprio alla fine di settembre la Società Botanica Italiana ha tenuto il proprio 98° Congresso annuale a Messina; il 33° Congresso della Società Italiana di Biogeografia si chiude oggi a Cefalù; la Società Italiana di Fisica apre oggi nella nostra città il suo 86° Congresso e fra una settimana a Mondello si avvierà anche l'8° Congresso della Società Italiana di Mutagenesi Ambientale.

Io ritengo che tutto questo per i siciliani e per gli operatori dell'Università di Palermo in particolare rappresenti certamente un momento di particolare attenzione. Speriamo che queste attenzioni possano portarci sempre più fuori da quell'isolamento geografico che, per la verità, noi facciamo in modo di superare anche attraverso la cultura che siamo capaci di esprimere e al di là del «ponte» che, ancora, non ci lega al resto della Penisola. Grazie.

**G.-F. Bassani:** Vorrei chiedere adesso, all'Assessore all'Informazione del Comune Alberto Mangano se ci può dire qualche parola a nome di questa città che ci ospita.

**A. Mangano:** Grazie Presidente. Desidero portare il saluto del Sindaco di Palermo Leoluca Orlando e della città di Palermo ai convenuti a questo 86° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica. Noi siamo orgogliosi che questo Congresso si svolga a Palermo, come siamo orgogliosi ogni volta che un'iniziativa di alto valore scientifico e di alto valore culturale trova sede nella nostra città. Forse perché siamo orgogliosi della nostra città. Non è un dettaglio in una città che nel tempo ha avuto la sventura di essere indicata come capitale della Mafia, e una delle città più arretrate del nostro Paese, quasi a cancellare millenni di storia e di grande tradizione. Purtroppo questo è accaduto, ma oggi noi ci troviamo in una realtà in cammino che ha superato l'identificazione, mafia/Sicilia o mafia/Palermo ed è riuscita a presentarsi al Mondo, innanzitutto ai suoi stessi cittadini, con il suo vero volto di una grande città del

Mediterraneo, di una città ricca di storia e con una forte identità culturale. E quindi questo cammino si è arricchito di altri protagonisti, si è nel tempo fatto più forte e oggi, uno degli elementi che rafforzano l'identità della storia della nostra città è questo Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica.

Palermo, oggi comincia ad essere di nuovo punto di riferimento, come diceva il Professor Raimondo, non più luogo di isolamento, ma luogo di apertura. Apertura verso l'Europa, ma anche e soprattutto apertura verso il Mediterraneo che fino ad ora veniva considerato soltanto un luogo geografico e non veniva invece identificato con una realtà socio-economica e politica di grande interesse. Questo è il percorso che Palermo ha iniziato e che Palermo intende proseguire.

Noi ci troviamo in questa splendida Sala dei Baroni che un po' potrebbe essere la metafora del centro storico di questa città e della ricchezza che questa città può offrire all'Europa e al Mondo. Un centro storico tra i più grandi d'Europa, ma anche un centro storico tra i più degradati d'Europa che portava e porta ancora i segni della seconda guerra mondiale. Ma è un centro storico nel quale ci accorgiamo dei processi di recupero che sono in atto, molti certamente per mano pubblica, ma altrettanti per mano privata. Questa è la prospettiva sulla quale noi contiamo per fare in modo che questo ingente patrimonio storico, culturale e concretamente abitativo possa essere recuperato in un arco di tempo relativamente breve. Ma se ci sono voluti cinquant'anni della fine della guerra per cominciare a recuperare questo centro storico è certo che per arrivare all'obiettivo, dovranno passare alcuni lustri. Questo è un percorso nel quale certamente possono trovare posto contributi diversi.

Io ho appreso dal Prof. Palma che in occasione di questo Congresso avverranno due fatti importanti. Il primo, che il Congresso si apre alla cittadinanza, si confronta con la città, e credo che questo sia un grande segno di come la cultura scientifica riesca ad entrare nel concreto delle cose e quindi a pretendere che vi sia un confronto con la città. Il secondo, che mi sembra altrettanto importante, che nello specifico di una materia così ricca per noi di importanza come quella dei Beni Culturali, la Fisica possa dare un contributo



8

determinante. Noi operatori nel territorio sappiamo che ci sono mille problematiche connesse al recupero dei Beni Culturali, e auspichiamo che ci sia per questo tema un interesse tale da permetterci di poter operare con le maggiori certezze possibili, e soprattutto con metodiche, tecniche e procedure di intervento che possano garantire i risultati.

Questa è una città che ormai e si è ripositionata nel Bacino del Mediterraneo riconquistando una posizione di interfaccia tra l'Europa e il Mediterraneo; e noi siamo convinti che sempre più questa città potrà dare in futuro il suo contributo a un processo di sviluppo di quest'area, a un processo di sviluppo dell'intera Europa, perché siamo convinti che l'Europa senza il Mediterraneo non ha le prospettive che potrebbe avere. Ecco perché noi siamo contenti che Palermo possa essere punto di riferimento, e siamo convinti che un contributo in questa direzione certamente viene dalla Società Italiana di Fisica che ringraziamo per avere scelto la nostra città come Sede di questo importante Convegno. Grazie.

**G.-F. Bassani:** Molte grazie. Dò ora la parola al Presidente della Provincia Regionale di Palermo, Onorevole Avvocato Francesco Musotto, che ci ha concesso gentilmente il Loggiato di San Bartolomeo per i nostri lavori. Grazie.

**F. Musotto:** Illustri Professori, congressisti tutti, sono particolarmente lieto di aggiungere anche il mio caloroso benvenuto a tutti voi. Fin dal momento in cui la Scuola di Fisica Palermitana ha deciso di svolgere questo Convegno a Palermo, ho cercato di stare quanto più vicino possibile alla macchina organizzativa.

Il Loggiato di San Bartolomeo, che la Provincia ha messo a disposizione per questa importante assise, rappresenta il nostro fiore all'occhiello e simboleggia, con l'invidiabile posizione sulla nostra costa, la centralità di Palermo nel Mediterraneo.

Dunque una grande disponibilità da parte dell'Amministrazione di Palazzo Comitini ed il riconoscimento all'Ateneo Palermitano, in particolare alla Scuola di Fisica, con la sua storia e tradizioni, caratterizzata dalla perso-



nalità del Professore Palma, docente severo che ricordo nei miei trascorsi universitari, anche se in facoltà diversa.

Un Ateneo che ha sempre rappresentato, senza momenti di interruzione, nella cultura nazionale, europea e mondiale, un punto di riferimento certo e sicuro, un indirizzo che ci ha resi sempre orgogliosi, al di là dei periodi bui e difficili per la nostra città.

Auguro pertanto buon lavoro ai convegnisti di alto profilo che affrontano una materia importante: la Fisica.

In un momento in cui il mondo va avanti verso la ricerca con una velocità incredibile, noi operatori politici, immersi nella quotidianità, nelle emergenze e nel sociale, che cerchiamo di dare risposte ma certe volte nell'impotenza di poterne fornire di immediate per le esigenze dei cittadini, invidiamo la vostra storia, cultura, impegno. Forse sono al di fuori della battaglia quotidiana e della trincea, ma certamente vengono finalizzati ad obiettivi che volete e potete raggiungere.

Mi sono reso conto di come è strutturato il Congresso, con le sei sezioni in cui è stato diviso che interessano molti settori, dalla sta-

tica alla medicina. Guardiamo quindi con grande interesse alle vostre ricerche per il bene della collettività ed in particolare per Palermo e la sua provincia. E siamo orgogliosi che i giovani della Scuola di Fisica palermitana verranno premiati dalla SIF. Un riconoscimento alle tante intelligenze del nostro territorio che vengono apprezzate e valorizzate.

Un buon lavoro, dunque, a tutti voi, ma anche un invito a guardare, nei momenti di riposo dai vostri studi, allo splendido territorio della provincia e diventare ambasciatori di quanto c'è di positivo nella nostra realtà.

**G.-F. Bassani:** Molte grazie Onorevole Musotto, dò ora la parola al Segretario Scientifico del Congresso, Professor Massimo Ugo Palma.

**M.U. Palma:** Più di quarant'anni fa, due giovanissimi collaboratori di Fausto Fumi vennero a lavorare a Palermo per qualche anno; si chiamavano Franco Bassani e Mario Tosi. Direttore dell'Istituto di Fisica era allora Mariano Santangelo: un grande gentilu-





mo mai abbastanza rimpianto. Santangelo fu Segretario Scientifico di quel Congresso. Allora la SIF era guidata da Giovanni Polvani, signore di antico stampo. Il bello di quel Congresso era l'impressione, il messaggio tangibile di una volontà e di un desiderio diffusi in tutti, di costruire, di ricostruire in fretta per uscire in fretta dal dopoguerra.

Oggi Franco Bassani è il nostro Presidente, Mario Tosi è Presidente di Sezione e direi che il nuovo e il bello di questo Congresso è un messaggio tanto forte quanto quello di allora, però in un'altra direzione: in direzione della massima attenzione che la SIF pone non soltanto nei temi specifici degli addetti ai lavori, ma anche in un programma che veramente coinvolge e copre temi di grande interesse. Questi vanno, come notava l'on.le Musotto, dalla Biomedicina ai rapporti tra Fisica e Beni Culturali, tra Fisica e Tecnologia, e tra Fisica e Società. Ognuna di queste aree è presente nel programma, attraverso eventi di notevole spessore che testimoniano appunto l'impegno della SIF a rendere utilizzabili dalla Società i contenuti culturali e metodologici della Fisica. Questo è infatti, come si direbbe in inglese, *high time* per rendere disponibile alla società, diciamo pure senza false modestie ma diciamo anche, enfaticamente, senza insensate arroganze, tutte le dimensioni culturali, filosofiche, metodologiche ed operative che la Fisica offre.

È molto positivo ed è molto interessante che il Comitato Organizzativo (del quale io non faccio parte) abbia saputo accogliere e ampliare tale messaggio e tale impegno. In tale direzione il Comitato ha lavorato veramente molto bene e ha elicitato, oltre che da Enti e Istituzioni, anche dal pubblico e dalle piccole imprese del centro storico e di tutto il territorio una risposta straordinaria ed entusiastica. L'ottimo lavoro del Comitato e la risposta così elicitata testimoniano la validità dell'impegno, di questo impegno della Società Italiana di Fisica, del quale parlavo, ad un più intenso rapporto con la società, e la correttezza della scelta di immergere questo Congresso proprio nel centro storico di Palermo, dove moltissimo di positivo è stato fatto negli anni recenti e dove moltissimo di positivo si va facendo. Naturalmente, questi risultati non ci sarebbero stati senza l'impegno, l'inventiva, la capacità e l'entusiasmo di Ninni Messina, Maurizio Leone, Franco Gelardi, Natale Robba, Eugenio

Vitrano, Antonio Cupane, Michelangelo Zarccone, Giovanni Peres e Rosa Maria Sperandeo Mineo. Tutti loro hanno lavorato senza risparmiarsi: questo è un «esperimento» già fatto, che ha funzionato, e per il quale possiamo e dobbiamo esser loro grati.

C'è poi un altro esperimento che riguarda l'organizzazione pratica del Congresso per la quale lo stesso Comitato si è pure prodigato senza limiti. Quell'esperimento comincia oggi. E il giudizio sarà vostro.

Buon lavoro.

**G.-F. Bassani:** Molte grazie Prof. Palma. Adesso vorrei dire qualche cosa a tutti su questo Convegno e sull'anno della Società Italiana di Fisica.

#### DISCORSO INAUGURALE DEL PRESIDENTE SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

**Prof. Giuseppe-Franco Bassani**

Signor Sindaco, rappresentante del Sindaco, rappresentante del Rettore dell'Università, Autorità, Civili e Militari presenti, Signore e Signori: è con gioia ed emozione che ci troviamo oggi all'apertura del LXXXVI Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica in questa città di Palermo che già ci ospitò per il Congresso del 1958. Alcuni di noi erano presenti, ed hanno di quel Congresso un ricordo vivissimo, legato particolarmente all'allora Presidente della Società Giovanni Polvani, come detto prima, al Segretario del Congresso Mariano Santangelo, e all'ottimo Gioacchino Germanà, che tutti desidero ricordare in questa occasione. E desidero anche ricordare i Soci che ci hanno lasciato in questo anno. In particolare Giuliano Preparata, Francesco Paolo Ricci, Umberto Maria Grassano, Vittorio Mazzacurati, Placido D'Agostino, Guido Tagliaferri, Gian Franco Bologna e Thomas Ypsilantis; essi hanno molto contribuito alla Fisica e alla nostra Società, e rimarranno sempre nel nostro animo.

Come in tutte le famiglie, anche nella nostra, la vita continua con sempre nuovi problemi, e vorrei brevemente indicare alcuni punti focali dell'attività dello scorso anno e dei programmi per il futuro.

Anzitutto i Corsi della Scuola «Enrico Fermi» di Varenna, sempre più vitali e frequentati, grazie anche ai nuovi contributi dell'Unesco tramite il Regional Office of Scientific Research (R.O.S.T.E.) di Venezia, e ai contributi dell'Unione Europea e della N.A.T.O.

Si sono tenuti nel 2000 tre Corsi prestigiosi con una media di ottanta partecipanti per ogni Corso:

27 giugno - 7 luglio

«Nanometer Scale Science and Technology»

Direttori: M. ALLEGRINI (Messina), N. GARCIA (Madrid), O. MARTI (Ulm)

11 - 21 luglio

«Protein Folding, Evolution and Design»

Direttori: R. BROGLIA (Milano), E. SHAKHNOVICH (USA)

25 luglio - 4 agosto

«Recent Advances in Metrology and Fundamental Constants»

Direttori: S. LESCHIUTTA (Torino), T. QUINN (Francia)

Tra qualche mese saranno disponibili i Proceedings di questi Corsi che costituiranno certamente un libro valido per chiunque si interessi a queste problematiche.

Per il 2001 sono in cantiere quattro corsi:

19 - 29 giugno

«From Nuclei and their Constituents to Stars»

Direttori: Alfredo MOLINARI (Torino)

3 - 13 luglio

«High Pressure Phenomena»

Direttori: Guido L. CHIAROTTI (Trieste), Russell J. HEMLEY (Washington)

17 - 27 luglio

«Experimental Quantum Computing and Information»

Direttori: Francesco DE MARTINI (Roma), Christopher MONROE (Boulder)

31 luglio - 10 agosto

«Organic Nanostructures: Science and Applications»

Direttori: Vladimir AGRANOVICH (Troitsk), Giuseppe LA ROCCA (Pisa)

Sono tutti Corsi di grande valore. Anche per gli anni prossimi abbiamo in preparazione Corsi molto validi, e credo di poter dire che la Scuola di Varenna è sempre un punto alto dell'attività della Società Italiana di Fisica per i contenuti che propone.

Per la Scuola «Enrico Fermi» di Varenna, come per altre attività della Società Italiana di Fisica, sono state stipulate Convenzioni con le Istituzioni specificamente proposte alle ricerche di Fisica, il CNR, l'INFN e l'INFM. Il funzionamento di tali Convenzioni è seguito da Commissioni apposite e procede in modo soddisfacente.

Un'altra attività che la Società sta svolgendo con particolare impegno è quella dei rapporti tra Fisici e Industria. Su questo tema si è svolto un incontro con esponenti del mondo industriale all'Università di Milano-Bicocca il 17 marzo 2000. Le relazioni principali sono state pubblicate su «Il Nuovo Saggiatore» e credo riflettano l'interesse del problema e la necessità di ulteriori iniziative. Un consiglio che è emerso dalla riunione e che desidero segnalare è che vada prevista, già nel curriculum universitario, una preparazione alle problematiche della tecnologia e dello sviluppo industriale ed economico, legate alle scoperte della Fisica. Questo è uno dei problemi che ci si pone nella definizione dei nuovi percorsi formativi universitari, sui quali tanti di noi stanno lavorando. Un altro problema è quello di assicurare uno spazio adeguato alle materie formative di base in tutte le discipline delle Facoltà a indirizzo scientifico, inclusa Medicina e Ingegneria, nel triennio del corso di laurea, ed in alcuni casi anche nel biennio specialistico per i corsi non strettamente di Fisica. La SIF, insieme all'Unione Matematica Italiana e alla Società Italiana di Chimica, è intervenuta con parziale successo.

Il problema della diffusione della cultura scientifica nella Società è però ben più ampio di quello che riguarda l'Università, e va affrontato molto seriamente nelle Scuole di ogni ordine, ancora prima che nell'Università. Anche la Società Europea di Fisica (EPS) sta operando in questa direzione, dopo aver constatato con allarme una costante diminuzione delle iscrizioni al Corso di Laurea in Fisica, nonostante l'evidente impatto delle nuove tecnologie fisiche su tutto il nostro modo di

vivere e di operare. La Società Italiana di Fisica, con l'AIF e la SAIIt, è attiva tramite una Convenzione apposita con il Ministero della Pubblica Istruzione e con la partecipazione alla Commissione per il Riordino dei Cicli Scolastici, che invierà presto le sue proposte al Parlamento. Lo scopo è di introdurre già dal ciclo primario (i primi sette anni scolastici) la possibilità di una formazione iniziale alle scienze e alla fisica in particolare, proseguire tale formazione nel biennio che completa la scuola dell'obbligo, per arrivare poi all'insegnamento più approfondito nei Licei. Questa introduzione graduale alla Fisica completerebbe l'insegnamento sistematico tradizionale che per la sua astratta forma di presentazione scoraggia molti alunni.

Un altro punto sul quale desidero informare è quello delle pubblicazioni. Come anticipato lo scorso anno, anche «Il Nuovo Cimento A» è confluito nella nuova rivista europea «European Physical Journal». La Società Italiana di Fisica è così partecipe in tutte le sezioni: A, B, C, D, E di questa rivista che sta andando molto bene, sia come qualità e quantità dei contributi, che come numero di abbonamenti. Rimangono a gestione totalmente SIF «Il Nuovo Cimento B» a indirizzo fisico-matematico e «Il Nuovo Cimento C» che riguarda la fisica terrestre, «La Rivista del Nuovo Cimento» che contiene lavori di rassegna molto completi su argomenti specifici, Il Giornale di Fisica con i Quaderni di Storia della Fisica, e Il Nuovo Saggiatore che è il Bollettino della nostra Società.

A questo punto desidero ringraziare gli Enti che con i loro contributi hanno reso possibile il Congresso:

- Università degli Studi di Palermo
- Dipartimento di Scienze Fisiche e Astronomiche, Università di Palermo
- Dipartimento di Chimica Fisica, Università di Palermo
- Osservatorio Astronomico «G.S. Vaiana»
- Centro Internazionale di Etnostoria
- Assemblea Regionale Siciliana
- Presidenza della Regione Siciliana
- Comune di Palermo
- Provincia Regionale di Palermo
- Assessorato Provinciale alla Cultura
- Agenzia Spaziale Italiana (ASI)

- Ente Nazionale per le Energie Alternative (ENEA)
  - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)
  - Istituto Nazionale per la Fisica della Materia (INFN) Unità di Palermo
  - Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)
  - Banco di Sicilia
  - Banca Commerciale Italiana
  - Banca Mercantile Italiana
  - Edison - Gruppo Montedison
  - Fondazione IBM
  - Fondazione Teatro Massimo
  - Biblioteca Comunale di Godrano
  - Poste Italiane - Filiale di Palermo
  - Telecom Italia
  - Ministero delle Finanze, Direzione Compartimentale del Territorio per la Regione Sicilia
  - Azienda Provinciale del Turismo di Palermo
  - Azienda Autonoma Soggiorno e Turismo di Palermo e Monreale
- E altre ditte e privati che a vario titolo hanno contribuito, e che sono tutti elencati nel volume degli atti del Congresso.

Rimane il compito particolarmente gradito delle premiazioni. Ma prima desidero segnalare i Soci che hanno avuto particolari riconoscimenti nell'ultimo anno:

Emilio Picasso per il Premio Presidente della Repubblica,

Italo Mannelli per il Premio Tartufari dell'Accademia dei Lincei,

Renato Angelo Ricci per il Premio Somaini,

Orazio Svelto per il Premio Italgas 2000,

Massimo Ugo Palma, Salvatore, Califano, Enzo Iarocci, Carlo Rubbia e Gabriele Veneziano per la Medaglia d'oro del Presidente della Repubblica ai benemeriti della Scienza e della Cultura.

A tutti le più vive felicitazioni della Società e il nostro sentito plauso.

Consegno ora i Premi assegnati alle migliori comunicazioni presentate al Congresso dello scorso anno a Pavia che consistono in una

medaglia voltiana, un Diploma e un assegno di 500 mila lire alle prime classificate:

Premio per la prima migliore comunicazione  
SEZIONE: Fisica nucleare e subnucleare  
alla Dottoressa Roberta ARNALDI da Torino

Premio per la prima migliore comunicazione  
SEZIONE: Fisica nucleare e subnucleare  
al Dottor Germano BONOMI da Brescia

Premio per la seconda migliore comunicazione  
SEZIONE: Fisica nucleare e subnucleare  
al Dottor Vincenzo CHIOCHIA da Padova

Premio per la seconda migliore comunicazione  
SEZIONE: Fisica nucleare e subnucleare  
alla Dottoressa Silvia PIANTELLI da Firenze

Premio per la terza migliore comunicazione  
SEZIONE: Fisica nucleare e subnucleare  
al Dottor Pierluigi BELLI da Roma

Premio per la terza migliore comunicazione  
SEZIONE: Fisica nucleare e subnucleare  
alla Dottoressa Concettina SFIENTI da Catania, ritira il premio la Dottoressa Carla DI STEFANO

Premio per la prima migliore comunicazione  
SEZIONE: Fisica della materia (materia condensata, atomi, molecole e plasmi)  
al Dottor Alberto PORZIO da Napoli

Premio per la prima migliore comunicazione  
SEZIONE: Fisica della materia (materia condensata, atomi, molecole e plasmi)  
al Dottor Andrea LI BASSI da Milano, ritira il premio il Professor Angiolino STELLA

Premio per la seconda migliore comunicazione  
SEZIONE: Fisica della materia (materia condensata, atomi, molecole e plasmi)  
al Dottor Antonio LORENZONI da Pavia, ritira il premio il Professor Claudio ANDREANI

Premio per la seconda migliore comunicazione  
SEZIONE: Fisica della materia (materia condensata, atomi, molecole e plasmi)  
al Dottor Andrea MORELLI da Milano

Premio per la terza migliore comunicazione  
SEZIONE: fisica della materia (materia condensata, atomi, molecole e plasmi)  
alla Dottoressa Francesca GELLI da Firenze, ritira il premio la Dottoressa Silvia PIANTELLI

Premio per la terza migliore comunicazione  
SEZIONE: Fisica della materia (materia condensata, atomi, molecole e plasmi)  
alla Dottoressa Carmen CALARESO da Messina, ritira il premio la Dottoressa Antonella IATI

Premio per la prima migliore comunicazione  
SEZIONE: Astrofisica e fisica cosmica  
alla Dottoressa Roberta SPARVOLI da Roma

Premio per la seconda migliore comunicazione  
SEZIONE: Astrofisica e fisica cosmica  
alla Dottoressa Piera Luisa GHIA da Torino

Premio per la terza migliore comunicazione  
SEZIONE: Astrofisica e fisica cosmica  
alla Dottoressa Miriam GIORGINI da Bologna

Premio per la prima migliore comunicazione  
SEZIONE: Geofisica e Fisica dell'Ambiente  
al Dottor Pierantonio CINZANO da Padova

Premio per la prima migliore comunicazione  
SEZIONE: Biofisica e Fisica Medica  
al Dottor Giuseppe ESPOSITO da Roma

Premio per la seconda migliore comunicazione  
SEZIONE: Biofisica e Fisica Medica  
alla Dottoressa Simonetta CROCI da Parma

Premio per la terza migliore comunicazione  
SEZIONE: Biofisica e Fisica Medica  
alla Dottoressa Mariagabriella PUGLIESE da Napoli

Premio per la prima migliore comunicazione  
SEZIONE: Elettronica e Fisica applicata  
al Dottor Giovanni Guido GUIZZETTI da Pavia

Premio per la seconda migliore comunicazione  
SEZIONE: Elettronica e Fisica applicata  
alla Dottoressa Chiara GUAZZONI da Milano, ritira il premio il Professor Renato Angelo RICCI

Premio per la terza migliore comunicazione  
SEZIONE: Elettronica e Fisica applicata  
al Dottor Davide IANNUZZI da Pavia

Premio per la prima migliore comunicazione  
SEZIONE: Fisica generale, didattica e storia  
della Fisica  
alla Dottoressa Olivia LEVRINI da Bologna

Premio per la seconda migliore comunicazione  
SEZIONE: Fisica generale, didattica e storia  
della Fisica  
alla Dottoressa Rosa FIORE e Graziella RIPPOLI da Pisa

Premio per la terza migliore comunicazione  
SEZIONE: Fisica generale, didattica e storia  
della Fisica  
alla Dottoressa Maria Grazia CLERICI da Pavia, ritira il premio il Professor Giuseppe GIULIANI

Tra i premi che vengono assegnati dalla SIF questi relativi alle comunicazioni presentate al Congresso ritengo siano veramente importanti e significativi perché testimoniano un incoraggiamento per questi giovani a continuare con dedizione il loro lavoro così bene iniziato.

16

## CONFERIMENTO DEI PREMI PER LA FISICA PER L'ANNO 2000.

### Assegnazione del Premio per la Fisica riservato ai dottori in Fisica laureati dopo il maggio 1997

Diego CASADEI  
Laureato in Fisica presso l'Università degli Studi di Bologna

Il Premio è messo a disposizione dalla Banca Commerciale Italiana, accompagnato da un gentile dono della ditta Ferri di Palermo

Susanna CUCCIARELLI  
Laureata in Fisica presso l'Università degli Studi di Perugia

Il Premio è messo a disposizione dagli Agenti per la Sicilia e la Calabria di Karnak, il mondo dell'Ufficio, ed è accompagnato da un gentile omaggio della ditta C.H.P. di Palermo

Valerio LUCARINI  
Laureato in Fisica presso l'Università di Pisa  
Il Premio è messo a disposizione da Oxford Instruments, ed è accompagnato da un gentile dono della ditta Ferri di Palermo

### Assegnazione del Premio per la Fisica riservato ai dottori in Fisica laureati dopo il maggio 1993

Mario CAMPANELLI  
Laureato in Fisica presso l'Università degli Studi di Roma «La Sapienza»  
Il Premio è messo a disposizione dalla Banca Commerciale Italiana, ed è accompagnato da un gentile dono della ditta Ferri di Palermo

Anna NAPOLI  
Laureata in Fisica presso l'Università degli Studi di Palermo  
Il Premio è messo a disposizione dalla Banca Commerciale Italiana ed è accompagnato da un gentile omaggio della ditta C.H.P. di Palermo

Francesco TERRANOVA  
Laureato in Fisica presso l'Università degli Studi di Milano  
Il Premio è messo a disposizione da MSC Sistemi Multimediali e Computer-Palermo ed è accompagnato da un gentile dono della ditta Ferri di Palermo

Valentina VILLARI  
Laureata in Fisica presso l'Università degli Studi di Messina  
Il Premio è messo a disposizione da MSC Sistemi Multimediali e Computer-Palermo, ed è accompagnato da un gentile omaggio della ditta C.H.P. di Palermo

### Assegnazione del Premio per Attività nel Campo della Didattica della Fisica

Professoressa Maria Grazia DONDI  
dell'Università di Genova

con la seguente motivazione:

«Per l'attività pluriennale di diffusione della cultura scientifica svolta attraverso la realizzazione di mostre interattive nelle quali il gioco serve per catturare l'attenzione del visitatore.

La scelta di illustrare attraverso questo meccanismo fenomeni moderni, o raramente presentati, rende particolarmente apprezzabile l'attività svolta dalla Professoressa Dondi nel divulgare le conoscenze di Fisica»

Il Premio è messo a disposizione da Edison Termoelettrica-Gruppo Montedison, ed è accompagnato da un gentile omaggio della ditta C.H.P. di Palermo

### Assegnazione del Premio per Contributi in Storia della Fisica

Professor Erasmo RECAMI  
dell'Università di Bergamo

con la seguente motivazione:

«Studioso appassionato dell'opera di Ettore Majorana, ha contribuito a rendere nota anche a un pubblico di non specialisti la figura del grande scienziato.

Attraverso le pagine di Recami, Majorana, i suoi famigliari, Fermi, Amaldi, l'intera Fisica di quel periodo prendono forma e sono di nuovo fra noi.»

Il Premio è messo a disposizione dalla Banca Mercantile Italiana, ed è accompagnato da un gentile dono della ditta Ferri di Palermo

### Borsa «Antonio Stanghellini»

Per onorare la memoria del Professor Antonio Stanghellini la Società Italiana di Fisica bandisce ogni tre anni una concorso ad una borsa di studio, di lire 2 milioni e mezzo e diploma, da destinarsi ad un giovane laureato in Fisica con una tesi di fisica teorica per svolgere attività di ricerca.

Per quest'anno il vincitore è il Dottor Daniele ORITI

Con la seguente motivazione:

«Il dottor Daniele Oriti si è laureato brillantemente in fisica presso l'Università degli Studi di Roma "La Sapienza" con una tesi dal titolo "Quantizzazione del campo spinoriale nello spaziotempo di Rindler e analisi dell'effetto Unruh", nella quale, così come nei successivi lavori, ha dimostrato conoscenza e padronanza di argomenti finemente critici di relatività generale. Il piano di utilizzo della borsa prevede di continuare l'attività di ricerca nel campo della relatività generale e gravitazione quantistica presso il Dipartimento di Matematica Applicata e Fisica Teorica dell'Università di Cambrid-

ge per il conseguimento del PhD. Il dottor Oriti è studioso promettente, dotato di notevole maturità e già in grado di svolgere lavoro di ricerca in maniera autonoma.»

Ritira il premio il Signor Carmelo CALABRESI

### Premio «Bianca Monteleoni»

Per onorare la memoria della Professoressa Bianca Monteleoni, la Società Italiana di Fisica col contributo degli afferenti all'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Firenze e del Dipartimento di Fisica di Firenze, ha bandito un concorso ad un premio di lire 2 milioni e diploma, per un giovane laureato in Fisica con una tesi sperimentale di fisica subnucleare.

Il vincitore è il Dottor Riccardo RANIERI

Con la seguente motivazione:

«Il Dott. Riccardo Ranieri si è laureato presso l'Università degli Studi di Firenze discutendo la tesi dal titolo: "Ricerca del bosone di Higgs del modello standard a LEP2 con il rivelatore L3" e riportando la votazione di 110/110 e lode.

La tesi, tratta in modo esauriente, chiaro e comprensibile un argomento di grande interesse ed attualità nel campo della fisica subnucleare. Nella parte introduttiva sono trattati in modo accurato gli aspetti teorici rilevanti per l'argomento; l'analisi dei dati, condotta con metodi originali, viene descritta accuratamente e mette in evidenza il forte spirito critico e rigore scientifico, inusuale per così giovani ricercatori, del Dott. Ranieri. L'indicazione di un segnale, seppure assai debole e statisticamente non significativo, a energie di poco superiori ai 100 GeV è di notevole interesse e merita ulteriori approfondimenti.»

Consegna il Premio il Professor Spillantini dell'Università di Firenze.

### Premio «Associazione Geofisica Italiana»

La Società Italiana di Fisica, per iniziativa e grazie al contributo dell'Associazione Geofisica Italiana, ha bandito un concorso ad un premio di lire 1 milione e diploma per giovani laureati con una tesi in Geofisica.

Dopo accurata valutazione delle tesi di laurea svolte e degli altri titoli presentati, ritenuti utili e pertinenti il Bando di Concorso, la Commissione ha indicato come vincitore il Dott. Gaetano FESTA laureato in Fisica presso l'Università di Napoli «Federico II».

### Premio «Umberto Maria Grassano»

Per onorare la memoria della Professor Umberto Maria Grassano, la Società Italiana di Fisica, grazie al contributo della famiglia, ha destinato la somma di lire 3 milioni e diploma ad un giovane ricercatore che abbia lavorato in fisica dello stato solido.

Il vincitore è il Dottor Antonio POLIMENI  
Laureato in Fisica presso l'Università di Roma «La Sapienza»

Con la seguente motivazione:

«Ha svolto, con apprezzabile grado di autonomia, ricerche basate sull'utilizzazione di tecniche di spettroscopia ottica in microstrutture ed imperfezioni. I risultati ottenuti, pubblicati sulle riviste internazionali di maggior prestigio, rappresentano un contributo significativo per la comprensione delle proprietà di sistemi di alto interesse, quali i punti quantici, le eterogiunzioni etc.»

Consegna il Premio la Signora Anna Grassano.

Prima di concludere vorrei ricordare che nel corso della cerimonia conclusiva del Congresso verrà assegnato il Premio STMICROELECTRONICS di lire 5 milioni al miglior lavoro in Fisica e Tecnologia dei Semiconduttori, e vorrei ringraziare per questa iniziativa l'Ingegnere Gregorio San Biagio della STMICROELECTRONICS di Catania, che è presente in sala e che desidero salutare.

Dò ora la parola al Magnifico Rettore dell'Università degli Studi di Palermo, Professor Giuseppe Silvestri.

**G. Silvestri:** Non volevo mancare. Stamattina c'era una riunione all'Assessorato alla programmazione, voi capite che sono momenti cruciali questi per la programmazione in tutta Italia delle attività e dei relativi finanziamenti. L'Università di Palermo non poteva mancare a questo appuntamento e con vivo rammarico non ho potuto essere presente a questa seduta inaugurale dall'inizio.

Sono qui a darvi il più caloroso benvenuto da parte mia personale e da parte di tutta l'Università di Palermo. Siete qui ospiti, il Rettorato è a vostra disposizione. C'è stata una sorta di occupazione del Rettorato perché tutte quante le aule sono impegnate in questo momento a ospitare le vostre sessioni e la cosa mi riempie di gioia.

Io sono un chimico, e certamente essere un chimico in questo ambiente ha i suoi svantaggi perché quando ero studente mi dicevano di rassegnarmi al fatto che i chimici parlano con i fisici, i fisici con i matematici e i matematici parlano con Dio. Forse adesso nella scala ci sarà un po' di competizione su chi parla con Dio, se i fisici o i matematici, ma in ogni caso i chimici sono esclusi. Il problema mi riguarda soltanto nel mantenere buone relazioni con chi in ogni caso ha rapporti con l'Ente Supremo, quindi la mia presenza qui è anche una presenza *pro domo mea* perché in qualche modo potrete anche voi intercedere in favore dell'Università di Palermo.

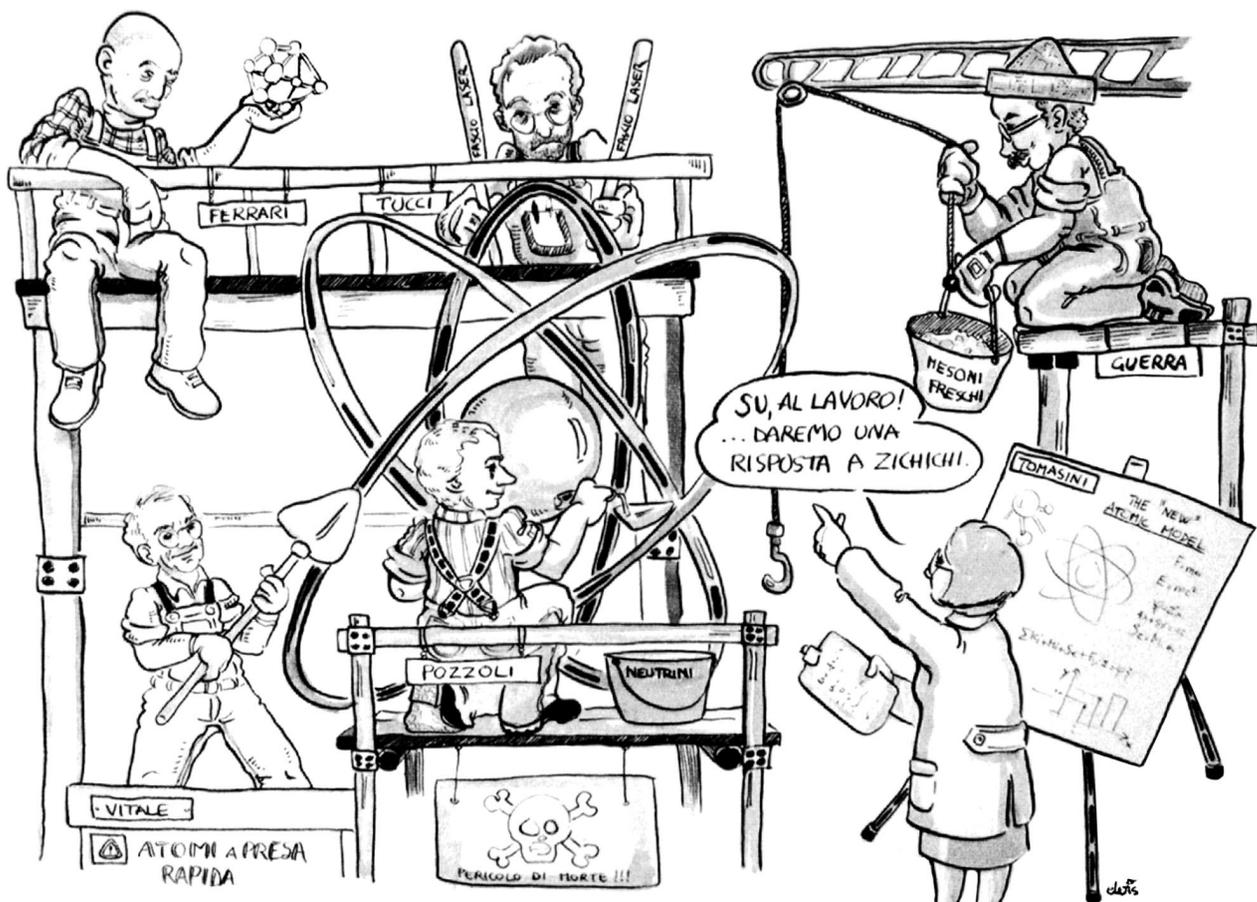
A parte lo scherzo, il fatto che il Rettorato sia quasi completamente coinvolto in questo evento ha anche un significato di impegno personale perché io sono convinto, anche se il mio settore è un settore fortemente interfacciato con la ricerca applicata e industriale, che occorre sostenere la ricerca di base. Ho firmato l'appello della Conferenza dei Rettori per la ricerca di base, che è l'elemento strutturale su cui deve innestarsi la ricerca di sviluppo e quindi l'innovazione industriale. Senza un investimento adeguato sulla ricerca di base a tutto campo, quindi sulla fisica, sulla matematica, sulle scienze che hanno applicabilità sia pure in senso più lontano; senza una ricerca di base nulla può poi essere realmente portato all'innovazione tecnologica. E quindi la mia aspirazione è che la collettività siciliana, la collettività scientifica e tecnologica, e il Paese Italia, sia in grado di rispondere alle sollecitazioni che vengono dalla società moderna, alla competizione durissima che c'è in questo momento in campo internazionale. Spero che il Paese si attrezzi non solo per rispondere alla richiesta tecnologica di oggi, ma si attrezzi in modo ampio, profondo e convinto sulla capacità e sulla necessità di investire sulla ricerca di base da cui tanto dipende.

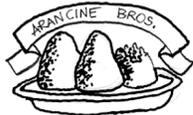
Quindi, auspico che da questo Convegno venga innanzitutto un arricchimento della nostra collettività locale, dell'Università di Palermo, ma che anche venga un arricchimento della società scientifica italiana da questa nuova occasione di incontro.

Vi rinnovo ancora una volta il benvenuto e vi auguro buon lavoro. Grazie

**G.-F. Bassani:** Grazie Magnifico Rettore.

Dichiaro ora aperto il LXXXVI Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica.





...TRATTO DA UNA STORIA VERA...

FORTUNATEMENTE ALLE 13.00 DEL PRIMO GIORNO SCOPRIAMO IL LATO UMANO DEI PARTECIPANTI IN OCCASIONE DEL BUFFET...



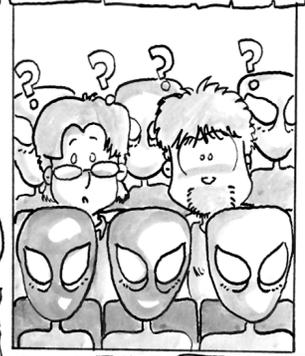
IL LUOGO: PALERMO  
IL TEMPO: DAL 6 ALL'11 OTTOBRE  
L'AVVENIMENTO: CONGRESSO DI FISICA  
I PROTAGONISTI: ELVIRA E FABIO



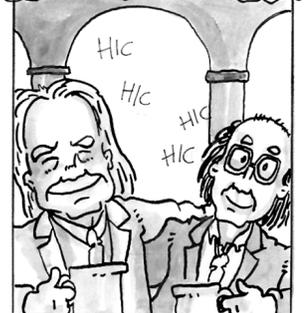
ALL'INIZIO PARTIAMO CON ENTUSIASMO. TUTTO E' ORGANIZZATO CON UNA PRECISIONE QUASI MANIACALE. CERCHIAMO DI SEGUIRE LE COMUNICAZIONI...



ALLA COMUNICAZIONE DEL PROF. DALBARD CI SENTIAMO COME CIRCONDATI DAGLI ALIENI



... ANCHE PER QUANTO RIGUARDA IL PROF. ZICHICHI E IL PROF. RICCI



COMINCIAMO QUINDI A FARCI UNA CHIARA IDEA DI COME POTER RICONOSCERE UN FISICO



MA GIA' DAL SECONDO GIORNO I PARTECIPANTI COMINCIANO AD APPREZZARE PALERMO; GENTE CHE LAVORA CON ACCELERATORI DI PARTICELLE SI SCOLVOLVE DAVANTI AD UN PANINO CON MILZA



LE COMUNICAZIONI DELLE 15.00 DIVENTANO GRAZIE ALLE COMODE POLTRONE DEL RETICORATO, UNA BUONA OCCASIONE PER UNA PENNICHELLA



CI SI ORGANIZZA IN SEGRETERIA TRA FISICI PER DELLE USCITE POMERIDIANE "ALTERNATIVE"



MA IL CULMINE LO RAGGIUNGIAMO DURANTE LA RAPPRESENTAZIONE SUL FOLKLORE SICILIANO ...



E PER CONCLUDERE, IL PROF. BASSANI CHE L'ULTIMO GIORNO, SBAGLIA A LEGGERE DAI SUOI FOGLI ...



E SE I FISICI SI ERANO RIDOTTI COSI' FIGURARSI NOI CHE AVEVAMO SEGUITO TUTTO ECHE ERAVAMO PURE RAFFREDDATI!



INSOMMA, ALLA FINE C'E' VOLUTO DAVVERO UN "FISICO" BESTIALE!!



*Nel corso del Congresso si è riservata una giornata a relazioni di carattere generale sul tema «Scienza e Società» e a una Tavola Rotonda sulla conservazione dei beni culturali. Riportiamo qui i punti focali di questa giornata.*

## **STORIA DELLE SCIENZE E CULTURA.**

### **Relazione al Congresso SIF di Palermo**

**E. Bellone**

*Università di Padova*

È stato il preside di Facoltà torinese di Scienze MM.FF.NN. a fotografare con una sola frase di Cesare Pavese una situazione allarmante. Ai giornalisti che gli chiedevano come mai si stesse verificando in Italia un calo di iscrizioni ai corsi di laurea più impegnativi e una crescita di iscrizioni a corsi di laurea meno duri sotto il profilo delle difficoltà di studio, egli ha ricordato il titolo di una famosa raccolta di versi: «Lavorare stanca».

Sono d'accordo con il collega e con la citazione. La citazione descrive uno stato di fatto, e prende atto della circostanza per cui molti giovani non sono sufficientemente guidati, a livello di scuole secondarie, nella scelta di indirizzi universitari con un orientamento scientifico preciso. Questo stato di fatto, comunque, non riguarda solo l'Italia. Riguarda l'Italia, però, nel senso che da noi esiste una situazione pluridecennale di disagio che investe sia la cultura diffusa nel paese, sia le strutture della politica nazionale della ricerca scientifica e tecnologica. Una situazione per molti versi anomala e specifica: diversa, insomma, da quelle che caratterizzano altre nazioni dove gli investimenti pubblici e privati per la scienza sono molto più elevati dei nostri.

Un primo aspetto della nostra peculiarità nazionale emerge con chiarezza dai dati che il Ministro De Mauro fa conoscere da mesi e che rappresentano una condizione di collasso nella cultura diffusa. Circa il 60% della nostra popolazione è rappresentabile sotto forma di analfabetismo scientifico. E la dizione stessa — analfabetismo di massa — traspare ormai da documenti elaborati in sedi istituzionali tra loro diverse, come Banca d'Italia o CGIL, Confindustria, Presidenza della Repubblica o Governo.

Data l'attuale struttura della cultura nazionale, e tenendo quindi conto della esiguità numerica dei cittadini che possiedono le competenze minime necessarie per decifrare alcuni

aspetti della ricerca scientifica e tecnologica, appare in tutta la sua peculiarità la distorsione profonda di un paese dove, da un lato, sono vivacissime le dispute su scienza ed etica o scienza e religione, mentre, dall'altro lato, nessuno dei disputanti ha la minima idea di quale sia la natura di una determinata ricerca in biologia molecolare o in struttura della materia.

Un secondo aspetto della medesima situazione è messo in evidenza da analisi accurate sulla storia recente dei rapporti tra società civile, ricerca e sfera delle decisioni politiche. Sia qui sufficiente un solo esempio, costituito dalla biografia di Felice Ippolito e dallo studio del «caso Ippolito» che sono contenuti in una recente pubblicazione curata da Barbara Carli per l'editore Rubbettino e intitolata «Il progetto nucleare italiano: 1952-1964». Da questa analisi e dalla ricca documentazione che l'accompagna impariamo che, in anni decisivi per il paese, fu imboccata la via cieca della modernizzazione senza innovazione: cieca in quanto basata sull'ipotesi che fosse possibile modernizzare l'Italia senza far leva sulla ricerca fondamentale e sulle tecnologie di frontiera.

Pur essendo una direttrice sbagliata, attorno ad essa si produsse un consenso ampio. E poiché quella direttrice è ancora consensuale, è legittimo chiederci per quali ragioni di fondo il consenso sull'errore fu realizzato e persevera ancora oggi, così da produrre anche quell'effetto — «lavorare stanca» — da cui ho preso le mosse.

È stata dominante, nella produzione di consenso, la presenza di una concezione della ricerca che, per usare un'espressione felice dello storico Paolo Rossi, fa parte di quelle «immagini della scienza» che influiscono pesantemente sia sulla cultura diffusa, sia sui giudizi più sofisticati che scaturiscono da ambienti accademici. Immagini della scienza che sono spesso fabbricate senza che i loro fabbricanti abbiano una minima idea di che cosa sia la ricerca quotidiana, ma che diventano facilmente, grazie ai grandi mezzi di comunicazione, architetture portanti per il consenso di cui la sfera delle scelte politiche ha comunque bisogno per potersi muovere.

Nel secolo che abbiamo alle spalle le immagini dominanti della conoscenza scientifica sono state, in Italia, elaborate da poche fonti tra loro diverse e comunque capaci di influenzare ampi strati di opinione pubblica. Pur essendo tra loro conflittuali sotto molti punti di vista, queste

fonti hanno oggettivamente contribuito a diffondere una visione sostanzialmente negativa dell'impresa scientifica e tecnologica. Tale visione può essere riassunta nella tesi seguente: la scienza è potenzialmente dannosa ma può essere utile se è controllata sotto l'egida del primato della politica. Alla popolarità di questa tesi hanno contribuito molti autori. Influenti settori della sinistra hanno accettato l'opinione che la scienza non è neutrale rispetto ai bisogni sociali, e che, di conseguenza, la ricerca può produrre risultati utili unicamente in quanto è governata da decisioni politiche mirate sui bisogni socialmente rilevanti: ne segue, quasi automaticamente, la difficoltà di individuare un fascio di bisogni immediati che trovino soddisfazione in un programma di studio in astrofisica o in topologia o in percezione dei colori. Molti intellettuali di area cattolica hanno invece percepito, nella prassi scientifica e tecnologica, una sorgente di concezioni materialistiche della storia che possono indebolire il primato della persona: anche qui, è agevole dedurre la necessità di controlli extrascientifici sulla politica della scienza, per evitare che quest'ultima conduca al disprezzo dell'uomo. Saggisti di matrice conservatrice hanno poi creduto di vedere, nella scienza, uno strumento rivoluzionario particolarmente pericoloso nelle mani delle masse, e hanno ovviamente ribadito il primato della politica sulle scelte dei programmi di ricerca. E, infine, nel seno stesso del pensiero cosiddetto «laico», è ancora presente, in varie forme, la credenza per cui il mondo occidentale si sta disumanizzando sotto le spinte di una tecnica che sarebbe addirittura vuota di pensiero. Queste quattro visioni ideologiche della conoscenza, pur essendo tra loro in conflitto sotto molti punti di vista, hanno però generato una specifica convergenza di opinioni a proposito della ricerca e, quindi, della politica nazionale della scienza.

Nei decenni si è così creata e sta prosperando nel paese una modalità di intendere la conoscenza scientifica che va dall'indifferenza all'ostilità: essa si è già tradotta, per esempio, nel rifiuto democratico — attraverso il referendum — di una politica energetica razionale, e non avrebbe difficoltà a ritradursi, oggi, in un rigetto di ogni politica della scienza basata sul potenziamento dei finanziamenti nei settori delle biotecnologie. Quando l'immagine dominante della scienza è saturata da tesi di critica radicale della razionalità e della tecnica, la pau-

ra del cittadino diventa l'elemento unificante per la formazione del consenso.

In questo quadro va tuttavia sottolineata l'emersione di spinte positive. Non a caso ho voluto ricordare gli appelli allarmati che vengono dai vertici di istituzioni che percepiscono ormai con forza i danni economici che il paese subisce a causa della crescente separazione tra cultura diffusa e mondo della ricerca. E poiché, in democrazia, le grandi scelte vanno fondate sul consenso, è altresì positivo il fatto che questa separazione venga ormai vista con animo preoccupato dai settori più sensibili del mondo politico, e cioè da quei settori che hanno ben presente come il benessere del paese dipenda ormai, in misura sempre maggiore, dalla conoscenza come ricchezza della nazione.

È altresì confortante che, in alcune aree della comunicazione di massa, si stiano rivedendo i programmi editoriali che per decenni hanno avuto radici nella duplice convinzione che esista un primato indiscutibile della cultura umanistica sulla prassi scientifica e tecnologica, e che lo sviluppo della ricerca sia un lusso che l'Italia non può permettersi. Sia qui sufficiente ricordare, a questo proposito, due punti.

Il primo riguarda la crescita delle testate rivolte alla divulgazione della scienza: una crescita che è resa possibile dalla presenza di pochi milioni di cittadini che, pur essendo una minoranza della popolazione, hanno una certa familiarità con la lettura e cercano comunque informazioni sui principali risultati della ricerca e sulle principali applicazioni tecnologiche. Il secondo riguarda la possibilità, oggi realistica, di riprendere in esame certi progetti che, già negli anni sessanta, coinvolsero colleghi come Polvani o Ippolito. Fu Ippolito a inventare l'edizione italiana di *Scientific American* e a presentarla come uno strumento di base per sprovvincializzare la cultura nazionale. E fu Polvani a predisporre, presso la Domus Galilaeana di Pisa, una struttura agile e finalizzata alla preparazione di storici delle varie discipline scientifiche.

Non sto affatto suggerendo di valutare la divulgazione e la storia come rimedi per una patologia culturale. Sto semplicemente suggerendo, alla comunità scientifica, di contribuire a far sì che la divulgazione e la storia non vengano più giudicate come recinti per forme culturali in via di estinzione, o come consolazioni per pensionati.

La divulgazione può benissimo trasformarsi in un mezzo per promuovere quella cultura per la quale, in un passato non troppo lontano, si sono battuti intellettuali come Persico ed Enriquez. Chi fa spallucce di fronte ai tentativi di promuovere la divulgazione come struttura di cultura innovativa, dimentica che Galilei ebbe il coraggio di scrivere il suo Dialogo in italiano, nella piena consapevolezza di doversi rivolgere non a un ristretto pubblico di professionisti, ma ad un ampio pubblico di persone curiose che volevano capire che cosa stava succedendo in fisica e in astronomia. E la storia delle scienze e della tecnica può allora portare un contributo notevole alla formazione di quella cultura nuova senza la quale la comunità scientifica avrà sempre maggiori problemi sul piano del consenso e, quindi, nelle sue difficili relazioni con la sfera del politico.

Non sto invitando la comunità scientifica a delegare compiti culturali a divulgatori e a storici. Sto invece proponendo che la comunità si impegni direttamente, insieme ai divulgatori e agli storici, per rivendicare a se stessa ciò che i grandi filosofi naturali — da Galileo a Einstein, da Newton a Darwin — hanno sempre rivendicato: e cioè che la scienza non si risolve interamente in una tecnica utile o dannosa, ma ha come compito primario il progresso della conoscenza fondamentale. Questo compito generale può tuttavia diventare estraneo alla consapevolezza della maggioranza dei cittadini, soprattutto in una fase di transizione come quella attuale, in cui si tenta, giustamente, di rinnovare il sistema educativo nazionale, correndo tuttavia il rischio di trasformare le Università in istituti tecnici mirati alla produzione di competenze professionali limitate ai fabbisogni dei locali bacini di utenza. Il bacino di utenza di una Università non è infatti la provincia in cui quell'Università ha sede, ma è l'universo.

## L'ARCHEOMETRIA E LA SALVAGUARDIA DEL PATRIMONIO ARTISTICO.

S. Sciuti

Università di Roma «La Sapienza»

### 1. – La situazione attuale

Com'è noto l'Archeometria si avvale di numerose tecniche d'analisi e d'osservazione

prevalentemente di tipo ND o poco distruttivo (microprelevamenti) per studiare Beni artistici di qualsiasi tipo ed epoca e per fornire diagnosi complete sul loro stato di conservazione.

Le più importanti strade aperte dall'Archeometria sono due (schema sottostante).

<b>Diagnostiche per la conservazione ed il restauro</b>
<p style="text-align: center;"><b>Scopo</b></p> <p>Analisi ND ed osservazioni mirate ad indicare il percorso ottimale che il restauratore deve seguire per il restauro e la conservazione</p>
<p style="text-align: center;"><b>Chi le esegue</b></p> <p>Tecnici specializzati in analisi ND</p>
<p style="text-align: center;"><b>Durata</b></p> <p>Generalmente di poche ore. Deve comunque assicurare una buona qualità ed un basso costo del restauro</p>
<b>Ricerche interdisciplinari su opere d'arte di ogni tipo e periodo storico</b>
<p style="text-align: center;"><b>Scopo</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Determinare le particolarità materiche che caratterizzano la tecnica del pittore, scultore, artigiano, ...</li> <li>2. Determinare le caratteristiche iconiche, geometriche e fotometriche dell'opera d'arte in esame.</li> </ol>
<p style="text-align: center;"><b>Chi le esegue</b></p> <p>Equipes formate da <i>Scientists</i> e <i>Humanists</i></p>

(Si considerano le sole metodiche realizzate con strumentazioni portatili per analisi ND ed osservazioni prevalentemente *in situ*.)

Quella percorsa da gruppi multidisciplinari di ricercatori della scienza e dell'arte consente di individuare e porre in luce, accanto alle indagini e critiche tradizionali, nuovi aspetti qualitativi e quantitativi della materia forgiata dall'artista quantificando inoltre alcune caratteristiche iconiche e fotometriche di notevole importanza per l'indagine globale.

L'altra strada, più importante perché è connessa con la salvaguardia del patrimonio artistico, «dovrà» essere percorsa da una particolare classe di tecnici di laboratorio esperti in analisi ND. Il programma di diagnostica che essi sono tenuti ad eseguire su di un'opera d'arte porta ad un'accurata determinazione delle caratteristiche di manifattura e dello stato di conservazione dell'opera. Dai dati ottenuti si elabora una relazione nella quale è indicato il percorso ottimale da seguire per realizzare gli interventi di restauro o di conservazione. Questo documento quindi è una guida per il restauratore senza nulla to-

gliere alla sua professionalità ma donandogli più fiducia e rapidità operativa.

Per quanto riguarda lo stato dell'arte dell'Archeometria in Italia si può affermare che, a parte la non trascurabile carenza delle operazioni *in situ* (vedi il seguito), essa gode oggi di buona salute per quanto riguarda la conoscenza e l'impiego di svariate metodologie analitiche realizzate con strumentazioni non trasportabili e quindi applicabili soltanto nell'ambito dei laboratori specialistici.

Si deduce pertanto che i due programmi archeometrici, in particolare quello diagnostico per il restauro, sono carenti per quanto attiene i numerosi beni artistici che non possono essere esaminati nei laboratori, primi fra tutti i beni artistici non mobili, presenti praticamente in tutte le regioni dello stivale e delle isole. Questi programmi di Archeometria *in situ* sono strettamente connessi alla volontà politica di un Paese in quanto rappresenta un nuovo tipo di servizio nazionale che richiede sia l'impiego di tecnici in numero proporzionale ai fabbisogni del patrimonio artistico sia di mezzi d'indagine diagnostica di tipo portatile (vedi il seguito).

Riprendiamo per un momento l'argomento «ricerca archeometrica» che può interessare dal punto di vista professionale i fisici. Le attività che essi possono svolgere nel campo dell'archeometria riguardano principalmente la progettazione di metodiche adatte allo studio sperimentale dei beni artistici, l'assemblaggio delle relative strumentazioni, l'*upgrading* di quelle già in servizio ed infine, se lo desiderano, la conduzione delle misure in ricerche multidisciplinari insieme ai colleghi umanisti. Mentre le prime attività sopra riportate sono di stretta competenza di un ricercatore sperimentale, le applicazioni sul campo richiedono una particolare predisposizione che può essere vagliata svolgendo un'attività preliminare di preparazione. A questo scopo si deve superare con successo il processo di «fraternizzazione culturale» tra Scienza ed Arte seguendo possibilmente seminari, convegni, dibattiti, tutti frequentati dalle due parti e riguardanti arte e scienza e l'arte mediante la scienza. Ovviamente questo tipo di preparazione preventiva deve essere organizzato e realizzato da esperti nel settore archeometrico operanti non solo nelle Università ma anche in altri poli come le soprintendenze ed altre istituzioni coinvolte.

## 2. – La diagnostica per il restauro e la conservazione

Ritornando alla diagnostica per il restauro, di cui si occupa ancora il fisico per la sola parte di progettazione ed assemblaggio delle strumentazioni portatili, c'è da ribadire che la vastità e varietà del patrimonio artistico che coinvolge l'intero territorio Italiano (figure 1 e 2) richiede la mobilitazione permanente di tecnici abilitati all'impiego ed alla manutenzione di strumentazioni portatili ed infine la disponibilità di automezzi leggeri (a trazione integrale!) adatti ad alloggiare la stazione ed a funzionare come base di appoggio e di collegamento con le sedi operative centrali.

Come già accennato la gran parte di beni da diagnosticare *in situ* sono affreschi, statue, vetrate, chiese, palazzi storici, colonnati e anche beni archeologici venuti alla luce in scavi appena aperti.

Le stazioni mobili dotate di strumentazioni per gli interventi oggi disponibili in Italia sono in numero trascurabile rispetto alla grande consistenza del nostro patrimonio inamovibile. Inoltre queste stazioni sono oggi costruite senza criteri di normalizzazione perché realizzate in laboratori interessati ad eseguire in proprio le analisi corrispondenti.

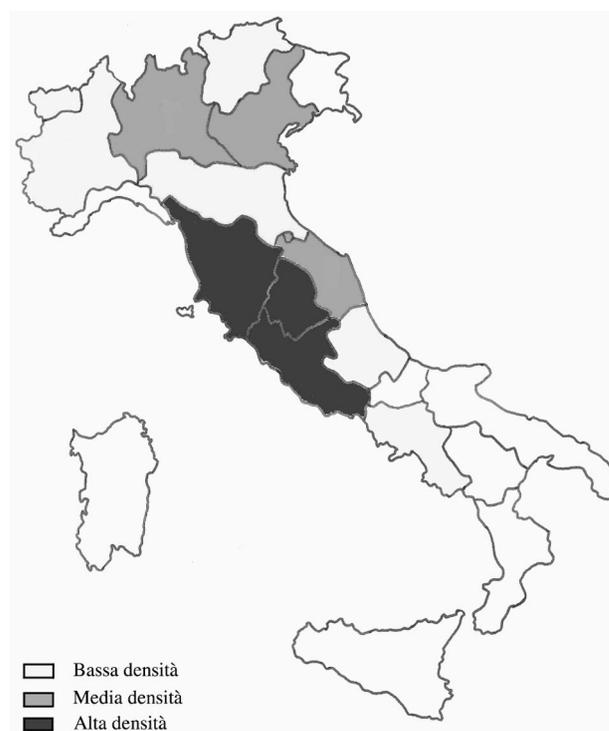


Fig. 1. – Distribuzione dei beni artistici Rinascimentali.

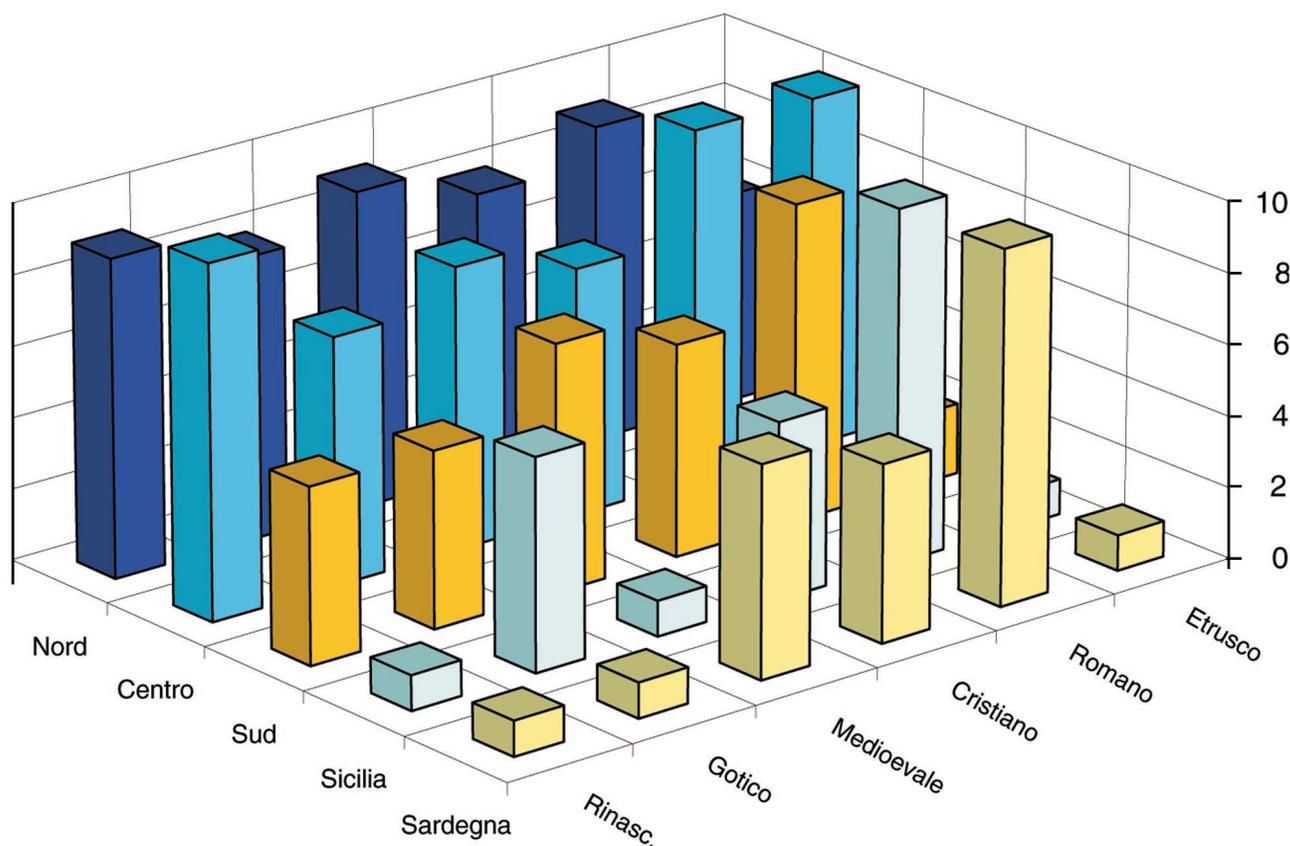


Fig. 2. - Distribuzione approssimata per epoche della densità di Beni Artistici e Monumentali nel territorio italiano (10 = massima densità; 1 = scarsa densità).

Da notare che l'industria, pur producendo una grande varietà d'apparecchiature da laboratorio per analisi ND, non trova oggi alcuna convenienza a produrre stazioni poco richieste.

In linea di massima una stazione mobile gestisce via *computer* le seguenti operazioni eseguite da strumentazioni portatili:

1) analizzare gli elementi chimici ed i loro composti con metodiche ND;

2) riprendere immagini di un oggetto artistico in tempo reale operando in vari campi spettrali dai raggi X all'infrarosso vicino (NIR) e lontano (termografia);

3) operare microprelevamenti intelligenti sia in superficie che all'interno dell'oggetto artistico avvalendosi di strumentazioni realizzate allo scopo ed abilitate anche alla endoscopia vicina e lontana.

Nell'ipotesi che al più presto sia varato un programma nazionale (europeo?) per la diffusione degli interventi *in situ*, occorrerà definire per prima cosa le normative riguardanti la stazione tipo e sollecitare l'industria a co-

struirla in serie. Come già accennato le diagnostiche corrispondenti portano all'ottimizzazione delle operazioni di restauro; le spese complessive dovrebbero essere non superiori a quelle che oggi si affrontano con un restauro in assenza di diagnostica.

La necessità di disporre di strumentazioni portatili è anche sentita nei laboratori specializzati operanti presso Musei ed altri importanti insediamenti artistici come per esempio il Vaticano dove famosi affreschi (Michelangelo, Botticelli, Raffaello, Beato Angelico, ecc.), hanno richiesto anche esami sul posto con strumentazione portatile.

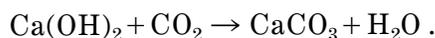
### 3. - Esempio d'indagine *in situ*

Nella tabella I sono elencate le principali metodiche realizzabili con strumentazione portatile in una stazione mobile che in tal modo è in grado di operare in ogni campo dei beni artistici sia per la ricerca sia per la diagnostica finalizzata al restauro.

**Tabella I. Strumentazione portatile per analisi ed osservazioni di opere d'arte.**

1. Spettrometro a fluorescenza di raggi X tipo EDXRF
2. Spettrometro a fluorescenza da Ultravioletto (analisi nel visibile, ultravioletto ed infrarosso vicino)
3. Fotocamere per riprese di immagini digitali; riprocessamento di queste immagini
4. Set di filtri passabanda in varie zone spettrali dall'UV al NIR
5. Spettrofotometria in riflessione (studio e controllo dei colori)
6. Radiografie in tempo reale (per dipinti da cavalletto ed oggettistica in materiale leggero)
7. Osservazioni endoscopiche e prelievamento di campioni
8. Computer portatili con slot liberi (per alloggiare schede multicanale, grabber, ecc.)
9. Sistema ottico a laser per il riconoscimento dei marmi
10. Sistema ad ultrasuoni per il controllo dei materiali
11. Termografia

Per fornire un esempio sulle analisi ed osservazioni da svolgere in situ prendiamo in esame un affresco. Si suppone che il dipinto sia un «buon fresco» del '500: i colori tutti a base di terre, sciolti in acqua sono stati dati sull'intonaco (costituito essenzialmente da calce ed altri componenti quali la pozzolana) ancora bagnato. Durante l'evaporazione questi colori sono stati inglobati nell'intonaco grazie al processo di *carbonatazione* che forma una crosta cromatica dura e resistente composta omogeneamente (colore ed intonaco) secondo la reazione:



La strumentazione che scarichiamo dall'auto-  
mezzo sarà costituita secondo lo schema ri-  
portato in figura 3, da fotocamere digitali e  
da uno spettrometro XRF. Una delle fotoca-  
mere, raffreddata Peltier, opera nel visibile e

nel NIR ed è dotata di tempi d'esposizione dal milli-secondo alle decine di secondi. Essa è destinata a diversi usi con l'ausilio di vari filtri passabanda (vedi seguito).

Una seconda fotocamera è invece destinata ad operare nel solo visibile a scopo di riprese artistiche mediante programmi di vettorializzazione delle immagini.

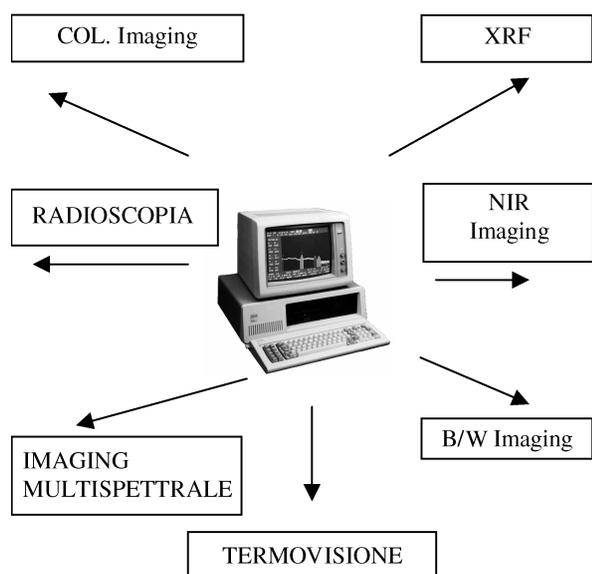
Impiegheremo successivamente lo spettrometro portatile XRF dispersivo in energia (EDXRF) ed operante in aria per le analisi degli elementi dal cloro all'uranio. Se necessario praticheremo anche qualche micro-prelievo per analisi riguardanti l'eventuale presenza di composti organici usati come media in qualche intervento a secco (originale o in un vecchio restauro). Le analisi del frammento prelevato saranno condotte mediante analisi di fluorescenza indotta da UV nel visibile e nell'IR. Lo spettrometro per queste analisi è stabilmente alloggiato nell'auto-  
mezzo e fa coppia con un microscopio e la relativa dotazione per la preparazione di campioni.

Le indagini iniziano, come detto, con le riprese d'immagini riguardanti il dipinto *in toto* e nelle sue varie parti. Segnatamente:

- i) riprese nel NIR;
- ii) riprese di fluorescenza nel visibile e nel NIR indotte da UV;
- iii) riprese artistiche.

Partiamo con il NIR nell'intervallo (800-1200 nm) riprendendo l'intero dipinto che, grazie alla penetrazione dell'infrarosso apparirà completamente privo della polvere che lo rende con contorni incerti se osservato dall'occhio. La ripresa mostra il quadro come se la polvere ed eventuali vernici ingiallite (date in un antico restauro) fossero state rimosse: con questa ripresa ci facciamo un'idea più precisa sulle condizioni del dipinto.

Le riprese successive sempre nel NIR riguardano i particolari. Si noterà per esempio



**Fig. 3. - Schema rappresentante la disposizione degli strumenti della stazione impiegati durante l'analisi dell'opera.**

che i cartoni per il riporto dei disegni sono stati applicati con la tecnica dello spolvero (figura 4), come si evince dai numerosi granelli di polvere di carbone.

Analogamente lo sporco avrebbe potuto nascondere l'altra tecnica del riporto e cioè l'incisione lungo i bordi del cartone (figura 5).

Per completezza mostriamo un altro impiego del NIR che si osserva più frequentemente nei dipinti da cavalletto e cioè ad olio: i *pentimenti* e i disegni sottostanti (figura 6).

Passiamo poi alla fluorescenza nel visibile indotta dall'UV. A tutt'oggi si effettuano queste riprese in fotografia convenzionale che a causa della ben nota scarsa sensibilità delle emulsioni fotografiche rispetto ai sensori CCD richiede un tempo di posa dell'ordine delle ore. Noi invece le facciamo con una fotocamera operante in bianco/nero ed eseguendo tre pose di circa 15 secondi ciascuna con filtri rispettivamente nel rosso, nel verde e nel blu e successivamente sommandole col PC per ottenere delle buone foto a colori. Verrà anche fatta una ripresa di fluorescenza nel NIR sempre indotta da UV. Nelle riprese da UV nel visibile si nota, per esempio, che tutta la parte bassa dell'affresco presenta una luminescenza giallastra imputabile ad un intervento di restauro in cui è stata impiegata probabilmente una colla animale. L'azzurro di lapislazzuli invece presenta una fluorescenza bianco-verdastra, come si vede nella figura 7, tratta da riprese del Giudizio Universale del Michelangelo.

Le riprese a colori con programmi vettoriali andranno fatte con un'altra fotocamera digitale ad alta risoluzione (possibilmente da 6 megapixel). Le immagini che prenderemo hanno lo sco-



Fig. 5. – Ripresa nel NIR che evidenzia la tecnica della incisione nel riporto dei «cartoni».

po di facilitare, nel corso di una riunione collegiale tra fisici e storici dell'arte, un'utile critica iconica di tutto il dipinto e di ogni suo particolare anche il più piccolo consentendo di evidenziare i punti e le zone che devono essere analizzate e riprese (NIR e UV) con maggior attenzione.

In genere le foto digitali del dipinto consentono di effettuare elaborazioni al computer di vario tipo. Per esempio:

1) Valutazioni di tipo fotometrico per punti, per linee e aree. Allo scopo si esamina per ogni situazione la distribuzione dei 256 toni di grigio (dal nero al bianco) o, qualitativamente la rappresentazione del dipinto in falsi colori (ad ogni colore si assegnano, per esempio, 35 toni di grigio con un totale di 8 colori).

2) Scontornature in bianco/nero di immagini per evidenziare i tratti salienti del disegno;

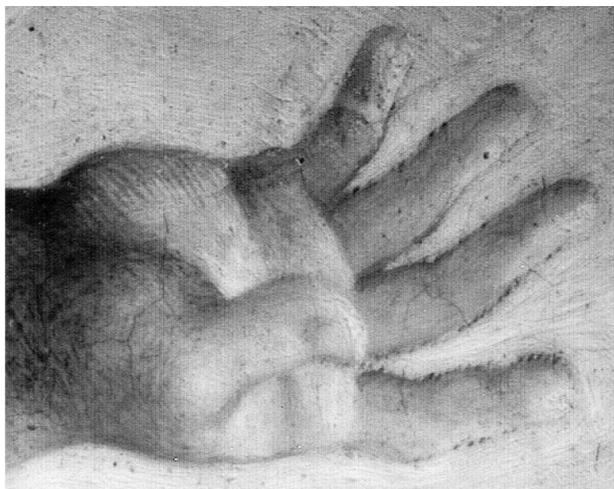


Fig. 4. – Ripresa nel NIR che evidenzia la tecnica dello spolvero nel riporto dei «cartoni».

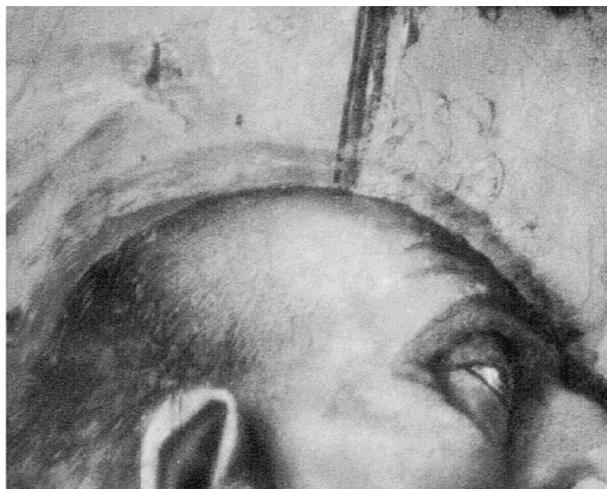


Fig. 6. – Ripresa nel NIR che evidenzia un *pentimento*.



Fig. 7. – Giudizio Universale: a sinistra è riportata l'immagine nel visibile mentre a destra quella di fluorescenza indotta UV.

28

3) nel caso di particolari grafici del dipinto di notevole importanza quasi totalmente cancellati e quindi illeggibili (per esempio la firma del pittore), si utilizza un programma di rinvenimento della immagine mediante opportune manipolazioni ed iterazioni relative alla distribuzione dei toni di grigio.

Passiamo alle analisi XRF. Ricordiamo che il riconoscimento di un pigmento di colore è effettuato congiuntamente dall'analisi del suo elemento caratteristico e dal colore definito dall'occhio. Per le analisi impiegheremo una testa di misura operante in aria e facilmente brandeggiabile (figura 8).

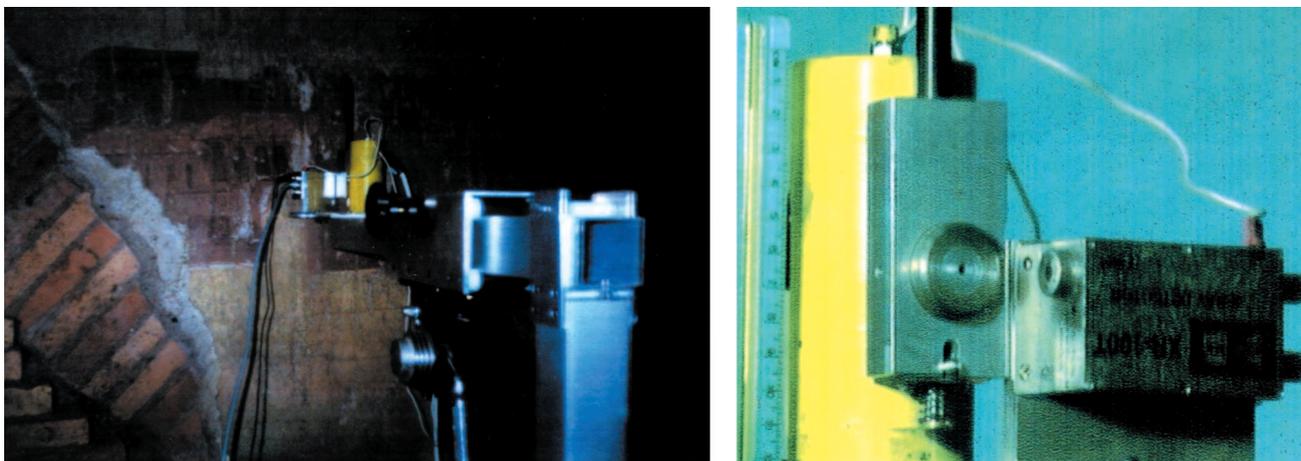


Fig. 8. – Apparato XRF portatile; a destra è riportato il particolare della testa di misura.

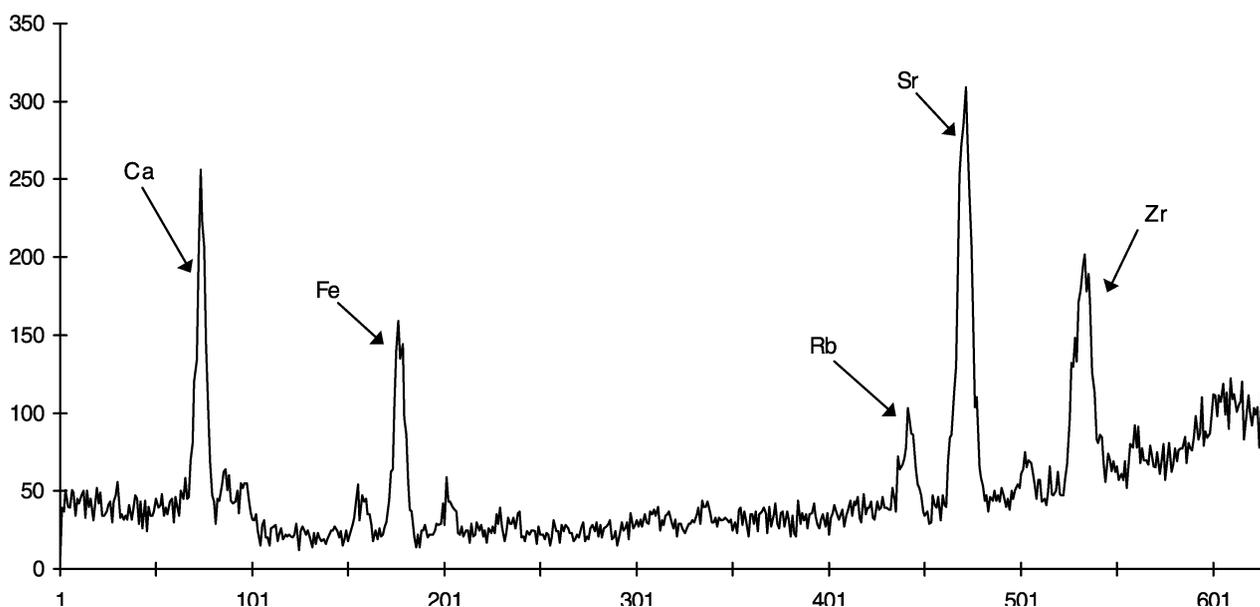


Fig. 9. - Spettro XRF dell'intonaco di un affresco (sono indicate le linee  $K\alpha$  degli elementi trovati).

La testa è costituita dal microtubo a raggi X (sorgente primaria che opera a 35-40 kV con 0.1 mA) ed il rivelatore (risoluzione  $\leq 180$  eV a 6 keV), raffreddato Peltier. Multicanale ed elettronica sono contenuti in una scheda alloggiata nel computer di figura 3. I punti del dipinto prescelti per le analisi riguardano l'intonaco, i colori dati a buon fre-

sco (terre e per l'azzurro i lapislazuli) e le parti relative agli eventuali interventi a secco. Esempi sugli spettri rilevati sono riportati nelle figure 9, 10 e 11.

Nella figura 9 (bianco di San Giovanni) si vedono gli elementi che caratterizzano l'intonaco di un affresco, cioè oltre al calcio ed allo stronzio che provengono dalla calce, il ferro

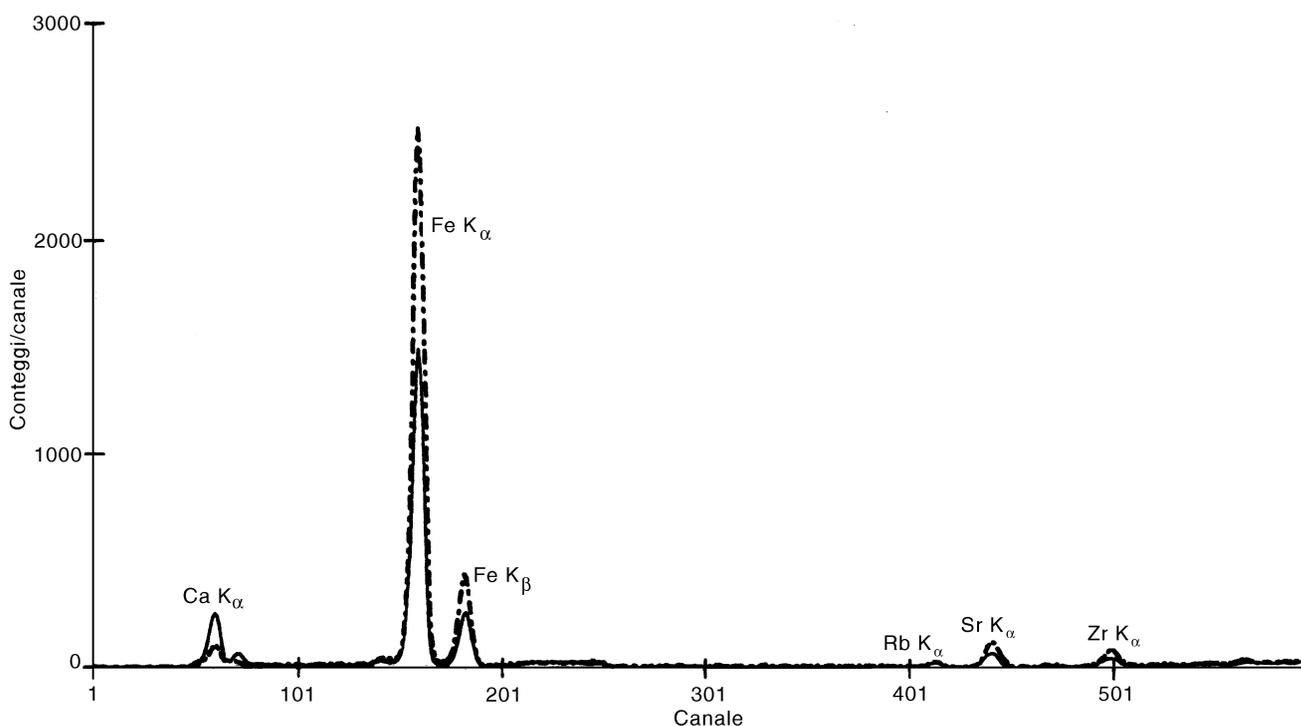


Fig. 10. - Pittura «a secco» di un pigmento rosso a base di minio.

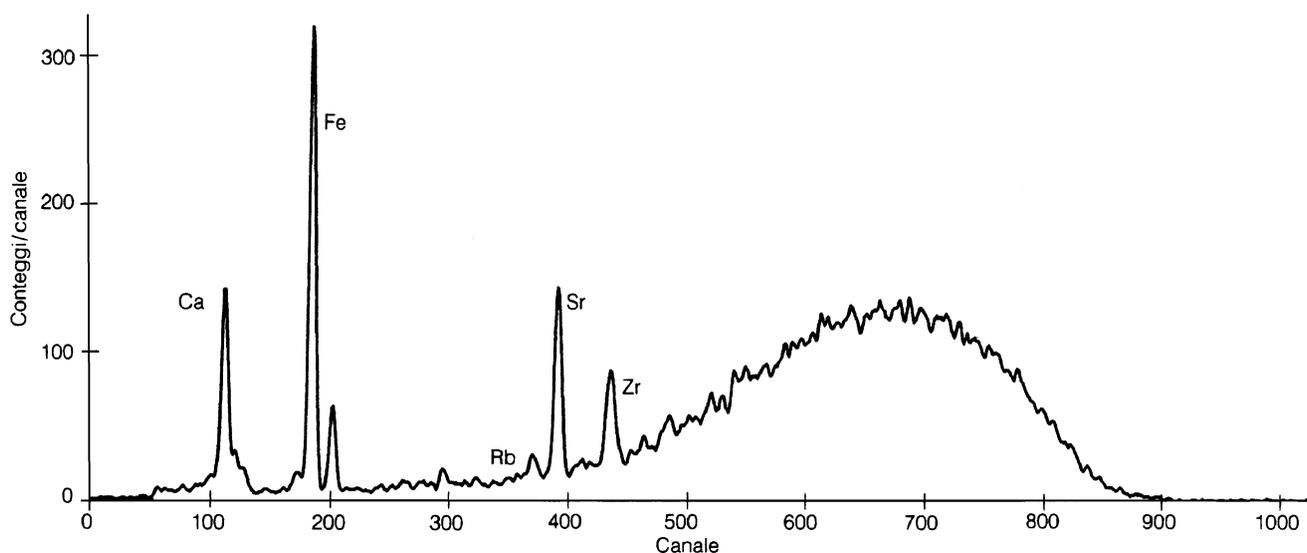


Fig. 11. - Punto di buon fresco con ocre.

dovuto alla pozzolana che, essendo di origine vulcanica, contiene il rubidio e lo zirconio (talvolta il niobio e l'ittrio) caratteristici appunto delle rocce ignee. Tutte le righe degli elementi ora citati ci accompagneranno sempre su tutta la superficie dipinta di un buon fresco per via dello strato di carbonatazione sopra citato. Le intensità di queste righe (conteggi) sono preziosi indicatori perché dai loro valori durante l'esame dei vari punti si hanno precise informazioni su eventuali materiali sovrapposti e in alcuni casi sul loro spessore. Anche una ridipintura a secco eseguita con la stessa terra usata nel fresco sarà evidenziata dal fatto che i conteggi del calcio scendono in modo evidente per assorbimento prodotto dal colore aggiunto (figura 10).

Nella figura 11 si mostra lo spettro di un colore a base di ocre (una terra).

Nel corso delle misure vi saranno numerose discussioni dedicate a commenti su risultati quali:

a) interventi a secco di un certo rilievo (sono autentici del Maestro o sono il risultato di restauri?); b) elementi provenienti da dipinture sottostanti (pentimenti od altro) e così via.

Alla fine delle misure si effettuerà una riunione a caldo nel corso della quale saranno discussi i risultati ottenuti dalle varie metodiche e la già citata discussione al cospetto delle immagini ad alta risoluzione del dipinto. In particolare:

1) I risultati confermano le ipotesi fatte sull'opera oppure apportano nuove informazioni

sulla struttura dell'opera e quindi richiedono l'elaborazione di una nuova ipotesi storico-artistica?

2) la tavolozza del pittore dedotta dalle analisi XRF rappresenta una tecnica conservativa del Maestro oppure apporta i segni di una evoluzione, come per esempio un diverso impiego dei colori per rappresentare i «chiaroscuri», gli incarnati, ... ecc., o ancora la tentazione di forzare un colore sconfinando nel dipinto a secco come per esempio si è notato nell'affresco la Scuola di Atene del Raffaello? ecc.

L'esempio sopra riportato dovrebbe dare un'idea sul tipo di ricerca multidisciplinare che fornisce dati utili anche per la diagnostica per il restauro.

#### 4. - Conclusioni.

Si è voluto lanciare un grido di allarme su quel settore di applicazioni archeometriche *in situ*, oggi carente in Italia «grande museo a cielo aperto». Queste applicazioni sono capaci di assicurare una migliore conservazione dei beni artistici ed archeologici legati al suolo ove sono stati creati. Con questo non si vuole assolutamente ridurre il merito dell'altra faccia dell'archeometria cioè quella che si conduce nei laboratori specializzati del CNR, delle Università del Ministero dei Beni Culturali e dell'ENEA. I temi trattati sono numerosi e le tecniche impiegate sono tutte di ottimo livello.

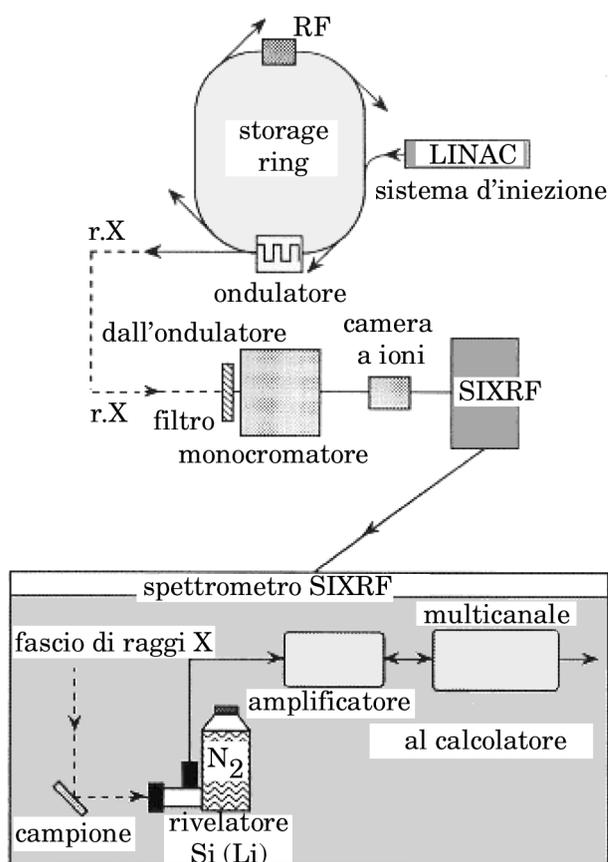


Fig. 12. - Schema dello spettrometro SIXRF.

Vogliamo concludere questo articolo proprio con una proposta di ricerca di laboratorio. Essa riguarda una tematica considerata obsoleta e quindi messa da parte mentre oggi sarebbe opportuno riprenderla impiegando una tecnica moderna di grande attualità: la tecnica SIXRF (Synchrotron induced XRF) che sostituisce le ormai abbandonate analisi per attivazione neutronica (NAA) per il dosaggio degli elementi in traccia. Infatti, la SIXRF (figura 12) effettuata con elettrosincrotroni di opportuna energia ed intensità di corrente supera la NAA per quanto riguarda velocità d'esecuzione (centinaia di secondi contro i giorni) ed assenza d'attivazione.

Con questa metodica si potrebbero finalmente effettuare analisi rapide e molto accurate sugli elementi in tracce di materiale ceramico come anfore, vasi, contenitori in argilla di vario tipo usati per la conservazione ed il trasporto di merce varia come vino, spezie, olio, profumi, viveri, colori, ..., usati nell'antico passato (dal millennio prima di Cristo al

medioevo) per il loro trasporto da un paese all'altro. Il luogo (leggi la cava di argilla) di produzione di questo vasellame che rappresenta il paese che invia la merce, viene identificato dalla presenza quantificata dei vari elementi in tracce analizzati che rappresentano validamente il sito geologico della cava. Da qui la determinazione delle correnti di scambio nell'ambito del bacino mediterraneo, ed anche forse del lontano oriente, di paesi nordici, e così via. Studi di questo genere sono stati effettuati con notevole successo principalmente da ben noti ricercatori americani (Sayre *et al.*) impiegando la NAA su un numero di campioni relativamente modesto a confronto dei milioni di vasi, anfore ecc. trovati in varie regioni europee, diligentemente catalogati e poi abbandonati inutilizzati nei vari magazzini dei musei e delle università italiane francesi, greche ecc. Con essi potremmo riscrivere con elevata precisione statistica, con maggiore estensione geografica e soprattutto con eccezionale rapidità la storia delle correnti di scambio di cui sopra. Allo scopo la Comunità Europea potrebbe varare un programma comunitario *ad hoc* ottenendo l'uso permanente di un canale per raggi X presso l'elettrosincrotrone di Grenoble ove esistono fasci di raggi X i più potenti d'Europa presso i quali installare una stazione fissa di analisi XRF (la SIXRF) che garantirebbe sensibilità e precisioni migliori di quelle ottenute con la NAA su tutti gli elementi in traccia.

#### SUGGERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Per le analisi archeometriche eseguite in laboratorio si veda:

- *Proceedings of 6<sup>th</sup> International Conference on «Non-Destructive Testing and Microanalysis for the Diagnostics and Conservation of the Cultural and Environmental Heritage»*. Rome, May 17<sup>th</sup>-20<sup>th</sup> 1999.

Per le analisi eseguite *in situ* si veda:

- S. SCIUTI, C. FALCUCCI: *On site Archaeometric research and diagnostic carried out by a transportable multipurpose work station Science and Technology for Cultural Heritage*, N° 3, 1994: 123-134.

Per le analisi di attivazione neutronica si veda:

- E.V. SAYER, *Methods and Applications of Activation Analysis*, Annu. Rev. Nucl. Sci., 13 (1963).  
- E.V. SAYER and P. MAYER, *Nuclear Activation Applied to Materials of Art and Archaeology*, AATA, 8, N° 4 December (1971).

Per le analisi SIXRF si veda:

- S. SCIUTI *et al.*, *Analisi di elementi in traccia con sistemi on line di tipo ND: apparato SIXRF di Adone-Frascati*, Il nuovo Saggiatore 7, N° 1 (1991) 46.



scersi tra loro, ma talvolta anche riconoscersi come fisici, quando impegnati in metodologie d'indagine talvolta assai diverse tra loro. L'unico elemento di congiunzione resta molto spesso il singolo Bene Culturale, grande o piccolo che sia, rispetto al quale i vari studiosi sono soliti prodigarsi con tutte le loro energie intellettuali, spesso affascinati e galvanizzati dalla ricchezza culturale dell'oggetto di studio.

Come risposta al gradito invito di organizzare questa Tavola Rotonda si è cercato non soltanto di individuare ed invitare alcuni tra i ricercatori più impegnati in questi campi, ma anche di tentare di proporre una tabella riassuntiva (fig. 1, inevitabilmente incompleta) che, spero, possa risultare utile per aiutare i partecipanti alla Tavola Rotonda ad incasellare la loro area di operatività e competenza.

**Deganello**, associandosi al saluto e ringraziando per la partecipazione tutti i convenuti, esprime la sensazione che ci si trovi in un particolare momento di convergenza, come qualche tempo fa è avvenuto nel campo delle scienze fisiche finalizzate alla comprensione ed allo studio del mondo biotico: allora nacque e si sviluppò la biofisica, oggi è tempo che nasca la «Fisica per i Beni Culturali». In questa ottica auspica la possibilità di ripercorrere strade altrettanto produttive per fare acquisire agli studi sui Beni Culturali una valenza simile.

A questo punto gli intervenuti vengono invitati dagli organizzatori ad esporre brevemente, presentandosi personalmente, i rispettivi campi di studio e le principali modalità operative condotte nelle sedi di appartenenza.

**Milazzo**, sollecitato a chiarire la sua particolare posizione universitaria, dice che l'appiglio formale per il quale si è reso possibile istituire la cattedra, in origine, con il titolo di «Metodologie fisiche per l'Arte e per l'Archeologia» presso la Facoltà di Scienze dell'Università di Milano, è stato che questo insegnamento, posto nel raggruppamento di Fisica Generale, figurava, nello statuto di facoltà, nell'elenco dei corsi previsti per la laurea in Fisica. Inoltre, era stato già attivato da alcuni anni come corso complementare del 4° anno. La cattedra di Milano è stata approvata dal Ministero nel 1987 e resta fino a ora l'unica istituita nell'intera Università italiana. L'attuale titolo della cattedra è «Metodologie di Fisica per i Beni Culturali». Tuttavia, poi-

ché si è giudicato più conveniente utilizzare il nome internazionale della materia, fino al presente anno accademico si è ricorso all'espedito formale che la Cattedra ricopra l'incarico sostitutivo del corso di «Archeometria». Allo stato attuale dei fatti, e cioè per la oggettiva mancanza di una prospettiva di collocazione di Fisici con questa specializzazione, la giustificazione per questo corso risiede fondamentalmente nella sua funzione formativa nell'ambito della Fisica applicata, di solito trascurato nei nostri corsi di laurea. Ciò è dimostrato dall'ampia sovrapposizione delle applicazioni delle tecniche di analisi tipiche dei Beni Culturali a altri campi (analisi di film sottili, analisi di drogaggi, analisi metalurgiche, ecc.). Del resto, i numerosi studenti che hanno discusso una tesi di Laurea in Fisica di argomento archeometrico hanno trovato, senza difficoltà particolari, collocazione nell'industria o nella ricerca.

L'attività della Sezione di Archeometria dell'Istituto di Fisica Generale Applicata di Milano, del quale Milazzo è attualmente direttore, si articola come segue:

– Laboratorio Raggi X: sistema di analisi XRF ad anodi secondari, sistema per analisi XRF in riflessione totale, microsonde X con capillari, strumentazione per la radiografia.

– Laboratorio Infrarosso: sistemi per riflettografia con tubo vidicon e con telecamera a stato solido ed elaborazione digitale delle immagini, sistemi computerizzati per misure di riflettanza per la caratterizzazione colorimetrica di superfici nella versione con fibra ottica e, per misure telemetriche, con telecamera munita di filtri intercambiabili a banda stretta, apparecchiatura per termografia con sistema automatico immagini in falsi colori. Inoltre il laboratorio è attrezzato con una camera termostatica (*fitotrone*) che permette di realizzare condizioni controllate in temperatura, umidità, luminosità e ventilazione, che viene utilizzata per la simulazione delle condizioni di conservazione di campioni, per lo più intonaci.

– Laboratorio di Metrologia Ottica per i Beni Culturali. Di recente istituito in collaborazione con l'Istituto Nazionale di Ottica di Firenze. In esso sono sviluppati sistemi di riflettografia infrarossa a scansione e sistemi per le misure profilometriche.

Di recente, è iniziata una collaborazione con l'Istituto di Papirologia dell'Università di Mi-

lano per l'esame di papiri, e di documenti antichi in generale, mediante un'apparecchiatura costituita da un «dorso» fotografico digitale ad alta risoluzione (rivelatore lineare multiplo di 12500 elementi) acquisita con i fondi speciali di Ateneo per le Grandi Attrezzature.

Tra gli interventi di maggiore rilevanza eseguiti negli ultimi anni si segnalano le analisi eseguite per la Corona Ferrea di Monza.

**Bernabini**, docente di Geofisica Applicata alla facoltà di Ingegneria dell'Università di Roma, La Sapienza, è ingegnere di formazione e geofisico per specializzazione.

Per meglio chiarire il proprio campo d'attività ed i tipi di intervento affrontati e risolti con interventi di studio propri delle discipline geofisiche, presenta una serie di *case-histories*, sviluppati e condotti dalla sua unità di ricerca, su monumenti ed opere d'arte. In tutti i casi le metodologie adoperate sono state quelle classiche della geofisica applicata più o meno adattate alle indagini su elementi di piccola dimensione (metodologie dette *micro-geofisiche* cioè metodologie che, sviluppate dalla geofisica di esplorazione, vengono oggi spesso *miniaturizzate* ed adattate ad esplorare, anziché il sottosuolo, l'interno di strutture murarie). Presenta quindi, a titolo di esempio, interessanti risultati ottenuti con metodologie integrate (georadar, tomografia sismica e tomografia elettrica) sulla volta della Scarsella del Battistero di Firenze, per evidenziare alcune caratteristiche (sia di tipo geometrico che nei parametri fisici studiati) delle zone di degrado della volta, in vista del necessario restauro. Altri notevoli risultati mostrati da **Bernabini** riguardano l'analisi, per mezzo di tomografia ultrasonica, di alcune colonne del Tempio di Antonino e Faustina (Fori Romani) ed il controllo del grado di ammassamento di un blocco di travertino, ormai «sospeso» nel vuoto (manca la colonna sottostante) sempre nell'area dei Fori Romani (Basilica Massenzio). Infine mostra interessanti evidenze di degrado messe in luce con una tecnica d'avanguardia (tomografia sismica) su alcuni pilastri del Colosseo.

**Cosentino** interviene brevemente dichiarando di essere geofisico anche lui, anche se fisico di formazione (in mancanza di una laurea specifica in Italia, i *geofisici* finora provengono, come formazione di base, per lo più dalla fisica, dall'ingegneria e dalla geologia): tra i lavori eseguiti dal suo gruppo dell'Uni-

versità di Palermo, quasi sempre con l'utilizzazione di campi di potenziale (elettrico in c.c. o bassa frequenza) o con campi d'onda (sismici o elettromagnetici ad alta frequenza, cioè dell'ordine dei GHz) è possibile osservare alcuni risultati — esposti in un poster presente nella sala — di una tomografia elettromagnetica eseguita su alcune colonne (in calcarenite) del tempio C di Selinunte. Sono state localizzate un grande numero di barre di acciaio, intruse durante precedenti interventi di restauro, ed alcune zone di degrado della roccia.

**Manganelli-Del Fa** è un ricercatore del CNR, di formazione geologica (petrografia e petrofisica) opera in un Istituto del CNR prevalentemente applicato al campo dello studio e della tutela dei Beni Culturali. L'attività pregressa si è espletata anche alla guida ed al controllo di programmi pluriennali nazionali, del CNR, finalizzati agli studi fisici chimici e mineralogico-petrografici dei beni culturali in Italia.

**Piacentini**, docente di Fisica Generale alla Facoltà di Ingegneria dell'Università di Roma «La Sapienza», dichiara di essere un «neofita» delle ricerche sui Beni Culturali, alle quali è stato indirizzato dal prof. S. Sciuti, con cui collabora da quasi due anni. Precedentemente si era occupato dello studio di proprietà ottiche ed elettroniche dei materiali. Seguendo Sciuti, si è indirizzato all'utilizzazione di strumenti di indagine portatili, utili in modo speciale nei molti casi in cui il Bene Culturale non possa essere trasportato in laboratorio per le necessarie indagini.

**Piacentini** fa due considerazioni per chi vuole inserirsi in questo campo, sopra tutto per i giovani:

a) La prima riguarda la forte emozione che si prova nel avvicinare e toccare preziose opere d'arte, che normalmente si ammirano solo da lontano.

b) La seconda riguarda il tipo di lavoro richiesto. Il fisico esegue le analisi richieste dai restauratori o dai critici d'arte con le metodologie di indagine di cui ha competenza. In questo ambito egli sviluppa ed aggiorna le strumentazioni (*hardware* e *software*) necessarie per lo studio delle opere d'arte. Per esempio, la miniaturizzazione e gli sviluppi offerti dalla tecnologia moderna, con le nuove tecniche di lavorazione dei materiali, permette la realizzazione di apparati portatili sem-

pre più sofisticati, con prestazioni sempre migliori. Il fisico quindi svolge della Fisica applicata, ricoprendo un ruolo «tecnico». «Tecnico» non deve essere preso in senso limitativo: la realizzazione di apparecchiature richiede una approfondita conoscenza dei fenomeni fisici di base e capacità di saperli adattare alle problematiche di interesse, e richiede anche sperimentazione e continuo aggiornamento. Occorrono quindi doti e capacità non comuni, anche se non indirizzate ad una ricerca di base. Questo ruolo del fisico archeometra ricorda molto da vicino quello del fisico biomedico: tutti e due sono dediti allo sviluppo di apparecchiature da impiegare in discipline diverse a fianco dei rispettivi esperti e cultori.

**Varoli Piazza**, dell'Istituto Centrale di Restauro, di Roma, descrive brevemente l'attività dell'Istituto. Quest'ultimo fu fondato con il preciso intento di trasferire l'attività dei restauratori da una pratica prettamente artigianale, anche se di altissima qualità, ad una «scienza» che fosse applicata alla salvaguardia del patrimonio culturale italiano. Ed in questa ottica l'Istituto fu dotato di un Laboratorio di Fisica, di un Laboratorio di Chimica, e pochi anni dopo, anche di un Laboratorio di Biologia. Il lavoro strettamente e realmente interdisciplinare che si svolse fin dall'inizio tra storici dell'arte e archeologi da un lato ed esperti scientifici dall'altro, sempre in stretto rapporto con i restauratori, è evidente sin dai primi lavori pubblicati nel Bollettino dell'Istituto, che nei ricordi personali di coloro che resero possibile una tale avventura. Cosicché oggi che il lavoro interdisciplinare è divenuto più usuale nel campo dei beni culturali, non ci trova impreparati, anzi, possiamo dire che è stato da sempre la peculiarità che ha reso internazionale la fama dell'istituto e dei suoi allievi italiani e stranieri. I corsi che fino a due anni fa avevano durata triennale, più un anno di perfezionamento, oggi hanno una durata quadriennale: i docenti sono i funzionari e tecnici dell'Istituto che partecipano perciò attivamente alle ricerche, applicate naturalmente alla salvaguardia dei beni culturali, che si svolgono nello stesso Istituto.

**Martini**, dell'Università di Milano Bicocca, Dipartimento di Scienza dei Materiali, espone brevemente l'attività del suo gruppo di ricerca, che si occupa prevalentemente di datazio-

ni con il metodo della termoluminescenza. In più l'attività si è concentrata sulla realizzazione di una banca-dati, accessibile dalla rete (<http://unimib.it/dating>), dove sono stati immessi i dati dei primi 120 siti (monumenti edifici, ecc.). Questa operazione può costituire un embrione di grande utilità per tutti gli addetti ai Beni Culturali.

**Pappalardo**, dell'Università di Catania, presenta l'attività del gruppo svolta recentemente in modo prevalente nel Laboratorio Landis dei LNS/INFN di Catania. LANDIS = Laboratorio analisi non distruttive. Nell'ambito di questo laboratorio è stato sviluppato un sistema portatile PIXE-ALFA, particolarmente utile per la caratterizzazione degli strati superficiali: patine, pigmenti, affreschi, pitture a secco. **Pappalardo** sostiene che i fisici dovrebbero operare prevalentemente nelle attività ricerca, in particolare «inventando» gli strumenti più idonei allo studio dei vari oggetti che costituiscono i Beni Culturali. Si chiede: quali le novità in Italia?

Interviene quindi anche **Mandò**, dell'Università di Firenze, per descrivere i lavori del suo gruppo di ricerca su manoscritti e inchiostri antichi. Sarà utilizzato tra poco un nuovo acceleratore per eseguire studi anche con la spettroscopia di massa. Viene effettuata a Firenze una copiosa attività didattica: dottorato, corsi di specializzazione post-laurea, ecc.. Il Dottorato di ricerca viene condotto in collaborazione (chimici, fisici e biologi). Da quest'anno partirà un Corso di Diploma triennale per 20 posti. Le richieste sono state numerose (83 adesioni), per cui sarà necessario procedere ad un'accurata selezione.

**Deganello**, docente di Cristallografia presso la facoltà di Scienze dell'Università di Palermo, di poi fa presente l'importanza della conoscenza della relazioni strutturali che intercorrono all'interfaccia di un substrato e delle sue potenziali croste d'accrescimento (in particolare la formazione di gesso e/o ossalati). Ricorda inoltre che tale conoscenza, se associata ad una quantificazione delle modalità di accrescimento a livello atomico delle singole fasi che compongono dette patine, può portare, come di già si sta verificando nel caso della whewellite e weddellite, alla determinazione di molecole sintetiche che abbiano capacità mirate sia di inibizione che di controllo delle loro cinetiche di accrescimento. **Dega-**

**nello** reitera inoltre i grandi potenziali che si aprono con studi alla luce di sincrotrone e fa presente l'importanza fondamentale che assumono sinergie di natura chimica, fisica e biologica per la definizione ed il controllo a livello atomico-molecolare dei rapporti struttura/funzione nell'accrescimento di detti solidi.

Prende la parola, quindi, **Ranieri**. Docente di Geofisica Applicata presso la facoltà di Ingegneria dell'Università di Cagliari, egli è ingegnere di formazione e geofisico per specializzazione. Dopo aver sottolineato la necessità di valutazione dei rischi sui beni culturali e della conoscenza *a priori* del bene per ridurre il cosiddetto «rischio archeologico» che penalizza la realizzazione di opere di ingegneria, si sofferma sul problema della formazione di Operatori nel campo dei Beni Culturali. In particolare riferisce dell'attivazione presso la facoltà di Ingegneria dell'Università di Cagliari e già dal prossimo anno accademico, di un corso di Tecnologie per la conservazione e il restauro dei Beni Culturali. Detto corso nato dopo un lungo confronto con i colleghi umanisti è stato costruito alla luce dei decreti d'area recentemente emanati e sulla base di una inchiesta «di mercato» (con esiti confortanti) tesa a conoscere la disponibilità di Enti locali a utilizzare laureati specialisti nel settore dei Beni Culturali e l'attrattiva di un simile percorso presso gli studenti. Propone, infine, che si studi un percorso di studi specialistico-trasversale al termine di percorsi formativi nei diversi aspetti dei beni culturali.

**Milazzo** propone alcune considerazioni generali. La reciproca integrazione tra discipline diverse — nel caso dell'Archeometria: tra la Storia dell'Arte, o la Filologia, e la Fisica, o le Scienze esatte — richiede che si realizzi, nonostante la difficoltà di linguaggi diversi, un colloquio efficace fra — ci si passi il termine — *professionisti*, ovvero non dilettanti. Da qui, la necessità e l'importanza che l'attività di Fisica in campo archeometrico sia soprattutto ricerca «di» Fisica non solo per il rigore del metodo delle misura e sull'interpretazione dei risultati, ma anche per l'attenzione da dedicare agli aspetti di Fisica di base o applicata che emergano di volta in volta nella ricerca.

Le analisi scientifiche richieste per i Beni Culturali rientrano in due fondamentali ambiti distinguibili a seconda degli scopi specifici che si perseguono nei due casi: l'accertamento dello stato di conservazione, la diagnostica

delle cause di degrado, il possibile indirizzo per rimedi o norme di conservazione, nel primo caso; nel secondo caso, invece, lo scopo delle analisi è prevalentemente conoscitivo poiché esso è rivolto alla definizione *materiale* dell'oggetto e fornisce elementi certi per l'attribuzione, la provenienza, la datazione.

Non sempre i due ambiti sono completamente indipendenti. Anzi, può accadere che gli scopi specifici di ciascuno di essi interferiscano mutuamente.

In termini generali, è quindi grandemente conveniente che un laboratorio di metodologie di chimica o di fisica per i Beni Culturali disponga sia dei mezzi specificamente rivolti allo studio storico-stilistico, e sviluppi conseguentemente i metodi di analisi, sia di quelli specificamente diretti alle analisi del materiale.

Anche da questa doppia esigenza nasce la difficoltà, non ancora superata, di una definizione universalmente accettata dello «Scienziato per i Beni Culturali». Con ciò, non ci riferiamo alle abitudini di alcuni colleghi storici dell'Arte di considerare *scientifico* l'approccio storico-filologico e *tecnologico* quello analitico, ma piuttosto al fatto che le misure scientifiche non possono essere in generale affidate a chi sia del tutto digiuno degli aspetti che caratterizzano l'oggetto in studio dal punto di vista della storia dell'Arte. Soprattutto per ciò che concerne l'interpretazione dei risultati. In conseguenza è necessario inventarsi, anche se a diversi gradi, la figura, chiamiamola di Studioso, che si orienti correttamente nei due versanti del sapere.

Per quanto concerne almeno il mondo accademico attuale, non possiamo non vedere la radicata tradizionale estraneità reciproca del settore Storico-Umanistico e di quello Scientifico. Va da sé che il problema della formazione sia strettamente collegato a quello della collocazione anche per la semplice considerazione che un percorso formativo che non porti gli studenti con ragionevole probabilità a un impiego di caratteristiche coerenti con la formazione ricevuta verrà rapidamente disertato una volta che sia accertata l'inconsistenza delle speranze di occupazione. A proposito di questo argomento, possiamo lasciarci alle spalle il vecchio ordinamento universitario e rivolgere la nostra speranzosa attenzione al nuovo ordinamento delle classi di Laurea ormai definito per ciò che riguarda le lauree di primo livello.

Presto esisterà la classe delle Lauree delle Scienze dei Beni Culturali (numero 13) e la classe delle Lauree in Tecnologie per la Conservazione e il Restauro dei Beni Culturali (numero 41). La prima classe in buona misura riproduce le attuali lauree in Conservazione dei Beni Culturali. In essa, infatti, l'impostazione formativa si basa prevalentemente sulle discipline storiche, come avviene per le attuali lauree in Conservazione che, sostanzialmente, sono una replica della Laurea in Lettere. L'istituzione della classe 41 costituisce invece una novità, poiché testimonia della presa di coscienza della necessità di istituire un percorso formativo specifico per gli esperti scientifici in problemi di Conservazione dei Beni Culturali. Già il titolo della classe, ma soprattutto il percorso formativo predisposto — sebbene in modo non del tutto soddisfacente — dimostra che la funzione prevista per questi esperti sia quella di operare per la conservazione nel contesto di una preparazione essenzialmente tecnologica. Alla luce di quanto si diceva prima a proposito della figura ideale di «conservatore», ciò potrebbe apparire una scelta a priori riduttiva. D'altro canto, realisticamente, una laurea breve non può pretendere di formare lo scienziato «completo» nel campo dei Beni Culturali.

A proposito della formazione, citiamo il fatto che si è svolto un Seminario internazionale di studi, organizzato congiuntamente a Bologna il 26 e 27 novembre 1999 dalla ICCROM e dalle Università degli Studi di Bologna, di Aachen, di Salonicco e di Oviedo, avente per oggetto «University postgraduate curricula for conservation scientists». Anche se il titolo per denominare questa figura pone l'accento sullo scopo primario della conservazione, tuttavia nel documento finale, approvato alla unanimità dai convenuti, traspare con chiarezza la concezione di uno scienziato che, almeno al più alto livello, raggiunga, pur nella distinzione di ruoli da quelli dello Storico dell'Arte, un'autonoma formazione che renda veramente utile e significativa la sua collaborazione all'interno di un team interdisciplinare.

In questo documento, la formazione considerata adatta per tale scienziato, infatti, include il conseguimento di una Laurea in materie scientifiche tradizionali quali Fisica, Chimica, Biologia, Geologia, Ingegneria, ecc. — del tipo attuale: cioè, di 4 o 5 anni — seguita da un corso post laurea di almeno 2 an-

ni inteso per il conseguimento di una formazione complementare che riguardi l'etica (sic), la storia, i valori culturali, le tecnologie del passato nonché, ovviamente, la formazione pratica. Queste linee, che verosimilmente saranno adottate dalla Comunità Europea, dovranno costituire pertanto un riferimento anche per l'Italia. Ciò potrebbe essere conseguito con un'opportuna scelta nell'ambito di una classe per le lauree specialistiche (cioè, di 5 anni).

Potrebbe succedere, e forse è auspicabile, che, con una inversione dei ruoli di causa ed effetto, con la definizione della figura, o delle figure, dello Scienziato della Conservazione, e della conseguente definizione dei percorsi formativi, si definisca anche il quadro per la loro collocazione, soprattutto nella pubblica amministrazione.

In conclusione, sembra assolutamente indispensabile che il ruolo dei tecnici e degli scienziati, i conseguenti percorsi formativi e la collocazione nell'amministrazione per la tutela e la gestione dei Beni Culturali, vincendo le attuali chiusure delle diverse classi accademiche, siano collegati in modo funzionale cosicché si superi l'attuale situazione basata il più delle volte su iniziative scorrelate o episodiche.

**Manganelli Del-Fa** riprende quindi la presentazione del principale programma in cui è stato impegnato negli ultimi anni, il Progetto Finalizzato sui Beni Culturali del CNR: vi sono impegnate, in Italia, 250 Unità operative, di cui 30 in tutto operative nel campo della Fisica (fisica applicata e geofisica).

**Manganelli Del-Fa** sottolinea successivamente l'importanza che assume, nel mestiere dello studioso-tecnico dei Beni Culturali, il contatto e la collaborazione stretta con gli uomini di cantiere e con il restauratore. Dal punto di vista dell'organizzazione degli studi e delle ricerche è poi importante fare progetti a medio e lungo termine.

Riguardo al problema dell'interdisciplinarietà nel campo degli studi sui Beni Culturali, ha il piacere di ricordare un grande propugnatore di questa innovatività negli ultimi decenni, il compianto umanista Michele Cordaro, recentemente scomparso, che aveva dato un importante contributo all'avvio di questo progetto finalizzato. Ora il progetto, al suo terzo anno di vita, ha finanziato ricerche per 18 miliardi di lire.



Suggerisce anche di utilizzare una nuova ed interessante rivista internazionale, il *Journal of Cultural Heritage* della Elsevier, come palestra di confronto comune a livello internazionale. Suggerisce ancora di utilizzare tutti i moderni mezzi messi a disposizione dalla tecnologia più attuale, ad esempio l'apertura di un portale in rete, con tutti i prodotti ed i prototipi immediatamente disponibili nel settore degli studi sui Beni culturali.

Come valutazione sulle aperture del mercato occupazionale, egli suggerisce di favorire la nascita di cooperative di giovani studiosi, tecnici ed umanisti, sui Beni Culturali, ciascuno però con la sua identità culturale di formazione, che deve fornire la necessaria base di strumenti tecnici di lavoro. È infatti contrario ad una Laurea sulla «Conservazione Beni Culturali» che potrebbe, specie se in soli tre anni fornire una base culturalmente troppo debole per una quantità di sfaccettature culturali assai differenti tra loro.

**Piacentini** mette in luce alcune difficoltà che incontrano sopra tutto i giovani che desiderano abbracciare il campo della ricerca archeometrica nell'ambito accademico o di vari enti di ricerca, su cui la SIF, in quanto comunità dei Fisici italiani, può intervenire.

1) Solo da alcuni anni, all'interno del Congresso annuale della SIF, viene riservata una mezza giornata agli studi fisici applicati ai Beni Culturali. I gruppi di ricercatori che presentano interventi in questo campo sono pochi e sono rimasti inalterati. Tuttavia oggi il numero degli operatori è molto più grande, ma rimane nell'ombra. Occorre che la SIF incoraggi e dia più risalto all'Archeometria, in modo da ampliare questa sezione con il contributo di tutti gli altri operatori. Da questo punto di vista, i Fisici che operano nell'ambito dei Beni Culturali possono imparare molto dai loro colleghi della Fisica Medica, che ha ormai ottenuto un grosso spazio all'interno della SIF.

2) Il problema delle pubblicazioni. La ricerca nel campo dell'Archeometria, essendo Fisica applicata, porta ad alcune pubblicazioni tecniche, importanti ed interessantissime, su riviste internazionali e a molte pubblicazioni su atti di congressi, libri e cataloghi che riguardano i lavori di restauro della particolare opera d'arte. Per quanto riguarda le richieste di finanziamento presso alcuni Enti, ma principalmente la partecipazione a concorsi (universitari e non), questo secondo tipo di pubblicazioni viene valutato molto poco



nell'ambito dei fisici. Occorre quindi cambiare i criteri di valutazione delle pubblicazioni.

3) Questo è più che altro un auspicio: lo sviluppo anche in Italia di una materia di archeometria interdisciplinare tra il mondo umanistico e quello fisico. Questa nuova disciplina non toglierebbe nulla agli umanisti (gli archeologi, per esempio, hanno un modo di affrontare le loro ricerche in maniera completamente diversa). I fisici italiani che desiderano occuparsi di archeometria dovrebbero arricchire le proprie conoscenze con studi di carattere umanistico in modo da dare non solo un contributo «tecnico» alla ricerca ma anche un contributo interpretativo nell'ambito umanistico. Per esempio, c'è sufficiente spazio per studi di paleo-tecnologia. Studi di paleo-metallurgia già riportano interessanti discussioni sulle tecniche impiegate dagli uomini primitivi per produrre le leghe, i metalli usati e le loro tecniche di lavorazione, per ricercare le miniere di provenienza dei metalli, per studiare quindi eventuali scambi commerciali o come queste tecniche si siano sviluppate in aree diverse in epoche diverse, influenzando lo sviluppo delle civiltà locali e la loro storia. Non è nuovo per i fisici inserirsi nelle ricerche tradizionalmente di altre discipline,

dando origine a nuovi campi scientifici, come la biofisica. Il connubio tra fisica ed umanesimo lo troviamo già nelle Scuole di Storia della fisica e del pensiero scientifico, sviluppate da illustri colleghi fisici, che hanno abbracciato una ricerca di tipo umanistico.

**Palma Vittorelli** interviene per ribadire che quando una disciplina è arrivata a maturità si rende autonoma (per esempio oggi la biomedica, prima è accaduto per la biofisica. La Scienza dei Beni Culturali è matura, ma forse ha bisogno di adeguata pubblicità. C'è certamente una domanda economica fortissima. Io, dice, consiglierai senz'altro oggi agli studenti di fisica di intraprendere questa strada!

**Varoli Piazza** viene sollecitata ad esporre il punto di vista degli umanisti che da tempo hanno dibattuto questi problemi interdisciplinari nonché di ricordare il compianto Michele Cordaro, che per anni ha diretto con lungimiranza il Centro Italiano di Restauro. Il concetto di conservazione e restauro di un bene culturale — essa dice — implica, tra altri, quello della stretta interrelazione che esiste tra immagine e materia; tra ciò che vediamo, o crediamo di vedere, e la materia che consente tale «epifania». La storia dell'arte si è rivolta principalmente all'immagine, e le scienze esatte principalmente alla materia di tale immagine. Solo di recente si sta cercando di creare i presupposti di un colloquio fecondo tra due discipline, solo apparentemente lontane tra loro. Solo apparentemente perché i percorsi logici che vanno dalle motivazioni di una richiesta d'indagine, allo svolgimento di tale indagine per raggiungere lo scopo prefissato, possono anche essere molto simili in entrambe le discipline. Diversi sono invece gli strumenti utilizzati: potrebbero sembrare più soggettivi e forse più creativi i primi, quando si devono invece trattare con una metodologia ben precisa le immagini e di dati storici, più sistematici i secondi e soprattutto mediante l'impiego di strumentazioni standardizzate e di tabelle di riferimento.

L'intima correlazione che Brandi postula tra restauro ed estetica «giustifica l'esigenza della conservazione di quei mezzi fisici ai quali è affidata la trasmissione dell'immagine» (in «Il fondamento teorico del restauro», BICR 1950). Tale enunciato si basa sulla teoria della fenomenologia di Husserl, secondo la quale i fatti sono suscettibili di osservazio-

ni e considerazioni precise e soprattutto sono valutabili come dati. Questa teoria avvicina, o meglio riavvicina — dato che nel mondo antico le discipline non erano così separate come lo sono oggi — le discipline umanistiche a quelle più strettamente scientifiche.

Se da un lato abbiamo un'immagine, grande o piccola che sia — una miniatura o un centro storico — dall'altro lato abbiamo il dovere di conservare e restaurarne la loro materia. Negli ultimi decenni si vanno fortunatamente sempre più privilegiando i metodi non invasivi, quelli preventivi e le indagini non distruttive.

Sempre di più si cerca oggi di effettuare una conservazione programmata, tenendo nel massimo conto l'effetto che l'ambiente (il clima, il microclima) produrrà sul buon mantenimento della parte materica del nostro «bene culturale» e ne consentirà la sua trasmissione al futuro. Ma per giungere a questi risultati sono necessarie una serie di indagini. Oltre agli studi dei dati storici è di estrema importanza la raccolta delle immagini: una vecchia fotografia ci può svelare molti segreti della storia conservativa dell'oggetto, da eventuali asportazioni o aggiunte di parti, alla lettura puntuale dell'oggetto stesso. Oggi noi disponiamo di una tecnica di estrema precisione per la ripresa di un bene culturale, che consente inoltre una serie di misure anche in assenza dell'oggetto: la fotogrammetria. Ma questo non basta. Abbiamo la necessità di conservare non solo l'immagine ma anche la materia dell'opera d'arte, e non per feticismo, ma perché parte integrante dell'opera stessa, che è stata eseguita secondo intenti ben precisi, con tecniche ben definite, anche se a volte sperimentali, e con una serie di materiali a loro volta elaborati per quella data tipologia di manufatto.

Dallo studio dell'insieme di questi dati, sia umanistici sia scientifici in senso stretto, e dalla loro elaborazione in modo realmente interdisciplinare, si dovrebbe giungere a quella «scienza della conservazione» che Giovanni Urbani aveva individuato ed auspicato quale premessa indispensabile per una vera e concreta conservazione programmata del nostro patrimonio di beni culturali e di beni materiali.

Sia Urbani sia Cordaro hanno sempre lamentato la separatezza delle discipline e dei soggetti che applicano la ricerca ai beni culturali, la separatezza dei centri di ricerca e dei «cantieri di restauro», intesi questi ultimi in senso lato.

Questa tavola rotonda, all'interno del Congresso Nazionale della SIF, mi spinge a sperare che si stia facendo oggi un piccolo passo verso il superamento di quelle separatezze, verso quel «lavorare insieme» auspicato da Urbani.

Permettetemi di ricordare, nel chiudere questo mio breve intervento, un testo chiaro e puntuale come sempre, dell'amico e collega Michele Cordaro («Uso ed abuso delle indagini scientifiche» in «Materiali e strutture. Problemi di conservazione» I, 1991, n.1, pp.32-34), nel quale ribadiva la necessità di ricomporre «un rapporto equilibrato di collaborazione tra le discipline e le professionalità specifiche coinvolte nelle problematiche conservative».

**Di Lazzaro** chiede come mai in Italia si continuano ad eseguire puliture di reperti lapidei usando tecniche convenzionali (vedi ad esempio l'intervento di recente eseguito sulla Basilica di S. Pietro a Roma), mentre all'estero, ed in particolare in Francia, si sta dando risalto a tecniche di pulitura che usano tecnologie più avanzate, come ad esempio quelle al laser.

**Deganello** chiede di intervenire al riguardo: «Concordo pienamente sulla necessità di adeguare gli interventi di pulitura a tecnologie molto meno datate, in linea con quanto ho di già accennato. Quasi sempre, infatti le tecniche di pulitura che vengono convenzionalmente impiegate consistono nella eliminazione parziale e/o totale delle croste di alterazione provocando consequenzialmente un disturbo atomico-strutturale del substrato che forma l'interfaccia con dette croste. Tale disturbo, in particolare, si traduce in prima approssimazione nella sottrazione e/o delocalizzazione di alcuni atomi e/o gruppi molecolari dalla superficie di detto substrato a seguito dell'azione degli agenti chimici e/o meccanici impiegati. Ne segue pertanto che aumenta la superficie del manufatto che si disordina e che tale superficie si propone come una potenziale interfaccia di reazione che è in grado di innescare addizionali processi di degrado che tendono a manifestarsi secondo cinetiche molto più rapide di quelle che avevano caratterizzato l'intervento di pulitura originale. Per quanto di poi riguarda le tecniche di pulitura al laser al momento in studio/uso in Francia ed in altri paesi europei ed extraeuropei, esse presentano indubbe potenzialità e

pertanto vanno seguite con grande attenzione. Tali tecniche però non sono scevre da problematiche e pertanto vanno usate in modo molto mirato.

**Bernabini** interviene per lamentare il fatto che, malgrado gli studi sui Beni Culturali diventino sempre più accurati e carichi di informazione, quasi sempre le decisioni sugli interventi, sia relativamente alle fasi di studio sia a quelle del vero e proprio restauro, vengano presi dai Soprintendenti che spesso non si intendono molto dei problemi scientifici e di possibili interpretazioni dei dati in termini epistemologicamente corretti.

**Cosentino** e **Deganello** infine, dopo avere ringraziato tutti i partecipanti, riconoscono al presidente Bassani una particolare lungimiranza nella promozione di questa Tavola Rotonda: infatti, seppur caotica per i numerosi campi di applicazione e per la complessità delle tematiche da trattare, peraltro tra esperti di discipline diverse e molto raramente coinvolti su tematiche comuni, l'occasione si è rivelata importante al fine di coagulare sinergie ed esperienze similari, nell'ottica della costituzione di un gruppo di lavoro che, sia all'interno della SIF sia sui cantieri di lavoro e nei laboratori, possa dare un importante contributo alla crescita degli studi fisici sui Beni Culturali. Il presidente **Bassani**, di rimando, assicura da parte della SIF tutti i possibili appoggi per iniziative che riguardino questo tipo di studi e collaborazioni, ad iniziare dalla pubblicazione del resoconto di questa Tavola Rotonda.

## FISICA E SOCIETÀ CONFERENZA CITTADINA AL LXXXVI CONGRESSO DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

**G.F. Bassani**

*Presidente Società Italiana di Fisica*

Signor Sindaco, Autorità presenti, Signore e Signori,

vorrei condividere con loro qualche pensiero su Fisica e Società. Alcuni aspetti sono stati trattati stamani da Enrico Bellone. Il tema è però tanto ampio che mi soffermerò in particolare su tre aspetti:

- a) l'impatto tecnologico della Fisica,
- b) il problema etico che ne può derivare,
- c) i limiti della conoscenze scientifiche e della loro utilizzazione.

Sarò breve e schematico, per lasciare tempo alla discussione finale.

Riconoscere l'esistenza di strette interconnessioni tra la Fisica (e in senso più lato le scienze della natura) e lo sviluppo della Società è oggi ovvio e banale. Stiamo vivendo infatti una rivoluzione che è confrontabile con la rivoluzione industriale del XIX° secolo. Quella era legata alle macchine che trasformavano energia termica in energia meccanica. Questa in cui siamo immersi è legata a quella che con termine molto efficace è stata chiamata «autostrada informatica». Su tale autostrada una quantità praticamente illimitata di informazioni e di calcoli viene gestita e trasmessa istantaneamente ad un numero praticamente illimitato di utenti. Tale numero è in così rapido aumento che *internet* è vicina alla saturazione, ma certamente ne verrà ampliata la capacità prima che si arrivi a saturazione.

Come la prima rivoluzione industriale è associata a quella parte della Fisica che è stata chiamata termodinamica (calore e movimento), così la rivoluzione informatica è legata all'elettromagnetismo e alla Fisica quantistica dei semiconduttori. L'autostrada informatica è pavimentata con *chips* e *wafers* di silicio, dove su ogni superficie di pochi centimetri quadrati (le dimensioni di un'unghia), centinaia di milioni di microscopici circuiti e di transistori accumulano e rilasciano a comando miliardi di segnali al secondo. L'impatto che questo ha nella società è sotto gli occhi di tutti. Il nostro modo di comunicare e di produrre viene modificato. Il fatturato attuale diretto dell'industria dei semiconduttori è di 150 miliardi di dollari annui, con una crescita del 15% all'anno. Quello dell'indotto (programmazione di gestioni aziendali, telefonia mobile, etc.) è molto, ma molto superiore.

Il primo problema che si pone nello studiare lo sviluppo industriale, e in particolare nel considerare questa enorme evoluzione che stiamo vivendo è quello del rapporto tra fisica e tecnologia. L'impatto diretto sulla società è infatti la tecnologia che di fatto lo rende possibile, perché la tecnologia è la capacità di produrre efficacemente e con continue innovazioni oggetti e servizi generalmente utilizzabili.

Si pensa comunemente che la tecnologia sia figlia della fisica, ma spesso non è così. Le interconnessioni sono molto più complesse e più simili alle sinapsi del sistema neuronico cerebrale. La diffusione delle conoscenze del mondo naturale fornite dalla fisica produce tecnologia, ma è vero anche il contrario. Il progresso della fisica non nasce nel deserto; solo in una società tecnologicamente evoluta ci sono gli stimoli e le capacità per la nascita di nuove idee e l'approfondimento continuo delle nostre conoscenze.

Gli esempi sono sotto gli occhi di tutti, ma vorrei qui presentare un'esemplificazione specifica legata a quanto precedentemente osservato, e alcune considerazioni storiche che aiutino a capire le connessioni fra scienza, tecnologia e sviluppo sociale.

Esattamente due secoli fa Alessandro Volta produce la corrente elettrica come risultato dei suoi studi sull'elettricità. La corrente elettrica consente anzitutto il progresso ulteriore delle conoscenze di fisica rivelando l'esistenza e la natura dei campi magnetici, e preparando la scoperta delle onde elettromagnetiche. Ma anche dal punto di vista tecnologico l'impatto è enorme. Molte sono le applicazioni della corrente elettrica, ma la più importante è quella di fornire il veicolo di comunicazione più diretto e immediato. Prima con il telegrafo e poi anche con il telefono.

**42** Vorrei qui citare l'affermazione programmatica di Bell del 25 marzo 1878, dopo la scoperta, essenzialmente tecnologica, che impulsi di corrente possono riprodurre il suono e la voce umana. Cioè la scoperta del telefono. Ripeto le sue parole: *«È concepibile che cavi telefonici possano essere installati nel sottosuolo o sospesi, in modo da collegare case e uffici con un ufficio centrale che li colleghi opportunamente tra loro quando necessario, così da stabilire comunicazioni dirette tra gli utenti, anche di città diverse, e permettere che le persone conversino tra loro ad ogni distanza. So bene che queste idee possono apparire utopistiche, ma penso sia utile porsi questo traguardo come obiettivo ultimo»*. È superfluo commentare queste parole profetiche! Nasce così il telefono che è tuttora tanto importante. Ma la fisica prosegue il suo cammino, e dieci anni dopo questa affermazione Heinrich Hertz scopre le onde elettromagnetiche (onde Hertziane). Il problema se tali onde potessero essere utili per le comunicazioni venne subito posto, e le opinioni erano divise. La risposta venne da una scoper-

ta di Marconi, di natura essenzialmente tecnologica, l'antenna. Nacque così, nel 1896, la trasmissione senza fili dei segnali, anche se la rivelazione dei segnali era sempre effettuata con la corrente elettrica, come lo è tuttora. In questo caso la tecnologia segue la fisica nel modo più classico, prima la formulazione teorica con le equazioni di Maxwell, poi la verifica sperimentale con le onde di Hertz, poi l'utilizzazione tecnologica con l'antenna di Marconi. Nel 1901 c'è già la prima trasmissione transatlantica e si apre l'era della radio. Ma la storia continua, e la situazione del rapporto fisica-tecnologia si inverte negli anni trenta quando sorge il problema di utilizzare le onde ultracorte (di lunghezza d'onda centimetrica, mentre la lunghezza d'onda delle onde radio è tipicamente di centinaia di metri). Le onde centimetriche sono prodotte con grande intensità da raffinatissimi strumenti frutto della tecnologia (i magnetron e i kleistron). Esse hanno la proprietà di essere riflesse dagli oggetti metallici e non dalla ionosfera che circonda la terra (la ionosfera è un gas di elettroni di bassa densità prodotti dalla ionizzazione delle molecole dell'aria causata dai raggi del sole). La proprietà delle onde di lunghezza centimetrica di essere riflesse dagli oggetti metallici, anche piccoli e in movimento, fornisce l'idea del Radar, che con la rivelazione delle onde riflesse consente di rilevare la posizione dell'oggetto. Il problema principale è quello di rivelare tali onde cortissime, che hanno una frequenza di gigacicli (miliardi di oscillazioni al secondo). Si osservò che gli strumenti allora utilizzati per le onde radio, tipicamente le valvole termoioniche (tubi con filamento che, riscaldato, emette elettroni che trasportano la corrente) non erano utilizzabili. Buon rivelatore è invece un minuscolo cristallo, il silicio, collegato con una punta metallica di tungsteno. La scoperta è puramente tecnologica, ed è utilizzata inizialmente in Inghilterra nel 1939, essa consente lo sviluppo dei Radar, con le conseguenze che ben conosciamo.

Fino alla fine della seconda guerra mondiale non si sa nemmeno se il silicio è un metallo o un isolante. In realtà appartiene a quella categoria di materiali che sono cattivi conduttori e cattivi isolanti, e vengono perciò chiamati semiconduttori. Le loro proprietà sono in genere poco riproducibili e variano da campione a campione, il che fa dire a un grande fisico W. Pauli, che il loro studio è una «fisica sporca». Tuttavia il problema di capire le loro proprietà di traspor-

to e ottiche è fondamentale per la fisica, e può finalmente essere affrontato nel primo dopoguerra, grazie alla nuova meccanica quantistica, che nasce da altre esigenze di fisica atomica e spiega il moto delle particelle a cortissime distanze. Ricordo soltanto che la comprensione dei fenomeni di trasporto nei corpi solidi è ottenuta grazie al principio di esclusione formulato proprio da Pauli, perché da tale principio nasce la nuova statistica di Fermi, che è la chiave che apre le porte alla spiegazione dei fenomeni elettronici. Anche qui, ai progressi delle conoscenze fisiche di base è associata la tecnologia, perché essa consente di produrre cristallini puri di silicio, germanio e di altri semiconduttori, o con contenuto di impurezze controllato; consente quindi di ottenere semiconduttori dalle proprietà perfettamente riproducibili. Non è più «fisica sporca», ma fisica complicata di sistemi a molte particelle, con strutture cristalline e simmetria definita.

Nasce così nel dopoguerra quella che viene chiamata «fisica dello stato solido», utile per capire le proprietà dei semiconduttori, e in particolare del più utile di essi, il silicio. I risultati non si fanno attendere. Nel 1948 viene scoperto il «transistor» nel quale due giunzioni di microscopici cristallini producono amplificazione di corrente elettrica e di tensione, come le voluminose e ingombranti valvole termoioniche a triodo. Questo senza richiedere il riscaldamento del filamento per produrre elettroni. Gli elettroni sono già nel cristallo. La scoperta del «transistor» apre la strada all'elettronica a stato solido, a cui si accennava all'inizio a proposito dell'«autostrada informatica». La scoperta è essenzialmente di fisica fondamentale, perché ottenuta dall'applicazione di principi nuovi a sistemi complessi di atomi in configurazione spaziale con periodicità cristallina. Nello sviluppo dei circuiti elettronici alla superficie dei cristalli, interviene poi in modo essenziale la tecnologia che ha inizio nel 1958 per opera di Jack Kilby della *Texas Instruments* e di Robert Noyce della *Fairchild*; essa consente di miniaturizzare sempre più interi circuiti, con numeri enormi di transistor, resistenze e condensatori, sulla superficie del silicio. Il limite della miniaturizzazione non è ancora raggiunto; siamo oggi a distanze tra gli elementi dei circuiti e dimensioni tipiche dei circuiti stessi dell'ordine del millesimo di millimetro, mentre il limite è quello delle distanze interatomiche, cioè il milionesimo di millimetro.

Dalla corrente elettrica di Volta si arriva dunque, con un percorso lungo e accidentato, ma chiaramente ricostruibile nei suoi intrecci tra fisica fondamentale e tecnologia, alla nascita dell'autostrada informatica cui accennavo all'inizio della conversazione. Chi volesse un'analisi assai approfondita di questa vicenda storico-scientifica può leggere il libro di F. Seitz «La storia del silicio». Miliardi di circuiti, in pochissimo spazio e con trascurabile consumo di energia, elaborano ed accumulano l'informazione. Le onde ultracorte trasmettono tale informazione a distanza, altri miliardi di circuiti la captano, la rielaborano e la visualizzano sui monitor dei nostri P.C., altri circuiti la stampano a richiesta.

Ho voluto descrivere questo specifico percorso storico, anziché altri analoghi esempi per i trasporti o l'energia, perché l'«autostrada informatica» è lo strumento tecnologico che più influisce sulla società di oggi, e modifica totalmente il nostro modo di vivere e di operare. Nasce una società nuova che di fatto annulla le distanze e travolge i confini fra gli stati, giungendo ad una globalizzazione dei prodotti e dei consumi.

A questo punto ci si deve chiedere se tutto ciò sia necessariamente un bene o possa essere un male. Non si può non tenere in considerazione i pericoli insiti in questa corsa sfrenata ad assorbire informazioni di ogni tipo e a diffonderle, ad automatizzare tutte le operazioni umane. Il risultato è di produrre sempre di più e a costi sempre minori con un numero sempre minore di persone coinvolte, è la possibilità di controllare ogni minima azione di ogni persona (pensiamo al progetto «echelon») e di assecondarne tutti i desideri (pensiamo alla pedofilia via *internet*). La globalizzazione porta fatalmente ad una società sempre più differenziata, dove il divario anche economico tra le persone e gli stati aumenta sempre. Il criterio del profitto globale travolge persino l'agricoltura con la modificazione genetica di cibi e animali, il crollo dei prezzi dei prodotti agricoli e la conseguente rovina economica di moltissime famiglie. Le grandi ditte ad alta tecnologia scacciano dal mercato le piccole imprese familiari, con conseguenze spesso negative.

Tutte queste considerazioni ci portano al secondo punto che desideravo toccare nel pensare ai rapporti tra fisica e società: il problema etico. Cioè l'esame di quanto il bene comune sia perseguito o conculcato nello sviluppo della fi-

sica e della tecnologia. Si potrebbe obiettare validamente che il problema etico non riguarda la fisica (che è pura conoscenza delle leggi della natura), ma soltanto l'uso che si fa della tecnologia. In realtà le strette connessioni prima esemplificate tra fisica e tecnologia inducono a porre il problema come rapporto tra fisica ed etica (o in senso più lato tra scienza ed etica).

Ed in effetti il problema etico per la scienza è nato nell'ambito della fisica con l'uso della bomba atomica e la strage di Hiroshima. È il 5 agosto del 1945 che i fisici si scoprono colpevoli e iniziano i movimenti di opinione per il controllo e il bando delle armi nucleari. Tale impegno non è diminuito con l'allentarsi della guerra fredda perché le armi nucleari ancora esistono in grande quantità, e anzi si sono diffuse a una pluralità di nazioni, tra cui Cina, India, Pakistan e Israele. L'impegno per una sana politica nucleare rimane vivo a livello mondiale; e devo ammettere che è abbastanza sconsolante per noi fisici, proprio sul piano etico, constatare che è stato più facile limitare o bandire l'uso pacifico dell'energia nucleare, che non il suo potenziale uso militare.

Tuttavia oggi nel campo dei rapporti tra scienza ed etica, nuovi e più immediati problemi stanno sorgendo, collegati all'autostrada informatica e alla biologia. Convieni farne cenno. Il punto di partenza è una scoperta fondamentale del 1954 con l'analisi a raggi X della doppia elica dell'acido deossiribonucleico (il DNA). Questo ha consentito di capire come si trasmette il codice genetico, cioè il meccanismo che organizza le cellule e le riproduce sempre uguali negli organismi viventi. Oggi si può individuare il codice genetico di ogni persona e collegarlo a quello dei suoi antenati e dei suoi discendenti. È una scoperta epocale. Il modo con cui ogni essere vivente è costruito ha un'impronta assolutamente individuabile, e che è in qualche modo possibile ricostruire, codificare ed elaborare nel sistema informatico. Così la complessità enorme del cervello, con le sue più varie funzioni, può essere capita e ricondotta a miliardi di piccoli elementari circuiti nei neuroni, prodotti a partire dal DNA embrionale. Essi sono in tutto simili ai microcircuiti alla superficie del silicio ai quali accennavo all'inizio di questa conversazione.

Quando negli anni cinquanta si realizzarono i primi calcolatori, allora a base di valvole termoioniche, Turing e Von Neumann parlarono subito di intelligenza artificiale, ma conclusero

che mai gli elaboratori elettronici avrebbero potuto competere con le reti neuronali del cervello umano come numero di operazioni possibili e di connessioni che le trasmettono. Oggi tale competizione è chiaramente a favore dei microcircuiti elettronici alla superficie del silicio. E c'è la possibilità di intravedere molto di più. Al Congresso della Fisica dei semiconduttori dello scorso settembre in Giappone, Roberto Cingolani ha presentato un diodo e un transistor ottenuti con macromolecole organiche di DNA associate a metalli. Si può affermare che con materiale biologico si potranno quindi costruire artificialmente microcircuiti e macchine che funzionano come gli elaboratori elettronici. La connessione tra nanoelettronica e funzioni biologiche cerebrali si fa sempre più stringente, e la comunicazione di Lazzizzera di questa mattina ne ha fornito un esempio. La fisica in questo caso aiuta nella comprensione dei biofenomeni, e si apre una nuova frontiera alla conoscenza. Non possiamo tuttavia dimenticare che, accanto ad ogni sviluppo conoscitivo, c'è sempre un'evoluzione tecnologica, ed ecco che dalla biogenetica è fatale giungere all'ingegneria genetica. Tutti i circuiti si possono sempre ritoccare e «migliorare», e perché non i circuiti del cervello umano? Basta toccare ed alterare una delle sequenze delle basi del DNA negli embrioni, per produrre una mutazione genetica forse irreversibile. E si può conoscere il DNA dell'embrione, e anche scegliere prima della nascita l'embrione che si desidera. Viene spontaneo chiedersi se ciò sia lecito e buono, ma per molti il problema è mal posto. È assai diffuso il convincimento che tutto ciò che è possibile vada provato e realizzato, perché tutto il nuovo porta a un progresso della società.

Io personalmente non sono così certo del valore sempre positivo «delle umane sorti e progressive». Ritengo che nella visione del mondo totalmente basata sulla scienza e sulla tecnologia, ci sia una cecità profonda che contraddice la scienza stessa.

E vorrei con questo venire al terzo punto della riflessione di oggi: «I limiti della conoscenza scientifica». E vorrei subito annunciare un postulato che occorre sempre tenere presente quando si pensa all'Uomo, alla Fisica e alla Società: «La conoscenza scientifica è per sua natura incompleta in quanto è continuamente perfezionabile e non esaurisce mai il conoscibile.» Esiste sempre l'ineffabile oltre la conoscenza anche apparentemente perfetta. Vor-

rei su questo punto soltanto citare le parole che Lorentz pronunciò a conclusione del famoso Congresso di Como del 1927, nel quale era stata presentata la concezione probabilistica della Fisica Quantistica. *«E per quanto riguarda la teoria dei quanti, si è parlato di pacchetti d'onda, e si è giunti a formulare l'ipotesi di pacchetti d'onda di probabilità. È chiaro ormai che il determinismo assoluto in cui per secoli si era basata la fisica non esiste. La fisica non è mai un sistema concluso. C'è sempre del nuovo. E conviene riflettere sulle parole di Newton che si paragona a un fanciullo sulla spiaggia. Quanto a me, mi vedo come uno di quei ragazzi che ha la fortuna di trovare qualche ciotolo più bello degli altri. Ne è fiero e crede di aver tutto trovato ma il mare immenso è là, sempre pieno di ricchezze e di segreti»*. Questo disse il grande H.A. Lorentz. Ogni scoperta importante, che ci riempie di entusiasmo e ci induce a credere che la natura non abbia più misteri, non fa che spostare il nostro sapere e aprire nuove frontiere di conoscenza.

Il meccanicista Laplace, nel primo ottocento, affermava che sarebbe bastata un'osservazione completa dell'Universo in un dato istante per conoscere tutto il passato e prevederne tutto il futuro. In realtà si sbagliava, e non perché la conoscenza completa a un dato istante non è possibile, ma perché anche se lo fosse non sarebbe univocamente conoscibile il passato e il futuro. La complessità dei sistemi a livello microscopico e il probabilismo insito nella loro conoscenza lo impediscono. Vorrei segnalare alla loro attenzione un recente libro di Prigogine *«La fine delle certezze»*, che descrive proprio questo preciso problema.

Certamente si possono individuare molti traguardi di varia natura nelle conoscenze fisiche, dall'unificazione delle forze (la grande unificazione) al perché la materia si è separata dall'antimateria, ad altri più specifici traguardi a cui riferiva Antonino Zichichi nella sua relazione. Non posso descriverli tutti, ma vorrei rifarmi a quelli prima menzionati della connessione tra i microcircuiti dell'elettronica e i miliardi di microcircuiti del sistema cerebrale che gestiscono il pensare umano. Credo che sia il problema più affascinante per la Fisica di oggi! E vorrei cercare di individuare dove in esso si trovano i limiti del sapere. Anche quando avremo ricostruito il funzionamento complesso del cervello e carpito tutti i segreti delle funzioni vitali e del codice gene-

tico, rimarrà il problema dell'autocoscienza, il mistero della mente individuale di ogni uomo, o di quella che nel pensiero filosofico e religioso viene chiamata anima. E la società è molto più complessa e più imprevedibile di quanto si possa misurare e valutare in termini economici e di sviluppo tecnologico. Perché la società è quello che l'insieme delle menti umane crea, con le sue scelte e con il senso dei valori di ogni persona. E le opere più elevate della mente umana ci aiutano a capire che c'è sempre qualche mistero oltre il limite della conoscenza. La Divina Commedia, o la Gioconda, ci parlano con un linguaggio che va oltre ogni possibile conoscenza scientifica. E per quanto riguarda la conoscenza della società, nessuna analisi scientifica potrà superare il valore de *«I Persiani»* di Eschilo o *«Le Troiane»* di Euripide.

E in questa terra di Sicilia, dove vivono le vestigia della civiltà greca, della civiltà araba e del mondo imperiale cristiano, è particolarmente significativo che i progressi della fisica, come abbiamo visto nel corso della tavola rotonda appena conclusa, aiutino a meglio conoscere e conservare i beni culturali e archeologici che queste civiltà ci hanno lasciato. E ad essi dovranno ancora ispirarsi le Società del futuro. Ed è per noi un elemento di consolazione che ci aiuta a superare le nostre preoccupazioni etiche, il fatto che anche le scoperte della fisica possano essere considerate conquiste dell'anima e della mente dell'uomo, come lo sono le grandi opere dell'arte e della letteratura del mondo. Mai devono essere idolatrate come valori assoluti, o strumentalizzate per fini perversi. Questo rientra nel credo di una associazione di tipo assolutamente nuovo che si sta affermando. Nata a Trieste per iniziativa di Rita Levi Montalcini, essa capovolge le dichiarazioni storiche dei diritti dell'uomo e pone invece l'accento sui doveri dell'uomo. È il *«Council of Human Duties»*. E credo che la proclamazione e l'osservanza di tali doveri umani siano tra i fini più nobili che possa porsi il fisico (e lo scienziato in genere) nella società di oggi. Perseguire la ricerca scientifica con dedizione ma con la necessaria umiltà, utilizzare le conoscenze acquisite soltanto per fini eticamente validi, non dimenticare mai il rispetto per ogni individuo e per le società del passato e del futuro, rispettare la natura e il mondo in cui viviamo. Questo sia il nostro credo e il fondamento del nostro operare.

**ASSEMBLEA GENERALE DEI SOCI DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA**

**Palermo 10 ottobre 2000**

**G.-F. Bassani:** Cari Colleghi, cari Soci apriamo l'Assemblea della Società.

Anzitutto dobbiamo approvare l'ordine del giorno che consiste di sette punti, il secondo è l'approvazione del verbale dell'Assemblea dei Soci del 22 settembre a Pavia, il terzo punto è l'approvazione delle relazioni finanziarie, quarto è la nomina dei Revisori dei conti, quinto la Relazione del Presidente, poi la discussione della Relazione del Presidente e l'approvazione, mettiamo insieme questi due punti, da ultimo abbiamo varie ed eventuali.

Voglio chiedere se questo ordine del giorno è di gradimento ai Soci, e invito ad alzare la mano per approvare l'ordine del giorno. L'ordine del giorno è approvato.

Passiamo al secondo punto all'ordine del giorno: approvazione del verbale dell'Assemblea Generale dei Soci del 22 settembre dell'anno passato a Pavia. Ho chiesto che vengano distribuite le copie, credo che ciascuno di voi ne abbia una. Questo verbale è stato pubblicato sul numero del Nuovo Saggiatore successivo all'Assemblea dello scorso anno. Io lascerei dieci minuti di tempo perché ciascuno possa vedere il verbale della riunione passata. I verbali di queste Assemblee riproducono esattamente l'andamento della discussione, e sono molto fedeli; forse possiamo decidere se presentarli ancora in questo modo oppure un po' più sintetici; si farà come preferite, però questo modo rivela meglio l'andamento della discussione e può invogliare i Soci a prendere visione dei problemi e dei suggerimenti che vengono fatti. Va bene per tutti? Sembra di sì.

Vorrei parlare poi, nella relazione del problema «Fisica Industria», «Fisica e Medicina» e aggiungerei anche «Fisica e Beni Culturali». Naturalmente tutti questi argomenti sono aperti alla discussione perché ci stanno veramente a cuore.

Ora che tutti hanno potuto vedere il verbale, chiederei all'Assemblea l'approvazione del verbale della riunione precedente dei Soci del 22 settembre del 1999 a Pavia. Chi è favorevole? Chi è contrario? Chi si astiene? Il verbale della seduta precedente è approvato. Anche per il futuro, visto che c'è unanimità nell'approvazione, il verbale verrà presentato in questa forma completa.

Adesso passiamo alle relazioni finanziarie che riguardano lo stato del-

la Società, di cui dobbiamo essere a conoscenza, e quindi chiedo al Presidente del Collegio dei Revisori dei Conti, Dr. Comini, se ci può dire dello stato finanziario della Società. Approveremo oggi il bilancio dell'anno 1999.

**G. Comini:** Mi ricorre di fare una precisazione. Noi Revisori abbiamo il dovere di controllare l'andamento corretto di una gestione. Ovviamente i fatti di gestione che hanno determinato discostamenti dalle previsioni sono fenomeni derivati unicamente dalla politica che la Società fa e sulla quale noi non dobbiamo e non possiamo intervenire.

**RELAZIONE DEI REVISORI DEI CONTI DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA AL BILANCIO CONSUNTIVO GENERALE DELL'ESERCIZIO 1999.**

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, relazionano sullo andamento finanziario dell'esercizio 1999.

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. 80.122.057.

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

- a) Abbonamenti il Nuovo Cimento
- b) EPJ
- c) Estratti Riviste
- 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.

**Titolo II**  
Sez. II – Straordinarie

Con riferimento alle somme stanziare in via definitiva si è accertata algebricamente una maggiore somma di L. 651.865.

**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. 20.704.628: incidente in proposito la minore spesa del previsto di L. 15.951.028 (art. 1) per stipendi e connessi a seguito di cambio dell'organico del personale.

b) Le spese sostenute dalla Società per le pubblicazioni, in sede consuntiva, hanno evidenziato algebricamente una minore somma di L. 38.786.956. Hanno in particolare influenzato detto risparmio le voci «Il Nuovo Cimento», «Rivista del Nuovo Cimento», «Giornale di Fisica», «Il Nuovo Saggiatore», «Rendiconti della Scuola E. Fermi», «E.P.L.» per i rispettivi importi con chiarezza indicati in Bilancio.

c) Le spese per l'attività sociale evidenziano una minore spesa rispetto alla previsione algebricamente di L. 20.710.430 ed a determinare questo risultato è da citare la incidenza della voce «Convenzione ENEA/SIF».

d) Le spese di gestione rilevano algebricamente un risparmio sulla previsione di L. 1.772.132. L'economia sarebbe stata senz'altro ben maggiore senza il gravame degli interessi passivi (L. 4.412.184).

**Titolo II**  
Sez. II - Straordinarie

Si rileva un risparmio sulla previsione di L. 2.713.000 dovuto pressoché totalmente dalla voce «Convegni e Congressi vari».

**Titolo III**

Sulla voce «Arredamento e attrezzature varie» si rileva un risparmio di L. 902.700 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. 237.075.

La «situazione finanziaria» evidenzia un avanzo dell'esercizio 1999 di L. 152.132.090.

Nel corso dell'anno 1999 l'ammontare delle entrate di tipo «ordinario» è stato di L. 2.569.122.057 e quelle di tipo «straordinario» di L. 435.651.865.

Le Uscite, al netto delle voci «Partite di giro» (L. 664.763.327), sono ammontate a L. 2.838.173.079.

*Da questo prospetto:*

Entrate ordinarie	L. 2.569.122.057
Uscite	L. 2.838.173.079
	<u>L. - 269.051.022</u>

si evince che la Società deve fare assegniamento 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 Bolo-

gna che, come è noto, è il nostro casiere 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.

**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 1999.**

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 01/01/99 al 31/12/99.

**Stato Patrimoniale**

<i>Immobilizzazioni:</i>	
Finanziarie	205.672.732
Immateriali	13.262.317
Materiali	126.747.562
<i>Attivo circolante:</i>	
Rimanenze	18.816.126
Crediti	827.697.145
Disponibilità liquide	245.584.802
Ratei e risconti	4.595.390
<b>TOTALE ATTIVO</b>	<b>1.442.376.074</b>
Altre riserve	81.496.000
Utili portati a nuovo	523.821.143
Utile (perdita) d'esercizio	238.303.281
Fondi per rischi e oneri	7.167.000
Debiti	333.717.438
Ratei e risconti	257.871.212
<b>TOTALE PASSIVO</b>	<b>1.442.376.074</b>
Patrimonio Netto Evidenziato	843.620.424

**Conto Economico**

Valore della produzione	2.717.976.780
Costi della produzione	2.435.821.374
Differenza	282.155.406
Proventi e oneri finanziari	4.974.044
Proventi ed oneri straordinari	72.627.831
Risultato prima delle imposte	359.757.281
Imposte sul reddito dell'esercizio	(121.454.000)
Utile gestione non commerciale	(16.591.835)
<b>Risultato d'esercizio</b>	<b>221.711.446</b>

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 1999 si è chiuso con un utile civilistico di L. 359.757.281 che depurato delle imposte sul reddito (L. 121.454.000) e dell'utile della gestione non commerciale (L. 16.591.835), presenta un utile di esercizio di L. 221.711.446, come evidenziato dai dati contenuti nel bilancio stesso e così compendiate.

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 comparando 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 1998 (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 capita-

lizzazione 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 abbiamo reso il necessario ricorso alle deroghe art. 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:** Ci sono osservazioni su questa relazione di bilancio, domande, richieste di chiarimenti? Se non ci sono particolari osservazioni, vorrei mettere ai voti l'approvazione del bilancio complessivo generale così come proposto. Chi è favorevole alzi la mano. Chi è contrario? Chi si astiene? Il bilancio è approvato. Per quanto riguarda specificamente l'approvazione del bilancio commerciale che al solito deve essere separatamente approvato, c'è qualche commento aggiuntivo che il Dr. Comini desidera fare?

**G. Comini:** No, aggiungo unicamente che il bilancio commerciale è puramente fiscale. Avete visto che sopportiamo oltre 121 milioni di impostazione fiscale.

**G.-F. Bassani:** D'altra parte lo dobbiamo fare, dobbiamo pagare. Dopo eventualmente si potrà dire quali sono le fonti particolari del bilancio commerciale. Siccome c'è un utile finanziario che è la somma dei due utili del bilancio commerciale e

del bilancio generale dovremo poi destinare come utilizzare l'utile finanziario. Adesso però volevo chiedere, a nome di tutti, due parole di commento sull'origine delle entrate del bilancio commerciale. Quali sono le voci specifiche nel bilancio finanziario che ci hanno assicurato una situazione di utile, può essere interessante per i Soci averne un'idea, quale è l'origine?

**R.A. Ricci:** Scusi Dr. Comini per rispondere alla domanda, la parte importante delle entrate che permette non solo di andare a pareggio, ma anche andare ad un utile, è quella editoriale; per esempio dalla fusione del Nuovo Cimento con l'EPJ, gli utili accertati sono maggiori di quelli previsti.

**G.-F. Bassani:** È questo che volevo proprio appurare nell'interesse dei Soci, perché è utile sapere che anche dal punto di vista finanziario l'operazione di fusione in EPJ ha portato un utile commerciale superiore alle aspettative.

**R.A. Ricci:** Nella voce entrate, se tu guardi le due ultime colonne c'è quella positiva e quella negativa. Quella positiva è molto più densa di quella negativa. Per esempio la voce EPJ dà 89 milioni in più; gli abbonamenti al Nuovo Cimento 29 milioni in più.

**G.-F. Bassani:** Battiston prego.

**R. Battiston:** Volevo un chiarimento sulle prime due colonne «somme ammesse nel bilancio preventivo e variazioni». Cosa vuole dire variazioni in questo caso?

**G. Comini:** Sono le variazioni che a fine anno il Consiglio, in base a un primo andamento, effettua.

**R.A. Ricci:** Quando si fa il bilancio di previsione, innanzitutto si fa una stima di quello che si può incassare e questo è la prima colonna, poi si fanno le variazioni in corso di assestamento sulla base degli andamenti reali. Poi alla fine si fa il consuntivo e lo confronto con le previsioni e gli accertamenti: Quello che vale poi alla fine sono le due colonne finali da cui la differenza fra l'accertato, che ha subito quelle variazioni di cui prima, e l'acquisito.

**R. Battiston:** Quindi per rispondere alla domanda del collega, questo vuol dire che all'inizio ha fatto una previsione, in corso d'anno è stata ridotta di un totale di 287 milioni, e questa correzione era troppo pessimista perché poi è tornata.

**G.-F. Bassani:** È proprio così.

**G. Comini:** Questo avviene alla fine dell'anno, queste variazioni vengono fatte in sede di assestamento definitivo.

**R. Battiston:** La seconda domanda era, questa forse è la questione che è stata accennata prima, come si confrontano queste entrate sugli abbonamenti rispetto l'anno precedente. Se è possibile, vorrei avere questa informazione per le varie voci.

**R.A. Ricci:** Non è molto diverso.

**G. Comini:** Bisogna fare un confronto con il bilancio dell'anno scorso.

**G. Bassani:** Un confronto può essere fatto confrontando i due bilanci, quello dell'anno scorso che abbiamo approvato adesso e quello attuale.

**G. Comini:** Non ho sotto mano quello del 1998, mi dispiace Professore.

**R.A. Ricci:** In termini concreti vuol dire che nel 1998 l'operazione editoriale EPJ era ancora all'inizio e quindi gli incassi rispetto alle somme accertate non modificavano di molto le previsioni. Inoltre un certo calo degli abbonamenti del Nuovo Cimento dimostrava una tendenza che ormai da qualche anno si verifica con delle perdite che non erano sufficientemente compensate dall'operazione EPJ. Nel 1999 la tendenza un po' negativa degli abbonamenti del Nuovo Cimento si è stabilizzata. Se si va a vedere la differenza fra entrate e uscite del Nuovo Cimento ci si accorge che sostanzialmente non c'è stato un grosso cambiamento, mentre invece c'è stata, dalla spinta iniziale, l'operazione EPJ che ha dato degli accertamenti migliori di quelli che si potevano prevedere. Le previsioni, com'è ovvio, erano cautelative.

Quindi il confronto, anche se qui non abbiamo adesso i numeri esatti, ci dice che la situazione è migliorata perché l'accertamento positivo di EPJ supera la situazione un po' negativa nel Nuovo Cimento che sostanzialmente è rimasta stabile.

**G. Comini:** Professor Battiston, prenda per cortesia «abbonamenti Nuovo Cimento», vede inizialmente 1.115.000.000, vuol dire che era una previsione di preventivo sulla base del consuntivo dell'anno precedente. Quindi potremo ricavare che l'anno scorso erano circa 1.115.000.000 tenendo conto delle variazioni.

**G.-F. Bassani:** Certo. Penseremo in seguito anche in sede di Consiglio

di Presidenza a fare un conteggio dettagliato confrontando i due bilanci. Quella che conta è la tendenza, la tendenza era quella a decrescere, e l'operazione EPJ ha portato per il momento a una stabilizzazione del bilancio commerciale; in futuro probabilmente ci sarà un aumento del bilancio commerciale perché EPJ sta andando molto bene dal punto di vista finanziario.

**R. Battiston:** Mi pare di capire che probabilmente avrete fatto questa analisi come tendenza sui tempi lunghi. Questa tendenza del Nuovo Cimento a decrescere, «per  $t$  che va all'infinito» come uno si aspetta che evolva? Il Nuovo Cimento si pensa cali e EPJ cresca, oppure queste sono le cifre che vi aspettate più o meno rimangano i prossimi anni. Avete un'idea da questo punto di vista?

**G.-F. Bassani:** Darei la parola a Ricci, perché ha seguito lui in particolare le questioni editoriali.

**R.A. Ricci:** Io direi che questo punto lo discutiamo forse meglio durante la Relazione del Presidente. In ogni caso, per rispondere, io non metterei « $t$  uguale a infinito» per quel che riguarda l'editoria, ciò vorrebbe dire che non sappiamo ancora veramente cosa succederà. Invece sappiamo tutti che l'editoria elettronica può contribuire o può interferire abbastanza pesantemente sul tipo di operazioni editoriali anche dal punto di vista finanziario. Quello che è abbastanza sicuro (siccome le operazioni EPJ del Nuovo Cimento adesso si stanno ampliando, perché da EPJ B e D siamo passati anche all'EPJ A e C fondendo il Nuovo Cimento A e probabilmente ci saranno ulteriori operazioni a riguardo) è che il fatto di entrare in una editoria di tipo europeo, che quindi è molto più concorrenziale con quella americana e con altre editorie scientifiche, se non ci farà crescere ampiamente, non ci metterà in condizioni difficili perché ci permetterà di coprire qualsiasi ulteriore sviluppo negativo per quel che riguarda l'editoria specifica nostra nazionale legata al Nuovo Cimento. Per quel che riguarda il problema specifico dell'editoria su cui stiamo ragionando è molto probabile che l'operazione fusione con EPJ a livello europeo si estenda anche ad altri settori del Nuovo Cimento, fermo restando che dobbiamo stabilire in modo molto chiaro che cosa significa questo dal punto di vista di una cessione che io credo non faremo mai della testata del Nuovo Cimento che statutariamente è una testata patrimoniale.

**G.-F. Bassani:** Ci sono altre richieste, altre osservazioni? Allora metto in votazione il bilancio consuntivo del 1999 per quanto riguarda la parte commerciale. Chi è favorevole all'approvazione del bilancio alzi la mano? Chi è contrario? Chi è si astiene? Il bilancio è approvato.

**G. Comini:** Professore chiedo scusa, adesso lei ha fatto approvare il bilancio commerciale, ma questo avanzo è il risultato finanziario del consuntivo generale che dobbiamo destinare.

Faccio presente che già l'anno scorso i 180.000.000 di utile furono portati a riserva.

**G.-F. Bassani:** Io suggerisco che è meglio in questa fase portare a riserva anche l'avanzo del bilancio di quest'anno, perché si potrebbe andare incontro a tempi difficili. Dalla relazione vedete che per il bilancio complessivo hanno influito anche altre fonti di finanziamento straordinario che potrebbero venir meno, quindi credo sia ottima amministrazione mettere nel fondo di riserva questa somma totale di 152.132.090. Quindi se non ci sono altre domande, io metterei ai voti la proposta di porre nel fondo di riserva questa somma di 152.132.090. Chi è favorevole ad accreditarla sul fondo di riserva alzi la mano. Grazie. Chi è contrario? Chi è si astiene? Siamo favorevoli. Faccio presente che nel bilancio dell'anno prossimo non potremo disporre di questa somma che abbiamo messo nel fondo di riserva, a meno di un caso di emergenza.

**G. Comini:** Soprattutto, Presidente, abbiamo il vantaggio che in sede di preventivo non dovremo iscrivere in memoria un avanzo da esercizi precedenti. Quindi partiamo completamente da zero senza attingere alle riserve.

**G.-F. Bassani:** Per l'anno prossimo si parte esattamente da zero, però tutti teniamo presente che la Società Italiana di Fisica ha questo fondo di riserva che supera i 300.000.000 e che quindi ci fa dire che la Società è in buona situazione finanziaria.

Credo che a questo punto dobbiamo procedere alla nomina dei Revisori dei Conti. Io propongo senz'altro di rinominare come Revisori dei Conti i tre Revisori che così bene hanno operato negli anni passati e anche quest'anno: i Dottori Giorgio Comini, Icilio Agostini e Luciano Majorani. Allora alzi la mano chi è favorevole a rinominare i tre Revisori dei Conti. Chi è contrario. Chi si astiene? Grazie. I Revisori dei Conti sono nominati all'unanimità

**G. Comini:** Quale Presidente del Collegio, ringrazio anche a nome del collegio stesso.

## RELAZIONE DEL PRESIDENTE DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

**Prof. Giuseppe-Franco Bassani**

**G.-F. Bassani:** Adesso è il momento della Relazione del Presidente e vorrei procedere in questo modo: dire alcune cose iniziali sullo stato della Società e anziché tenere una lunga relazione elencare certi punti specifici su cui aprire la discussione e la partecipazione dei Soci presenti.

Sullo stato della Società volevo dire una cosa. Il numero dei Soci ha superato i 6000, dove per numero dei Soci si intende quelli che sono stati o sono iscritti alla Società. Poiché il numero della mia tessera è 927, questo significa che da quando io sono entrato nella Società, diciamo negli ultimi cinquant'anni, circa 5500 Soci sono entrati a far parte della SIF. Desidero aggiungere che questo numero è in rapido aumento, e spero che i giovani ritengano interessante, utile, e comunque anche in un certo senso doveroso, fare parte della Società Italiana di Fisica e si iscrivano numerosi, cosa che sta accadendo. Tutto considerato, per quanto riguarda il numero dei Soci, abbiamo ancora molto da fare, però le cose vanno abbastanza bene.

Un'altra segnalazione importante è la firma delle Convenzioni con Enti di Ricerca. La prima convenzione è stata quella con l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare di cui ho dato notizia lo scorso anno, poi c'è stata la convenzione con il Consiglio Nazionale delle Ricerche firmata in via definitiva e poi la convenzione con l'Istituto di Fisica della Materia, firmata pochi mesi fa. Queste convenzioni con gli Enti di Ricerca sono un sostegno considerevole all'attività della Società di Fisica e le ritengo importanti.

Un'altra cosa che desidero segnalare, in che è anche emersa dal bilancio, è il fatto che le Scuole di Varenna stanno andando molto bene; abbiamo moltissime richieste ed anche il numero di allievi che seguono le Scuole di Varenna è in costante aumento. Devo aggiungere che le Scuole di Varenna costano alla Società un po' meno; costano di più in realtà perché aumentando il numero degli allievi aumenta il costo, solo che è stato ottenuto l'anno scorso e quest'anno un contributo dell'Unione Europea che finanzia queste Scuole. Abbiamo avuto anche il contributo della NATO e l'anno scorso e quest'anno abbiamo avuto un contributo dell'ufficio dell'UNESCO di Venezia. Questi contributi assicurano una maggiore

partecipazione di allievi e consentono anche di dare a tutti, senza costi ulteriori, un volume dei Proceedings della Scuola di Varenna, che è sempre cosa molto utile e interessante.

Un'altra notizia è che dopo lunghe trattative abbiamo avuto finalmente la lettera ufficiale del Consiglio d'Amministrazione dell'Università di Bologna che concede alla Società di Fisica spazi opportuni nello storico Istituto di Fisica di Bologna «Augusto Righi» di Via Irnerio 46, e desidero qui ringraziare il Consiglio d'Amministrazione dell'Università di Bologna e il Rettore Fabio Roversi Monaco. Questa concessione consentirà alla Società di inserirsi in spazi maggiori e nella sua antica gloriosa sede senza oneri finanziari.

Queste erano le notizie sostanziali che desideravo dare. Per quanto riguarda le azioni fatte o da intraprendere o da continuare, prima di tutto vorrei parlare del Convegno Fisica Industria descritto nell'ultimo numero del Nuovo Saggiatore. La giornata che abbiamo tenuto alla Bicocca di Milano il 17 marzo è stata positiva, perché ci ha messo in contatto con la realtà industriale. Alcune industrie sono intervenute: la STMMicroelectronics, la Pirelli, l'Europa Metalli, il Centro Sviluppo Materiali e altre industrie interessate. Tutte hanno espresso l'interesse dell'Industria ad assumere laureati in Fisica perché ritengono che il laureato in Fisica sia particolarmente utile nelle attività produttive di innovazione tecnologica. C'è oggi una possibilità per i Fisici, più che in passato, di trovare uno spazio adeguato nell'Industria nazionale, e a maggior ragione internazionale. Questo è il risultato chiarissimo che abbiamo avuto, e io credo che sia nell'interesse di tutti continuare questo dialogo con le Industrie.

Un'altra iniziativa che teniamo a continuare, forse più che in passato, è il rapporto con la Fisica Medica. È stata formata l'Associazione dei Fisici che operano nell'ambito della Medicina. Alla loro riunione costitutiva a Firenze, ho notato che l'Associazione dei Fisici in Medicina guarda la SIF, non si dimentica della SIF. In futuro vorremmo tenere, come abbiamo fatto per l'Industria, una giornata di incontro con i Fisici medici, a cui potranno intervenire anche i dirigenti sanitari nazionali e i responsabili delle strutture della Sanità pubblica e privata.

Un'altra cosa che desidero segnalare e che penso vorremo fare in futuro, sarà una giornata di colloquio con i responsabili delle sovrintendenze e dei musei rilevanti, in base alla discussione che è uscita dalla Tavola Rotonda di ieri pomeriggio. Lo scopo è di evidenziare quello che la Fisica può fare per la conservazione e per lo studio dei beni culturali e dei beni artistici. Faremo questo e possibilmente cercheremo di

coinvolgere anche il Ministro dei Beni Culturali.

Queste sono le tre linee principali per le attività del prossimo anno.

Associata a Fisica e Industria e anche a Fisica e Medicina c'è la questione che vorremo approfondire ulteriormente, dell'ordine professionale. È una problematica che è sul tappeto da tempo, e credo debba essere affrontata, dato il numero considerevole di laureati in Fisica che ormai si dedica alla professione. So di ragazzi molto bravi laureati in Fisica che hanno formato le loro cooperative e che fanno servizio per conto terzi, sia nel campo dell'elettronica, che nel campo del software; è bene che anche loro siano in qualche modo tutelati da una qualche forma di ordine professionale che verrà concordato, come lo sono i chimici e come lo sono gli ingegneri. Direi che in un futuro in cui per varie ragioni la laurea diventa sempre più specifica, accanto alla fisica come materia di base per le altre discipline, dobbiamo considerare la fisica come professione, e pensare all'avvenire professionale di tutti coloro che si iscrivono in fisica offrendo le più ampie prospettive.

A questa problematica generale si associa un problema che è dibattuto in tutta Europa e in tutto il mondo occidentale: il calo delle iscrizioni a Fisica. Ora il calo delle iscrizioni a Fisica sta avvenendo ovunque; ne abbiamo parlato ieri alla conferenza di Enrico Bellone e abbiamo analizzato possibili cause di questo fenomeno. Credo che una delle ragioni sia il fatto che nelle scuole bisogna cominciare presto. Nelle scuole medie che adesso si estendono fino alla vigilia del liceo, i sette anni e poi il biennio; è necessario prevedere un inizio di formazione scientifica con qualche attività sperimentale nel biennio con un insegnamento che accanto alla storia degli avvenimenti politici, alla storia dei pensieri politici del passato, alla storia tradizionale, associ la storia della scienza come parte fondamentale della formazione giovanile, prima di insegnare la Fisica in modo sistematico nel liceo scientifico, classico o tecnologico. Questo è uno sforzo che stiamo facendo nell'ambito della Commissione Ministeriale per il riordino dei cicli scolastici in cui la Società Italiana di Fisica è rappresentata dal Presidente e da Roberto Habel. Una convenzione con il Ministero della Pubblica Istruzione che coinvolge non solo la SIF ma anche l'AIF e la SAIt è anche operante; in essa la SIF ha la funzione di coordinare tutte le iniziative per gli aggiornamenti degli insegnanti e per le preparazioni di programmi relativi alla scuola media inferiore e superiore e anche al ciclo di base. Siamo quindi inseriti nel Ministero per la programmazione specifica e siamo partecipi in una Com-

missione molto ampia; per fornire suggerimenti al Parlamento in vista della legge sul riordino dei cicli scolastici. Credo sia molto importante che nel riordino dei cicli scolastici, nei primi sette anni e poi nei due ancora dell'obbligo, ci sia già una presenza specifica della Fisica e della Storia della Fisica e della Scienza. Questo è quello per cui lavoriamo.

Desidero inoltre segnalare il problema di assicurare possibilità di carriera e di inserimento nella società in varie forme ai fisici. Però occorre dire che attualmente il reclutamento dei laureati in Fisica nelle nostre Università è carente; abbiamo constatato che in molte sedi tanti brillanti giovani fisici preferiscono non fare il dottorato di ricerca perché questo implica tre anni successivi, e dopo un diploma di dottorato molto difficile, un altro periodo di borsa di perfezionamento, dopo di che, se tutto va bene, con un concorso difficilissimo arrivano a una situazione di ricercatori nell'Università con uno stipendio che è veramente inadeguato. Questa è una cosa che tutti sanno e in qualche modo bisogna che la Società di Fisica si dia da fare. In questo credo che sia importante il fatto, da cui anche il numero dei posti dipende, che la Fisica debba essere insegnata non solo agli studenti del corso di laurea in Fisica, ma che sia una delle materie di base per tutte le discipline scientifiche. Temo invece che questo spazio si restringa un po', perché nelle nuove disposizioni di legge c'è una tendenza eccessiva da parte delle discipline a specializzarsi fin dall'inizio. Nel quadro generale, dopo molte insistenze della Società Italiana di Fisica, dell'Unione Matematica Italiana e della Società di Chimica siamo riusciti a fare inserire che almeno il 10% dei crediti futuri del triennio per tutte le discipline scientifiche sia riservato a queste materie di base. Però temo che nella scelta delle materie di base la matematica abbia la parte preponderante, come è abbastanza naturale che sia, quindi mi pare che il 10% non sia una grande conquista, anche se inizialmente si era partiti dal 5%. Questo non toglie, è stato detto più volte, che ogni Università può fare i suoi regolamenti e stabilire un tempo maggiore per le materie di base. Però, questo va contro gli interessi corporativi dei vari settori, perché più spazio c'è nell'insegnamento, più posti ci sono anche per assumere i propri allievi. Quindi dobbiamo combattere questa battaglia molto seriamente essendo ben consci del fatto che dobbiamo anche insistere perché si dia un impulso alla Storia della Scienza e della Fisica nella formazione iniziale dei ragazzi. Perché le cose che si assorbono da giovani e che si imparano

no con un certo entusiasmo lasciano una traccia.

A questo punto volevo chiedere a Ricci, che ha seguito queste cose in dettaglio da quando era Presidente e che continua a seguirle, se ci dice qualche cosa di specifico sulla situazione editoriale. Abbiamo parlato dell'aspetto finanziario, però vorrei che ci dicesse qualche cosa sulla situazione editoriale in generale.

**R.A. Ricci:** Vediamo di fare il punto della situazione di quello che è stato fatto fino ad oggi per la parte editoriale. Non c'è Taroni e io comunque ho seguito la cosa e almeno per quello che riguarda la politica della SIF vi darò ulteriori informazioni rispetto a quelle che erano state date a Pavia.

Per quel che riguarda la politica editoriale della Società Italiana di Fisica, voi sapete ormai che il punto fondamentale è stato quello di cercare in qualche modo per un certo tempo di riabilitare il Nuovo Cimento, sia per gli abbonamenti, sia per i contenuti. Inoltre abbiamo seguito in modo sufficientemente chiaro e informato quello che stava accadendo, e che tutt'ora sta accadendo, nell'editoria scientifica internazionale. Una prima operazione che fu fatta già da tempo e che tutti voi conoscete, è stata quella della soppressione delle Lettere al Nuovo Cimento e del loro inserimento nelle Europhysics Letters della Società Europea di Fisica, operazione che ormai è stabilizzata e sta andando abbastanza bene. Noi facciamo parte fin dall'inizio del Board manageriale insieme con inglesi e francesi. Esso ora è stato allargato ad altre nazioni europee. Il bilancio di questa attività è estremamente positivo, anche dal punto di vista finanziario; l'operazione EPL ha portato sicuri vantaggi al bilancio commerciale della Società. Siamo anche presenti nell'Editorial Board di EPL per quello che riguarda alcuni dei settori disciplinari. Sapete anche probabilmente che EPL è soprattutto un giornale di lettere di fisica che si muove nel campo della fisica dello stato solido, della fisica atomica, della fisica molecolare e della struttura della materia. E che una parte minore ha invece in EPL la fisica nucleare e la fisica delle particelle. Probabilmente questo è un fatto tendenziale, nel mercato delle editorie scientifiche ci sono degli spazi che sono ormai assestati che è difficile «smontare» e che per naturale tendenza hanno contribuito a fare in modo che certe riviste si siano orientate verso certi settori che non altri. Europhysics Letters è soprattutto diretto verso la struttura della materia. Questo non significa che non si sia anche presenti per la parte nucleare e subnucleare. Forse non è male ripe-

tere qui un appello che è stato fatto a suo tempo ai nostri autori di volere ricordare che, oltre a Nuclear Physics e a Physical Review, esiste anche Europhysics Letters, almeno per quel che riguarda il settore delle lettere. Siccome si tratta di un giornale a livello competitivo internazionale non si vede perché, essendo nato anche questo con la fusione di un giornale italiano quale era Lettere del Nuovo Cimento, non ci possa essere non dico una preferenza specifica, ma almeno un'attenzione un po' più particolare nei riguardi di questa rivista. Per quel che riguarda invece gli altri settori dell'attività editoriale nostra, ormai da quattro o cinque anni abbiamo seguito con estrema attenzione l'andamento dell'editoria scientifica in generale che mostra un certo calo di abbonamenti è a causa della competizione, da un certo punto in poi, con l'editoria di tipo elettronico. Non c'è dubbio però che, per quel che riguarda il Nuovo Cimento, certi sforzi anche notevoli fatti in passato per rivolgerci ai nostri lettori ed autori, non sono andati sostanzialmente a buon fine, per cui abbiamo deciso di muoverci sul terreno europeo e di accettare le offerte che da lì ci provenivano. Tutto sommato la testata del Nuovo Cimento è ancora una testata appetibile a livello europeo, in particolare dai tedeschi da una parte e cioè l'editore Springer e dai francesi dall'altra, Edition de Physique che fa capo alla Società Francese di Fisica. Quindi fare questa alleanza con tedeschi e francesi per questo nuovo giornale EPJ che è un giornale tipicamente europeo, ha un notevole mercato internazionale ed è di ottimo livello scientifico è stata una misura rilevante oltre che necessaria. Abbiamo inoltre ritenuto che fosse più appetibile del Nuovo Cimento per i nostri autori diciamo così di «bocca fine», e offrire loro una palestra più appropriata. L'operazione dopo un primo avvio sufficientemente elaborato, ma direi non troppo laborioso, perché in campo internazionale abbiamo avuto considerazioni notevoli, è stata fatta questa fusione cominciando con la sezione D del Nuovo Cimento con le sezioni B e D dell'EPJ. In particolare si tratta dei settori della struttura della materia, con particolare riguardo alla fisica degli stati condensati e alla fisica atomica, l'ottica quantistica ecc... Ci siamo inseriti a tutti livelli perché siamo presenti nello Steering Committee di EPJ, ne facciamo parte a tutto titolo come i tedeschi e i francesi, e anche nell'Editorial Board e come Editors in Chief: Paoletti è uno dei tre Editor in Chief dell'EPJ B e Arecchi è Editor in Chief insieme ad altri due colleghi dell'EPJ D. Questa operazione

è andata in porto, sta portando risultati soddisfacenti ed è a questa operazione che si deve il grosso di quella che è stata l'acquisizione anche di benefici finanziari a livello del bilancio 1999.

Forti di questa esperienza ci siamo mossi anche su altri settori. Siccome uno dei settori portanti dell'Editoria Scientifica Nazionale nostra era anche il Nuovo Cimento A, appetito molto dai nostri colleghi stranieri ma non altrettanto appetito dai nostri colleghi fisici italiani (autori possibili o potenziali) abbiamo fatto la fusione del Nuovo Cimento A coll'EPJ A e C. L'EPJ A è dedicato sostanzialmente alla fisica nucleare fino al livello di frontiera per esempio degli ioni pesanti e relativistici, mentre l'EPJ C è dedicato sostanzialmente alla fisica delle particelle elementari. Anche in questo caso siamo riusciti a entrare a tutto titolo sia nella parte editoriale che nella parte di contenuto finanziario. Nell'ambito dell'Editorial Board abbiamo dei valenti colleghi italiani: gli Editors in Chief rispettivi sono stati affiancati da due italiani. Nella fase di transizione temporale essi sono chi vi parla per l'EPJ A e per l'EPJ C il collega Antonino Zichichi. Questo ci permette di essere inseriti nell'editoria scientifica a livello internazionale e di contribuire ad una operazione culturale di livello europeo.

Essa ci permette inoltre di vedere con una certa tranquillità il futuro delle nostre pubblicazioni e di prevedere possibili ulteriori sviluppi. Per esempio per il Nuovo Cimento B, che come voi sapete è dedicato soprattutto alla fisica generale, alla relatività generale, all'astrofisica eccetera, alla fisica e matematica. Comincia a essere appetito anche questo a livello europeo e allora si tratta di spendere bene il nostro patrimonio vedere quanto e come questo ci possa convenire. Non abbiamo ancora fatto alcuna operazione che sia irreversibile, stiamo discutendo il problema con i nostri colleghi tedeschi e francesi e nell'ambito di una situazione di interesse di convergenza anche a livello europeo più ampio. C'è un interesse in aumento per esempio della Spagna, della Svizzera e di altri paesi europei tanto è vero che è stato costituito uno Scientific Advisory Committee di cui fanno parte i Presidenti delle varie Società Nazionali cui fa capo l'editoria dell'EPJ. Nell'ambito di questo Scientific Advisory Committee il rappresentante della Società Italiana di Fisica è il Presidente Franco Bassani. Direi che questo è sostanzialmente ciò che potessi riassumere. Vorrei aggiungere, anche in questo contesto, che non è mai inutile rinnovare un appello abbastanza importante ai nostri colleghi perché la

loro partecipazione sia la più consistente possibile. Mi pare di aver detto tutto, grazie.

**G.-F. Bassani:** Grazie molte. Per concludere la relazione vorrei soltanto aggiungere che noi guardiamo ai giovani con molta attenzione, cerchiamo di attirarli in tutti modi e che la politica di incremento dei premi sta dando i suoi frutti. Abbiamo anche stabilito per i giovani una cifra ridotta, sia per la partecipazione al Congresso che per la quota sociale. Sono piccole, però tutto serve, e credo che la politica di aumentare la consistenza e il numero dei premi e degli incoraggiamenti più vari sia utile e vada perseguita. A questo punto non avrei altro da aggiungere, non mi resta che aprire la discussione sulla relazione.

**P. Tucci:** Vorrei richiamare l'attenzione dei membri della Società Italiana di Fisica sull'attività che gli storici della fisica hanno compiuto negli ultimi venti anni: oltre alla pubblicazione di articoli, libri, interventi a convegni, partecipazione a organismi internazionali essi si sono impegnati nella salvaguardia e valorizzazione mediante ricerca storica del patrimonio storico-scientifico dei Dipartimenti e Istituti di Fisica e degli Osservatori Astronomici. A solo titolo di esempio citerò l'archivio di Edoardo Amaldi curato da storici della fisica di Roma, gli strumenti voltiani curati da storici della fisica di Pavia e il patrimonio storico dell'Osservatorio Astronomico di Brera curato da storici della Fisica di Milano. A proposito di Milano permettetemi di ricordare il lavoro di Guido Tagliaferri, recentemente scomparso, che dell'attività di salvaguardia e valorizzazione del patrimonio storico-scientifico è stato il pioniere.

Ma l'impegno degli storici della fisica non solo ha costituito un rilevante momento culturale che ha impedito la dispersione e la distruzione di importanti testimonianze della ricerca scientifica in Italia ma è stato spesso accompagnato da iniziative di diffusione della cultura scientifica.

Ciò ha determinato significative ricadute sia per quel che riguarda l'interesse nei riguardi della scienza da parte di persone colte ma senza uno specifico retroterra scientifico, sia soprattutto nei riguardi del mondo della scuola.

Migliaia di studenti hanno potuto avvicinarsi al mondo dell'Università e al mondo della ricerca attraverso un uso intelligente dei beni storico-scientifici. È un aspetto non secondario della «Fisica per i Beni Culturali», sebbene quest'ultima molto spesso venga identificata solo con le ap-

plicazioni di metodi fisico-chimici alla salvaguardia e alla conservazione dei beni culturali.

I beni culturali storico-scientifici possono essere inseriti in programmi e percorsi di diffusione della cultura scientifica e questo richiede abilità e professionalità che solo i fisici possono mettere in campo.

L'influenza di queste iniziative sulla formazione di giovani in età scolare è notevole. D'altronde è noto che a volte c'è una stretta correlazione tra il numero di studenti iscritti a fisica e la provenienza da una scuola specifica o addirittura da una classe. Perché lì c'è un insegnante bravo o quella classe ha partecipato a particolari tipi di attività culturali.

Quindi va benissimo che si intrattengano rapporti istituzionali con il Ministero della Pubblica Istruzione ma si tengano presente e si incoraggino le attività culturali di coinvolgimento di studenti: esse possono avere rilevanti ricadute sul piano dell'immagine della fisica tra la parte più giovane e ricettiva della popolazione e chiederei che la pubblicistica non specialistica della Società fosse più attenta a questi aspetti. I numeri di studenti che ogni anno partecipano ad attività di diffusione di cultura scientifica in un contesto di valorizzazione dei beni storico-scientifici è dell'ordine delle decine di migliaia.

Segnalo tra l'altro che la Conferenza dei Rettori ha istituito una Commissione per la valorizzazione dei Musei Universitari che ha stilato un documento nel quale la salvaguardia e la conservazione dei beni storico-scientifici sono finalizzate sia a stimolare interesse per la scienza negli studenti della scuola superiore sia a diffondere una dimensione scientifica di analisi della realtà tra un pubblico generico.

Un'ultima cosa. Ringrazio la Direzione della Società di Fisica per la sensibilità sempre dimostrata per le tematiche di Storia della Fisica. Anche poco fa il Presidente la ricordato l'importanza che questi temi hanno nella formazione dei cittadini e dei fisici. Ma vorrei segnalare che il meccanismo di reclutamento di nuovi ricercatori nel settore di Storia della fisica è inceppato da almeno un decennio: c'è il rischio concreto che la ricerca in storia della fisica scompaia dall'Università italiana.

**G.-F. Bassani:** Molte grazie. La parola prima a Vegni, poi a Paoletti, poi a Sciuti e a Pucci.

**G. Vegni:** Vorrei attirare la vostra attenzione sul documento che ho inviato recentemente al Presidente e al Consiglio della SIF e che riguarda quello che sta succedendo nel campo

della formazione degli insegnanti di scuola secondaria italiana, in particolare per le scuole secondarie superiori.

Premetto che questo documento rispecchia la posizione da me assunta fin dall'inizio del 1999, assieme ad altri colleghi universitari, sul futuro delle Scuole di Specializzazione per l'Insegnamento Secondario (SSIS) nell'ambito della nuova organizzazione degli studi universitari con i due livelli di laurea. Recentemente, l'estate scorsa, la Commissione mista MURST-MPI, presieduta dal Prof. Nicola Tranfaglia ed incaricata di esprimersi su questo argomento, approvava a maggioranza una posizione analoga alla mia.

A questa posizione sono invece contrari molti tra i colleghi dell'area di scienze dell'educazione e delle aree delle didattiche della matematica e della fisica stessa.

Ricordo che dall'anno scorso sono entrate in funzione nelle Università italiane di quasi tutte le regioni italiane queste Scuole di Specializzazione, quest'anno inizierà anche in Campania. Queste scuole attualmente sono biennali, danno un diploma abilitante, (sta per concludersi positivamente in Parlamento una azione anche ai fini di un inserimento di questi abilitati nelle varie graduatorie nazionali dei supplenti), sono a numero chiuso e con obbligo di frequenza. Fornisco qualche dettaglio esemplificativo riferendomi alla scuola milanese di specializzazione di cui io ho assunto la direzione e a cui afferiscono cinque Università milanesi: l'Università di Milano, l'Università di Milano-Bicocca, il Politecnico, la Bocconi e l'Università di Castellanza. L'anno scorso abbiamo avuto 270 allievi, suddivisi in sei Indirizzi per un totale di 15 classi di abilitazione; adesso è in corso la ammissione per il secondo ciclo, e ci aspettiamo, dal numero di iscritti alle prove, un numero di nuovi allievi superiore a quello del primo ciclo.

Noi milanesi abbiamo deciso, ai fini di mantenere un livello decente nella preparazione culturale dei futuri insegnanti, di porre una soglia minima di ammissione nella votazione ottenuta all'esame, esame che si basa sulle conoscenze disciplinari di chi aspira all'insegnamento. Questa soglia siamo pressoché l'unica scuola ad averla introdotta. Compito delle SSIS è insegnare ad insegnare e nella legge istitutiva e nei regolamenti applicativi si dà per scontato che i contenuti disciplinari siano già acquisiti dagli allievi al momento del loro accesso alla scuola; il controllo di queste conoscenze su contenuti e metodi disciplinari è appunto delegato all'esame di ammissione.

In tutte le SSIS dell'Italia Settentrionale e Centrale, per la maggio-

ranza degli Indirizzi disciplinari, si sono avuti numeri di candidati inferiori ai posti disponibili e questo implica, in assenza di soglia minima nella votazione dell'esame di ammissione, che tutti coloro che si candidano sono accettati. Dalla nostra esperienza, al fianco di candidati con buona e talora molto buona preparazione disciplinare, vi sono candidati con preparazione disciplinare molto scadente, al punto da ignorare nozioni elementari, di base, di ciò che si vuole andare ad insegnare. Questo non avere voluto estendere a tutte le scuole di specialità una soglia di selezione all'esame di ammissione è uno degli indizi, a nostro parere, di una diffusa scarsa sensibilità per una seria preparazione disciplinare dei futuri insegnanti, di una parte di chi sta dettando le regole per queste nuove scuole di specializzazione.

Il punto centrale di questo mio intervento, ed anche del documento inviato alla SIF di cui ho parlato all'inizio, riguarda proprio la preparazione disciplinare dei futuri insegnanti. In questo momento c'è una discussione a livello nazionale, che potrebbe concludersi entro poco tempo, se questa scuola, che adesso è di due anni, per allievi che si sono laureati tradizionalmente, quindi con una tesi di laurea disciplinare debba a) essere mantenuta in due anni e collocata dopo il triennio della laurea di primo livello, con eventualmente un anno intermedio facoltativo per chi ha dei debiti, quindi al massimo sei anni in tutto, oppure b) essere collocata dopo la laurea specialistica riducendola ad un anno e compensando questa riduzione con l'anticipare, lungo i cinque anni precedenti, una parte dell'attività di preparazione alla professione di insegnante, utilizzando quel margine del 10/15% di crediti formativi, dedicati a scelte flessibili ed autonome che sono previsti sia nelle lauree di primo che in quelle di secondo livello. In questo caso, con la laurea specialistica si manterrebbe e forse rinforzerebbe, l'attuale livello di preparazione disciplinare degli insegnanti, incluso l'importante e talora determinante aspetto formativo e culturale della tesi di laurea. Nello stesso tempo si avrebbe una ragionevole ed equilibrata preparazione all'insegnamento, sia in ambito della didattica della disciplina che nell'area di scienze dell'educazione.

La scuola di specializzazione attualmente prevede 120 crediti di attività didattica, suddivisi per un 30% in attività dell'area di scienza dell'educazione, quindi pedagogia, psicologia e sociologia, un 30% in attività di didattica disciplinare, quindi epistemologia, didattica della materia, storia della materia, laboratori didattici etc,

e un altro 30% legato alle attività di tirocinio degli allievi presso una scuola. Il tirocinio, e questo è uno degli aspetti positivi di questa scuola, è guidato da insegnanti «supervisor» che sono selezionati ed ammessi a un periodo di 2-4 anni di distacco in semiesonero presso le Università, allo scopo appunto di partecipare alle attività di questa scuola di specializzazione.

Se si scegliesse di porre la Scuola di specializzazione dopo il primo livello di laurea, mantenendola in due anni di tempo, si dedicherebbe più impegno a preparare all'insegnamento di una disciplina che a studiare quella disciplina stessa. Abbiamo imparato in questo Congresso, dalla relazione che il collega Rossi ha fatto nella sezione di didattica della fisica che, nei tre anni della laurea di primo livello a studiare la Fisica vera e propria nei suoi vari aspetti, saranno dedicati in tutto 90 crediti, da confrontare appunto con i 120 crediti della scuola di specializzazione.

Ci si avvicinerebbe quindi alla situazione delle scuole dei paesi anglosassoni bene denunciata, ad esempio, dal Nobel Leo Ledermann, quando quattro anni fa è venuto in Italia a parlarne a un Convegno invernale a Cogne. Ledermann, da quando ha lasciato la direzione del Fermilab, si è dedicato all'insegnamento delle scienze nella scuola dell'area di Chicago e ci ha detto che gli insegnanti americani «sanno come insegnare ma non sanno cosa insegnare ... non possono insegnare quello che non sanno!» Situazione analoga e spesso denunciata in Inghilterra, dove il livello delle scuole statali è ritenuto molto basso, non così quello delle scuole private, le «public schools», dove le classi agiate inglesi mandano i loro figli e dove spesso gli insegnanti hanno la preparazione di bachelors universitari. Noi, che attualmente, almeno a livello comparativo con altri paesi ma spesso anche a livello assoluto, abbiamo delle buone scuole pubbliche che bene si confrontano con le nostre scuole private, se facciamo la scelta di ridurre la preparazione disciplinare dei nostri insegnanti ci avvieremo verso la medesima situazione dei paesi anglosassoni da cui sarà poi ben difficile risollevarci.

Per l'insegnamento della fisica nelle scuole superiori, vi è poi la cronica situazione di crisi, specie per l'insegnamento della cosiddetta fisica moderna (quella sviluppata dal 1895 in poi), dovuta al fatto che la maggioranza di chi la insegna ha la laurea in matematica. Con la riduzione che i corsi di laurea di primo livello in matematica prevedono per lo studio della fisica, la situazione peggiorerebbe ulteriormente. Occorre comunque ri-

mediare a questa situazione, imponendo la laurea in fisica a chi la va ad insegnare anche se questo deve comportare la perdita di qualche insegnamento in matematica per gli insegnanti laureati in fisica.

In conclusione ritengo che per insegnare materie scientifiche a giovani di 16/17 anni un insegnante deve avere la statura culturale di un ricercatore, averne la capacità di aggiornamento nel tempo e non insegnare un giorno quello che ha frettolosamente letto la sera prima. L'insegnante che si prepara oggi deve essere in grado di insegnare bene anche tra 20 o 30 anni e quindi acquisire sin d'ora le capacità, le curiosità e gli strumenti per sapersi aggiornare.

È evidente che l'aver insegnanti con la laurea specialistica disciplinare implica anche la necessità di un miglioramento del trattamento economico, ma è preferibile che la classe politica si scontri con questo problema piuttosto che avere insegnanti poco pagati, mal preparati e rassegnati ad una posizione subalterna nella società. In Germania gli insegnanti hanno un tipo di preparazione di sei anni, analogo a quello da noi proposto; i loro stipendi in termini di prodotto interno lordo pro capite sono del 50% più alti di quelli italiani. D'altra parte se la nostra società vuole mantenere e migliorare il buon livello di conoscenze scientifiche e tecniche che abbiamo nelle attività di punta, diffonderle maggiormente, e rimediare alle carenze numeriche di laureati in materie tecnico scientifiche, carenze già presenti e che stanno tendendo ad aumentare, occorre avere dei buoni insegnanti, motivati e preparati nelle scuole secondarie superiori. Grazie.

**G.-F. Bassani:** Molte grazie. Certo non possiamo che concordare su questo, però il problema concreto che in qualche modo dobbiamo porci, e che non è possibile discutere qui in dettaglio, è quello di stabilire se la preparazione specifica all'insegnamento debba essere fatta nel biennio oppure sia successiva al biennio in un ulteriore anno. Tu mi hai mandato una lettera, Vicentini Missoni ne ha mandata un'altra, non ho potuto entrare adesso in questi dettagli, forse sarebbe utile tenere su questo punto specifico una giornata di incontro, uno dei prossimi mesi a breve scadenza.

Ci sono opinioni discordanti perché c'è il timore che richiedere per l'insegnamento sei anni, anziché i cinque per la laurea specialistica, possa alla fine scoraggiare molti. A meno che quell'anno successivo non sia già retribuito in qualche modo e con assunzione garantita. Questo è un pun-

to che dobbiamo porci, ed essere molto concreti, sappiamo quello che vogliamo, concordiamo tutti sulla necessità di buoni insegnanti, che conoscano la materia, la sappiano insegnare bene e che siano anche fortemente motivati. Però dobbiamo fare in modo di non scoraggiarli, l'idea che dopo i cinque anni ci sia un altro anno ancora a proprie spese, con poi l'incertezza di un concorso ulteriore, è scoraggiante. L'unica possibilità, secondo me, è che se si deve avere un anno in più, quest'anno sia retribuito e già garantisca l'assunzione, eventualmente a numero chiuso. Altrimenti bisognerà fare una specializzazione nel biennio specialistico per l'insegnamento. Si tratta di dibattere questa alternativa.

A me pare che questo sia il punto su cui invito ad aprire il dibattito. Qui il problema è stato sollevato, ma ci sono talmente tante altre cose che non possiamo discuterlo a fondo. Una giornata specifica su questo penso sia utile.

**A. Paoletti:** Senza voler entrare nell'argomento che è stato trattato così esaurientemente da chi mi ha preceduto, devo esprimere tutte le mie preoccupazioni per il fatto che, come lui sosteneva, i nostri insegnanti di scuola secondaria rischiano di sapere tutto sulle modalità dell'insegnamento e poco o niente su quello che debbono insegnare. Perciò, i tempi sono molto stretti, io raccomanderei veramente di puntare alla laurea specialistica come titolo di accesso all'insegnamento, perché non ci si può, — è stato anche sottolineato ma lo voglio ribadire —, non ci si può autaggiornare per quello che accadrà nei prossimi 30 anni se non si hanno delle solidissime basi culturali che il triennio non può dare. Detto questo per quanto riguarda l'insegnamento nella scuola secondaria, io vorrei invece aggiungere qualche cosa per quanto riguarda l'insegnamento della Fisica nelle scuole, nelle Università e nelle Facoltà diverse dal Facoltà di Scienze. Abbiamo qui fra noi uno dei Vicepresidenti della SIF che insegna in una Facoltà di Ingegneria, e anche lei ha potuto verificare che questa riforma del tre più due è andata a notevole scapito delle materie di formazione, delle materie di base, in particolare della Fisica, perché gli ingegneri mentre hanno nei confronti della matematica un certo complesso di appartenenza, (si sentono un po' dei matematici mancati e quindi trattano la matematica con molta più discrezione) di fisica capiscono molto poco e inoltre risentono molto del fatto che i fisici sanno mettere le mani dove loro non le sanno mettere. Infatti, i fisici hanno una flessibilità, che ormai si sta rivelando in modo lampante vin-

cente anche a livello industriale. Molte industrie non esitano infatti a dire che un fisico vale più di un ingegnere per molte cose e sotto molti aspetti e questo mette gli ingegneri in posizione di contrapposizione. Naturalmente ne fa le spese l'insegnamento della Fisica. Per esempio a livello del Corso di Laurea d'Ingegneria Edile sono previsti un totale di cinque crediti per Fisica 1 e Fisica 2, il che significa 45 ore in tutto il corso di laurea fra lezioni ed esercitazioni. Questo dà un'idea di come viene affrontato quel problema.

Visto che le cose stanno così e visto che le aziende si sono rese finalmente conto che hanno bisogno di persone con il possesso di una cultura scientifica ad ampio spettro che consenta di offrire tempestivamente delle competenze, e di adattarsi anche ai cambiamenti, alle innovazioni che vengono fuori a getto continuo, io ritengo che i fisici si debbano proporre in un modo esplicito per far fronte a questa situazione.

In che modo? Tutti nostri i corsi di laurea in Fisica sono ormai pieni d'indirizzi, abbiamo l'indirizzo applicativo, l'indirizzo elettronico, informatico ecc. Dovremmo perciò concordare a livello nazionale un corso di laurea che prepari lo scienziato per il mondo produttivo, un corso con lo stesso titolo in tutte le Università in modo che sia ben chiaro quale è il prodotto che viene offerto. Prima lo forniva la facoltà di ingegneria: adesso non è più in grado di fornirlo, proprio perché gli ingegneri si sono arroccati su un mercato corporativismo, hanno accresciuto le loro ore di insegnamento che poggiano però su fondamenti d'argilla. Veramente la Facoltà di Ingegneria, da quella che era una facoltà che si poteva definire scientifica perché gli studenti avevano dietro le spalle un biennio solidissimo — tanto è vero che non sono pochi i laureati in ingegneria che poi si sono messi a fare i fisici anche con successo — si sta trasformando in una scuola per super-periti. Quindi c'è spazio per un nuovo corso di laurea in Fisica per l'industria perché proprio le aziende lo richiedono.

Come seconda cosa volevo fare dei commenti sulle iniziative editoriali su EPJ. Sono molto contento del successo finanziario, assai scontento del successo culturale nel senso che in questo Paese, non si capisce per quale motivo siamo affetti da americofilia, abbiamo dei complessi nei confronti degli U.S.A. Sta di fatto che a queste riviste di EPJ in cui, per altro, siamo trattati benissimo e come diceva prima Ricci sediamo a parità di diritti nei vari consessi, il contributo degli autori italiani è decisamente scarso. Nel caso di EPJ sezione B,

che è quella di cui io mi occupo, noi siamo effettivamente fra il 4 e il 5% di lavori pubblicati contro il 20% di tedeschi e 25-30% dei francesi. Quali sono le conseguenze? Le conseguenze sono che noi non possiamo di fatto essere molto ascoltati e quando si fa la politica, quando si stabiliscono delle nuove linee e delle nuove iniziative ci chiudono subito la bocca dicendo: Signori questa è la vostra esperienza come SIF, però si vede che non siete molto ascoltati dai fisici italiani. Quindi io credo che anche qui dobbiamo fare un'iniziativa forte, tanto più che le sezioni di EPJ si stanno moltiplicando.

Adesso ci sarà, come diceva Ricci, l'EPJ A, l'EPJ C. Dobbiamo assolutamente sensibilizzare in un modo direi pregnante gli autori italiani, che non dico non debbano più inviare lavori a Physical Review se lo considerano così vitale, però dovrebbero anche considerare che in questa iniziativa noi fisici italiani ci giochiamo molto di più di un «impact factor». I tedeschi stanno ottenendo o comunque stanno lavorando per ottenere un secondo ufficio editoriale dell'EPJ in Germania. Questa, se noi avessimo avuto un maggiore numero di contributi, sarebbe stata l'occasione ottima per farlo anche in Italia. Viceversa, siamo fuori gioco. Queste sono cose molto serie. Io prego appunto il Presidente di voler prendere iniziative concrete proprio in questa direzione per spingere gli autori italiani a mandare a EPJ una notevole percentuale dei loro lavori. Per esempio ben 100 articoli italiani appaiono ogni anno sul Journal of Applied Physics: sarebbero sufficienti a fare sostanzialmente un'altra rivista europea. Anche qui insomma bisogna fare un'azione congiunta fra tutti i Soci.

**G.-F. Bassani:** Per non dire l'enorme numero di articoli di autori italiani sul Physical Review Letters sul Physical Review e sul Nuclear Physics etc. Faremo di tutto, ed è nell'interesse della Fisica Italiana dare il proprio contributo allo European Physical Journal, che tra l'altro è una rivista estremamente selettiva, estremamente qualificata, e non ha niente da invidiare al Physical Review. Faremo il possibile per cercare di stimolare gli autori, anche gli autori italiani, a contribuire. Grazie.

Vorrei ora dare la parola al Professor Sciuti.

**S. Sciuti:** Volevo parlare rapidamente dell'insegnamento della Fisica nelle scuole e volevo chiedere se a livello di stimolo si fa o si potrebbe fare l'organizzazione di gare per classi che coinvolga anche come stimolo l'insegnante.

**R.A. Ricci:** Scusa se ti interrompo Sebastiano. Esistono le Olimpiadi della Fisica organizzate dall'AIF con la nostra collaborazione che partecipano poi alle Olimpiadi Internazionali della Fisica, le penultime sono state organizzate a Padova due anni fa e gli italiani si sono fatti abbastanza onore.

**S. Sciuti:** Ma io parlavo di una classe intera nel senso che anche il Professore è coinvolto.

**R.A. Ricci:** Esattamente in quel senso.

**S. Sciuti:** Si fa? Benissimo. Allora grazie.

**G.-F. Bassani:** La parola a Pucci.

**R. Pucci:** Già l'anno scorso era stato promosso, stimolato dalla SIF, un incontro in cui erano presenti numerosi Soci della Società Italiana di Fisica, il Presidente della Società Italiana di Matematica e quello di Chimica. In quella occasione era stato inviato al Ministero un documento a firma di tutti i tre Presidenti per sollecitare che si prendesse nella giusta considerazione l'importanza delle conoscenze di base. Quello che io vorrei ora, invece, sottolineare è il fatto che ci sono delle aggregazioni reali, anche all'interno del CUN, dove pur essendo presenti i rappresentanti dei fisici, dei chimici e dei matematici, questi sono stati spesso messi in minoranza dall'alleanza che si è venuta a formare tra i rappresentanti di altre aree. Questi aspetti della riforma devono essere presi in considerazione. Porto un esempio: Beni Culturali. Il Professor Sciuti che è stato uno dei miei maestri, ha svolto un'importante attività in questo settore, che ha visto un interesse sempre crescente da parte dei Fisici. Malgrado ciò, inizialmente era stata proposta una sola classe in Beni Culturali, di tipo letterario. Per mia iniziativa e di altri colleghi tra i Presidi della Facoltà di Scienze, è stata proposta una classe in Beni Culturali a carattere tecnologico. Le 42 classi presentate dal Ministero sono state ridotte dal CUN a 41, con la soppressione della classe in Beni Culturali a carattere tecnologico. Ci siamo coordinati con il Presidente della Conferenza dei Presidi di Scienze ed abbiamo tempestato le commissioni parlamentari di telegrammi, di fax eccetera, riuscendo a far reintrodurre la classe triennale a carattere tecnologico. Non è stata, tuttavia, inserita la corrispondente classe di secondo livello. Su questo punto si è erto contro di noi un muro, perché i fisici ed i chimici possono occuparsi, nel campo dei Beni Culturali, di restauro e di altri problemi tecno-

logici di basso livello, mentre i quadri dirigenziali devono essere affidati a letterati, persone di ampia cultura, non a carattere specialistico. Per quanto riguarda la classe in Scienza dei Materiali, da noi proposta, è stata introdotta soltanto quella di secondo livello, anche se la Prof.ssa Terzi si è levata in appassionante protesta supportate da me e da altri Presidi. Queste scelte, purtroppo, vengono effettuate non in base ad un dibattito di tipo culturale, ma in seguito a spinte ben precise a livello ministeriale e a livello del CUN. Qui non voglio dilungarmi, perché ci sarebbe molto da parlare, ma a proposito dei crediti vorrei ricordare che i Presidi della Facoltà di Scienze avevano insistito affinché i crediti affini, non caratterizzanti, non dovessero appartenere allo stesso ambito disciplinare di quelli caratterizzanti. I rappresentanti della Facoltà di Ingegneria, ad esempio, avevano detto che non c'era da preoccuparsi se la matematica e la fisica venivano ridotte ad una sola annualità nel primo triennio (dovendo la laurea essere a carattere professionalizzante, non si poteva fare troppa fisica o matematica).

Un'altra annualità di Fisica si sarebbe recuperata necessariamente nella laurea specialistica tra i crediti affini.

Tutto questo sembra essere stato profondamente cambiato nell'ultima versione dei decreti d'area, che spero venga modificata prima della pubblicazione sulla G.U.R.I., in quanto gli insegnamenti affini sono stati definiti come quelli «non citati tra i caratterizzanti». Ciò significa che si può organizzare, ad esempio, un corso di studio in cui si introducono tra gli insegnamenti caratterizzanti Fisica Generale e Struttura della Materia e tra quelli affini Fisica Nucleare ed Astrofisica, creando così un percorso formativo fortemente monotematico.

Credo che questo sia contrario allo spirito della Legge 509 sull'Autonomia e contrario ad un'esigenza di ampliamento culturale dove l'acquisizione del metodo scientifico è più importante dell'apprendimento di nozioni specifiche.

**G.-F. Bassani:** Certo dobbiamo essere ben consci di questi problemi. Adesso la parola a Nella Grimellini Tomasini.

**N. Grimellini Tomasini:** Io vorrei entrare un attimo nel merito di quanto è stato detto prima in materia di formazione iniziale degli insegnanti di Fisica. Prima di tutto per accogliere l'invito del Presidente a non entrare, in questa sede, nello specifico del problema e per ringraziarlo dell'impegno assunto di dedicare un tempo e un luogo opportuni per l'analisi e la

discussione del problema; in secondo luogo, come membro della SIF, per informare i colleghi che la stragrande maggioranza degli «addetti ai lavori» (cioè dei fisici che si occupano in maniera professionale di formazione iniziale degli insegnanti di Fisica e di ricerca nel campo della Didattica e della Storia della Fisica) è dell'opinione che la struttura «3 (laurea in Fisica) più 2 (scuola di specializzazione, da non confondere con laurea specialistica)» rappresenti la struttura più idonea alla formazione iniziale degli insegnanti della scuola secondaria. Questo anche in analogia a quanto è previsto per la formazione degli insegnanti della scuola di base. Ritornando agli insegnanti della scuola secondaria, a completamente dell'informazione fornita, vorrei aggiungere un suggerimento: non parliamo solo in termini di anni, per favore, non mi sembra infatti culturalmente fondato ragionare, *a priori* per molti dei non addetti ai lavori, solo in termini di «3 più 2 più 1» o «3 più 1 più 2», ecc., ma ragioniamo in termini di scelte culturali di base, di profilo professionale, di obiettivi, di contenuti, di metodi di lavoro. Mi auguro che il Presidente mantenga, presto, la sua promessa e che, in quella occasione, si possa lavorare nell'ambito di questa prospettiva. Grazie.

**G.-F. Bassani:** Molte grazie. Adesso la parola a Giorgio Salvini. Poi abbiamo Battiston, Conte e Bartolino.

**G. Salvini:** Questa mattina abbiamo avuto un incontro dedicato alle particelle elementari. Eravamo «quattro gatti». Molti dei maggiori responsabili della fisica delle particelle elementari non si sono visti, meno la nostra Milla Ceolin, pochi altri e me. La cosa è piuttosto significativa o grave, se consideriamo tutto lo sforzo che il nostro Paese ha fatto sulle particelle elementari ed i problemi enormi che si accendono adesso. Ad esempio la chiusura di LEP (il grande anello di elettroni e positroni del CERN) è un problema che dovrebbe essere sentito anche nella nostra Società Italiana di Fisica.

Insomma, nel programma di questo Congresso mi sono mancate un po' le particelle: o non sono stati invitati i fisici delle particelle, oppure se sono stati invitati non sono venuti. Io voglio soltanto dire che su questa strada ci possono essere elementi suicidi nella Fisica stessa. Questo può essere molto grave, e si ricollega a quanto dicevano Paoletti e Ricci, e quanto diceva Bassani per la partecipazione alle riviste.

Insomma, Iddio acceca chi vuol perdere. Stiamoci attenti.

**G.-F. Bassani:** Concordo pienamente con queste osservazioni. Cerchiamo di fare il possibile per migliorare la situazione e facciamo anche un'opera di persuasione presso molti nostri colleghi perché sentano maggiormente la responsabilità di avere un dialogo con gli altri colleghi, di presentare i loro risultati anche alla SIF e non soltanto lottare per acquisire fondi per la ricerca.

**R.A. Ricci:** Io sono d'accordo con te. L'unica cosa che ti posso dire è questa: essendo stato io responsabile, della Sezione I. Essa accorpa fisica nucleare e subnucleare cosa sulla quale io ripeto, di non essere d'accordo, perché tutta la Fisica dell'INFN a mio parere viene concentrata e adensata. In ogni caso le sezioni sono comunque da sdoppiare, perché il numero di comunicazioni e di relazioni è altissimo e quindi non ne vedo la necessità, però questo forse è un commento marginale. Quello che volevo dire è questo. Sono d'accordo con te che l'Intelligenza della fisica subnucleare, forse anche della nucleare, però un po' meno, non è molto presente qui, però devo dire che c'è stata una relazione in fisica delle particelle, ci sono state sezioni per esempio quella di stamattina mi sembra, presieduta da Cifarelli, con dei giovani molto bravi, se non viene la grande Intelligenza a un certo punto diamo spazio ai giovani, quindi il settore è vivo e non dobbiamo essere pessimisti da questo punto di vista. Sono invece d'accordo con te sul fatto che un certo snobismo esiste, ma manca un po' di quella che io chiamo «umiltà culturale», che potrebbe servire a fare in modo che anche i giovani vengano meglio istruiti sul modo di partecipare alla vita della comunità scientifica pubblicando nelle riviste che sono a loro offerte, cui anche la SIF o la Comunità Italiana partecipa, e non credere che per esempio pubblicare un articolo sul *Physical Review* sia molto più importante, faccia fare molto più carriera che non pubblicarlo sul EPJ. Per il resto sono d'accordo.

**G.-F. Bassani:** È il turno di Battiston.

**R. Battiston:** Io vorrei fare una domanda a Ricci sulla questione della fusione con EPJ, a me interesserebbe sapere, al di là di quante posizioni sono garantite all'interno delle varie Editorial Board, come funziona in termini pratici e economici il ritorno generato, cioè gli accordi alla base della fusione relativamente al ritorno economico. Cioè, SIF riceve in base agli abbonamenti italiani oppure una percentuale? Questo è il tipo di informazione che vorrei avere.

**R.A. Ricci:** C'è una percentuale a contratto che può essere vista di volta in volta. Su EPJ B e D noi partecipiamo con una percentuale dell'ordine del 15%. Su EPJ A partecipiamo con una percentuale dell'ordine del 30%. L'EPJ C è ancora completamente gestito da Springer, ma è una cosa che potrà essere riveduta. Non è proporzionale ne' agli abbonamenti ne' ai contributi perché se fosse così noi dovremmo essere trattati un po' peggio di come siamo trattati. Certi ritorni si verificano anche in altre cose, per esempio la composizione di tutta la parte relativa all'EPJ A viene fatta a Bologna e per questo Bologna riceve naturalmente le Royalties necessarie, come per EPL. E Bologna che fa la composizione e poi Les Editions de Physique fa la distribuzione. Analogamente per quello che riguarda l'EPJ B e D, cioè la partecipazione nostra e quella del vecchio Nuovo Cimento D, avviene con uno «sharing» tra Les Editions de Physique e la nostra redazione di Bologna, per quel che riguarda tutta la parte relativa alla pubblicazione della rivista.

**R. Battiston:** Grazie. La seconda questione che volevo sollevare riguarda quanto abbiamo detto della formazione in Fisica, Matematica e Chimica, del triennio di ingegneria e del biennio successivo. Secondo me lamentarsi è un po' tardi. Esiste una legge che ormai è approvata in modo definitivo, occorre usarla, quindi è molto importante che sia fornita l'informazione più precisa e corretta possibile. Io credo che ci sia lo spazio di manovra nel biennio, anche a Ingegneria, per introdurre materie di base di tipo fisico con un attimo di fantasia, immaginazione, modernità rispetto ai contenuti, rispetto a semplicemente a un mantenimento e una continuazione di Fisica I, Fisica II, comunque ridotta in orario. Dico questo perché questo è un punto che spesso sento trascurato al punto tale che alcuni colleghi non sono al corrente del fatto che quando si parlerà del programma del secondo biennio, della laurea specialistica, ci sarà questo spazio che ridarà una buona parte del numero di ore che si sono perse nella stesura dei programmi del triennio. Questo è un punto, secondo me, molto importante su cui vorrei che la Società contribuisse con chiarezza e informazione precisa, perché ne va proprio della decisione su cosa fare nel triennio e su come organizzare il biennio.

Infine l'ultimo commento. Si è parlato tanto della scuola secondaria, mi domando se ogni tanto qualcuno di noi legge i testi di Fisica che vengono usati nei Licei e nei Ginnasi e quando li legge cosa ne pensa. Perché c'è un

livello di contenuti che fa paura. Allora, io invito la Società di Fisica a farsi promotrice e indicare quelli che sono un po' meno peggio o un po' meglio degli altri per cercare di rompere un meccanismo che è puramente di commercio editoriale. Non dico scrivere testi nuovi, che come sappiamo non è una cosa banale, ma almeno far capire che stiamo attenti al contenuto dei testi della scuola superiore che in alcuni casi è veramente obbrobrioso. Infine, ricordo che oggi c'è il la chiusura di LEP a cui si deve il fatto che buona parte dei partecipanti dell'Intelligenza testè menzionata non sono presenti a Palermo. Questa coincidenza fra la SIF e la chiusura di LEP chiaramente non ha aiutato quel processo di partecipazione che ovviamente è benvenuto, non voglio giustificare nessuno, ma è una coincidenza molto negativa.

**G.-F. Bassani:** Adesso viene Conte. Volevo, però aggiungere che bisogna cercare di favorire la creazione di qualche manuale per le scuole anteriori al liceo, cioè la scuola primaria e il biennio. Per questo mancano completamente testi e programmi, lì c'è spazio per far qualche cosa di nuovo. Di testi liceali ce ne sono di buoni e ce ne sono di meno buoni. Adesso non è che si possa fare una graduatoria, però bisognerebbe spargere la voce sulle necessità della Scuola dell'obbligo. La parola a Conte.

**L. Conte:** L'Associazione Italiana di Fisica in Medicina (AIFM) ha tenuto, come ricordava prima il Prof. Bassani, il suo primo Congresso a Firenze nel giugno '99. Il numero di fisici iscritti alla AIFM è compreso fra i quattro e i cinquecento. Nella maggior parte dei casi si tratta di fisici con specializzazione in Fisica Sanitaria che operano in ospedali pubblici o privati; c'è una quota minore di fisici ambientali e di universitari che svolgono attività di ricerca e didattica in Fisica Medica. L'auspicio è che ci sia una maggior partecipazione in particolare di fisici provenienti dalle Università e dai centri di ricerca. I principali settori di attività riguardano i campi della radioterapia, della radioprotezione, della diagnostica per immagini in radiologia, medicina nucleare, risonanza magnetica ed ecografia. L'Associazione dispone di una rivista che è «Fisica Medica» diretta da Alberto Del Guerra e di un notiziario diretto da Giampiero Tosi, è articolata in gruppi regionali e interregionali che quest'anno hanno tenuto i loro convegni, ha una scuola superiore di Fisica in Medicina, dedicata a Piero Caldirola, che funziona da circa 10 anni e ha sede a Como presso il Centro Scientifico «A. Volta», ed è asso-

ciata alla Federazione Europea delle Associazioni di Fisica in Medicina (EFOMP) e alla Federazione Mondiale di queste Associazioni (IOMP). Il prossimo Congresso si terrà a Brescia nel giugno del 2001.

Come ha ricordato prima il Presidente vi è l'esigenza e la volontà di stringere maggiormente rapporti con la SIF che consideriamo un po' come l'Associazione Madre. Ci sono due motivi fondamentali. Il primo è che la professione del fisico che opera nelle strutture ospedaliere richiede per legge oltre alla laurea la specializzazione in Fisica Sanitaria. Nel nuovo ordinamento la specializzazione ha una durata quadriennale compreso un periodo di tirocinio nelle strutture sanitarie di almeno due anni. Si tratta un corso di studi piuttosto impegnativo per poter svolgere un'attività che comporta delle responsabilità in campo clinico e che richiede anche uno sviluppo della formazione continua e stimoli per lo svolgimento di attività di ricerca. Perché questo possa avvenire un rapporto più stretto con il mondo della fisica in generale e con la SIF è fondamentale. Il secondo motivo è quello di portare avanti con l'aiuto della SIF delle istanze che potremmo definire di carattere istituzionale. Il Presidente ha ricordato che esistono problemi di riconoscimento della professione del fisico sanitario a cui si associa il problema delle Scuole di Specializzazione in Fisica Sanitaria. In questo periodo ci sono state varie riunioni indette dai Direttori delle scuole per discutere di questo problema. Ritengo anch'io che sia importante che il livello scientifico dei fisici che operano in questi settori sia mantenuto elevato. La AIFM ritiene che un fisico che andrà a operare nel campo della Sanità con la qualifica di fisico specialista, abbia alle sue spalle una laurea specialistica (3+2), preferibilmente con indirizzo in Fisica Medica, e quattro anni di specializzazione che possono anche essere ridotti a tre se si tiene conto di eventuali crediti maturati durante la laurea specialistica. Riteniamo che questo sia importante tenendo anche presente che questi fisici si inseriscono nelle attività sanitarie con il ruolo di dirigenti e sono anche pagati bene a differenza dei dottorandi o degli stessi ricercatori universitari. Un fisico dirigente, appena assunto, possiede già i titoli per dirigere un servizio di Fisica Sanitaria. Infatti nelle strutture sanitarie non esiste più una carriera articolata come in precedenza nelle figure del primario, dell'aiuto e dell'assistente ma un livello unico di dirigente. Perciò credo che un iter formativo anche molto impegnativo sia in questo caso giustificato. Aggiungo poi, per dare un'ulteriore in-

formazione, che proprio in questo periodo c'è una forte richiesta di fisici specialisti, il cui un numero sembra insufficiente, e cominciano a esserci richieste anche da parte delle industrie di fisici che abbiano una preparazione in Fisica Medica.

**G.-F. Bassani:** Molte grazie. Queste sono buone notizie che provvederemo a divulgare. La parola a Bartolino.

**R. Bartolino:** Sono Roberto Bartolino, Preside della Facoltà di Scienze dell'Università della Calabria, e non è per vezzo che lo dico ma è per dare qualche numero sul disastro che stiamo vivendo acquisito in modo diretto. In particolare poi sono Segretario della Conferenza dei Presidi di Scienze e quindi vi volevo dare questo dato. Quest'anno, se il trend si mantiene, il numero degli iscritti al primo anno di Fisica sarà il 55% di quello che era 5 anni fa. In certe Università, i fisici saranno ridotti a essere una consorzeria di servizio per il resto dell'Università, non potranno più avere un ruolo specifico perché non ci sono studenti. In particolare, nella mia Università, per 18 anni abbiamo avuto tra 60 e 50 studenti con un numero chiuso, poi è cominciato un declino, 4 anni fa abbiamo avuto 35 studenti, quest'anno ne abbiamo 18. Con un salto tre anni fa quando abbiamo organizzato, insieme con l'INFM, la mostra «Impara giocando», in 16 giorni di mostra, abbiamo ricevuto 6.000 giovani, dalla scuola materna fino al liceo, in una città come Cosenza, che in totale ha 80.000 abitanti. L'anno seguente dai 35 studenti in Fisica siamo risaliti a 50 per poi ricominciare il declino dei 40, 30 e 18 di quest'anno. La morale di questa favola è che ci stiamo estinguendo, rischiamo grosso. Però qualcosa forse si può fare, la nostra esperienza è una dimostrazione che anche un qualcosa di puntuale può dare un risultato immediato. Solo che quel qualcosa di puntuale è costoso in termini non solo economici ma anche di sforzo umano. Immaginate tenere aperta per 12 ore al giorno una mostra di giochi di fisica con la superconduttività, con tante altre cose, questo ha implicato la collaborazione di un centinaio di persone di cui una ventina erano lì praticamente in permanenza. Per prima cosa la Società di Fisica probabilmente deve pensare di investire in questo settore che ha una brutta parola: marketing. Un marketing quindi che deve avere degli obiettivi a tempi medio-brevi, e uno a tempi medio-lunghi. Quello a tempi medio-lunghi ovviamente sono quelli che riguardano la formazione, cioè noi fisici dobbiamo dedicarci di più alla scienza della formazione primaria e alle scuole di

specializzazione campi nei quali in molte Università stanno succedendo delle cose di basso livello: c'è veramente un mercato dei crediti nelle scuole di specializzazione. Queste sono cose che noi pagheremo. Abbiamo bisogno di un marketing anche in tempi medio-brevi, questa qui delle mostre è un'idea, ma non è soltanto questo. Bisogna aprire il fisico verso altre professioni, ma non basta, bisogna pubblicizzare questa apertura, bisogna far vedere che i fisici già attualmente non sono disoccupati e possono andare ad occupare degli spazi della Società in cui fino ad ora non erano particolarmente presenti. Quindi i Beni Culturali, compresa l'accezione che diceva prima Pasquale Tucci, l'ambiente, la sanità e ovviamente l'industria. Per esempio quest'anno noi stiamo già applicando la riforma, applichiamo già il tre più due sotto la veste della vecchia legge, però faremo ad esempio tre indirizzi di cui uno si chiama Fisica Applicata per l'Industria, e un altro che si chiama Fisica per l'Ambiente e la Sanità, dove l'accezione ambiente deve andare fino all'agroalimentare, perché i fisici sono quelli che sono in grado di fare modellizzazione di sistemi complessi per sistemi territoriali ad esempio, non è il fisico classico e non è il ricercatore di laboratorio a cui siamo abituati, però, probabilmente, solo il fisico è in grado di costruire questi modelli.

L'allargamento del nostro campo di intervento ad esempio in Fisica Sanitaria o nei Beni Culturali, però non può essere neanche lasciato completamente alla libera iniziativa delle Università né delle singole associazioni la SIF in qualche modo deve dare un accreditamento nazionale a queste cose nell'ambito della Fisica, deve cercare di dare un coordinamento. Quindi, diciamo per concludere, c'è bisogno da parte della SIF di questa «commissione marketing» che agisca sui media in tempi brevi perché c'è lo spazio, che agisca in tempi medi per creare delle iniziative che abbiano risonanza territoriale e in tempi medio-lunghi per creare nuove professionalità e pubblicizzare anche questo.

**G.-F. Bassani:** Grazie. Vorrei aggiungere, cosa che era già stata suggerita, che bisognerebbe fare uno sforzo per essere più presenti nei mezzi di comunicazione di massa. È abbastanza importante che la Fisica, attraverso la Storia della Fisica, attraverso la pubblicizzazione dei risultati delle possibilità della Fisica, compaia nei giornali, nei settimanali, dove possibile. Come diceva Bellone. Tutte le cose qui dette verranno naturalmente tenute presenti. Grazie. La parola alla Professoressa Rinaudo.

**G. Rinaudo:** Vorrei riprendere due punti che sono stati sollevati nella Relazione del Presidente e toccati brevemente da alcuni degli interventi precedenti e che riguardano il problema dell'insegnamento della Fisica nella Scuola di base e nella Scuola Secondaria.

Il primo punto riguarda il problema dei curricula di Fisica che si stanno definendo in questo periodo per la Scuola Secondaria e la Scuola di base. C'è la Commissione Ministeriale a cui ha fatto riferimento il Presidente nella sua relazione: sono contenta di apprendere che il nostro Presidente ne fa parte, però ritengo che sia assolutamente urgente sapere quale è lo stato del dibattito in questo momento, perché manca qualunque informazione. In quale direzione si sta muovendo la Commissione? A che cosa si sta pensando per l'insegnamento della Fisica? Voglio segnalare che la situazione è alquanto diversa per la matematica. Io lavoro in continuazione in contatto con colleghi di matematica nella Scuola di Specializzazione per l'Insegnamento Secondario, da loro l'informazione c'è, hanno formato commissioni a cui partecipano universitari e docenti di scuola secondaria e, in stretta collaborazione, hanno fatto delle proposte e le stanno mandando avanti in modo coordinato. Ritengo la mancanza di informazioni negativa per due motivi: primo perché, dalla base, credo che possiamo dare qualche indicazione che può aiutare anche il Presidente nel suo lavoro di rappresentanza nella Commissione; secondo, perché noi abbiamo bisogno di sapere in quale direzione muoversi. Nei prossimi mesi infatti, ogni sede universitaria dovrà programmare i corsi per la formazione degli insegnanti nella laurea specialistica o nelle Scuole di Specializzazione e tale informazione sarà utile. Quindi, solleciterei il Presidente che trovi il modo per farci arrivare queste informazioni e soprattutto per aprire il dibattito. L'occasione potrebbe essere quella giornata a cui si accennava prima, in cui discutere sia la Scuola di Specializzazione sia il problema dei curricula.

L'altro punto che vorrei sollevare, che mi sembra anche abbastanza urgente, è il problema della formazione degli insegnanti per la futura Scuola di base. Anche qui stanno succedendo delle cose che rischiano di essere senza possibilità di ritorno. Attualmente, la formazione dei futuri insegnanti di scuola primaria è affidata al Corso di Laurea in Scienze della Formazione Primaria della Facoltà di Scienze della Formazione. Nel corso di laurea sono previsti alcuni insegnamenti di area scientifica, fra i quali anche alcuni di Fisica. A Torino, ad esempio,

abbiamo due corsi di 30 ore ciascuno, al secondo e al quarto anno: le ore non sono molte, ma sufficienti per dare un minimo di alfabetizzazione di Fisica a questi che saranno i futuri maestri. Pensare di poter incidere sulla formazione scientifica dei bambini della scuola primaria, senza formare gli insegnanti, mi sembra velleitario, quindi dobbiamo preoccuparci di come formiamo questi futuri insegnanti. Non si sa bene che cosa succederà di questo corso di laurea nel riordino delle lauree universitarie (triennali e specialistiche). Le previsioni più pessimistiche, basate sull'attuale tabella della classe dei corsi di laurea di Scienze dell'Educazione e della Formazione (classe XVIII), fanno temere un drastico ridimensionamento degli insegnamenti di area scientifica. Quale è l'alternativa? O cercare di intervenire in qualche modo, perché ci sia una tolleranza, all'interno della classe XVIII, nei riguardi del corso di laurea per la formazione dei futuri insegnanti, oppure cercare di istituire noi, nella Facoltà di Scienze MFN, un corso di laurea, chiamiamolo di «Scienze Integrate», dedicato alla formazione degli insegnanti di area scientifica della scuola di base (avendo in mente l'attuale insegnante di Scienze della Scuola Media Inferiore, con un'estensione verso la scuola elementare). Però, per far questo, ci vuole un coordinamento fra i fisici delle diverse sedi universitarie, anzi fra tutta l'area scientifica. Finora ci siamo mossi in ordine sparso, a livello di chiacchierate fra amici, però sarebbe estremamente utile che la SIF si facesse promotrice di un'azione di coordinamento a livello nazionale.

**G.-F. Bassani:** La ringrazio molto, la pregherei di mandare qualche cosa su questo tema eventualmente da pubblicare sul Nuovo Saggiatore. Per quanto riguarda l'informazione, devo dire che le riunioni che sono state fatte fino adesso sono state parecchie e hanno praticamente riguardato principi generali e non siamo riusciti, nonostante i miei sforzi, a entrare in quella che una volta si chiamava la discussione dei programmi, anzi parlare di programmi è una cosa blasfema in quell'ambiente. Si può parlare solo di questioni generali alle riunioni della Commissione, che è costituita da circa 100 membri. I programmi li abbiamo anche noi, li abbiamo fatti insieme all'AIF, sono stati trasmessi al Ministero e daremo informazioni maggiori su di essi.

**G. Rinaudo:** A me sembra che la SIF abbia fatto un errore a delegare tutto il problema dell'insegnamento alle scuole secondarie all'AIF. Abbiamo delegato troppo, dobbiamo ristabi-

bilire un contatto maggiore con l'AIF e lavorare insieme.

**G.-F. Bassani:** Infatti è quello che stiamo facendo; abbiamo fatto la convenzione con il Ministero in cui si dice che la SIF coordina l'attività dell'AIF e dell'Associazione Astronomica nel preparare queste attività da presentare al Ministero. Quindi l'AIF ha preparato molte cose, però deve coordinarsi con noi.

**G. Rinaudo:** Questo mi fa piacere.

**G.-F. Bassani:** Adesso a Milazzo tra poco ci sarà la Tavola Rotonda con la partecipazione di l'AIF e SIF, comunque su tutte queste cose il dibattito è aperto. La ragione per cui penso che la situazione sia un po' difficile è che nell'ambiente della Commissione Ministeriale c'è una prevalenza di teorici dell'insegnamento in senso lato con cui è difficile entrare nel concreto. Parlano tutti molto bene però quando si chiede di illustrare che cosa si deve insegnare, si chiude una porta e tutti dicono: «allora lei vuole parlare di programmi, e questi non sono all'ordine del giorno». Questo è a volte un po' demoralizzante, ma troveremo comunque modo di farci sentire. Adesso la parola a Stefanini.

**A. Stefanini:** Sarò molto breve visto l'ora tarda, ma il mio breve intervento è stato richiamato da un commento del Professor Salvini sulla modesta presenza della Fisica delle particelle elementari, e a questo commento devo aggiungere che non solo i capi erano assenti, ma erano assenti anche molti dei giovani. Infatti tanti degli interventi prenotati non sono stati tenuti. Questa modesta presenza è tipica anche della fisica nucleare. Io ho girato diverse aule che ho trovato abbastanza vuote, poi stranamente la Cenerentola della Fisica, la Fisica Medica, ha tutte le aule piene, un sacco di giovani che sono stati mortificati a dover fare i loro interventi in tre minuti. Non voglio fare polemiche di nessun tipo, però la SIF dovrebbe stare un pochino più attenta a questo tipo di cose. Ci sono dei trend, e dal mio modesto osservatorio, che è diverso da quello molto ampio di cui parlava Bartolino, vedo un crollo, insieme a quello degli studenti, dell'interesse dei giovani verso la fisica delle alte energie. Un modesto calo verso la struttura della materia, ma una certa crescita verso la fisica medica, l'ambiente, l'elettronica e cose di questo genere. La Fisica dovrebbe farsi interprete di queste tendenze, o almeno non dovrebbe ignorarle completamente, anche perché questo crea queste strambe cose: crea la nascita di queste Società di Fisica che non sono

più la SIF, ma sono un pochino più corporative, un pochino meno importanti scientificamente. Esse nascono da disattenzioni e disinteressi della SIF e questa è una cosa a cui bisogna stare attenti. Voglio fare qualche commento ancora sulla questione che Bartolino ha espresso con cifre che fanno pensare, quel 55% di studenti di 5 anni fa è veramente una cosa grave, anche perché, io conosco la situazione di Pisa, la cosa è durissima, e gli equilibri vanno nel senso di posti cancellati. Ogni due anni ci sono i riequilibri e uno dei parametri più importanti è il numero degli studenti. Quindi non ci illudiamo, ancora per qualche anno potremo fare qualche concorso, prendere qualche allievo, poi piano piano andiamo via e non veniamo rimpiazzati. Però non mi starei a stracciare troppo le vesti sulla questione che dichiarava il Professor Paoletti sulla poca Fisica che viene fatta a Ingegneria. Ognuno si impicca con la sua corda. Se gli ingegneri faranno un ingegnere peggiore, noi potremo fare forse la concorrenza agli ingegneri e per fare questo abbiamo bisogno di molti più docenti. Finora, la Fisica ha riprodotto se stessa, il nostro maggior goal è sempre stato quello di riprodurre degli ottimi ricercatori in fisica, e solo per caso facciamo dei fisici interessanti per l'industria o per altre cose. Adesso se noi vogliamo sopravvivere dobbiamo continuare su questa strada, ma in più dobbiamo allargarci. Dobbiamo andare a mordere nei pascoli degli altri e per far questo avremo bisogno di docenti, avremo bisogno di persone. Come diceva Bartolino tre indirizzi costano sangue, anche più della mostra sulla superconduttività. Sui corsi servizio perderemo, ed è certo che è una pia illusione, «wishful thinking» avere altri posti a Ingegneria, a Medicina, a Agraria, a Veterinaria o dove vi pare. Tutti i professori di Fisica veranno, se riusciremo a moltiplicare la nostra offerta didattica. Quindi a tempi brevi io non vedo grossissimi problemi. Stiamo giocando una grossa scommessa; o ce la facciamo ad allargarci oppure facciamo una dignitosa fine con buona pace di tutti. Grazie.

**G.-F. Bassani:** Molte grazie. È un'osservazione giustissima. Cerchiamo di fare il possibile anche nello stabilire i programmi e le offerte che faremo ai futuri candidati al corso di laurea in Fisica, e sarà bene anche migliorare e aumentare la pubblicità sui giornali, sulle riviste e anche nelle scuole in tutte le forme che sono state suggerite. Grazie. Per quanto riguarda quello che dicevi prima sulla Fisica Medica, cerchiamo di fare il possibile; dove si sbaglia poi si cerca di correggere.

**L. Cifarelli:** Vorrei a questo punto fare due precisazioni. La prima è che la sessione di Fisica Nucleare e Subnucleare di stamattina, da me presieduta, ha radunato un pubblico di una cinquantina di persone. Tipicamente un buon numero per una sessione parallela dei nostri Congressi SIF. Certo non erano presenti i «grandi della terra», malgrado il tema: i nuovi risultati di LEP sui candidati eventi di Higgs, con conseguente discussione sulla prossima chiusura di LEP. Ma erano presenti molti giovani, nessuno dei previsti relatori è mancato all'appello e il tempo riservato alle numerose comunicazioni è stato appena sufficiente. Queste cinquanta persone sembravano indubbiamente poche («quattro gatti») nella vasta e bella Sala dei Baroni che ospita la Sezione I durante l'intero Congresso e che ci ospita attualmente. Viceversa, in un'altra delle aule più piccole, le stesse cinquanta persone (di cui magari alcune in piedi) avrebbero fornito un effetto ben diverso. In secondo luogo vorrei precisare che nutro da sempre una profonda considerazione per le varie discipline di Fisica diverse da quella che io professo, ossia la Fisica Subnucleare. Ritengo tuttavia che l'attuale crisi della Fisica in generale e il calo degli studenti di Fisica non siano da imputare alla mia sola disciplina. Sicuramente i tempi sono cambiati, così come le condizioni al contorno. Il messaggio da dare è che Fisica non vuol dire Fisica Subnucleare e basta, bensì anche («anche» ma non «soltanto») Fisica della Materia, Fisica dell'Ambiente, Fisica Medica, etc.

**G.-F. Bassani:** D'accordo, siamo d'accordo, senz'altro.

Desidero anche segnalare il fatto che da un po' di tempo non viene proposta una scuola di Varenna sulla Fisica delle particelle elementari. I corsi del 2001 sono già assegnati, ma almeno per il 2002 sarebbe auspicabile una proposta di Scuola di Varenna sulle particelle elementari.

**L. Cifarelli:** È in arrivo sul neutrino la proposta per il 2002.

**G.-F. Bassani:** Benissimo, buona notizia. A questo punto abbiamo concluso gli interventi, abbiamo detto le cose essenziali che desideravamo dirvi, cercheremo di lavorare anche l'anno prossimo nell'interesse di tutti, tenendo conto di tutte le osservazioni fatte e chiedo quindi ai presenti di approvare la Relazione del Presidente. Chi è favorevole alzi la mano? Chi è contrario lo dica? Così chi si è astiene? Chi è contrario parli adesso o taccia per sempre. La Relazione del Presidente è approvata. Grazie.

MIGLIORI COMUNICAZIONI PRESENTATE AL LXXXVI CONGRESSO NAZIONALE  
DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

Palermo, 6-11 ottobre 2000

SEZIONE 1

*Fisica nucleare e subnucleare*

Primo Premio

DI PIETRO Alessia  
INFN, Laboratori Nazionali del Sud,  
Catania, Department of Physics and  
Astronomy, University of Edinburgh  
«Studio della reazione  ${}^6\text{He} + {}^{64}\text{Zn}$  ad  
energie intorno la barriera Coulom-  
biana»

PARAMATTI Riccardo  
Dipartimento di Fisica, Università di  
Roma «La Sapienza»  
«La fisica del bosone W a LEP200»

Secondo Premio

TURRISI Rosario  
Dipartimento di Fisica, Università di  
Padova  
«Il charm e le prestazioni del rivelatore  
a pixel di ALICE»

CIRILLI Manuela  
CERN, Ginevra, Svizzera  
«Una nuova misura della violazione  
diretta di CP ottenuta dall'esperi-  
mento NA48»

Terzo Premio

COLANTONI Marialaura  
Dipartimento di Fisica Generale,  
Università di Torino  
«Nuovi dati sulle osservabili di spin  
nella produzione esclusiva di iperoni  
a DISTO»

BONACORSI Daniele  
Dipartimento di Fisica, Università di  
Bologna  
«Misure di QCD a LEP2 con il rivelatore  
OPAL»

SEZIONE 2

*Fisica della materia (materia condensata, atomi, molecole e plasmi)*

Primo Premio

OLIVA Cecilia  
Dipartimento di Fisica «E. Amaldi»,  
Università di Roma III  
«Influenza di un soluto non polare  
sulla struttura microscopica dell'acqua  
sopracritica»

POLIMENI Antonio  
Dipartimento di Fisica, Università di  
Roma «La Sapienza»  
«Ruolo dell'azoto nelle buche quanti-  
che di InGaAsN»

Secondo Premio

LORINI Luca  
Dipartimento di Elettronica, Politec-  
nico di Torino, Istituto Elettronico  
Nazionale «Galileo Ferraris, Torino»  
«Realizzazione di un campione prima-  
rio di frequenza in Italia»

VENUTI Valentina  
Dipartimento di Fisica, Università di  
Messina, INFN, Unità di Messina  
«Studio della dinamica diffusionale e  
vibrazionale dell'acqua confinata in  
matrici nanoporose mediante IQENS  
ed IINS»

Terzo Premio

RIZZUTO Lucia  
Dipartimento di Scienze Fisiche ed  
Astronomiche, Università di Palermo  
«The spectrum of the Lee-Friedrichs  
Hamiltonian»

MIGLIORE Rosanna  
Dipartimento di Scienze Fisiche ed  
Astronomiche, Università di Palermo  
«Rivelazione di deboli campi elettro-  
magnetici per mezzo di giunzioni Jo-  
sephson in regime mesoscopico»

SEZIONE 3

*Astrofisica e Fisica cosmica*

Primo Premio

IATÌ Maria Antonia  
Dipartimento di Fisica della Materia  
e Tecnologie Fisiche Avanzate, Uni-  
versità di Messina  
«The temporal evolution of interstel-  
lar dust»

Secondo Premio

CIRAMI Roberto  
INFN, Sezione di Trieste  
«NINA: rivelatore al silicio per lo  
studio della composizione nucleare e  
isotopica dei raggi cosmici»

Terzo Premio

BRIGIDA Monica  
Dipartimento di Fisica, Università di  
Bari, INFN, Sezione di Bari  
«Ricerca di sorgenti localizzate di  
raggi cosmici tramite l'apparato MA-  
CRO»

SEZIONE 4a

*Geofisica e Fisica dell'Ambiente*

Primo Premio

GIOSTRA Umberto  
ISIAtA del CNR, Lecce  
«Un modello misto Euleriano/La-  
grangiano per lo studio della disper-  
sione di inquinanti nello strato limite  
atmosferico»

Secondo Premio

SCHIPA Silvia  
ISIAtA del CNR, Lecce  
«Analisi wavelet di anisotropia in un  
flusso turbolento atmosferico»

Terzo Premio

COPPOLA Erika  
Parco Scientifico e Tecnologico  
d'Abruzzo, Università dell'Aquila  
«Previsione di fenomeni di precipita-  
zione tramite i campi di circolazione  
ed umidità utilizzati come input di reti  
neurali ricorrenti»

SEZIONE 4b

*Biofisica e Fisica Medica*

Primo Premio

ESPOSITO Rosario  
Dipartimento di Fisica, Università di  
Napoli «Federico II»  
«Risoluzione spaziale nella transillumina-  
zione laser risolta temporalmente: Confronto teoria del random walk  
e risultati sperimentali»

Secondo Premio

OLIVO Alessandro  
INFN, Sezione di Trieste  
«Tecniche di imaging innovative con  
un rivelatore multistrato di silicio e  
luce di sincrotrone»

Terzo Premio

VAIANA Sara M.  
INFN, Unità di Palermo  
«Variazione conformazionale e aggre-  
gazione di proteine: cinetica, reversi-  
bilità e interazione tra processi»

## SEZIONE 5

### *Elettronica e Fisica applicata*

#### Primo Premio

SCALAS Enrico  
INFN, Sezione di Torino  
«Resistività degli elettrodi di bachelite per gli RPC del trigger nello spettrometro per muoni dell'esperimento ALICE»

#### Secondo Premio

FLORA Francesco  
ENEA, Dipartimento Sviluppo Tecnologie di Punta, Frascati (Roma)  
«Sorgenti di radiazione EUV ( $h\nu \sim 100$  eV) da plasma per microlitografia in proiezione»

#### Terzo Premio

BISOGNI Maria Giuseppina  
INFN, Sezione di Pisa  
«Simulazione delle prestazioni spettroscopiche di rivelatori di raggi X a pixel di GaAs»

## SEZIONE 6

### *Fisica generale, didattica e storia della Fisica*

#### Primo Premio

GIANNETTO Enrico Antonio  
Dipartimento di Fisica «A. Volta», Università di Pavia  
«Giordano Bruno e la relatività del moto e del tempo»

#### Secondo Premio

GIORDANO Enrica  
Dipartimento di Epistemologia ed Ermeneutica della Formazione, Università di Milano Bicocca  
«Lamine e bolle di sapone: dal gioco ai principi di massimo e minimo»

#### Terzo Premio

GIUDICE Franco  
Dipartimento di Fisica «A. Volta», Università di Pavia  
«La fisica sperimentale a Pavia prima di Volta: lo scolio di Carlo Bartolotti»

### Commento di Ninni Messina sul Congresso di Palermo

Sulla base delle numerose attestazioni di stima e di compiacimento ricevute durante e dopo i lavori congressuali, penso di potere affermare che il bilancio complessivo della conferenza sia senza dubbio positivo. Il successo raggiunto testimonia la sinergia degli sforzi messi in campo da molti a cominciare da Ugo Palma, segretario scientifico del Congresso, che ci ha contagiato con la sua abilità nel coniugare entusiasmo e realismo. La mia gratitudine va comunque a tutti i colleghi di Palermo che hanno condiviso le tensioni e le fatiche organizzative dei mesi precedenti la conferenza, mettendo a disposizione del comitato tutto il loro impegno.

Quando ho accettato di avere cura — *primus inter pares* — di organizzare la conferenza del millennio della SIF, ero ben consapevole che per certi aspetti si trattava di una vera e propria sfida. Mi piace ricordare un esempio tra tanti: nelle prime riunioni mirate a far partire

la macchina organizzativa si esprimeva preoccupazione sia sulla possibilità di richiamare a Palermo «gli espositori», sia sulla possibilità di operare una raccolta di fondi adeguati all'occasione! Alla fine, tuttavia, determinazione e fantasia nel rendere il nostro miglior servizio alla Società Italiana di Fisica, hanno dato frutti insperati via via fugando tutte le preoccupazioni della vigilia.

Il congresso di Palermo ha infatti attratto non solo tanti Colleghi (oltre 600), anche stranieri, quanti non se ne vedevano da molti anni ai congressi della SIF, ma anche numerose Ditte ed Enti presenti per la prima volta a questi appuntamenti annuali. Di questo fatto ho naturalmente grande piacere ma un particolare motivo di orgoglio è l'entusiastica adesione del territorio palermitano e non soltanto dei suoi attenti Amministratori alla nostra iniziativa congressuale. Il coinvolgimento concreto di Ditte private nella Conferenza del Millennio della SIF significa infatti che il nostro lavoro di fisici, come ricercatori e co-

me docenti, è pienamente riconosciuto nel sociale come attività affascinante, utile e prestigiosa e dunque meritevole di sostegno.

Queste sono le motivazioni autentiche che ho raccolto per esempio dai responsabili di molte Ditte palermitane anche se molte di esse, per la loro specificità, non possono certo contare su ricadute di tipo diretto. Senza l'aiuto e l'incoraggiamento di tutto questo tessuto produttivo e vivace, così come senza l'illuminato e pronto patrocinio di tutti gli Enti ed Istituzioni locali e nazionali più sotto elencati, molte delle cose realizzate sarebbero rimaste solo bei progetti.

Voglio concludere con il più sentito ringraziamento a tutti i «compagni di cordata», inclusa la segreteria della SIF ed Eurocongressi, che hanno prestato il loro generoso aiuto nella realizzazione della Conferenza.

Sono lieto di condividere con tutti loro orgoglio e soddisfazione.

Ninni Messina  
*Università di Palermo*

*Come necrologio in ricordo di Guido Tagliaferri riportiamo la relazione presentata da Giorgio Salvini e Pasquale Tucci al Congresso di Palermo.*

## **GUIDO TAGLIAFERRI, FISICO, STORICO, UMANISTA.**

**Giorgio Salvini e Pasquale Tucci**

*Università di Roma «La Sapienza»*

Siamo stati vicini a Guido Tagliaferri in periodi diversi della sua vita e della sua attività di ricerca in fisica. Per questo Giorgio ricorderà il Tagliaferri fisico e Pasquale il Tagliaferri storico della fisica. Concluderà Giorgio con alcune considerazioni di carattere generale.

Sono qui, con un carico di vissute memorie a ricordare l'amico Guido Tagliaferri, di me coetaneo, scomparso l'1 settembre di questo anno 2000.

Una vita dedicata alla ricerca scientifica sperimentale nel campo della fisica ed alla ricerca delle origini del nostro sapere scientifico di oggi, all'insegnamento alle nuove generazioni ed ai valori del nostro umanesimo nella letteratura, nella filosofia, nella storia.

Tutto questo egli fece con raffinata intelligenza, con una interna fiducia nella nostra pur tormentata condizione umana. E, fatemi aggiungere, nella tranquilla convinzione che i pensieri ed i raggiungimenti sono materia di scambio, senza pretesa di alcun monopolio e senza alcun principio di autorità.

Guido Tagliaferri nacque a Roma nel 1920. Studiò alla scuola Normale di Pisa. Si laureò in fisica nel 1942, con una tesi ove fu relatore il Professor Luigi Puccianti, dal titolo:

«Ricerche spettroscopiche nel lontano infrarosso».

Venne a Milano da Pisa, per assumere una posizione di assistente del Professor Giovanni Polvani alla cattedra di Fisica Generale, a partire dall'1 Dicembre 1945.

La condizione dell'Istituto di Fisica di Milano negli anni 1943, '44, '45 era insieme disastrosa ed indomita. Giovanni Polvani, Carlo Salvetti, Antonino Mura ed altri, me compreso, avevano continuato a studiare, progettare, compiere ricerche teoriche. Altre persone ormai scientificamente affermate come Piero Caldirola, erano in continuo contatto con noi da Pavia. All'interno dell'Istituto c'era una atmosfera di ansia per le gravi vicende, ma di

fiducia reciproca. Quando, raramente, veniva una ispezione tedesca, il Professor Polvani, accompagnato dalle due laureande Costanza Catenacci e Bianca Radica, diceva che non c'era nessuno.

Non si riusciva sempre a concludere, ed era una meta difficile per ragioni pratiche la pubblicazione di un lavoro. Erano tempi cupi, in una Milano semidistrutta; ma non ne eravamo noi, i più giovani, i maggiori consapevoli. Non avevamo termini di confronto con gli anni precedenti, ben più presenti ai più anziani e già a Carlo Salvetti, entrato a Milano due anni prima di noi. I tempi intensi della scuola di Roma e di Fermi, dei successi nella spettroscopia, nelle ricerche di elettromagnetismo, di ottica, di fisica applicata, e dei rapporti teorici e sperimentali con i francesi, gli inglesi, i tedeschi. Avevamo stretti contatti con tutti gli istituti lombardi a cominciare dal Politecnico. Avevamo fiducia nella ripresa e operavamo per essa. Ricordo in particolare Carlo Salvetti, che fu il più valido, non l'unico contatto con le forze giovanili, partigiani e non, che credevano in un futuro del nostro paese.

Antonino Mura, Guido Tagliaferri ed io ci orientammo presto sulle ricerche con i Raggi Cosmici. Giuseppe Cocconi e Vanna Togliorgi avevano lasciato una ampia traccia di se con le ricerche sperimentali sulla natura degli sciami elettromagnetici e degli sciami estesi. Ricerche sistematiche che portarono questi autori rapidamente ad una fama italiana ed internazionale. Sicché noi cominciammo a lavorare su quelle tracce.

In quegli anni la fisica aveva fatto nel mondo passi giganteschi in avanti, con una nuova visione delle forze nucleari, che aveva esteso la teoria dei campi a tutta la fisica delle particelle. Era ormai quasi acquisito il pensiero che dovevano esistere particelle di massa intermedia tra il protone e l'elettrone, e che l'elettrodinamica negli sciami estesi ed in tutti i fenomeni di alta energia fosse il passo successivo di fenomeni nucleari primari. Perciò anche i nostri studi sulla radiazione cosmica si orientarono verso queste nuove viste. In particolare sapemmo, con qualche ritardo, degli sciami non elettronici che si studiavano in Inghilterra ed in America, anche entro gli sciami estesi nella radiazione cosmica. Era la cosiddetta componente penetrante, alla quale dedicammo varie ricerche negli anni 1945-1950.

Il primo lavoro nel campo della radiazione cosmica, di Guido Tagliaferri insieme ad Antonino Mura e a me fu, nel 1945–1946: «Osservazioni in Camera di Wilson sullo sparpagliamento laterale delle particelle negli sciami estesi».

Era un modo originale di osservare in coincidenza con i contatori di Geiger e Mueller la struttura minuta degli sciami estesi in Camera di Wilson.

Il nostro 1945–1947 fu un periodo di intensa, non dico frenetica, attività. Il lavoro che portò all'attenzione scientifica internazionale il nostro nascente gruppo (di Mura, di Tagliaferri e di chi scrive) fu: «*Presence of a penetrating component in extensive showers in the atmosphere*», pubblicato nel 1947 anche su *Nature*, dopo varie anticipazioni in Italia.

Un merito di questo lavoro fu quello di dimostrare che la cosiddetta componente penetrante non veniva soltanto dall'alto, ma era anche un continuo processo di sviluppi elettromagnetici e nucleari.

Un altro lavoro più esteso di Tagliaferri e Salvini fu pubblicato su riviste americane, come *Physical Review*: «*On the structure of the penetrating component of air showers*».

La serie di lavori di quel periodo portò il nostro gruppo ad una visione piuttosto nuova ed originale della componente cosiddetta non elettronica, della quale la nostra camera a nebbia illustrò le proprietà nucleari.

Il nostro odoscopio di contatori, che segnava con le luci riprese in fotografia l'evoluzione degli sciami, era uno strumento delicato. Io ricordo le due notti passate da me a Lago d'Inferno a sorvegliarlo, per scoprire che in certe ore la luce non era sufficiente a impressionare la pellicola, e tutto il quadro dei risultati appariva distorto. Mi sentii un po' disperato ed in crisi. Quando Guido arrivò, risolse il problema con un radicale riordino delle tensioni, ed il lavoro riprese in due giorni con piena fiducia nel nostro apparato. Egli era l'elettronico del nostro gruppo, e ricordo anche in quella occasione la sua calma, il suo tranquillo dominio sugli strumenti.

Il nostro caro Mura era il nostro sapiente per la camera di Wilson. Purtroppo egli morì di malattia poco dopo i trent'anni. Ci sono ricordi precisi e commoventi di lui ricercatore ed eccellente maestro nell'insegnamento, scritti da Giovanni Polvani e successivamente da Guido Tagliaferri (il quale era chiamato

amichevolemente tra noi, con una forzatura di tipo anglosassone, «*Cutiron*»)

Qui voglio ricordare, a conferma dell'unità di Milano e dei meriti degli anziani, il nostro arrivo al Lago d'Inferno. È chiaro che questa mia è una rievocazione a chiazze, senza continuità e rigore.

I raggi cosmici, particolarmente gli sciami estesi e le componenti nucleari, volevano una bassa pressione atmosferica, ed occorreva quindi andare ad altitudini elevate. Altri, Bruno Rossi, Giuseppe Occhialini usarono i cinquemila metri dell'America del Sud. Noi cercammo, con i limitati mezzi dell'immediato dopo guerra, le altezze vicine. Risultò conveniente una sede a Lago d'Inferno, in provincia di Bergamo, ad una quota di duemilaseicento metri. La trovò Polvani cercando tra i potenti degli impianti elettrici italiani, e forse su suggerimento di Carlo Salvetti, sempre amico e protettore di noi sperimentali. Era il punto alto di una diga elettrica, ormai benemerita nel darci energia in tempi difficili.

Ebbene a questa altezza, ove avremmo portato materiali e camere di Wilson, si arrivava seduti o accovacciati in una opportuna cassetta di due metri per uno e cinquanta, alta circa settanta centimetri. Un viaggio comodo, tutto sommato, appesi, con centinaia di metri di vuoto sotto di noi, dondolanti sul filo d'acciaio ben teso. Non era ufficialmente autorizzata al trasporto umano, questa teleferica. Ma si decise che la potevamo usare, previa la firma di una carta che confermavamo ogni volta, nella quale dichiaravamo che eravamo consapevoli dei rischi e ci caricavamo noi, o meglio i nostri eredi, dei possibili inconvenienti. È chiaro che noi, i giovani, eravamo ben contenti e tranquilli: erano i rischi del nostro lavoro e della nostra curiosità di scoperte scientifiche nuove. Ma fatemi ricordare che Polvani e Bolla vennero con noi ad esaminare il sito, e Polvani e Bolla entrarono per primi nei cestelli, a far da battistrada. Volevano aiutarci; volevano che Milano sperimentale risorgesse, volevano avvisare Roma onnipotente che anche noi ritornavamo nell'arengo scientifico. Noi quasi non notammo il valore di questo impegno dei nostri maestri. Ma voglio anche ricordare che Giovanni Polvani, ormai carico di famiglia e di figli e di altissima stima, era tra i cinquanta e i sessanta anni.

Era dunque nostra intenzione rientrare nel circolo internazionale della fisica negli anni

1945 e seguenti. Milano fu «liberata» nell'aprile 1945. La fisica di Roma era ormai rifioriente da due anni, e certo con grandi meriti, mentre noi eravamo ancora isolati. Ricordo quei campi Harrar americani di materiali elettronici ed elettrici, di tubi elettronici e di fotomoltiplicatori, a cui gli amici colleghi romani avevano accesso. Noi potemmo solo successivamente averne alcune parti, generosamente elargite dai fisici del sud.

Dopo il periodo a Lago d'Inferno andammo a continuare al Laboratorio della Testa Grigia le nostre ricerche sulla componente nucleare della radiazione cosmica. Quei Laboratori erano nati a 3500 metri di altezza per iniziativa di Gilberto Bernardini, indiscusso maestro della radiazione cosmica in quegli anni, e di Ettore Pancini, unico dei tre illustri scopritori del mesone  $\mu$  (Conversi, Pancini, Piccioni), ad essere rimasto in Italia in quegli anni difficili.

Il nostro lavoro di gruppo continuò sino al 1949. Come ho detto, Mura ci aveva lasciato. Si era aggiunto a noi Antonio Lovati, mio compagno di università a Milano, bravissimo, che successivamente si distinse nell'attività industriale ed applicata. Alla fine del 1949 andai negli Stati Uniti, per interessamento di Giuseppe Cocconi e di Bruno Rossi. Ma debbo e voglio dire che l'attività alla Testa Grigia ed a Milano continuò, anche con la costruzione di una nuova ampia camera di Wilson. Sono i lavori di Lovati, Succi e Tagliaferri, sulle componenti nucleari e penetranti. Di quel periodo sono le ricerche sottoterra sulle proprietà dei mesoni  $\mu$  (si chiamavano ancora così i leptoni  $\mu$ ) di Tagliaferri e collaboratori.

Gli anni cinquanta furono molto intensi, in sedi ormai diverse e lontane. Anche Guido cominciò a viaggiare, prima a Birmingham e poi negli Stati Uniti.

A Birmingham egli partecipò alla messa a punto ed alla esposizione al sincrotrone del CERN di una camera di Wilson a sovracompressione. Successivamente lavorò a Princeton ed a Brookhaven, sulle sezioni d'urto di assorbimento in diversi nuclei, dei mesoni negativi e dei protoni. In particolare Guido partecipò alla costruzione di una camera di Wilson «multiplate» che venne impiegata al cosmotrone di Brookhaven per ricerche sulla produzione di particelle strane da parte di mesoni negativi di 1.5 GeV e di protoni di 3 GeV.

Nel 1960 Guido Tagliaferri vinse un concor-

so, e divenne professore straordinario di Fisica sperimentale a Bari. Poco dopo, siamo al dicembre del 1960, egli venne chiamato quale professore straordinario alla cattedra di radioattività all'Università di Milano. Divenne Direttore di Sezione dell'INFN, e responsabile di un gruppo di lavoro per la progettazione di un ciclotrone AVF (*Azimuthally Varying Magnetic Field*), costruito a partire dal 1962 ed entrato in funzione nel 1965. La progettazione della macchina venne curata essenzialmente dal Professor Carlo Succi, anch'egli mio caro compagno di studi all'Università di Milano, e dai suoi giovani collaboratori. Guido partecipò a tutte le fasi della realizzazione. L'annuncio della nuova macchina comparve sul Nuovo Cimento nel 1965: «*Initial Operation of the Milan AVF Cyclotron*», con i nomi di E. Acerbi, M. Castiglioni, G. Dutto, M. Fois, A. Luccio, F. Resmini, G. Strini, C. Succi e G. Tagliaferri.

Le ricerche sperimentali cominciarono subito, ed ho qui una serie di lavori scientifici pubblicati da Guido Tagliaferri, in collaborazione ampia o ristretta con altri autori. Sono tutti degni di citazione, ne ho qui venti e non sono ancora tutti. Sono stampate sulle massime riviste internazionali. Indico soltanto ad esempio: «Reazioni  $(p, \alpha)$  con protoni di 38 MeV su nuclei leggeri». È uno dei primi lavori nell'ambito della associazione Euratom-INFN (1967).

«*Nucleon mean free path in nuclear matter*», «*Negative parity rotational bands in  $^{197}\text{W}$* », «*Preequilibrium model evaluation of neutron spectra from proton induced reactions*» (1976).

Ripeto, si tratta di una breve esemplificazione. Molti allievi sono rammaricati di non potere essere qui oggi. È il ricordo, come dice Luisa Zetta che ha a lungo collaborato con lui, «di una persona per la quale serbo riconoscenza e stima».

Debbo aggiungere, come anche Emilio Acerbi conferma, che un gruppo di lavori col Ciclotrone riguardava processi di cattura nei gas e di *channeling* nei solidi cristallini. Pur avendo appoggiato tali ricerche, Guido non aveva però firmato gli articoli in quanto il suo interesse principale a quel tempo riguardava la fisica nucleare (1966-1978).

È di quegli anni la discussione di Guido e del suo gruppo con Beppo Occhialini sui grandi problemi di ricerca in Europa, con

nuove macchine e nuovi strumenti, e sulle ricerche in Astrofisica nell'infrarosso. A queste discussioni ebbi il vantaggio di partecipare anch'io in varie occasioni. Ricordo le puntate illuminanti di Beppo su una persona, su un episodio, su un tema. I suoi interessi umanistici erano sempre vivi, come quelli di Guido e, scusate, anche i miei. Di lui, di Beppo, che stava volentieri in Milano con i giovani della fisica nucleare e dello spazio, colsi al volo una frase un giorno, che mi rimase impressa. Egli disse dunque «... quando c'è Guido Tagliaferri, Milano diviene una piccola Atene». È merito mio averla catturata, e voglio lasciarla qui, come un segno di vivo volante ricordo.

Intanto quegli interessi verso la storia della fisica, e particolarmente in quel periodo recente, quando le cose non sono ancora storia, ma piuttosto ricordo ancora palpitante di un recente passato, distaccato da noi di una generazione o poco più, cominciarono a subentrare prepotenti in Guido Tagliaferri.

Con l'istituzione della prima cattedra di Storia della Fisica, nel 1979, a Milano, Guido Tagliaferri abbandona la ricerca in fisica e dedica il resto della sua vita alla Storia. Questo è il coronamento di un interesse per gli aspetti culturali della Fisica, che aveva alimentato la sua ricerca per tutto il corso della sua attività di fisico.

La comunità dei fisici era interessata in quel momento al radicamento, all'interno degli Istituti e Dipartimenti di fisica, di ricerche in storia della fisica che avessero la doppia caratteristica di essere fatte da persone con un retroterra di studi scientifici e che rifuggissero dall'ideologia.

Dopo qualche anno Tagliaferri aveva completato il testo di Storia della Fisica Quantistica che fu pubblicato nel 1985. L'analisi dettagliata delle memorie originali si coniugava con la sobrietà e rigore dell'esposizione. Per scelta dell'autore erano evitate le considerazioni filosofiche, morali, sociali che i temi trattati potevano suscitare.

L'adesione alla documentazione primaria era totale. Non dimentichiamo che in quegli anni Edoardo Amaldi si fece promotore dell'acquisizione dell'Archivio di Meccanica Quantistica, al fine di ancorare gli studi della storia di queste discipline allo studio della documentazione primaria.

Per Tagliaferri, questo non significava un disimpegno dalle implicazioni culturali delle

conoscenze scientifiche. L'impegno culturale doveva però manifestarsi ad un livello diverso da quello della ricostruzione storica attraverso la diffusione di conoscenze ed iniziative rivolte anche a coloro che non erano specialisti.

A partire dagli inizi degli anni ottanta la sua ricerca in storia fu ispirata alla valorizzazione del patrimonio artistico dell'Osservatorio Astronomico di Brera.

L'Osservatorio di Brera è la più antica istituzione dedicata alla ricerca scientifica in Milano. Fu fondato nel 1764 da Padre Ruggero Boscovich, in accordo ad un ambizioso programma di rifondazione dell'astronomia teorica ed osservativa.

Dopo una serie di alterne vicende, intorno al 1975 si era deciso lo smantellamento della sede di Milano, nel prestigioso Palazzo Brera, luogo simbolico di sintesi di arte, scienza e tecnica. Il suo ingente patrimonio storico costituito da manoscritti, strumenti, biblioteca, cupole di osservazione era stato quasi totalmente disperso, e quello che rimaneva in Palazzo Brera era in condizioni disperate, in locali inadeguati.

Tagliaferri intuì per primo che la dispersione di questo patrimonio sarebbe stata una perdita irreparabile. Dopo averne discusso a lungo egli mi chiese di preparare un progetto di salvaguardia. Come è noto il progetto, grazie alla autorevolezza di Tagliaferri negli ambienti che dovevano erogare finanziamenti e servizi, si realizzò nel corso di pochi anni. L'archivio fu riordinato, inventariato e sistemato in locali adatti. Gli strumenti furono catalogati e sono ora esposti in una mostra permanente; la biblioteca trasferita da Merate a Milano. Le cupole di osservazione vennero restaurate. Il tutto è ora accessibile agli studiosi ed al pubblico.

Ma per Tagliaferri questo non doveva essere solo un servizio dovuto ai cittadini. La salvaguardia doveva andare di pari passo con la ricerca storica. I lavori che abbiamo pubblicato prendendo spunto dal materiale custodito nell'archivio o da strumenti presenti in mostra sono diecine.

Mi piace ricordarne tre gruppi, perché essi meglio evidenziano il fatto che non sarebbe stato possibile scriverli senza avere a disposizione un archivio ordinato o strumenti catalogati.

Il primo gruppo riguarda l'allontanamento

di Boscovich da Brera. I lavori pubblicati hanno permesso di ricostruire il contesto culturale nel quale maturò la decisione della rottura tra Boscovich ed il governo austriaco.

Essi mostrano che lungi dall'essere un problema di difficoltà materiali, l'allontanamento si inseriva nello scontro tra un modo fenomenologico di intendere il lavoro dell'astronomo, ed un modo di tipo teorico, nel quale la geometria aveva un ruolo rilevante. La sconfitta di Boscovich, mentre in Francia si andava affermando un programma di ricerca ispirato alla teoria della gravitazione newtoniana con lo sviluppo di metodi analitici nella costruzione delle scienze naturali, fu uno dei tanti piccoli episodi che allontanarono l'Italia dal filone fisico matematico che caratterizzò lo sviluppo delle scienze nel mezzo secolo successivo.

Il secondo gruppo di lavori riguarda la procedura messa a punto da Gauss per esprimere il campo magnetico in funzione delle grandezze magnetiche fondamentali. Nel 1831, infatti, il campo magnetico era l'unica delle grandezze fondamentali delle teorie elettromagnetiche che non si era in grado di misura-



Fig. 2.



Fig. 1.

re in maniera assoluta. E senza di essa sarebbe stato impossibile un qualsiasi sviluppo delle teorie elettriche e magnetiche.

Gauss elaborò la teoria della misura assoluta del campo magnetico e progettò e realizzò uno strumento, il magnetometro, che permetteva di raggiungere l'obiettivo. Lo scienziato tedesco, poi, lanciò il primo programma scientifico internazionale per misurare in una ottantina di stazioni sparse sul globo terrestre, con lo stesso strumento, la componente assoluta orizzontale del campo magnetico terrestre, e verificare la validità della teoria del potenziale.

Il terzo gruppo di lavori riguarda Laplace, del quale nell'archivio dell'Osservatorio sono custodite una trentina fra lettere e documenti vari. Esse riguardano la verifica dell'arco di meridiano tra Roma e Rimini misurato da Boscovich, il conferimento del premio a Plana e Carlini sulla teoria della Luna e la polemica che ne seguì, il problema della forma della Terra. Per brevità mi limiterò ai lavori pubblicati sulla polemica tra Laplace e Carlini-Plana. È risultato abbastanza chiaro perché

Laplace nel 1820, in un periodo di decadenza del programma laplaciano di unificazione delle scienze fisiche ed astronomiche sotto il paradigma della teoria della gravitazione newtoniana, pensò di tornare ad un tema a lui più congeniale come quello della teoria della Luna.

Un altro risultato notevole è stato quello dell'individuazione di una trasformazione dell'originario programma laplaciano. Nella nuova formulazione il programma laplaciano di deduzione dei fenomeni naturali dalla teoria della gravitazione comporta una maggiore interazione tra teoria ed osservazioni.

Il modello di stretta connessione tra salvaguardia del patrimonio storico e ricerca è stato poi adottato in molte parti d'Italia, poiché Guido divenne il primo presidente del Gruppo Nazionale di storia della fisica.

Guido Tagliaferri guardava in viso, e pensava. Le stesse immagini qui riportate (figg. 1 e 2) illuminano la sua calma, anche negli ultimi anni tormentati. Fatemi ricordare ac-

canto a Lui la sua compagna Carla, in tante occasioni sua ispiratrice.

La sua vita ha percorso varie fasi, tutte coerenti e legate da un ardore interno. È stato un fisico sperimentale della nostra ripresa nel dopoguerra, raffinato sui problemi più vivi della sua epoca. Ha guidato le ricerche con una nuova macchina acceleratrice su vie originali, atomiche e nucleari. Ha meditato sulla nascita negli anni venti trenta di questo secolo di una fisica nuova. Non soltanto come uno storico, ma con la capacità di chi era un fisico di ricerca in presa diretta. È stato un raffinato umanista, questo non ho fatto in tempo a dirlo. La migliore letteratura italiana e straniera di questo secolo era nella sua cartella, ed ha camminato nelle sue tasche. Ma da queste usciva e si diffondeva intorno a lui, quando parlava di fisica e di storia e di lettere ai più giovani, con la sorridente umiltà di chi ha visto tanto, e molto ha capito.

FONDAZIONE "ANGELO DELLA RICCIA"

70

Pubblichiamo qui di seguito la lista dei premiati del Concorso della Fondazione ANGELO DELLA RICCIA, il cui bando è stato pubblicato nel Nuovo Saggiatore vol. 16, no. 1-2, 2000.

CONCORSO 2000-2001 RELAZIONE

La Commissione della Fondazione, riunita presso il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Firenze, composta dai Professori: R. Fieschi (Presidente Commissione Scientifica), E. Beltrametti, A. Di Giacomo, G. Longhi (Membri permanenti della Commissione) e dai Professori: B. Borgia, A. Levi, A. Pullia (Membri annuali della Commissione); funge da segretaria la signora D. Scarselli. Dopo aver proceduto alle operazioni per l'espletamento del concorso di cui al bando, dichiara di aver assegnato, all'unanimità, contributi ai seguenti candidati nella misura di seguito indicata (in milioni di lire)

Antonucci Anna	9
Bonciani Roberto	35
Casalbuoni Sara	30

Chiaberge Marco	20
Cinchetti Mirko	9
Colizzi Giuseppe	2
De Lellis Giovanni	15
Enea Romano Antonio	10
Fubini Andrea	7
Giardinà Christian	35
Joffrain Walter	10
Ladisa Massimo	15
Lanciotto Elisa	15
Mana Piero	15
Mancini Francesco	12
Perali Andrea	12
Picozzi Silvia	8
Pierpaoli Elena	35
Policastro Giuseppe	10
Pompili Alexis	10
Raineri Emanuele	20
Ribeca Paolo	10
Rosso Alberto	8
Ruspa Marta	12
Santachiara Raul	5
Scudo Petra	8
Sterpone Fabio	8
Tardocchi Marco	7
Zappone Bruno	8



**SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA**  
**LXXXVII CONGRESSO NAZIONALE**

**Milano, 24-29 settembre 2001**

**ELEZIONI DELLE CARICHE SOCIALI SIF  
PER IL TRIENNIO 2002-2004**

A norma del Regolamento Elettorale per le cariche sociali della Società Italiana di Fisica, L'Assemblea Elettorale è convocata, in occasione del LXXXVII Congresso Nazionale della SIF all'Università di Milano-Bicocca, mercoledì 26 settembre 2001 alle ore 9.00.

Il Seggio Elettorale verrà aperto alle ore 10.00 di mercoledì 26 settembre e verrà chiuso alle ore 10.00 di venerdì 28 settembre.

Si rammenta che, sempre a norma del Regolamento, hanno diritto di voto i Soci in regola con la quota sociale 2001 almeno sei mesi prima dell'Assemblea Elettorale, e cioè entro il 26 marzo p.v. L'elenco di tali Soci verrà pubblicato e trasmesso entro il mese di aprile 2001.

Secondo il Regolamento possono essere candidati e quindi eletti i Soci che, in regola entro il 26 marzo 2001, lo erano anche nel 2000. L'elenco dei Soci in regola nel 2000 verrà pubblicato e trasmesso entro il mese di febbraio 2001.

---

# Percorsi

---

## ATTUALITÀ DEI PARADOSSI DI COPENHAGEN

**A. Orefice**

*Università di Milano*

**R. Giovanelli**

*Università di Parma*

Il filo che, nel labirinto della Fisica moderna, collega i successivi stadi di sviluppo della Meccanica Quantistica (MQ) ha un fascino ipnotico che induce la maggior parte degli scienziati ad accettarlo come l'unica sequenza logicamente possibile.

Vorremmo ripercorre qui, in modo obiettivo, i «nodi» principali di tale filo logico.

Ricordiamo, per cominciare, che la *prima* teoria dei quanti cercava di non scostarsi troppo dalla fisica classica, cui si limitava ad associare alcune «ricette» nonclassiche. Essa era basata, sostanzialmente, sulla discretizzazione spettrale di Planck, sull'atomo di Bohr-Sommerfeld e sull'ipotesi dei quanti di luce formulata da Einstein per spiegare l'effetto fotoelettrico. La descrizione dello spettro del corpo nero richiedeva, di per sé, solo l'emissione di «fiotti» energetici  $h\nu$ ; e anche le transizioni orbitali previste dall'atomo di Bohr apparivano spiegabili senza concepire tali «fiotti» come particelle. Per l'interpretazione dell'effetto fotoelettrico, però, data l'evidenza di eventi fortemente localizzati, fu ipotizzata l'esistenza di «granuli» puntiformi di energia elettromagnetica (che, nel 1926, vennero battezzati *fotoni*); e l'effetto Compton, scoperto nel 1923-24, fu decisivo per l'adozione generale di tale punto di vista. Va per altro osservato che le onde elettromagnetiche trasportano energia e quantità di moto, e vengono emesse (e/o assorbite) da oggetti di dimensioni minori, o dell'ordine di grandezza, della loro lunghezza d'onda. Benché già la fisica classica sia in grado di prevedere

tale fatto, l'idea della *corpuscolarità* fotonica appare quindi suggerita dal fatto che, quando si opera su radiazioni di altissima frequenza, le porzioni di spazio entro cui vanno applicate le consuete regole di conservazione di momento ed energia sono (rispetto allo sperimentatore) piccolissime. Nessun fenomeno d'apparenza puntiforme si osserva, in effetti, per lunghezze d'onda elevate.

La fase successiva della teoria dei quanti fu quella «matriciale», proposta nel 1925 da Heisenberg. Questi, influenzato dallo *Zeitgeist* mitteleuropeo dei primi decenni del secolo, sostenne che, non avendo senso parlare di ciò che non può essere osservato sperimentalmente, conviene limitarsi a raccogliere i dati empirici in tabelle (le «matrici», appunto), senza tentarne ulteriori e fuorvianti interpretazioni. Il suo pensiero si precisò nel 1927 con la formulazione del Principio d'Indeterminazione, che si riferiva, originariamente, alla perturbazione apportata dall'osservatore stesso al sistema osservato. Quando si misura la posizione ( $x$ ) d'una particella, infatti, se ne perturba e rende parzialmente indeterminata la quantità di moto ( $p$ ), e viceversa; e il prodotto delle due indeterminazioni risulta non inferiore alla costante di Planck, secondo la famosa relazione:

$$(1) \quad \Delta p \Delta x \geq h .$$

Benché, sulle prime, Heisenberg non intendesse porre in dubbio l'esistenza di una precisa realtà fisica sottostante, il suo approccio portò ben presto (per la prima volta nella storia della Fisica, ma marchiandola per sempre) all'idea, accettata dalla maggioranza dei fisici, di un limite intrinseco di conoscibilità del reale.

Possiamo notare sin d'ora che la relazione (1) è figlia della sua epoca. Mentre, infatti, ad esempio, il limite teorico di risoluzione di un

microscopio era ritenuto, all'epoca di Heisenberg, pari a  $\lambda/2$ , e fu da lui utilizzato in modo essenziale nel più importante dei ragionamenti che conducono alla (1), la risoluzione spaziale ottenuta in anni recenti<sup>(1)</sup> è inferiore a  $\lambda/50$ , il che riduce notevolmente le limitazioni imposte da tale relazione. Nel 1955, inoltre, Mössbauer scoprì un effetto fisico in cui un nucleo di un cristallo radioattivo può emettere un quanto di radiazione  $\gamma$  senza rinculare (dimostrando che un evento misurabile, e quindi una misura, può lasciare invariato lo stato del sistema osservato) e senza che tale radiazione presenti alcuno spostamento Doppler (segnalando l'apparente immobilità dei nuclei emittenti, difficilmente conciliabile con il principio di indeterminazione). Le implicazioni dell'effetto Mössbauer<sup>(2)</sup> rimangono pertanto, nonostante le spiegazioni correnti, uno dei problemi cruciali della fisica d'oggi.

Una svolta fondamentale avvenne negli stessi anni 1924–27, come sviluppo dell'intuizione di de Broglie delle *onde di materia*: onde ambientate nello spazio fisico (presto osservate negli esperimenti di diffrazione di Davisson e Germer) che ben si prestavano, tra l'altro, ad interpretare la quantizzazione orbitale dell'atomo di Bohr, presentandola come la semplice richiesta di un numero intero di lunghezze d'onda elettroniche lungo le orbite «lecite». L'idea di de Broglie venne subito raccolta e sviluppata da Schrödinger, ma le difficoltà concettuali ripresero ad aumentare quando si passò all'interpretazione probabilistica di Born, divenuta nota come *interpretazione di Copenhagen*. Nell'ambito di tale interpretazione la soluzione,  $\Psi$ , dell'equazione di Schrödinger, priva (di per sé) di ogni significato fisico diretto, è ambientata in uno spazio astratto — quello delle configurazioni. Nonostante ciò, è proprio la  $\Psi$  che, nello spazio fisico, propaga, interferisce, diffrange e trasporta ogni informazione di cui sia lecito parlare: tipicamente, non è possibile parlare di *traiettoria* delle particelle, dato che la  $\Psi$  non prevede nulla del genere. Tale concetto fu ribadito, nel 1932, dal *Teorema di Von Neumann*, la leggendaria *impossibility proof* secondo cui non può essere costruita alcuna teoria coerente basata sull'esistenza di parametri fisici che la  $\Psi$  non conosca, e quindi *nascosti* (quali sarebbero, ad esempio, quelli richiesti dalla descrizione di una ben precisa traiettoria).

Secondo l'interpretazione «ortodossa», insomma, da Born a Von Neumann, la natura probabilistica della  $\Psi$  non corrisponde ad un *deficit*

di informazione, ma a quella stessa indeterminazione intrinseca della realtà fisica che già Heisenberg aveva suggerito. Di certo, il Teorema di Von Neumann (contenuto in un poco accessibile volume<sup>(3)</sup> scritto — in tedesco — in anni politicamente agitatissimi) riuscì a saggio un'intera generazione di fisici, che forse rinunciò a verificarlo. Che il Teorema fosse almeno in parte infondato cominciò a palesarsi nel 1952, quando Bohm costruì una teoria perfettamente coerente<sup>(4)</sup> ove il concetto di traiettoria delle particelle veniva recuperato in pieno, introducendo così delle *variabili nascoste* che contraddicevano, nei fatti, le asserzioni di Von Neumann. Tutte le *teorie di variabili nascoste* risultarono però, per lungo tempo, incapaci di prevedere fenomenologie diverse da quelle già previste dalla teoria ufficiale. Il fatto, quindi, che tali teorie fossero *possibili*, e intuitivamente più accettabili, fu ritenuto irrilevante.

Ricordiamo, a questo punto, che il Principio d'Indeterminazione può esser messo<sup>(5)</sup> nella forma

$$(2) \quad \Delta N \Delta \Phi \geq 1,$$

ove  $\Delta N$ ,  $\Delta \Phi$  sono le indeterminazioni, rispettivamente, del numero  $N$  di particelle componenti il sistema fisico studiato e della fase  $\Phi$  dell'onda ad esso associata. Secondo la (2), se  $N$  è noto con esattezza (e quindi  $\Delta N = 0$ ) dev'essere  $\Delta \Phi = \infty$ , il che fa perdere di vista completamente, a causa della totale indeterminazione della fase, la natura ondulatoria del sistema descritto. Quando, viceversa, si vogliono descrivere fenomeni di interferenza o diffrazione, le fasi delle onde dovranno essere note con precisione, rendendo, così, altamente indeterminato il numero di particelle del sistema.

Tenendo presente la (2), ci si può chiedere se sia lecito ritenere, come normalmente si fa nell'ambito dell'interpretazione di Copenhagen, che l'equazione di Schrödinger possa descrivere il comportamento ondulatorio di una particella singola ( $N = 1$ ;  $\Delta N = 0$ ). La cosa è d'importanza fondamentale: se si ha a che fare, infatti, con *molte particelle*, l'uso dell'equazione di Schrödinger permette, semplicemente, di prevedere quale frazione di esse sarà trovata in ognuno degli autostati possibili. Se invece si ha a che fare con *una sola particella* l'interpretazione ortodossa ci dice che tale particella vive (se non osservata) in una sovrapposizione di tutti i suoi autostati, ed è *l'osservatore* il re-

sponsabile del suo *collassare* (secondo probabilità ben precise e calcolabili) su un solo autostato — quello osservato.

C'è chi, come De Witt ed Everett<sup>(6)</sup>, prende questa sovrapposizione alla lettera, e afferma che l'Universo è, in realtà, un «Multi-verso» di realtà parallele in continua biforcazione. C'è poi chi ha elaborato la teoria della *decoerenza*<sup>(7)</sup>, secondo cui l'Universo è permeato da *disturbi* che, comportandosi come *osservatori quantici*, fanno incessantemente collassare ogni sistema fisico su uno solo dei suoi autostati, dando alla realtà la rassicurante unicità classica cui siamo abituati.

Ma torniamo ora, più in dettaglio, all'interpretazione di Copenhagen relativa al comportamento delle particelle singole. Secondo tale interpretazione, un nucleo radioattivo vive, se non osservato, in una miscela di due stati possibili: di nucleo decaduto, o non decaduto. Se il nucleo può attivare, decadendo, un meccanismo che immette del gas velenoso nella scatola ov'è racchiuso il famoso *gatto di Schrödinger*, la povera bestia rimane (se non osservata) in uno stato misto morto/vivo, e sarà l'osservatore, guardando nella scatola, a far collassare il nucleo nello stato di decaduto o no, e quindi il gatto nello stato di morto o di vivo.

Nello stesso ordine di idee, si considerino le frange d'interferenza generate su uno schermo da un'onda che vi incida passando, previamente, attraverso due sottili fenditure. Se la sorgente luminosa è così debole da emettere solo una particella alla volta, come può tale particella sapere, passando attraverso una sola delle due fenditure, che esiste anche l'altra fenditura, e andarsi a disporre sullo schermo in una delle frange luminose dovute proprio alla presenza di *due* fenditure? È possibile che la particella, indivisibile, passi per entrambe le fenditure, interferendo con sé stessa? Secondo l'interpretazione di Copenhagen, è proprio ciò che accade. Tali paradossi, però — il gatto di Schrödinger e l'autointerferenza di una particella — potrebbero forse essere evitati se si tenesse conto della (2), che pare escludere la liceità di trattare ondulatoriamente particelle singole. È interessante citare, a questo proposito, una serie di esperimenti effettuati presso l'École Normale Supérieure di Parigi da Haroche *et al.*<sup>(8)</sup> sull'osservabilità di singoli fotoni, in modo tale da non distruggerli per assorbimento, cioè mediante esperienze dette «di QND» (*Quantum Non-Demolition*). Un atomo di rubidio, eccitato ad uno

stato di *Rydberg* (in cui l'elettrone più esterno è lontanissimo dal resto dell'atomo), viene lanciato in una cavità speculare (tra le cui pareti superconduttrici rimbalza un fotone con lunghezze d'onda di 6 mm) ad una velocità tale da attraversarla in un tempo pari al periodo del fotone intrappolato. L'impiego di pareti superconduttrici introduce un fattore essenziale di annullamento di ogni perdita resistiva, e la suddetta eguaglianza dei tempi fa sì che il fotone venga «sondato» senza alcuno scambio netto di energia. La fase dell'atomo, inteso nella sua natura ondulatoria, varia però in modo verificabile tramite la sua interferenza con un secondo atomo spedito successivamente. Questa sarebbe la prova sia dell'esistenza autonoma, sia dell'osservabilità con modalità QND, di un fotone singolo. Ma la convinzione che l'entità «osservata» abbia natura corpuscolare è assicurata solo dalla fede nell'interpretazione di Copenhagen, e la stessa idea che il fotone possa rimbalzare tra le pareti della cavità e interagire con l'atomo di rubidio senza alterare la sua individualità appare alquanto sconcertante.

Il più importante tra i paradossi generati dalla trattazione di particelle singole è il *gedanken experiment* proposto da Einstein, Podolsky e Rosen nel 1935<sup>(9)</sup>, e divenuto famoso come *paradosso EPR*.

Consideriamo due particelle *correlate*, cioè che abbiano tra loro interagito *anche una sola volta*. Secondo la MQ tali particelle sono descritte da un'unica funzione d'onda, che le correla per sempre (è il famoso *quantum entanglement*). Diamo ad esse il tempo di allontanarsi quanto si voglia l'una dall'altra, e misuriamo una grandezza fisica (nella proposta originaria di EPR, la *quantità di moto*) relativa allo stato di *una sola* delle due particelle. Prima della misura, tale stato è indefinito: è la misurazione che costringe la particella ad «optare», collassando su un solo autostato. Ma dopo la misurazione la seconda particella, fosse anche giunta lontana anni-luce, dovrà farsi trovare, *istantaneamente*, in uno stato *correlato*, cioè prevedibile una volta rilevato lo stato della prima. «Spooky action at distance», come ironizzava Einstein? Davvero la Natura può ammettere fenomeni *nonlocali*, cioè effetti che si propagano con velocità infinita? Pur potendosi dimostrare (con sollievo dei relativisti) che questa propagazione istantanea avverrebbe senza consentire alcuna trasmissione di energia, la cosa è, quanto meno, imbarazzante.

Secondo EPR l'esistenza di opportuni parametri nascosti consentirebbe di ritenere che le due particelle siano *sin dall'inizio* in stati ben precisi, e viaggiando si portin dietro, semplicemente, tale informazione. La Meccanica Quantistica, quindi — non essendo in grado di descrivere tale fatto — sarebbe una teoria incompleta.

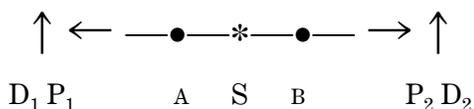
Secondo la MQ, invece, entrambi i valori vengono fissati (in modo nonlocale) solo al momento della misura, e non occorre alcun ulteriore chiarimento.

La questione fu ritenuta non verificabile, e perciò di scarso interesse, per 30 anni: e in effetti la generazione di fisici la cui vita scientifica si svolse nel primo ventennio del secondo dopoguerra la ignorò completamente.

Nel 1965, finalmente, scese in campo Bell<sup>(10)</sup>.

Il suo primo exploit fu la dimostrazione formale che il teorema di Von Neumann era basato su ipotesi troppo restrittive: tali ipotesi, tautologicamente valide in MQ, non lo sono necessariamente in generale — il che compromette e rende inaccettabile la famosa *impossibility proof*. Aperta così, in modo rigoroso, la strada alla possibilità di costruire teorie di variabili nascoste, Bell passò ad esaminare il caso più illustre in cui una tale teoria veniva sollecitata (il paradosso EPR, per l'appunto) pervenendo ad un'importante conclusione, impropriamente nota come *Teorema di Bell*, che rese per la prima volta possibile una *verifica sperimentale*.

Per darne un'idea approssimativa, supponiamo di avere una sorgente luminosa, S, che emette in direzioni opposte due fotoni, A e B, con la stessa polarizzazione, verso due polarizzatori eguali, P1 e P2, tra loro, inizialmente, *paralleli*. I due fotoni, se riescono ad attraversare i polarizzatori, giungono su due fotomoltiplicatori eguali, che agiscono come *detectors*: D1 e D2, sistemati in modo da agire l'uno dopo l'altro, con un intervallo di tempo così breve da impedire ogni comunicazione tra loro.



Quando il polarizzatore P1 lascia passare (o arresta) il fotone A, il polarizzatore P2, ovviamente, lascia anch'esso passare (o arresta) il fotone B: sia nel caso che la (eguale) polarizzazione dei due fotoni venga decisa al momento

della loro emissione (come sostengono EPR), sia nel caso che essa venga decisa al momento della rilevazione eseguita su uno dei due fotoni (come asserisce la MQ), i due *detectors*, finché i polarizzatori rimangono tra loro paralleli, forniscono risultati sempre coincidenti. Se però il polarizzatore P2 viene ruotato di un angolo  $\Theta$ , i risultati dei due *detectors* non saranno più necessariamente coincidenti. La *frazione* di coincidenze,  $F(\Theta)$ , sarà del 100% se  $\Theta = 0$ , e si ridurrà a zero se  $\Theta$  tende a  $\pi/2$ . Secondo una versione semplificata datane da Pagels<sup>(11)</sup> il Teorema di Bell consiste nella dimostrazione che, nel caso che la polarizzazione dei due fotoni venga decisa al momento della loro emissione (come sostengono EPR), dovrà sempre risultare

$$(3) \quad F(2\Theta) \geq 2F(\Theta) - 1;$$

se, invece, il valore di entrambe le polarizzazioni viene deciso al momento della rilevazione eseguita su uno dei due fotoni (come asserisce la MQ), la (3) potrà essere, come si suol dire, *violata*.

Fra i non molti *Bell tests* realmente effettuati, quelli di Aspect e coll., eseguiti negli anni 1981-83 ad Orsay, sono di gran lunga i più famosi. Il resoconto dettagliato delle esperienze di Aspect (nel quale non ci inoltreremo) è contenuto nella sua Tesi di Dottorato. I risultati resi pubblici sono contenuti, invece, in due brevi *Physical Review Letters*<sup>(12)</sup>, in cui si asserisce l'esistenza di un pieno accordo tra dati sperimentali e previsioni quantistiche *ortodosse*.

Al lavoro di Aspect sono state mosse le critiche più svariate. Ci limitiamo qui a citare quelle (basate sull'esame dettagliato della Tesi di Dottorato, ben più esplicita dei lavori pubblicati) avanzate recentemente dalla Thompson<sup>(13)</sup> e da Selleri<sup>(14)</sup>.

Secondo la Thomson, l'analisi dei dati mostra che i risultati sarebbero in perfetto accordo con la classica *realtà locale* einsteiniana, se solo i «fotoni» venissero interpretati come estesi treni d'onda, e *non* come oggetti puntiformi. Inoltre, pur avendo Aspect scelto, tra la gran massa di dati ottenuti, solo i più favorevoli alla sua tesi, la curva da lui ottenuta per la funzione  $F(\Theta)$  non violava affatto la diseguaglianza di Bell. Egli suppose allora che alcune delle coincidenze osservate fossero spurie (i cosiddetti *accidentals*), e andassero quindi ad aumentare illecitamente il valore di  $F(\Theta)$ . Ne valutò il nu-

mero a modo suo, e lo sottrasse, punto per punto, dalla curva grezza. *Solo a questo stadio* il grafico ottenuto violava, finalmente, la disegualianza di Bell! Di qui il suggerimento, da parte della Thompson, di usare flussi fotonici così bassi da ridurre a zero il numero degli *accidentals*.

Secondo Selleri, la situazione effettivamente affrontata da Aspect era complicata dal fatto che l'efficienza di contatori e polarizzatori reali è (e tanto più era nel 1982) molto bassa. Questo fatto richiese ad Aspect tutto un insieme di ipotesi aggiuntive (del tutto inverificabili) relative ai possibili comportamenti dei fotoni. Tali ipotesi furono adottate in accordo con la MQ ufficiale, ed esclusero quindi *a priori* la possibilità di scelte teoriche differenti. Le ipotesi che inficiavano l'interpretazione dei risultati di Aspect furono insomma dello stesso tipo di quelle che portano al Teorema di Von Neumann: la validità dell'interpretazione di Copenhagen viene semplicemente postulata, e non può ritenersi quindi convalidata dai risultati ottenuti.

In epoca assai più recente (1998) un'esperimento concettualmente analogo a quello di Aspect è stato compiuto da Tittel *et al.*<sup>(15)</sup> presso il Group of Applied Physics di Ginevra. Interessante ed esplicito il titolo del lavoro pubblicato: «Experimental demonstration of quantum correlations over more than 10 km». Oltre ad incorrere in obiezioni simili a quelle di Selleri, tale esperimento è basato sull'ipotesi che i fotoni A e B di Aspect viaggino non già nel vuoto, ma lungo molti chilometri di fibre ottiche, mantenendo, pur tra innumerevoli interazioni, la loro individualità e la loro iniziale correlazione.

È il caso di ricordare che il *quantum entanglement* segnalato da Einstein, Podolsky e Rosen come inaccettabile conseguenza dell'interpretazione di Copenhagen è divenuto di recente, rovesciando le intenzioni di tali autori, la base per speculazioni sempre più spericolate, come l'idea del cosiddetto *teletrasporto quantico*. Un articolo di Bouwmeester *et al.* comparso su *Nature* nel 1997<sup>(16)</sup> (e analoga è la sostanza di un esperimento compiuto all'Università La Sapienza di Roma l'anno successivo<sup>(17)</sup>), descrive un esperimento in cui un fotone trasferisce *in maniera istantanea* il suo spin su un altro, appartenente ad una coppia di fotoni arbitrariamente lontana, ed *entangled* in senso EPR. Lo stato quantico trasferito è, e rimane, del tutto sconosciuto. La convinzione, quindi, che il tele-

trasporto dello stato quantico sia realmente avvenuto è assicurata, una volta di più, da un atto di fede nell'interpretazione di Copenhagen.

Ricordiamo infine che il medesimo Haroche citato in precedenza<sup>(8)</sup> va studiando da vari anni, presso l'École Normale Supérieure di Parigi, la correlazione EPR (per usare i suoi termini, la generazione di «*Schrödinger cat superposition states*») e la successiva «decoerenza» tra atomi di Rydberg in cavità superconduttrici.

Possiamo concludere, nel complesso, che le esperienze sinora eseguite sul *quantum entanglement* non possono (e, in fondo, non vogliono) essere intese come *test* di validità dell'interpretazione di Copenhagen rispetto ad altre di tipo «realista», essendo sempre basate su ipotesi garantite solo dall'accettazione preventiva di tale interpretazione.

Siccome, però, già si pensa (anche da parte di *corporations* avvedute come la IBM e la At&t) allo sfruttamento del *quantum entanglement* per il teletrasporto (addirittura) della materia e per la realizzazione dei cosiddetti *calcolatori quantistici* (di potenza quasi infinita, data il propagarsi istantaneo dell'*informazione quantica*), l'asserzione fideistica che incontrollabili «risultati sperimentali» sono in accordo con l'interpretazione di Copenhagen potrebbe essere ben presto sostituita da evidenze inequivocabili, come sempre sono le realizzazioni tecnologiche di larga diffusione.

#### Referenze

- (1) H. HEINZELMANN e D.W. POHL, *Appl. Phys. A*, **59**, 89 (1994).
- (2) R. GIOVANELLI e A. OREFICE, *Nuovo Cimento D*, **20**, 1451 (1998).
- (3) J. VON NEUMANN, *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik* (Springer, 1932).
- (4) D. BOHM, *Phys. Rev.*, **85**, 166 (1952).
- (5) W. HEITLER, *The Quantum Theory of Radiation* (Dover, 1984).
- (6) B.S. DE WITT, *The Many-Universes Interpretation of QM in Foundations of QM*, edited by B. d'Espagnat (Academic Press, New York, 1971).
- (7) W.H. ZUREK, *Phys. Today*, Ottobre 1991, p. 36.
- (8) S. HAROCHE *et al.*, *Phys. Rev. A*, **45**, 5193 (1992); *Sci. Am.*, **268**, 26 (1993); *Nature*, **400**, 239 (1999).
- (9) A. EINSTEIN, B. PODOLSKY and N. ROSEN, *Phys. Rev.*, **47**, 777 (1935).
- (10) J.S. BELL, articoli raccolti nel volume *Speakable and Un-speakable in Quantum Mechanics* (Cambridge University Press, 1987).
- (11) H. PAGELS, *The Cosmic Code* (Simon and Schuster, 1982).
- (12) A. ASPECT *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, **49**, 91 (1982) e **49**, 1804 (1982).
- (13) C.H. THOMPSON, *Open Questions in Relativistic Physics*, edited by F. Selleri (Apeiron, 1998), p. 351.
- (14) F. SELLERI, *La Fisica del Novecento* (Progedit, 1999).
- (15) W. TITTEL *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, **81**, 3563 (1998).
- (16) D. BOUWMEESTER *et al.*, *Nature*, **390**, 575 (1997).
- (17) D. BOSCHI *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, **80**, 1121 (1998).

---

# SCIENZA IN PRIMO PIANO

---

## IL LABORATORIO DEL GRAN SASSO DELL'INFN: RITRATTO E ATTIVITÀ DI RICERCA

A. Bettini

INFN-LNGS, S.S. 17bis km 18+910, 61070 Assergi (AQ)

### 1. - Il laboratorio

I Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN, scavati sotto il massiccio, hanno origine nel 1979 da un'idea di A. Zichichi, allora Presidente dell'Ente. Nel 1987 le opere di scavo erano ultimate e si cominciarono ad installare i primi esperimenti.

Il laboratorio è dedicato allo studio delle forze fondamentali della natura seguendo un approccio complementare a quello usato nei laboratori dotati di acceleratori. Le frontiere della conoscenza devono infatti essere portate sino alle scale di energia alle quali le forze note diventano una sola e a quella alla quale gli aspetti quantistici della gravità si manifestano. Ma queste energie sono estremamente alte, di ben 14 e 16 ordini di grandezza, rispettivamente, maggiori delle energie degli attuali acceleratori.

Fenomeni di scale di energia molto alte avvengono infatti anche spontaneamente, ma rarissimamente. Per osservarli è quindi necessario ridurre al minimo il disturbo di altri fenomeni che danno segnali del tutto simili, ma molto più frequenti. Per usare un'analogia, di giorno non possiamo vedere le stelle, perché la loro luce è nascosta da quella molto più intensa del Sole. I 1400 m di copertura di roccia del laboratorio riducono di un fattore un milione il flusso di raggi cosmici, inoltre la roccia della montagna ha una radioattività naturale eccezionalmente bassa.

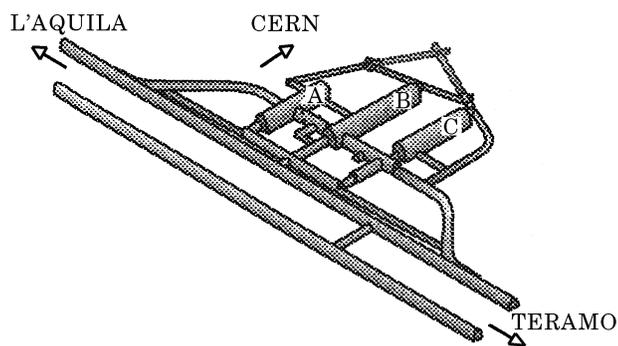


Fig. 1.

Il Laboratorio del Gran Sasso consta di tre grandi sale accessibili anche con apparati di notevoli dimensioni attraverso l'autostrada e dispone di servizi di alta tecnologia presso gli edifici esterni. È l'unico laboratorio al mondo con queste caratteristiche e, di conseguenza, si è affermato come la più importante struttura sotterranea, a livello mondiale, per la fisica fondamentale senza acceleratori.

Siamo ai confini tra la fisica delle particelle elementari e l'astrofisica. Informazioni cruciali sulla fisica fondamentale si possono ottenere rivelando particelle presenti nel cosmo, ma non ancora scoperte o nuove proprietà di particelle note. Si sono già ottenuti risultati di enorme interesse, che descriverò nel seguito. I limiti di spazio, e di pazienza del lettore, mi impediscono di coprire tutta l'attività. Mi scuso con gli esperimenti, alcuni dei quali molto importanti, che non ho potuto menzionare.

Accennerò solo al fatto che le caratteristiche uniche dei laboratori sotterranei sono utili anche per altre discipline: un sensibilissimo interferometro laser, registrando con continuità lo sforzo cui è soggetta la roccia in profondità, ha rivelato, per la prima volta, sequenze di «terremoti silenziosi», lenti scorrimenti delle faglie che non danno origine a si-

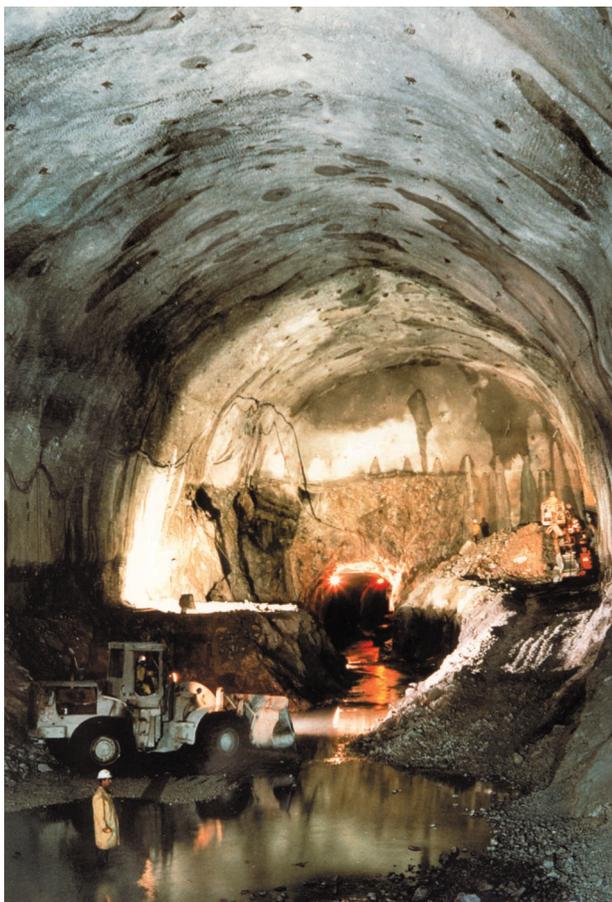


Fig. 2.

80

smi, mentre un altro esperimento studia la «robustezza» delle cellule cresciute per molte generazioni successive in un ambiente a bassa radioattività.

Negli ultimi anni abbiamo ritenuto di dover procedere ad un esame completo ed approfondito di tutti gli esperimenti in corso, allo scopo, tra l'altro, di definirne su basi scientifiche la durata. Nello stesso periodo la comunità scientifica internazionale ha mostrato un grande interesse per le preziose risorse in sotterraneo che stavano divenendo disponibili. Nuove proposte di esperimento sono allo studio e all'esame del Comitato Scientifico allo scopo di mettere a punto un programma di ricerca di avanguardia.

## 2. – I neutrini e le loro oscillazioni

I neutrini sono le particelle elementari più difficili da rivelare e da studiare, ma il loro ruolo è determinante per la comprensione della natura sia su scala microscopica sia su

scala cosmica. Misure dirette delle masse dei neutrini svolte nel corso degli anni con precisione crescente non hanno mai dato un risultato positivo ma solo limiti superiori. La teoria attuale delle particelle elementari, la teoria *standard*, è costruita, tra l'altro, sull'ipotesi che tutti i neutrini abbiano massa nulla, ed ha avuto enorme successo; essa infatti interpreta perfettamente tutti i fenomeni che ci sono noti ed ha resistito ai test di alta precisione svoltisi agli acceleratori.

Tuttavia negli ultimi anni esperimenti di carattere «osservativo» in sotterraneo hanno portato evidenza via via crescente a favore di masse non nulle dei neutrini. L'evidenza è venuta dal fenomeno chiamato «oscillazioni» dei neutrini, fenomeno quantistico che può avvenire solo se le masse dei neutrini non sono nulle. Le oscillazioni di neutrini sono state osservate da diversi anni nei neutrini prodotti dal Sole e, indipendentemente, in quelli prodotti dai raggi cosmici nell'atmosfera.

Conviene ricordare brevemente quali sono i costituenti elementari della materia. Ce ne sono di due tipi, i quark e i leptoni, che si possono raggruppare in tre gruppi, detti famiglie. Le famiglie hanno struttura identica, contenendo ciascuna due quark e due leptoni. Qui ci interessano i leptoni. In ogni famiglia ce n'è uno carico — rispettivamente l'elettrone, il muone e il tau — ed uno neutro il neutrino elettronico, il neutrino muonico e il neutrino tauonico.

Tre quantità fisiche sono molto importanti: energia, quantità di moto e massa. Esse non sono indipendenti, ma correlate tra loro. Per una particella elementare, un oggetto che si muove con velocità prossime a quella della luce  $c$ , la quantità di moto è la velocità moltiplicata per il rapporto tra energia e quadrato della velocità della luce. La definizione di massa non è a prima vista semplicissima. Lo diventa se si sceglie opportunamente l'unità di misura delle lunghezze, prendendo invece del metro la distanza percorsa dalla luce in un secondo (allora  $c = 1$ ). Con queste unità l'energia di un oggetto fermo è uguale alla sua massa. Se esso è in moto, la massa al quadrato è pari alla differenza tra il quadrato dell'energia e il quadrato della quantità di moto.

Dire che una particella ha massa nulla significa quindi che sempre e comunque essa ha energia uguale alla quantità di moto. Un

oggetto di massa nulla può muoversi solo con una velocità, quella della luce (non può neppure stare fermo). Il fotone, cioè la luce, ha massa nulla.

Le misure dirette della massa dei neutrini consistono sostanzialmente in misure di energia e quantità di moto in decadimenti radioattivi. Esse hanno fornito solo limiti superiori alle masse.

Da molti anni tuttavia i fisici si sono confrontati col problema detto «l'enigma dei neutrini solari», cioè di quelli prodotti dal Sole. L'enigma consiste nel fatto che il flusso di neutrini solari (che sono di tipo elettronico) che raggiungono la Terra è circa la metà di quello atteso in base ai modelli del funzionamento del Sole. Il fenomeno fu scoperto da Reynold Davis negli anni '60, con un esperimento di radiochimica. L'esperimento però era sensibile solo ad una piccolissima frazione dei neutrini solari, quelli con le energie più grandi, per il flusso dei quali i calcoli teorici sono più incerti. Inoltre Davis non calibrò mai il suo esperimento, per determinarne sperimentalmente l'efficienza. Per queste due ragioni nella comunità scientifica rimasero dubbi sul risultato. Tre possibilità erano aperte: o l'esperimento di Davis era sbagliato, o i modelli solari non erano corretti o i neutrini si comportavano diversamente da quanto previsto dalla teoria. La risposta è venuta principalmente dall'esperimento GALLEX, fatto nei Laboratori Nazionali del Gran Sasso.

I neutrini non si possono rivelare direttamente; lo si fa rivelando i prodotti delle loro interazioni. Dato che queste sono rarissime, il rivelatore in cui esse avvengono deve avere una grande massa sensibile e bisogna lavorare in un ambiente a bassissima radioattività naturale, quindi in ambiente sotterraneo.

Il processo con cui il Sole produce energia è la fusione termonucleare: quattro protoni fondono dando luogo ad un nucleo di elio (due protoni e due neutroni) e liberando energia in quantità ben nota (dalla fisica nucleare). Nel processo vengono prodotti due positroni e due neutrini elettronici. Sapendo quanta energia produce il Sole, sappiamo quindi esattamente quanti neutrini ne partono ogni secondo e possiamo calcolare facilmente quanti ne devono arrivare nel nostro rivelatore. È un numero enorme, 60 miliardi al secondo attraverso ogni centimetro quadrato. Però

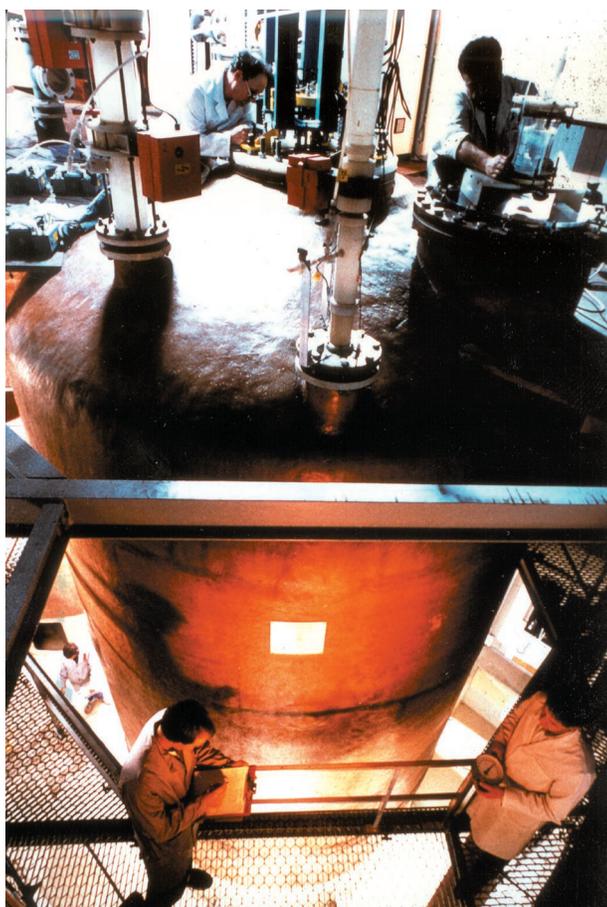


Fig. 3.

le cose non sono così semplici; infatti sono presenti processi collaterali che producono i neutrini elettronici (in numero minore) di energie più alte di quelli della fusione pp. Il calcolo del flusso di questi neutrini è più incerto in quanto dipende da alcune caratteristiche, quali la temperatura, del nucleo del Sole. Solo questi erano stati rivelati prima di GALLEX.

Per rivelare i neutrini emessi dal canale principale, quelli dalla fusione, GALLEX usa 30 tonnellate di gallio in soluzione di acqua e acido cloridrico. Raramente, circa una volta al giorno, un neutrino elettronico del Sole interagisce con un nucleo di gallio trasformandolo in germanio (GALLEX quindi non «vede» gli altri tipi di neutrini). Ogni qualche settimana si estrae la dozzina di nuclei di Germanio che si sono prodotti e li si conta (sono instabili e se ne osservano i decadimenti). Sembra impossibile ma lo si può fare, e con efficienza vicina al 100%. Per misurare questa efficienza, con una precisione dell'otto per cento, si è calibrato l'esperimento me-

dianete una sorgente artificiale di neutrini d'intensità nota.

Il flusso misurato da GALLEX è pari a circa il 60% di quanto atteso. È praticamente impossibile spiegare questo risultato, assieme a quanto sappiamo da altri esperimenti, con qualsiasi modifica ragionevole dei parametri del modello solare. Si deve dunque concludere che con ogni probabilità qualcosa succede ai neutrini elettronici nel loro viaggio dal Sole a noi.

Nel 1998, l'esperimento SuperKAMIOKANDE svolto in un laboratorio sotterraneo in Giappone ha annunciato di aver osservato un fenomeno simile nei neutrini «atmosferici», quelli prodotti — indirettamente — dai raggi cosmici nei loro urti con i nuclei dell'atmosfera (sono sia neutrini elettronici sia neutrini muonici). Il rivelatore è costituito da una vasca contenente 50 000 tonnellate di acqua molto pura, in una caverna scavata a circa un chilometro di profondità. Un neutrino elettronico può produrre nell'acqua un elettrone, che viene rivelato in tempo reale, analogamente un neutrino muonico può produrre un muone. L'esperimento è quindi sensibile a questi due tipi di neutrino (ma non ai neutrini tauonici) e ne misura anche la direzione.

I neutrini che arrivano dall'alto o da direzioni prossime allo zenit hanno percorso distanze dell'ordine dello spessore dell'atmosfera, qualche decina di chilometri; quelli che vengono dal basso sono stati prodotti nell'atmosfera agli antipodi e sono arrivati attraversando la Terra (i neutrini lo fanno tranquillamente, come la luce attraversa l'acqua pulita) percorrendo sino a quasi 13 000 km. Il flusso di neutrini elettronici osservato è, per tutte le direzioni, quello aspettato; il flusso di neutrini muonici è quello aspettato per quelli dall'alto, ma è solo la metà circa dell'atteso per quelli dal basso, che hanno viaggiato a lungo.

L'esperimento MACRO al Gran Sasso è costituito da una successione di piani orizzontali che forniscono le coordinate delle particelle cariche che li attraversano, separati da spessori di materiale inerte. Il tutto è racchiuso da un insieme di contatori a scintillazione che misurano il tempo di transito delle particelle, permettendo, tra l'altro, di determinare il verso del loro moto. Anche MACRO ha misurato il flusso di neutrini muonici in funzione della direzione di arrivo, ottenendo lo stesso

risultato di SuperK e confermandolo, quindi, con una tecnica complementare.

I deficit osservati nei flussi di neutrini dal Sole e dall'atmosfera sono entrambi spiegabili se siamo in presenza di oscillazioni di neutrini. Il termine indica la trasformazione del neutrino di una specie in quello di un'altra perché questa non è in un solo verso, ma piuttosto un andirivieni. In altre parole un neutrino elettronico che si trasforma in neutrino muonico durante il suo viaggio, più tardi, se viaggia abbastanza a lungo, ritornerà neutrino elettronico e poi di nuovo muonico e così via.

La meccanica quantistica ci dice che le particelle materiali si comportano, sotto certi punti di vista, come onde. Un fascio di particelle, ad esempio elettroni, che viaggiano con la stessa quantità di moto va pensato come un'onda sinusoidale che ha una determinata lunghezza d'onda, inversamente proporzionale alla quantità di moto delle particelle. L'onda è caratterizzata anche dalla frequenza con cui essa vibra (il colore se è luce); per la meccanica quantistica la frequenza dell'onda è proporzionale all'energia della particella. La relazione tra lunghezza d'onda e frequenza dipende dalla massa della particella. Se gli elettroni hanno tutti la stessa quantità di moto hanno anche tutti la stessa energia e così la corrispondente onda ha una ben definita frequenza. Nel caso degli elettroni, e della grandissima parte delle particelle, in un fascio che si muove nel vuoto senza incontrare altri oggetti non accade nulla di particolare. Nel caso dei neutrini però le cose sono più strane.

Per semplificare supponiamo ci siano solo due e non tre specie di neutrini. Queste non devono essere pensate come oggetti separati, ma come parte di un oggetto complesso, il sistema neutrino, una specie di camaleonte. Supponiamo di produrre dei neutrini di un dato tipo, per esempio elettronici, tutti con la stessa quantità di moto; questi si muovono con velocità altissime, vicine a quella della luce. Come gli elettroni, i neutrini si comportano come un'onda. Ma a differenza degli elettroni l'onda non ha una sola frequenza; è invece la sovrapposizione di due onde con frequenze diverse se le masse dei neutrini sono diverse. L'onda degli elettroni è analoga ad un'onda luminosa di un solo colore, monocromatica, l'onda dei neutrini è analoga ad un'onda luminosa dicromatica.

Le due componenti monocromatiche dell'onda neutrinica inizialmente sono in fase tra loro; l'ampiezza risultante è grande. Man mano che i neutrini viaggiano però, le due componenti avanzano con velocità un po' diverse e un po' alla volta si sfasano. Dopo un certo tempo si troveranno in opposizione di fase e l'ampiezza dell'onda risultante si sarà ridotta di molto, a zero se le ampiezze componenti sono uguali. Il fenomeno s'inverte e ci sarà un periodico alternarsi tra ampiezza grande e ampiezza nulla, un'oscillazione tra le due situazioni. Analoghi sono i battimenti nel suono di due diapason non perfettamente accordati.

Le ampiezze delle due componenti possono essere uguali, come abbiamo supposto sopra, o diverse. Se sono uguali l'ampiezza risultante si annulla in condizioni di interferenza distruttiva, se sono diverse, diventa minima, ma non nulla; più diverse sono, meno il minimo è pronunciato. Quest'aspetto nel caso dei neutrini si chiama «grado di mescolamento» ed è una proprietà fondamentale del sistema. Il mescolamento massimo si ha nel caso delle ampiezze uguali.

Ora la probabilità che in un esperimento il neutrino risulti elettronico è pari al quadrato dell'ampiezza dell'onda: nei punti di interferenza costruttiva la probabilità è il cento per cento; nei punti d'interferenza distruttiva, la probabilità è minima, nulla se il mescolamento è massimo: il neutrino, che era elettronico, è diventato muonico. Nei punti intermedi si possono trovare neutrini sia di un tipo sia dell'altro, la probabilità di trovarli elettronici è il quadrato dell'ampiezza, di trovarli muonici il complemento.

In pratica i neutrini non hanno tutti la stessa quantità di moto e l'onda corrispondente è un miscuglio di molte onde dicromatiche. Rimane vero allora che inizialmente tutte le onde sono in fase e quindi l'ampiezza risultante è massima. Ma quando cominciano a sfasarsi lo fanno chi prima chi dopo; alcune componenti stanno ricrescendo mentre altre calano. Come risultato la probabilità di osservazione del neutrino originale passa dal 100% iniziale che è un effetto medio, pari al 50% nel caso di mescolamento massimo. È questo in effetti che apparentemente accade.

In realtà ci sono tre, non due, neutrini diversi. I due tipi di oscillazioni osservati avvengono su tempi molto diversi, quelli necessari per attraversare la Terra e quelli per ar-

rivare dal Sole alla Terra rispettivamente. Nel primo caso l'oscillazione è presumibilmente tra neutrino muonico e tauonico, nel secondo tra neutrino elettronico e una combinazione delle altre specie.

### 3. – La massa di Majorana

A ciascuna delle particelle elementari, sia quark sia leptoni, corrisponde un'antiparticella, come previsto teoricamente da P. A. M. Dirac e successivamente scoperto sperimentalmente. Particelle e antiparticelle hanno tutte le diverse cariche di cui sono dotate (la carica elettrica, la carica di colore, la carica debole), di valore opposto. Ma i neutrini sono completamente neutri e potrebbero coincidere coi loro antineutrini. Teoricamente questo si realizza modificando l'equazione di Dirac con un termine dovuto a Majorana. Le masse dei neutrini potrebbero essere dovute a questo termine. Per ricercare se questo è il caso in natura si devono cercare decadimenti «doppio beta senza neutrini» di particolari specie nucleari. In essi due nucleoni decadono contemporaneamente con emissione di due elettroni e nessun neutrino. Si tratta di processi estremamente rari, possibili inoltre solo se i neutrini hanno massa. I due esperimenti più sensibili al mondo sono in corso al Gran Sasso: «Heidelberg-Mosca» usa cristalli di germanio arricchito nell'isotopo «doppio beta attivo» (10 kg), l'altro, MIBETA usa tecniche calorimetriche a temperature di pochi millesimi di grado sopra lo zero assoluto.

### 4. – La materia oscura

Da diversi decenni osservazioni astronomiche hanno mostrato che l'Universo contiene molta più materia di quella che possiamo osservare con i telescopi, la materia cioè che emette luce (o qualche altro tipo di radiazione elettromagnetica). I gas che circondano le galassie, ad esempio, ruotano velocemente attorno ad esse. È facile calcolare la forza (centripeta) corrispondente alla velocità di rotazione. Questa forza non può essere che la forza di attrazione gravitazionale esercitata dalla galassia, che è proporzionale alla sua massa. Ma la massa così calcolata è più grande, circa di un fattore dieci, della massa delle

stelle, la materia luminosa. Deve esserci materia in più, che non emette luce, e, per questo, è chiamata oscura. Ma non sappiamo cosa sia, non sappiamo cioè di cos'è fatto, per la gran parte, l'Universo. Sappiamo che la materia oscura deve interagire solo molto poco, debolmente, con la materia normale; altrimenti l'avremmo rivelata. L'ipotesi più probabile è che si tratti di particelle elementari, simili ai neutrini nel loro interagire solo debolmente, ma, a differenza dei neutrini, dotate di grandi masse, qualche decina di volte più del protone. Sono state battezzate genericamente WIMP (*Weakly Interacting Massive Particles*). In realtà le teorie che estendono l'attuale modello *standard*, la teoria della supersimmetria in particolare, prevedono proprio l'esistenza di tali particelle, i neutralini.

La ricerca delle WIMP è in corso in tutto il mondo, ed è estremamente difficile. L'esperimento più sensibile è DAMA al Gran Sasso. DAMA cerca di rivelare le WIMP utilizzando cristalli. Bisogna pensare che tutta la Galassia sia piena di un gas di WIMP. Noi ci muoviamo con il sistema solare attraverso questo gas, le cui particelle ci investono alla velocità di 270 km/s. Molto raramente una WIMP può urtare un nucleo del rivelatore, dandogli una parte della sua energia. Il nucleo rilascia la sua energia nel cristallo, che, se ha le caratteristiche giuste (DAMA usa NaI), emette un piccolo lampo di luce di intensità proporzionale all'energia rilasciata. Questi lampi di luce vengono rivelati e contati.

Ma ci sono segnali di disturbo, identici a quelli cercati, dovuti alla radioattività dell'ambiente e a quella del rivelatore stesso, e molto più frequenti. Bisogna quindi anzitutto lavorare in ambiente sotterraneo. Ma non basta, DAMA ha sviluppato tecniche avanzate per ridurre drasticamente le tracce radioattive in tutto l'apparato. Sfrutta inoltre delle caratteristiche peculiari del segnale. La velocità della Terra nel suo moto di rivoluzione attorno al Sole, 30 km/s, è (circa) concorde a quella del Sole in un periodo dell'anno (giugno), discorde sei mesi dopo. Ci si aspetta quindi che il ritmo dei conteggi sia meno perturbato, e quindi massimo d'estate, minimo d'inverno. Ed è proprio quello che DAMA ha recentemente trovato. Esperimenti così difficili però possono sempre nascondere problemi imprevisti, anche se DAMA ha analizzato tutte le fonti immaginabili di errore, non tro-

vandone. Per arrivare ad una conclusione sicura è necessario ancora parecchio lavoro, un programma che DAMA ha già in corso e che prevede, tra l'altro il raddoppio della massa dei rivelatori e un'ulteriore riduzione dei fondi.

## 5. - Il futuro

Uno dei punti di maggiore importanza del programma che stiamo definendo sarà lo studio del sistema neutrino. Dovremo cercare di misurarne le masse e i parametri di mescolamento.

Il programma CNGS (*CERN Neutrinos to Gran Sasso*), in corso di realizzazione, prevede la costruzione di una sorgente di neutrini al CERN che invierà il fascio, passando sottoterra, a rivelatori al Gran Sasso. Il vantaggio è quello di poter controllare con buona precisione tutte le caratteristiche dei neutrini in partenza, e non solo in arrivo. Sia il fascio sia i rivelatori sono ottimizzati per l'osservazione della comparsa di neutrini tauonici. Per farlo si devono osservare i tau che essi producono. Cosa difficile perché questi decadono dopo aver percorso appena un millimetro o meno. Due proposte di esperimento sono allo studio: OPERA, un rivelatore di 2000 t di massa usa le emulsioni nucleari che hanno l'alta risoluzione spaziale necessaria per rivelare i vertici di produzione e decadimento dei tau; ICARUS, un grande rivelatore ad Ar liquido che fornisce, come una camera a bolle, immagini tridimensionali degli eventi; esso propone di sfruttare le sue uniche caratteristiche per individuare statisticamente i tau. La sperimentazione inizierà nel 2005.

I neutrini atmosferici, pur provenendo da una sorgente non direttamente da noi controllata, consentono esperimenti complementari, hanno infatti un ampio spettro di tempi di volo, a seconda della loro energia e del cammino che hanno fatto dall'atmosfera al rivelatore, che varia da 20 km a circa 13 000 km. Per migliorare rispetto ad oggi bisognerà misurare accuratamente direzione di arrivo ed energia dei neutrini muonici. Non lo si può fare direttamente, ma si può solo misurare l'energia e la direzione del muone prodotto; quest'ultima è tanto più vicina a quella del neutrino quanto più alta è l'energia. Si deve quindi utilizzare solo la parte di alta

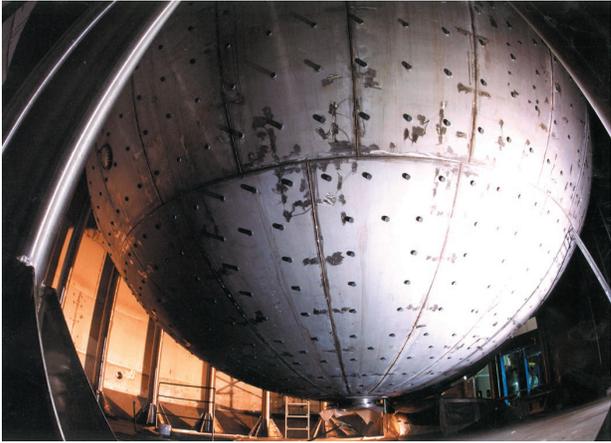


Fig. 4.

energia dello spettro dove il flusso è minore. Quindi il rivelatore deve avere una grande massa, qualche decina di migliaia di tonnellate, come proposto dall'esperimento MONOLITH, un calorimetro di ferro magnetizzato, attualmente in fase di progetto.

Mentre questi esperimenti permetteranno di chiarire la fenomenologia dell'oscillazione «atmosferaica», un'altra parte del programma sarà rivolta a quella «solare».

GNO è il successore di GALLEX e ne usa la tecnica con diversi miglioramenti e con l'intenzione di aumentare la massa sensibile. Sarà così possibile migliorare gradualmente sia la sensibilità statistica sia quella sistematica. GNO è in funzione e ha già pubblicato un primo risultato dopo quasi due anni di raccolta di dati.

BOREXINO è un grande esperimento, di cui si sta completando la costruzione, che osserverà gli elettroni prodotti dai neutrini provenienti dal Sole, rivelando il lampo di luce da essi prodotto in una grande massa, 300 t, di un apposito liquido. L'esperimento è sensibile a neutrini nell'intervallo di energia più interessante per chiarire il fenomeno delle oscillazioni.

Gli astronomi sanno da molti anni che risolvere e misurare lo spettro di una stella porta molta più informazione della semplice misura dell'intensità. Dato che il Sole brilla anche di neutrini, bisognerebbe misurarne lo spettro. Impresa estremamente difficile che si prefigge l'ambiziosa proposta LENS, mirata ad osservare i neutrini elettronici mediante la loro cattura da parte di nuclei di Itterbio. La cattura dà origine ad un elettrone, che viene rivelato, seguito da un fotone di energia carat-

teristica, che pure è rivelato. La successione dei due segnali (elettrone e fotone) è caratteristica della reazione cercata ed aiuta a discriminare dai segnali di disturbo.

Lo studio della materia oscura proseguirà con DAMA potenziato e con un secondo esperimento, CRESST, che potrà raggiungere sensibilità paragonabile con tecniche completamente diverse.

Gli esperimenti sul decadimento doppio beta miglioreranno la loro sensibilità. Se i neutrini hanno masse di qualche decimilionesimo della massa dell'elettrone saremo in grado di misurarle.

Ci sono tutte le prospettive favorevoli perché la fisica e l'astrofisica delle particelle elementari, un settore relativamente nuovo ed in crescita, ottenga nei prossimi anni risultati entusiasmanti e fondamentali per il progresso della nostra conoscenza della natura, e che questo avvenga per buona parte in Italia.

## IL PROGETTO SU LUNGA BASE CERN-GRAN SASSO (CNGS)

**E. Scapparone**

*INFN-LNGS, S.S. 17 bis km 18+910, 61070 Assergi (AQ)*

### 1. - Introduzione

Per spiegare lo spettro continuo dell'elettrone nel decadimento  $\beta$ , W. Pauli ipotizzò nel 1930 l'esistenza del neutrino: trascorsi 70 anni, un'intensa attività sperimentale è tuttora in corso per cercare di stabilire se questa particella abbia massa. La ricerca delle oscillazioni dei neutrini offre uno strumento estremamente sensibile per rispondere a questo interrogativo e costituisce una interessante opportunità per osservare segnali di nuova fisica, oltre il Modello Standard. L'idea di base è che i neutrini  $\nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau$ , stati di «sapore» definito, siano costituiti da una sovrapposizione di neutrini  $\nu_1, \nu_2, \nu_3$ , autostati di massa. Possiamo scrivere

$$(1) \quad \begin{pmatrix} \omega_e \\ \nu_\mu \\ \nu_\tau \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U_{e1} & U_{e2} & U_{e3} \\ U_{\mu1} & U_{\mu2} & U_{\mu3} \\ U_{\tau1} & U_{\tau2} & U_{\tau3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \nu_1 \\ \nu_2 \\ \nu_3 \end{pmatrix},$$

dove  $U$  è una matrice unitaria, detta «di mescolamento». Un caso semplice ma interessante è dato dalla situazione in cui un solo neutrino è separato in massa dagli altri due: si parla allora di «oscillazione a due sapori». Se ad esempio consideriamo solo  $\nu_3$  separato in massa da  $\nu_1, \nu_2$  e ipotizziamo che l'elemento di matrice  $U_{e3}$  sia piccolo, la probabilità di oscillazione di  $\nu_\mu$  in  $\nu_\tau$  può essere scritta:

$$(2) \quad P_{\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau} = \sin^2 2\theta \sin^2 \left( \frac{1.267 \Delta m^2 (\text{eV}^2) L (\text{km})}{E (\text{GeV})} \right),$$

dove  $L$  e  $E$  sono rispettivamente la distanza percorsa e l'energia del neutrino, mentre  $(\sin^2 2\theta, \Delta m^2)$  sono i parametri dell'oscillazione, legati all'angolo di mescolamento  $\theta$  e alla differenza  $\Delta m^2 = m_3^2 - m_2^2$ , tra i quadrati delle masse degli autostati  $\nu_2, \nu_3$ . Intuitivamente  $\sin^2 2\theta$  rappresenta il valore massimo della probabilità di oscillazione, mentre  $\Delta m^2$  determina in quale intervallo di distanze  $L$  e di energie  $E$  il neutrino oscilla: più è piccolo  $\Delta m^2$  più grande deve essere  $L/E$  per apprezzare effetti di oscillazione. La ricerca di tale fenomeno, ipotizzato per la prima volta da Bruno Pontecorvo alla fine degli anni '50, è stata condotta utilizzando neutrini di diversa provenienza.

Le reazioni termonucleari all'interno del sole producono neutrini elettronici di energia  $E_{\nu_e} \geq 15 \text{ MeV}$ , rivelati sulla terra dopo un viaggio di 150 milioni di chilometri. Il rapporto  $L/E$  per i neutrini solari vale circa  $L/E \approx 10^{10} \text{ km/GeV}$  e consente pertanto di ricercare l'oscillazione dei  $\nu_e$  per  $\Delta m^2$  piccolissimi, fino a  $10^{\text{sp}} \text{ eV}^2$ .

Neutrini e antineutrini del muone e dell'elettrone, con energie tra 100 MeV e 1 TeV, sono creati dal decadimento di mesoni carichi, originati dall'interazione dei raggi cosmici in atmosfera. Una caratteristica importante dei neutrini atmosferici è il vasto intervallo in  $L/E$  che essi coprono: si va da  $L/E \approx 0.1 \text{ km/GeV}$  per i neutrini di più alta energia, prodotti nell'atmosfera sopra di noi, fino a  $L/E \approx 10^5 \text{ km/GeV}$  per i neutrini di bassa energia che, prodotti nell'atmosfera sopra la Nuova Zelanda, attraversano la terra. In entrambi i casi, si tratta di interazioni abbastanza rare: ad esempio le 30 t di gallio dell'esperimento GNO ai Laboratori Nazionali

del Gran Sasso dell'INFN, registrano circa 1 evento al giorno dovuto ai neutrini solari, mentre la frequenza delle interazioni dei neutrini muonici atmosferici è circa 150 eventi/(kt · anno): il loro studio richiede pertanto grandi apparati, collocati nei laboratori sotterranei, al riparo dalla radiazione cosmica.

Un ruolo importante nella ricerca delle oscillazioni dei neutrini è svolto dai neutrini prodotti artificialmente: antineutrini dell'elettrone, con energie di alcuni MeV, sono prodotti dai reattori nucleari, mentre fasci di neutrini e antineutrini del muone con energia 1–100 GeV sono prodotti dagli acceleratori di particelle.

Grazie ai neutrini di diversa origine sopra descritti, è stato possibile delineare un quadro nella fisica delle oscillazioni piuttosto complesso e oggetto di ulteriore studio. Importanti sono stati sinora sia i risultati che hanno mostrato evidenza di oscillazione, indirizzando così la ricerca nella giusta direzione, sia quelli che non hanno evidenziato alcuna anomalia e hanno reso possibile porre importanti limiti superiori.

Finora sono state riscontrate due anomalie spiegabili con l'oscillazione: una nei neutrini elettronici del sole e una nei neutrini muonici atmosferici.

Per quanto riguarda quest'ultima, gli esperimenti condotti con fasci di neutrini su lunga base (*Long Base Line*) offrono la possibilità di studiare accuratamente tale fenomeno e di chiarire le questioni ancora aperte.

## 2. – Un po' di storia

I neutrini atmosferici costituiscono un campo di ricerca stimolante, caratterizzato tuttavia per lungo tempo da risultati controversi. Le prime indicazioni di oscillazione dei neutrini  $\nu_\mu$  sono state evidenziate dai rivelatori Čerenkov ad acqua Kamiokande e IMB. La quantità studiata era il doppio rapporto

$$(3) \quad R = [(\nu_\mu + \bar{\nu}_\mu)/(\nu_e + \bar{\nu}_e)]_{\text{data}} / [(\nu_\mu + \bar{\nu}_\mu)/(\nu_e + \bar{\nu}_e)]_{\text{MC}},$$

tra neutrini e antineutrini muonici ed elettronici osservati e attesi. Utilizzando il doppio rapporto, l'errore sistematico della misura è contenuto entro  $\pm 5\%$ . Entrambi gli esperimenti ri-

portavano un valore di  $R$  inferiore a 1, pari rispettivamente a  $R_{\text{Kam}} = (0.60 \pm 0.05 \pm 0.06)$  e  $R_{\text{IMB}} = (0.54 \pm 0.05 \pm 0.11)$ , dove il primo errore è sistematico e il secondo statistico. Tali risultati indicavano un valore dei parametri di oscillazione  $\sin^2 2\theta > 0.65$  e  $\Delta m^2 \simeq 10^{-2} \text{ eV}^2$ .

All'incirca nello stesso periodo altri due esperimenti, Nusex e Frejus, misuravano il rapporto  $R$ . Si trattava di due calorimetri che usavano ferro come assorbitore e rispettivamente tubi a streamer limitato e camere a flash, come rivelatori traccianti. Il risultato di Nusex,  $R_{\text{Nusex}} = (0.96^{+0.32}_{-0.28})$ , risentiva di una statistica limitata, mentre il risultato di Frejus,  $R_{\text{Frejus}} = (1.00 \pm 0.08 \pm 0.15)$ , seppure non fortemente incompatibile entro gli errori con quello degli esperimenti Čerenkov ad acqua, non evidenziava alcun segnale di oscillazione. Se da una parte gli errori statistici erano ancora grandi, si prospettava d'altronde una singolare situazione, in cui il rapporto  $R$  era dipendente dalla tecnica sperimentale usata. Varie ipotesi furono formulate per spiegare possibili effetti sistematici legati ai rivelatori Čerenkov ad acqua, ma nessuna era realmente convincente: la statistica limitata suggeriva la necessità di un esperimento Čerenkov con massa molto maggiore di Kamiokande e di IMB; alcuni dubbi sulla tecnica sperimentale richiedevano una percentuale di superficie coperta da fotomoltiplicatori decisamente superiore al 20% di Kamiokande e al 5% di IMB.

I fisici dei due esperimenti progettarono un vero colosso: 50 000 tonnellate di acqua, in cui i fotoni Čerenkov sarebbero stati rivelati da oltre 11 000 fotomoltiplicatori, per una copertura totale della superficie interna pari al 40%. SuperKamiokande, questo il nome dell'esperimento, è entrato in funzione nell'Aprile 1996 e nell'estate 1997 è arrivata la prima conferma: il rapporto  $R$  misurato era minore di 1. Il risultato attuale, dopo una esposizione di 71 Kt · anni, è  $R = (0.65 \pm 0.05 \pm 0.02)$  e indica un angolo di mescolamento  $\sin^2 2\theta \geq 0.9$ , ma un  $\Delta m^2$  più piccolo di quello misurato dagli esperimenti precedenti:  $1.5 \cdot 10^{-3} \text{ eV}^2 \leq \Delta m^2 \leq 5 \cdot 10^3 \text{ eV}^2$ .

Poco dopo due conferme rafforzavano l'ipotesi che i  $\nu_\mu$  atmosferici dopo aver attraversato la terra, sembravano in buona parte scomparire, come atteso dalle oscillazioni dei neutrini. Il rivelatore MACRO, ai Laboratori del Gran Sasso, misurava una distribuzione angolare dei muoni provenienti dal basso, originati dall'interazione dei  $\nu_\mu$  nella roccia al di sot-

to del rivelatore, distorta e un flusso più basso di quello previsto dalla simulazione di Monte Carlo. Soudan II, un calorimetro realizzato con ferro e tubi a deriva, collocato in una miniera del Minnesota(USA), otteneva un rapporto  $R_{\text{Soudan II}} = (0.64^{+0.06}_{-0.05} \pm 0.11)$ .

Alla luce dei risultati appena esposti, che indicano un  $\Delta m^2 \simeq (10^{-2} - 10^{-3}) \text{ eV}^2$ , la regione di  $L/E$  interessante è quella con  $L/E \geq 100 \text{ km/GeV}$ : per studiare l'oscillazione dei  $\nu_\mu$  tramite acceleratori, che producono neutrini con energie di almeno alcuni GeV, servono distanze  $L$  di alcune centinaia di chilometri: nasce così l'esigenza di esperimenti su lunga base.

### 3. – Gli esperimenti con fasci di neutrini su lunga base

L'evidenza dell'anomalia dei neutrini muonici atmosferici è ormai robusta, ma rimane la domanda: se il fenomeno dell'oscillazione dei neutrini è alla base della scomparsa dei  $\nu_\mu$  atmosferici, quale è il meccanismo di oscillazione? L'esperimento CHOOZ ha studiato  $\bar{\nu}_e$  ( $\langle E \rangle = 3 \text{ MeV}$ ), prodotti da due reattori nucleari francesi, distanti circa 1 km dal rivelatore: nonostante la distanza percorsa dai  $\bar{\nu}_e$  sia modesta, si tratta comunque di un esperimento su lunga base, nel senso che  $L/E$ , il parametro rilevante ai fini della fisica, è grande:  $L/E \geq 300 \text{ km/GeV}$ . CHOOZ ha pertanto studiato i  $\bar{\nu}_e$  nella regione dello spazio dei parametri di oscillazione di interesse dei neutrini atmosferici: l'assenza di anomalie rispetto alle previsioni, ha permesso di escludere il meccanismo  $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$  come responsabile della scomparsa dei  $\nu_\mu$  atmosferici. Tale risultato ha avuto conseguenze cruciali per i futuri progetti su lunga base, orientando gli esperimenti verso la ricerca di oscillazioni nel canale  $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$  e stimolando pertanto la progettazione di rivelatori in grado di identificare la comparsa del  $\nu_\tau$ .

Un primo progetto su lunga base, chiamato K2K, è già in funzione in Giappone e sta producendo i primi interessanti risultati. Si tratta tuttavia di un fascio di  $\nu_\mu$  di bassa energia,  $\langle E \rangle \simeq 1.5 \text{ GeV}$ , prodotti a KEK e rivelati da SuperKamiokande, dopo un viaggio di circa 250 km. Grazie a tale fascio sarà possibile verificare la scomparsa di  $\nu_\mu$  artificiali, ma non di cercare effetti dovuti alla comparsa del  $\nu_\tau$ ,

essendo l'energia dei neutrini del fascio al di sotto della soglia di produzione del leptone  $\tau^-$ . Sarà compito dei futuri progetti su lunga base statunitense ed europeo evidenziare l'effetto della oscillazione  $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ . Il progetto statunitense utilizzerà un fascio di energia «intermedia», e sarà concentrato sulla scomparsa dei neutrini muonici e sulla misura del rapporto tra il numero di eventi senza muone e il numero di eventi con un muone ( $0\mu/1\mu$ ): nel caso di oscillazioni  $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ , tale rapporto aumenta rispetto al caso di non oscillazione, poichè un muone è presente raramente negli eventi dovuti ad interazioni del  $\nu_\tau$ . Il progetto userà un rivelatore vicino, per misurare lo spettro energetico del fascio e il rapporto  $0\mu/1\mu$  prima del lungo viaggio dei neutrini (730 km) e un rivelatore lontano, chiamato MINOS, posto nella miniera di Soudan, dove ci si aspetta di vedere gli effetti dell'oscillazione  $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ .

Infine (è il caso di dire *last but not least*) il progetto CNGS: i neutrini saranno creati al CERN di Ginevra e osservati ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN, dopo un viaggio di 730 km, percorso in circa 2.5 ms. L'idea alla base del CNGS è semplice e potente al tempo stesso: poichè i  $\nu_\tau$  nel fascio appena prodotto sono rarissimi ( $\mathcal{O}(10^{-6}) \nu_\mu$ ), la presenza di eventi di  $\nu_\tau$  al Gran Sasso, costituisce una prova inconfutabile che alcuni  $\nu_\mu$  del fascio, durante il tragitto Ginevra-Gran Sasso, sono oscillati in  $\nu_\tau$ . L'idea del progetto CNGS non è pertanto la ricerca di  $\nu_\tau$  su base statistica o cercando qualche effetto spiegabi-

le con la presenza di oscillazione  $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ , ma la ricerca diretta di comparsa del  $\nu_\tau$  nel fascio evento per evento.

Il lavoro di ottimizzazione del fascio è stata realizzata da un gruppo di fisici, alcuni dei quali appartenenti all'INFN. L'orientamento verso il CERN delle sale sperimentali dei LNGS era invece già stato curato dall'allora Presidente dell'INFN, A. Zichichi, prima che lo scavo dei Laboratori avesse inizio. Modificando il progetto originale della pianta dei Laboratori, aveva orientato le sale sperimentali verso il CERN di Ginevra. La figura 1 mostra il disegno originale del Progetto Gran Sasso presentato da A. Zichichi alla commissione lavori del Senato: siamo nel 1979, ma l'idea del progetto CNGS è già nata.

Il numero di  $\tau^-$  rivelati da un esperimento su lunga base, può essere espresso come

$$(4) N_\tau = A \int \sigma_\tau(E) P_{\text{osc}}(E) \Phi_{\nu_\mu}(E, L) \epsilon(E) dE \approx 1.267^2 \sin^2 2\theta (\Delta m^2)^2 \cdot L^2 A \int \frac{\sigma_\tau(E) \Phi_{\nu_\mu}(E, L) \epsilon(E) dE}{E^2},$$

dove  $E$  è l'energia del neutrino,  $P_{\text{osc}}(E)$  la probabilità di oscillazione,  $\Phi_{\nu_\mu}$  il flusso di neutrini,  $\sigma_\tau(E)$  la sezione d'urto del  $\nu_\tau$ ,  $\epsilon(E)$  l'efficienza del rivelatore e  $A$  il numero di nucleoni nel bersaglio. L'ultima approssimazione è valida se  $L \Delta m^2/E$  è

88

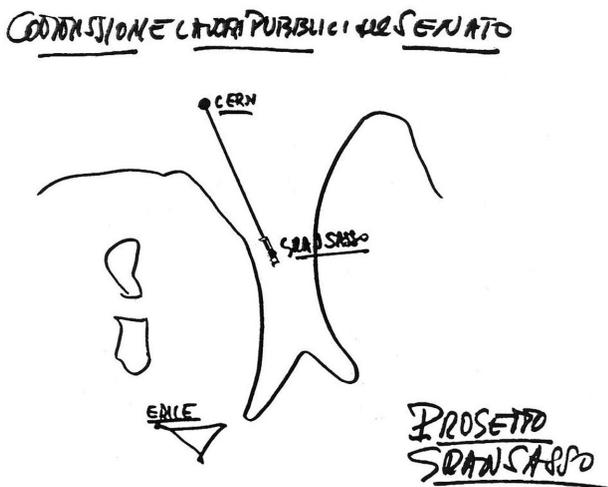


Fig. 1. - Disegno originale del progetto Gran Sasso, presentato da A. Zichichi alla Commissione lavori pubblici del Senato nel 1979.

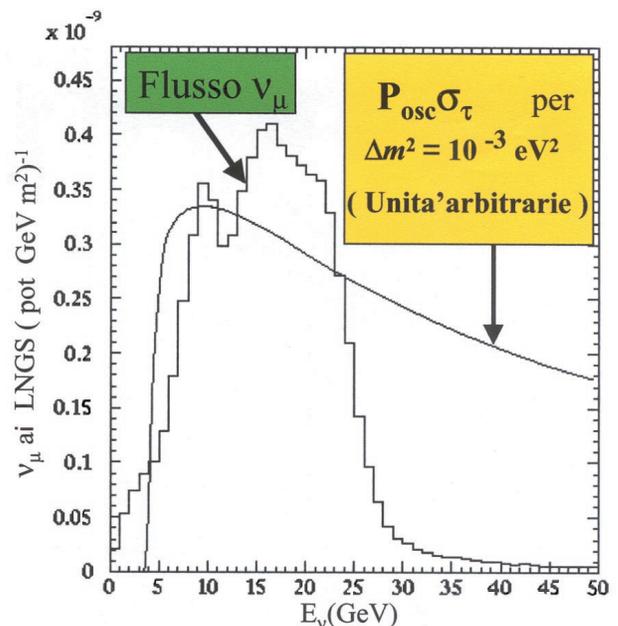


Fig. 2. - Spettro energetico del fascio di neutrini CNGS e del prodotto  $P_{\text{osc}} \sigma_\tau$  per  $\Delta m^2 = 10^{-3} \text{ eV}^2$ .

piccolo. Un fascio di neutrini dedicato alla comparsa diretta, deve rilasciare la maggior parte del flusso nell'intervallo di energia dove il fattore  $\sigma_\tau(E) P_{\text{osc}}(E)$  è massimo. L'ottimizzazione di tale quantità ha portato allo spettro del fascio mostrato in figura 2: i protoni accelerati dall'SPS del CERN colpiscono un bersaglio di grafite e producono mesoni  $\pi$ , K carichi secondari. Tali mesoni decadono in un apposito tunnel lungo circa 1000 m e danno origine a un fascio di neutrini con energia media  $\langle E \rangle \approx 17$  GeV. Per un rivelatore di massa pari a 1 kt, in un anno di presa dati, sono attese al Gran Sasso circa 2500 interazioni a corrente carica dovute al  $\nu_\mu$ .

#### 4. – La difficoltà degli esperimenti di comparsa diretta del $\nu_\tau$ su lunga base

Esistono due metodi diversi di identificare la reazione  $\nu_\tau N \rightarrow \tau^- X$  in un fondo di interazioni di  $\nu_\mu$ . Il primo metodo consiste nella rivelazione esplicita del vertice di interazione del  $\nu_\tau$  e della topologia del successivo decadimento del  $\tau^-$  nei suoi prodotti: un «gomito» (in inglese «kink») nel decadimento leptonic e a pioni singolo, oppure una «stella» nel caso di decadimento a più pioni. Poiché la distanza tra questi due punti alle energie in questione è molto piccola, circa 1 mm, occorrono rivelatori con eccezionali risoluzioni spaziali: in pratica solo le emulsioni nucleari possono essere utilizzate a questo scopo.

Il secondo metodo è basato sulla diversa cinematica nelle interazioni a corrente carica del  $\nu_\tau$  rispetto alle interazioni del  $\nu_\mu$ ,  $\nu_e$ ; nel primo caso la presenza di neutrini nello stato finale, dovuti al decadimento del  $\tau^-$ , si manifesta in una quantità di moto mancante  $P_{\text{miss}}^t$  maggiore e in una correlazione angolare tra la quantità di moto trasversa mancante, la quantità di moto trasversa degli adroni e quella del leptone. Entrambi i metodi sono stati usati messi a punto per la ricerca della comparsa del  $\nu_\tau$  con il fascio prodotto dall'acceleratore SPS del CERN negli esperimenti su corta base, in cui cioè si cercavano  $\nu_\tau$  dopo aver lasciato percorrere ai  $\nu_\mu$  una distanza di circa 800 m. Il primo metodo è alla base del rivelatore CHORUS, il secondo alla base del rivelatore NOMAD.

Per quanto concerne gli esperimenti su lunga base, la maggiore difficoltà è dovuta al flusso di neutrini sul rivelatore estremamen-

te ridotto rispetto agli esperimenti su corta base: poiché il flusso scala come  $1/L^2$ , ci si aspetta al Gran Sasso un fattore circa  $10^6$  di neutrini in meno rispetto agli esperimenti CHORUS e NOMAD. Se consideriamo tali flussi alla luce della piccola sezione d'urto dei neutrini  $\propto (10^{-38} \cdot E(\text{GeV}) \text{ cm}^2)$ , ne segue che occorrono rivelatori di grande massa, affinché la statistica accumulata sia sufficiente per estrarre un segnale significativo.

La difficoltà degli esperimenti su lunga base che si propongono come scopo la ricerca diretta del  $\nu_\tau$  evento per evento, è pertanto implementare su masse di alcune migliaia di tonnellate, le tecniche già usate dagli esperimenti su corta base con masse di poche tonnellate, il tutto tenendo sotto controllo il costo e il numero di canali elettronici.

#### 5. – ICARUS

ICARUS è un esperimento basato su una tecnologia, proposta nel 1977 da C. Rubbia, che unisce un'ottima visualizzazione delle tracce delle particelle, tipica delle camere a bolle, con la capacità di fornire eventi in tempo reale, caratteristica dei rivelatori elettronici. ICARUS è una «Camera a Proiezione Temporale» (*Time Projection Chamber*) riempita con argon liquido e dotata di elevata precisione nella ricostruzione dell'immagine dell'evento, di eccellente risoluzione in energia e di ottima identificazione di fotoni ed elettroni. Il principio di funzionamento è basato sulla capacità degli elettroni di ionizzazione di percorrere distanze di diversi metri nel volume di argon liquido in presenza di un forte campo elettrico. Un intenso programma di ricerca e sviluppo (R&D) ha ottenuto notevoli successi e continui miglioramenti delle prestazioni. Nel 1987 è stata misurata una vita media degli elettroni di ionizzazione superiore ai 10 ms: tale parametro è importante poiché si riflette direttamente nella capacità di tali particelle di percorrere grandi distanze nel volume di argon liquido. Ciò consente di costruire con questa tecnica rivelatori di ampi volumi, offrendo ad esempio la possibilità di usare tale rivelatore per la ricerca del decadimento del protone e per la fisica del neutrino. Nel periodo 1991–1995 è stato costruito un prototipo di 3 t, che ha dimostrato la fattibilità della tecnica su masse interme-

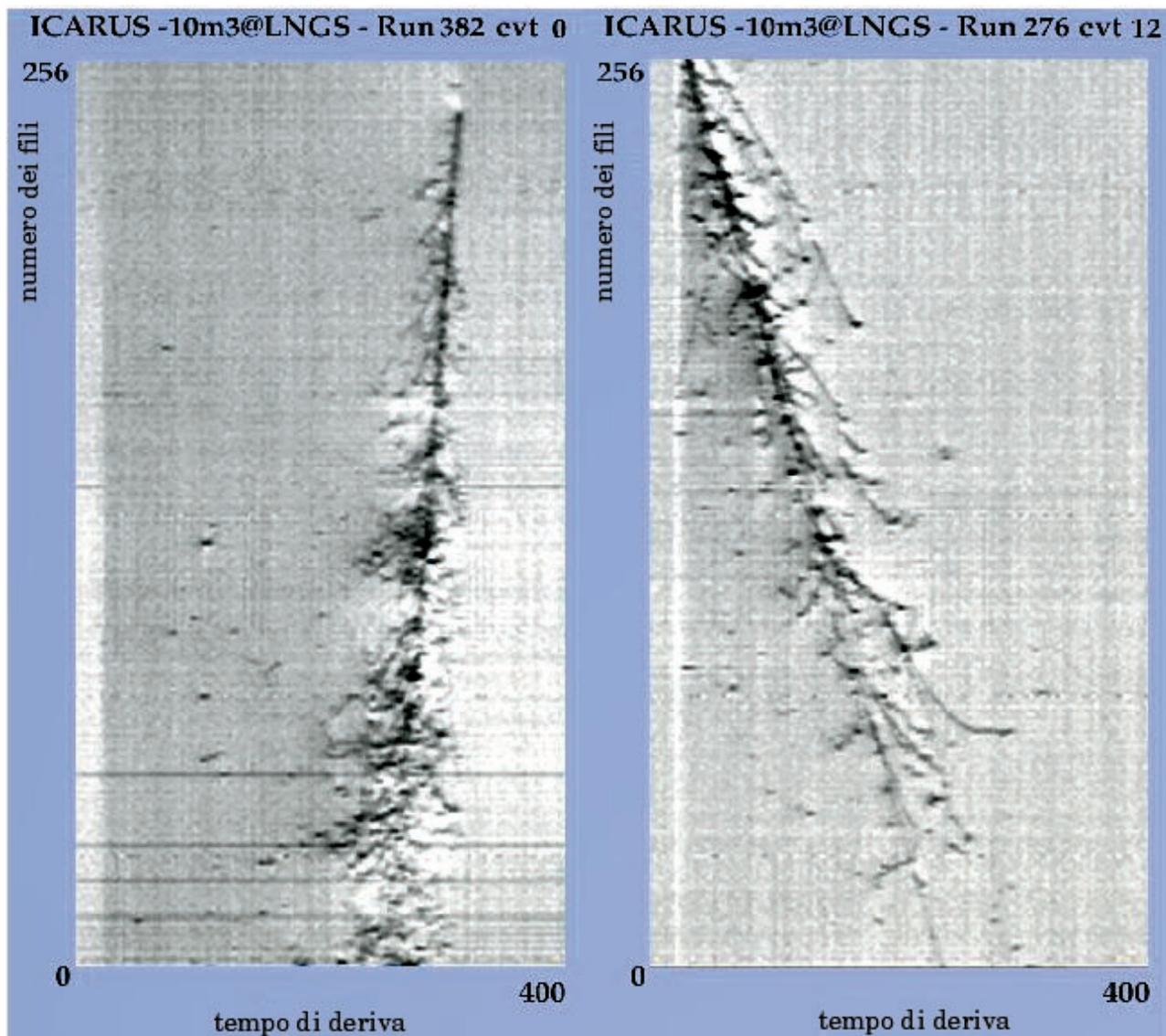


Fig. 3. – Due eventi di muone rivelati dal prototipo di 10 m<sup>3</sup> di ICARUS (Cortesia della Collaborazione ICARUS).

die. Nel 1998 un prototipo da 50 litri è stato esposto con successo al fascio di neutrini al CERN di Ginevra ed è stato inoltre dimostrato che gli elettroni di ionizzazione riescono a percorrere distanze di 1.4 m.

Un ulteriore passo in avanti è costituito dalla realizzazione di un altro prototipo, questa volta con massa pari a 14 t: è stato così dimostrato nel 1999 che vite medie degli elettroni superiori al ms, sono possibili con rivelatori costruiti industrialmente in alluminio. Il prototipo, trasportato in seguito dai Laboratori della sezione INFN di Pavia ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso, ha rivelato agli inizi del 2000 muoni cosmici con lunghezza di traccia di oltre 3 m. Due muoni sono mostrati in figura 3: l'eccezionale capacità di vi-

sualizzazione di ICARUS rende possibile evidenziare particolari quali i numerosi raggi delta prodotti dal muone. A Pavia è attualmente in fase di montaggio il rivelatore di volume più grande a cui la Collaborazione abbia mai lavorato: 600 t di argon liquido saranno in grado di mostrare tra brevissimo tempo tracce di muoni di oltre 18 m e, appena trasportate al Gran Sasso, eventi di neutrini atmosferici con alte risoluzioni in energia e alta granularità nella ricostruzione dell'immagine dell'evento.

Un rivelatore con tali prestazioni può svolgere un ruolo essenziale sul fascio di neutrini CNGS, sfruttando le proprie potenzialità per cercare il  $\nu_\tau$  con tecniche cinematiche. Il canale di osservazione più agevole è dato dal

decadimento leptonic  $\tau^- \rightarrow e^- + \nu_\tau + \bar{\nu}_e$ . Il fondo principale proviene dall'interazione dei rari neutrini dell'elettrone presenti nel fascio ( $\nu_e/\nu_\mu \approx 0.8\%$ ). La ricerca del  $\nu_\tau$  e la reiezione del fondo possono essere svolti attraverso selezioni cinematiche, di cui descrivo solo le principali. Innanzitutto ai valori di  $\Delta m^2$  considerato, ( $10^{-3}$ - $10^{-2}$ )  $\text{eV}^2$ , gli elettroni provenienti dal decadimento del  $\tau^-$  hanno uno spettro energetico più soffice rispetto agli elettroni creati nell'interazione a corrente carica dei  $\nu_e$ . Richiedendo che l'energia visibile dell'elettrone sia inferiore a 18 GeV, il fondo può essere ridotto di circa un ordine di grandezza, mantenendo un'efficienza del 90% per gli elettroni provenienti dal decadimento del  $\tau^-$ . Tra le ulteriori selezioni applicate cito ad esempio quello sulla quantità di moto trasversa dell'elettrone,  $P_t^e < 0.9 \text{ GeV}$ : gli elettroni originati dall'interazione  $\nu_e + N \rightarrow e^- + X$ , sono infatti mediamente più isolati di quelli provenienti dalla reazione  $\tau^- \rightarrow e^- + \nu_\tau + \bar{\nu}_e$ , dove l'energia totale è distribuita anche ai due neutrini presenti nello stato finale.

Il risultato delle varie selezioni applicate fornisce una efficienza per gli elettroni provenienti dal decadimento del  $\tau^-$  pari al 33% mentre la probabilità di confondere un elettrone originato nella corrente carica di un  $\nu_e$  con un elettrone da decadimento del  $\tau^-$  è inferiore all'1%, corrispondente a 4.4 eventi di fondo per una esposizione di 20 Kt · anni.

Un altro tipo di contaminazione è rappresentata dalle correnti neutre che contengono un  $\pi^0$ . Tale fondo può essere agevolmente soppresso grazie alla lunghezza di radiazione dell'argon liquido,  $X_0^{\text{LAr}} = 14 \text{ cm}$ , grande rispetto alla granularità del rivelatore: gli elettroni di decadimento del  $\tau$  iniziano infatti a produrre sciami elettromagnetico nelle immediate vicinanze del vertice di interazione del neutrino, mentre i fotoni originati dal decadimento del  $\pi^0$  iniziano a produrre sciami elettromagnetico più tardi. La contaminazione dovuta a tale tipo di processo è inferiore ad 1 evento in 20 Kt · anni di presa dati. Gli eventi di  $\nu_\mu$  a corrente carica possono simulare la cinematica del neutrino del  $\tau^-$  se viene prodotto un adrone contenente un quark charm, a causa dei neutrini prodotti nel decadimento di queste particelle. Il fondo totale per le correnti cariche di  $\nu_\mu$ , includendo la produzione e il decadimento degli adroni con charm, è 1 evento per un tempo

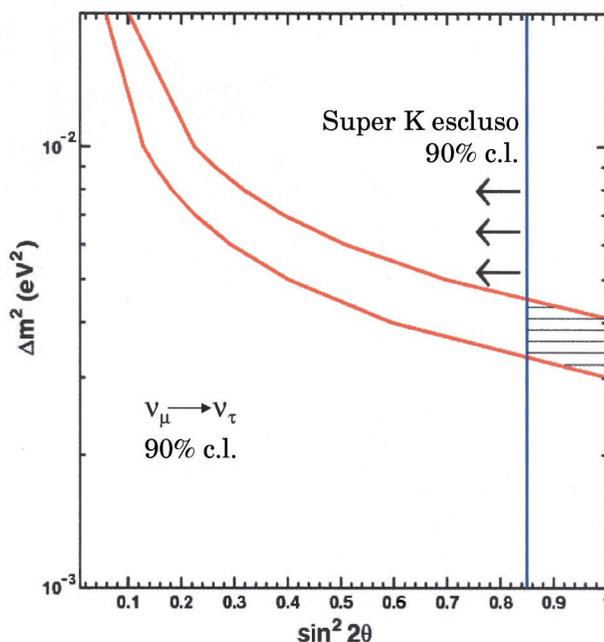


Fig. 4. - Misura dei parametri di oscillazione di ICARUS assumendo un'esposizione di 20 kt · anni e 35 eventi di  $\nu_\tau$  osservati.

di esposizione di 20 Kt · anni. Riassumendo il fondo per 20 Kt · anni è di 5.5 eventi. Per quanto concerne il segnale, considerando una esposizione di 20 Kt · anni, per  $\sin^2 2\theta = 1$  ci si aspetta di rivelare 35 eventi  $\nu_\tau$  per  $\Delta m^2 = 3.5 \cdot 10^{-3} \text{ eV}^2$ . Gli eventi attesi per  $\Delta m^2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ eV}^2$  sono invece 12. La figura 4 mostra la misura dei parametri di oscillazione: supponendo di osservare 35  $\tau$ , l'accuratezza nella determinazione del  $\Delta m^2$  è circa del 20%.

## 6. - OPERA

Il problema del passaggio da un bersaglio di  $\mathcal{O}(1 \text{ t})$ , sufficiente per un esperimento su corta base, ad un bersaglio di  $\mathcal{O}(1 \text{ Kt})$ , necessario per un esperimento su lunga base, è stato risolto con successo dall'esperimento OPERA, utilizzando un rivelatore detto ECC (Emulsion Cloud Chamber), che combina l'alta precisione nel tracciamento delle particelle, tipica delle emulsioni, con una notevole massa disponibile per le interazioni dei neutrini, fornita da lastre di piombo. Ciascuna cella, mostrata schematicamente in figura 5, consiste di una sottile lastra di piombo (1 mm), alternata con una coppia di strati di emulsione, ciascuno di spessore 50  $\mu\text{m}$ , posta

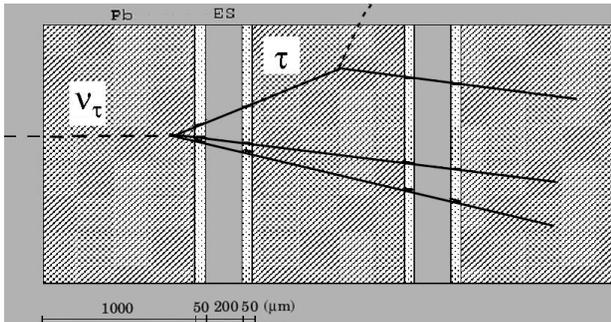


Fig. 5. - Struttura della cella ECC dell'esperimento OPERA: il «gomito» corrispondente al vertice di decadimento del  $\tau$  è chiaramente visibile.

sui due lati di un supporto di plastica di spessore  $200\ \mu\text{m}$ . L'elemento chiave, chiamato mattone (in inglese *brick*), consiste di 56 celle: ha dimensioni trasverse  $(10.2 \times 12.7)\ \text{cm}^2$  e uno spessore di  $7.5\ \text{cm}$ . Ogni mattone è seguito da due piani di bacchette di scintillatore plastico, che agiscono da tracciatore elettronico. Le bacchette di scintillatore hanno dimensioni  $(2.6 \times 1 \times 670)\ \text{cm}^3$  e la luce prodotta dal passaggio di una particella carica è raccolta da fibre a spostamento di lunghezza d'onda (WLS fibers), opportunamente accoppiate a un fotorivelatore, ad esempio un fotomoltiplicatore multianodico. Secondo una simulazione effettuata al computer, quando un muone è rivelato da OPERA, le bacchette di scintillatore ricostruiscono il vertice di interazione del neutrino con una precisione di  $0.8\ \text{cm}$  nel 94% dei casi e di  $2.6\ \text{cm}$  nel rimanente 6% dei casi. Tali risoluzioni sono ampiamente sufficienti per localizzare il mattone in cui è avvenuta l'interazione. OPERA ha una massa totale di 2 kt ed è organizzato in 3 supermoduli: un supermodulo è costituito da 24 moduli, ciascuno formato da 3264 mattoni. Ciascun Supermodulo è seguito da uno spettrometro per muoni, costituito da un magnete dipolare, da Tubi a deriva e da Camere a Piatti Resistivi (RPC). Lo spettrometro identifica i muoni e, grazie ad un campo magnetico di  $1.55\ \text{T}$ , ne misura la quantità di moto e il segno della carica.

In OPERA la ricerca di  $\tau^-$  è effettuata sia nei canali di decadimento leptonici ( $\tau^- \rightarrow e^- + \nu_\tau + \bar{\nu}_e$ ,  $\tau^- \rightarrow \mu^- + \nu_\tau + \bar{\nu}_\mu$ ) sia nel canale adronico di  $\pi$  singolo,  $\tau^- \rightarrow \pi^- + \nu_\tau$ . Il punto di forza di OPERA è il fondo estremamente basso: in cinque anni di raccolta dati il fondo totale stimato è pari a 0.57 eventi. L'identificazione del muone e la

misura della sua carica sono particolarmente importanti per raggiungere un fondo così modesto in un esperimento che identifica il  $\nu_\tau$  tramite ricerca del «gomito»: vediamo perché. Nelle interazioni dei  $\nu_\mu$ , possono essere prodotti adroni che contengono il quark charm, ad esempio  $\Lambda_c^+$ ,  $D^+$ . La vita media e la cinematica del decadimento di tali particelle sono simili a quelle del  $\tau^-$ . Se nell'evento, oltre a tali adroni, è rivelato anche un muone, è chiaro che si tratta di una interazione di un  $\nu_\mu$  e pertanto l'evento non è considerato un candidato  $\nu_\tau$ . Esiste però un caso più insidioso, quello cioè in cui il muone primario non è rivelato per motivi di accettazione geometrica oppure perché, se è di bassa energia, si ferma prima di essere classificato come tale. Entrano allora in scena gli spettrometri: poiché il muone proveniente dal decadimento della particella con charm è positivo, può essere distinto da quello atteso dal decadimento del  $\tau^-$  che è negativo.

Vediamo adesso come avviene in pratica la ricerca del  $\nu_\tau$  in OPERA. Il sistema tracciante, costituito da bacchette di scintillatore, ricostruisce le tracce delle particelle prodotte nell'evento, identificando quale mattone contiene il vertice di interazione del neutrino. Identificare il mattone giusto è fondamentale: è lì dentro che si nasconde il «gomito», il biglietto da visita del  $\nu_\tau$ . Il mattone selezionato è estratto ed esposto ai muoni dei raggi cosmici per misurare con grande precisione l'allineamento tra i vari strati di emulsione contenuti all'interno. Sono sufficienti 1-2 tracce per millimetro quadrato, poi il mattone viene spaccettato e gli strati di emulsione sono pronti per essere sviluppati chimicamente. La lettura avviene attraverso un sistema di microscopi altamente automatizzati: un sistema detto «Selezionatore di tracce» (*Track Selector*) cerca e ricostruisce il vertice di interazione del neutrino. Quando il vertice viene identificato, la procedura automatica è applicata a un volume più ampio intorno al vertice, per cercare la topologia del decadimento del  $\tau^-$ . Con questa analisi vengono scartati gli eventi che non mostrano segno di «gomito» intorno al vertice e quindi si riducono il numero di eventi da analizzare completamente. Infine, per gli eventi rimasti, si applica un'analisi molto accurata, usando microscopi ad altissima precisione che sfruttano pienamente la risoluzione spaziale delle emulsioni.

Lo sviluppo di tali sistemi automatici è iniziato alla fine degli anni '70 a Nagoya e il primo Selezionatore è stato usato alla fine degli anni '80. La velocità di analisi, un fattore importante per OPERA, è stata continuamente migliorata nel corso degli anni, fino a raggiungere recentemente un aumento di un fattore 15 negli esperimenti CHORUS e DONUT, rispetto alle prestazioni raggiunte agli inizi degli anni '80. Per il 2005, quando OPERA entrerà in funzione, si stima che la velocità di analisi aumenterà di un ulteriore fattore 10.

Per quanto riguarda lo svolgimento dell'analisi, un possibile schema prevede due centri «regionali», ad esempio uno in Italia e uno in Giappone, per la prima fase di ricerca del vertice nel mattone. La seconda fase, riguardante l'analisi accurata nella zona vicina al vertice, è invece svolta da un gruppo più esteso di Laboratori. Infine le analisi di fisica, saranno a cura di tutte le istituzioni partecipanti.

Abbiamo visto che il fondo di OPERA è estremamente basso, vediamo ora il segnale. A seconda del  $\Delta m^2$ , il numero di  $\tau$  attesi in cinque anni di presa dati e per  $\sin^2 2\theta = 1$ , varia tra  $N\tau = 4$  a  $\Delta m^2 = 1.5 \cdot 10^{-3} \text{ eV}^2$  e  $N\tau = 44$  a  $\Delta m^2 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ eV}^2$ . Considerando il valore più probabile dei parametri di oscillazione indicato da SuperKamiokande,  $\Delta m^2 = 3.2 \cdot 10^{-3} \text{ eV}^2$  e  $\sin^2 2\theta = 1$ , il numero di  $\tau$  atteso è 18. La figura 6 mostra la sensi-

bilità di OPERA: tutta la zona indicata da Superkamiokande, con un livello di confidenza del 90%, può essere esplorata. La misura di  $(\sin^2 2\theta, \Delta m^2)$  può essere ottenuta dal numero di  $\tau$  (formula 4): supponendo 18  $\tau$  rivelati  $\Delta m^2$  può essere misurato con un'accuratezza del 20%.

## 7. – Conclusioni

Dopo le prime osservazioni effettuate con i neutrini elettronici solari, il deficit di neutrini muonici atmosferici ha fornito una forte indicazione di un segnale di oscillazione dei neutrini e quindi di fisica oltre il Modello Standard. I fasci di neutrini su lunga base ad alta energia, svolgeranno un ruolo cruciale, nella comprensione dei fenomeni osservati. I Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN, che hanno fornito in passato contributi fondamentali nell'osservazione dei neutrini solari con l'esperimento GALLEX e nello studio dei neutrini atmosferici con l'esperimento MACRO, continueranno a svolgere un ruolo di primo piano grazie al progetto CNGS. I neutrini provenienti dal CERN di Ginevra offriranno la possibilità di chiarire *in modo diretto* se realmente un meccanismo di oscillazione del tipo  $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$  è alla base della scomparsa dei neutrini muonici atmosferici e in caso affermativo di ottenere ulteriori informazioni sui parametri di oscillazione.

93

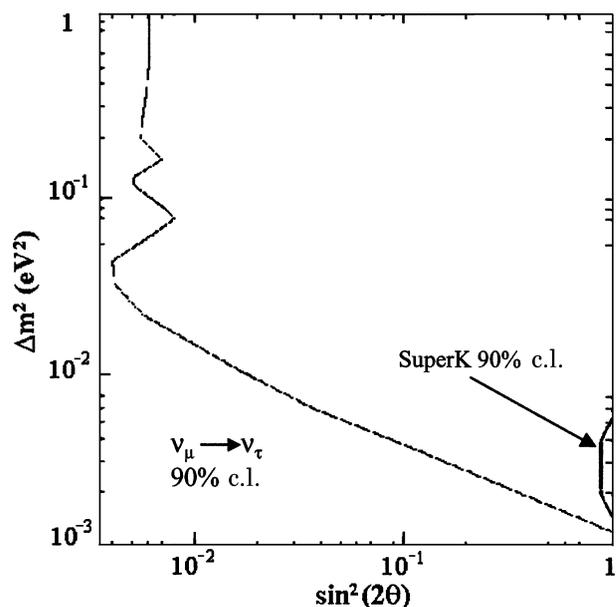


Fig. 6. – Sensibilità dell'esperimento OPERA nella ricerca di oscillazioni  $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$  in 5 anni di presa dati.

## Bibliografia

- (1) The IMB Collaboration, *Phys. Rev. D*, **46** (1992) 146.
- (2) The Kamiokade Collaboration, *Phys. Lett. B*, **280** (1992) 146.
- (3) The Nusex Collaboration, *Europhys. Lett.*, **8** (1989) 611.
- (4) The Frejus Collaboration, *Z. Phys. C*, **66** (1995) 417.
- (5) The Superkamiokande Collaboration, *Phys. Lett.*, **81** (1998) 1562.
- (6) The MACRO Collaboration, *Phys. Lett. B*, **434** (1998) 451.
- (7) The Soudan 2 Collaboration, *Phys. Lett. B*, **449** (1999) 137.
- (8) M. Sakuda for the K2K Collaboration, ICHEP Conference, Documentazione disponibile su <http://ichep2000.hep.sci.osaka-u.ac.jp/>.
- (9) The CHOOZ Collaboration, *Phys. Lett. B*, **466** (1999) 415.
- (10) A. BETTINI, The Gran Sasso Laboratory 1979-1999, A vision becomes reality, (1999), INFN press.
- (11) The CHORUS Collaboration, NIM A401(1997) 7.
- (12) The NOMAD Collaboration, J. ALTEGOER et al., NIM A404 (1998) 96.
- (13) The ICARUS and NOE Collaborations, INFN/AE-99-17, CERN/SPSC 99-25, SPSC/P314.
- (14) The OPERA Collaboration, CERN/SPSC 2000-028, SPSC/P318, LNGS P25/2000.
- (15) T. KAFKA for the DONUT Collaboration, *Nucl. Phys. B*, **70**, Proc. Suppl., (1999) 204.

## IL PROGETTO MONOLITH: STUDIO DELLE OSCILLAZIONI DEI NEUTRINI AL LABORATORIO DEL GRAN SASSO

**Luigi Satta**

*Dipartimento di Energetica dell'Università  
La Sapienza, Roma*

In questo articolo viene illustrato il progetto di un esperimento, MONOLITH (acrostico di Massive Observatory for Neutrino Oscillation or Limits on Their existence) da costruire nei Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, dedicato allo studio delle oscillazioni dei neutrini per mezzo dell'osservazione dei neutrini atmosferici. In pochi anni di misura l'esperimento è in grado di stabilire in modo definitivo se i neutrini oscillano e quindi se la loro massa è diversa da zero.

### 1. - I neutrini

I neutrini sono senza dubbio le particelle più elusive e bizzarre inventate dall'uomo, almeno all'occhio di un non specialista. La loro esistenza fu postulata da Pauli nel 1933<sup>(1)</sup> per salvare il principio della conservazione dell'energia nei decadimenti radioattivi. L'ipotesi fu accettata solo per mancanza di un'alternativa più convincente, e si dovette aspettare fino al 1956 per avere la prova della loro realtà, con l'esperimento di Cowan e Reines<sup>(2)</sup>.

Oggi, dopo 67 anni, fanno parte a pieno diritto della famiglia delle particelle elementari, in cui sono classificati fra i costituenti fondamentali.

Le proprietà che li caratterizzano sono le seguenti. Hanno una massa nulla, e dunque, come richiede la relatività ristretta, non conoscono requie e si muovono alla velocità della luce. Delle quattro cariche conosciute (gravitazionale, debole, elettrica e forte) possiedono solo quella debole, ed è attraverso l'interazione di questa carica con la materia che si manifesta la loro esistenza. Come dice il nome, l'interazione dei neutrini con la materia è debole, ed è corrispondentemente difficile la loro osservazione sperimentale. Basti dire che un neutrino attraversa agevolmente la terra senza essere assorbito. Sappiamo an-

che, per osservazione diretta, che esistono tre, e non più di tre specie di neutrini, detti neutrino elettrone ( $\nu_e$ ), neutrino mu ( $\nu_\mu$ ) e neutrino tau ( $\nu_\tau$ ). Quest'ultimo è stato osservato solo recentemente (luglio 2000). Sempre per osservazione diretta sappiamo che queste tre specie non si mescolano fra di loro. La cosa si formalizza, come è usuale, assegnando a ciascuno dei tre tipi di neutrini un numero quantico *ad hoc*, e dicendo che questo numero si conserva. Così ad esempio un  $\nu_e$  che ha un numero quantico elettronico pari a 1 e un numero quantico muonico nullo, non può trasformarsi in  $\nu_\mu$  perché non può perdere il suo numero quantico originario, né acquistare quello finale.

### 2. - L'oscillazione dei neutrini

Fin qui quello che sappiamo, o crediamo di sapere. È però nella natura del fisico dubitare sempre, e dubitare di tutto. Così a ben guardare alcune delle proprietà che ho elencato sono tutt'altro che indiscutibili. Per la massa dei neutrini esistono limiti sperimentali stringenti, in particolare per il  $\nu_e$ , ma nulla esclude che abbiano una massa, certamente piccola, ma diversa da zero. Ancora più debole è la storia dei numeri quantici cui ho accennato sopra. Nessun principio noto garantisce la loro esistenza o la loro conservazione. Anche qui si tratta di un fatto sperimentale, stringente, ma non indiscutibile.

Si può allora pensare di attenuare l'affermazione che i neutrini abbiano massa nulla e assegnare loro una massa piccola ma non nulla, e contemporaneamente rinunciare a una rigorosa conservazione dei numeri quantici che caratterizzano le tre specie. In questo caso la meccanica quantistica ci assicura che, mentre si propagano nello spazio, si mutano uno nell'altro. Ad esempio, un  $\nu_e$  propagandosi può trasformarsi in un  $\nu_\mu$ , che più avanti diventa di nuovo  $\nu_e$ , e così via. Questo fenomeno, se esiste, prende il nome di oscillazione dei neutrini. E se esiste, la teoria non è attualmente in grado di dire con quale probabilità o con quale frequenza si verifichi. Solo la sua osservazione sperimentale può consentire di fissarne i parametri.

Per capire come può essere risolta la questione, peraltro fondamentale, dell'esistenza dell'oscillazione dei neutrini e della loro mas-

sa, è necessario accennare al modo in cui i neutrini si rivelano. L'osservazione diretta dei neutrini non è possibile. Possiedono infatti solo la carica debole, mentre gli strumenti che sappiamo realizzare sono basati sulle proprietà della carica elettrica. Per sapere se un neutrino è entrato nel rivelatore è necessario che interagisca con un atomo del rivelatore stesso, producendo una particella dotata di carica elettrica, che l'apparato sperimentale possa identificare. Così si può dire che un  $\nu_e$  si è fermato nel rivelatore se all'interno di questo comincia improvvisamente a muoversi un elettrone (e), che ha lo stesso numero quantico elettronico del  $\nu_e$ . Corrispondentemente si tratterà di un  $\nu_\mu$  se improvvisamente comincia a muoversi un muone ( $\mu$ ), altra particella elementare che possiede l'adatto numero quantico. Analogo ragionamento per il  $\nu_\tau$ , salvo il fatto che la sua osservazione è molto difficile perché la particella corrispondente, il mesone tau ( $\tau$ ), ha vita media di soli  $2.9 \cdot 10^{-13}$  secondi, e non ha tempo di propagarsi apprezzabilmente nel rivelatore.

In conclusione i neutrini sono sperimentalmente caratterizzati dalla nascita di una particella all'interno dell'apparato sperimentale, particella che, a seconda della sua energia, può rimanere confinata all'interno dell'apparato o può uscirne. In gergo queste due tipologie sperimentali vengono dette «eventi contenuti» ed «eventi parzialmente contenuti».

### 3. – La base sperimentale dell'oscillazione

Da molti anni gli addetti ai lavori stanno cercando di stabilire se queste oscillazioni di neutrino esistono. I metodi sperimentali fino ad ora impiegati sono due. Uno, detto dell'apparizione, consiste in questo. Dato un fascio di neutrini, non importa come siano prodotti, e per fissare le idee immaginiamo che si tratti di  $\nu_e$ , che incide sull'apparato sperimentale, si va a cercare fra gli eventi contenuti e semicontenuti la presenza di un  $\mu$ , particella che il fascio, in assenza di oscillazioni, non è in grado di produrre.

L'altro metodo, detto della sparizione, è basato sulla conoscenza che si crede di avere del fascio di neutrini. Se questo è ben conosciuto, è possibile calcolare quanti eventi contenuti e semicontenuti si devono osservare in un dato tempo. Osservarne di meno è indizio

di oscillazione del fascio di neutrini. I due metodi hanno pregi e difetti, in parte complementari, che qui non è il caso di discutere.

Fra i tanti esperimenti finora effettuati, solo uno<sup>(3)</sup> ha dato risultati che sembrano indicare in modo incontestabile l'esistenza delle oscillazioni, e che va quindi brevemente descritto. L'apparato sperimentale è situato in Giappone, all'interno di una miniera, sotto una copertura di roccia di oltre 1 km che costituisce un filtro per la radiazione cosmica di bassa energia, rumorosa e nota da molti anni. L'esperimento è noto come Super-Kamiokande, dal nome della località in cui è situato (Kamiokande appunto, il cui significato mi dicono essere «Montagna di Dio»). E'una immensa piscina di 50000 m<sup>3</sup> di acqua purissima, attrezzata con rivelatori (fototubi) in grado di vedere, in senso letterale, le particelle che in esso nascono o che lo attraversano, per mezzo della luce che le particelle stesse emettono nell'acqua quando si muovono a velocità elevatissima (luce di Čerenkov).

Il metodo sperimentale utilizzato è quello della sparizione, e il fascio di neutrini utilizzato è quello prodotto dalla radiazione cosmica nell'atmosfera, che contiene sia  $\nu_\mu$  che  $\nu_e$ . Gli eventi contenuti e semicontenuti vengono divisi in eventi di tipo  $\mu$  e di tipo e, e questi a loro volta in eventi che vengono dall'alto ed eventi che vengono dal basso. I primi sono prodotti da neutrini generati nell'atmosfera soprastante il rivelatore, e quindi hanno viaggiato al più qualche decina di km. Quelli che vengono dal basso sono stati prodotti nell'atmosfera dell'emisfero terrestre opposto a quello in cui si trova l'apparato, e quindi hanno viaggiato all'interno della terra per migliaia di km (al più 13000 km, diametro terrestre). Nel rapporto tra i flussi di neutrini dal basso e di neutrini dall'alto è evidente un'attenuazione del flusso di  $\nu_\mu$  dal basso. Dato che i flussi di  $\nu_e$  sono quelli attesi, l'interpretazione corrente è che i  $\nu_\mu$ , nell'attraversare la terra, e quindi su distanze di qualche migliaio di km, oscillino in  $\nu_\tau$ .

La comunità degli addetti ai lavori è abbastanza convinta che i risultati di Super-Kamiokande siano l'effettiva osservazione delle oscillazioni di neutrino, anche se altri esperimenti<sup>(4)</sup> (non però progettati per questo tipo di misura) danno un supporto assai debole a questo risultato. Va ancora aggiunto che in tempi recentissimi (agosto 2000) è apparsa la

notizia di una possibile incongruenza, che sarebbe troppo lungo illustrare, nelle osservazioni di Super-Kamiokande <sup>1</sup>.

#### 4. - Il progetto MONOLITH

Da quanto esposto fin qui ritengo che sia chiara l'importanza di stabilire in modo inequivoco se i neutrini oscillano, e che questo vada fatto con una tecnica e una metodologia diverse da quelle utilizzate da Super-Kamiokande.

Dal lavoro fatto dalla collaborazione MONOLITH <sup>(5)</sup>, l'impresa è possibile, e il risultato può essere raggiunto in tempi relativamente brevi. Il progetto MONOLITH riguarda lo studio di un rivelatore dedicato all'osservazione delle oscillazioni di neutrino per mezzo dei  $\nu_\mu$  atmosferici, da installare nei Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, sotto una copertura minima di roccia di circa 1300 metri.

Cercherò di illustrare ora il metodo sperimentale, che costituisce una novità rispetto ai precedenti, dovuto a un'idea di P. Picchi e F. Pietropaolo <sup>(6)</sup>.

Se per semplicità supponiamo che esistano solo due tipi di neutrini, il  $\nu_\mu$  e il  $\nu_\tau$ , si può provare che la probabilità che un  $\nu_\mu$  di energia  $E$  si trasformi in un  $\nu_\tau$  viaggiando su un percorso di lunghezza  $L$  è data da

$$(1) \quad P_{\mu \rightarrow \tau} = \sin^2(2\Phi) \sin^2(1.27 \Delta m^2 L/E),$$

dove  $\Phi$  è un parametro adimensionale detto angolo di mescolamento,  $\Delta m^2$  è il quadrato della differenza di massa fra il  $\nu_\mu$  e il  $\nu_\tau$  misurata in  $eV^2$  [ $1 eV = 1.6 \cdot 10^{-19} J$ ],  $L$  è in km ed  $E$  è in GeV. Le misure attuali ci dicono che  $\sin^2(2\Phi)$  vale circa 1, e che  $\Delta m^2$  vale circa  $3 \cdot 10^{-3} eV^2$ .

Per illustrare il metodo con un esempio fissiamo allora  $\sin^2(2\Phi)$  a 1 e  $\Delta m^2$  a  $3 \cdot 10^{-3} eV^2$ . Se adesso consideriamo il rivelatore sotterraneo, i  $\nu_\mu$  atmosferici che lo attraversano provenendo dall'alto hanno percorso una decina di km dal punto in cui sono prodotti. Nella

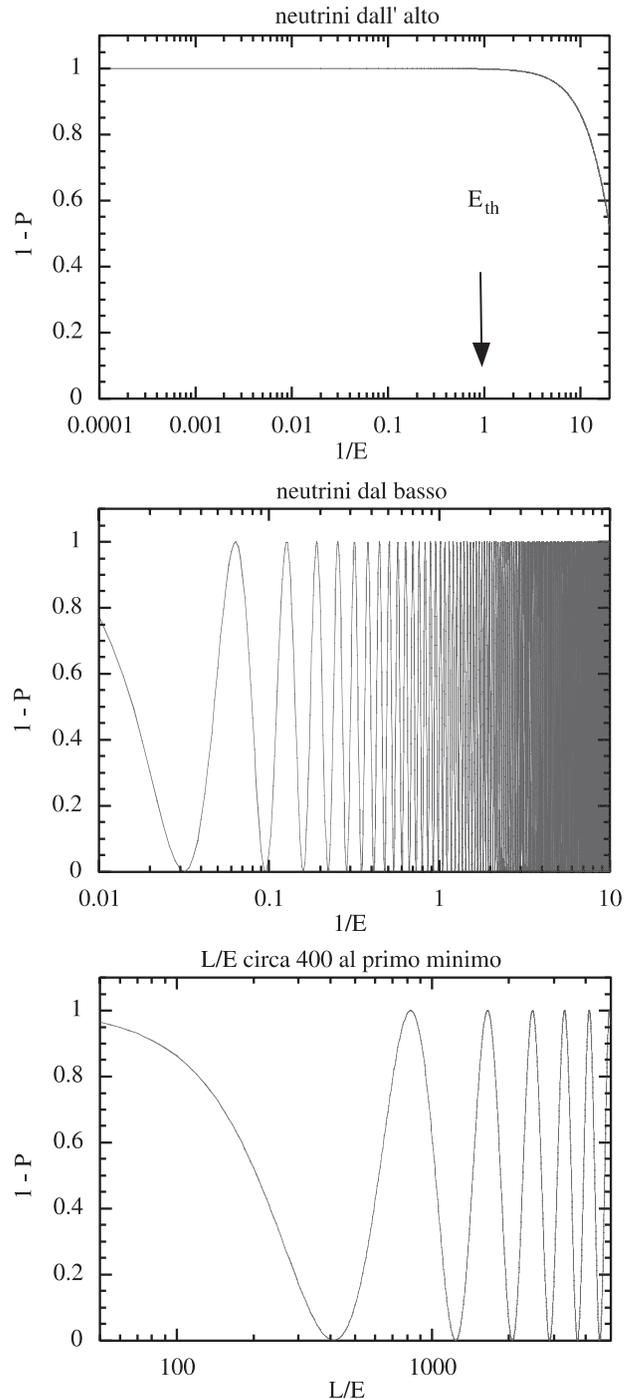


Fig. 1. - Grafico della probabilità che un  $\nu_\mu$  non oscilli in un  $\nu_\tau$ . Parti superiore e centrale: in funzione di  $1/E$  per  $L = 10$  km e per  $L = 13000$  km rispettivamente. Parte inferiore: in funzione di  $L/E$ . Il primo minimo è centrato a  $L/E = 400$  km/GeV. Nel calcolo  $\Delta m^2 = 3 \cdot 10^{-3} eV^2$  e  $\sin^2(2\Phi) = 1.0$ .

<sup>1</sup> Esistono altri risultati che indicano una notevole riduzione del flusso di  $\nu_e$  emessi dal sole rispetto a quanto previsto dai modelli solari. L'affidabilità della valutazione del flusso di  $\nu_e$  è però così incerta che il contributo di queste misure allo studio di un problema così importante è difficilmente valutabile.

parte superiore di figura 1 è presentato il grafico di  $1 - P_{\mu \rightarrow \tau}$  in funzione di  $1/E$  con  $L$  fissato a 10 km. Se immaginiamo che la soglia in energia per la rivelazione dei  $\nu_\mu$  sia  $E_{th} \geq 1$  GeV, i  $\nu_\mu$  prodotti nell'atmosfera non oscillano affatto.

La massima distanza che può percorrere un neutrino atmosferico prima di raggiungere il rivelatore è pari al diametro terrestre, circa 13 000 km. Nella parte centrale di figura 1 è presentato il grafico di  $1 - P_{\mu \rightarrow \tau}$  in funzione di  $1/E$ , con  $L$  uguale a 13 000 km. A differenza dal caso precedente, su questa distanza i  $\nu_\mu$  si trasformano facilmente in  $\nu_\tau$ .

Infine nella parte inferiore di figura 1 è riportato il grafico di  $1 - P_{\mu \rightarrow \tau}$  in funzione di  $L/E$ . Come si vede, c'è un pronunciato minimo centrato a  $L/E = 400$  km/GeV. Dati i valori di  $L$  disponibili sulla terra e lo spettro in energia dei neutrini atmosferici, è facile misurare valori di  $L/E$  tutto intorno alla regione della prima oscillazione.

Dal punto di vista della misura, quanto sopra significa che il numero di  $\nu_\mu$  che attraversano il rivelatore in un dato tempo deve presentare, in funzione di  $L/E$ , lo stesso andamento oscillatorio. La sua osservazione sarebbe una prova inconfutabile dell'esistenza delle oscillazioni dei neutrini.

Il fatto che i neutrini che vengono dall'alto non oscillino offre anche un altro vantaggio, illustrato nella figura 2. Intanto va detto che, per energie dei neutrini al di sopra del GeV, i flussi dall'alto e dal basso sono identici entro qualche per cento. Allora, dato che il percorso di ogni neutrino è assegnato in base all'angolo zenitale  $\theta$  come  $L(\theta)$ , i neutrini non oscillati che vengono dall'alto possono costituire un fascio di riferimento per i neutrini che vengono dal basso. Basta per questo assegnare a ogni  $\nu_\mu$  che viene dall'alto, invece del percorso  $L(\theta)$ , il percorso  $L'(\theta) = L(\pi - \theta)$ . Se quindi si fa il grafico, in funzione di  $L/E$ , del rapporto fra il numero di neutrini che vengono dall'alto e il numero dei neutrini che vengono dal basso in un dato tempo, si ha una grandezza che non dipende quasi per nulla dalla conoscenza del flusso teorico dei neutrini atmosferici.

## 5. - Il rivelatore MONOLITH

Nel paragrafo precedente ho illustrato il metodo di misura. Vediamo adesso le richieste che l'utilizzazione di questo metodo pone all'apparato sperimentale. Per ogni  $\nu_\mu$  che viene osservato, il rivelatore deve fornire la direzione, il verso di percorrenza (dall'alto o dal basso) e l'energia. Esaminiamo ciascuna di queste variabili, ricordando che nel rivela-

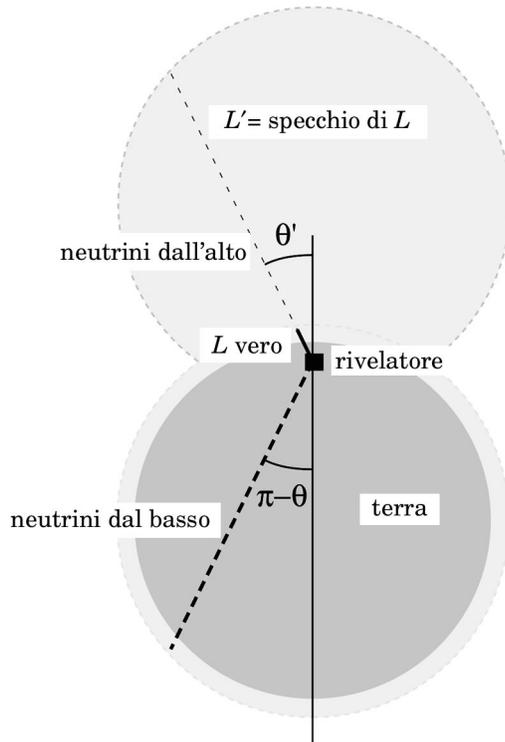


Fig. 2. - I neutrini che investono il rivelatore provengono dall'alto possono costituire un fascio di riferimento per quelli che provengono dal basso. Basta per questo assegnare al neutrino che viene dall'alto, facendo un percorso  $L(\theta)$ , un percorso  $L'(\theta) = L(\pi - \theta)$ .

tore si osserva il  $\mu$ , contenuto o parzialmente contenuto, prodotto dal  $\nu_\mu$  nell'interazione con un atomo dell'apparato.

Per quanto riguarda la direzione, il  $\mu$  ha una memoria della direzione del  $\nu_\mu$  che è tanto migliore quanto maggiore è la sua energia. Dunque il rivelatore dovrebbe essere in grado di misurare la direzione del  $\mu$  con una precisione che cresce con la sua energia. Per quanto riguarda il verso di percorrenza, una delle tecniche per identificarlo consiste nel misurare il tempo trascorso fra i due estremi della traiettoria del  $\mu$  nell'apparato. Il rivelatore deve quindi essere in grado di misurare questo tempo, che ammonta in genere a una manciata di nanosecondi ( $10^{-9}$  s). Infine, per l'energia, dato che l'intervallo di  $L/E$  da esplorare intorno al minimo dipende dal valore di  $\Delta m^2$ , per avere un buon margine di sensibilità in  $\Delta m^2$ , l'apparato deve essere in grado di misurare l'energia del  $\mu$  dalla soglia (1-2 GeV) fino a diverse decine di GeV. Una misura su un così esteso intervallo di energia, che nessuno degli apparati esistenti è in grado di fare, può essere ottenuta dalla lunghezza della traiettoria (*range* in inglese) nel caso

di eventi contenuti, o dalla curvatura della stessa nel caso di eventi parzialmente contenuti. In quest'ultimo caso deve essere presente un campo magnetico di adeguata intensità. La precisione necessaria nella conoscenza della direzione e dell'energia dei  $\mu$  dipende da quella necessaria nella conoscenza di  $L/E$ , che a sua volta deve essere tale da non cancellare la prima oscillazione (figura 1 in basso). L'ultima richiesta da fare al rivelatore (ma questa è comune a tutti i rivelatori che si occupano di neutrini) è di avere una grande massa, in modo da poter osservare un congruo numero di neutrini all'anno: in generale infatti hanno una probabilità piccola di interagire, e quelli atmosferici sono anche pochi. Per questi ultimi la regola approssimativa è che vengono rivelati fra 5 e 10 neutrini dall'alto ogni anno e ogni 1000 tonnellate di rivelatore.

Quanto detto finora è realizzabile con un tipo di apparato sperimentale detto calorimetro tracciante magnetizzato.

Dalle simulazioni effettuate risulta adeguata il rivelatore presentato in figura 3. La struttura è costituita da una pila di lastre di ferro orizzontali, di 8 cm di spessore, separate una dall'altra da un'intercapedine di circa 2 cm di altezza. In questa intercapedine verrà

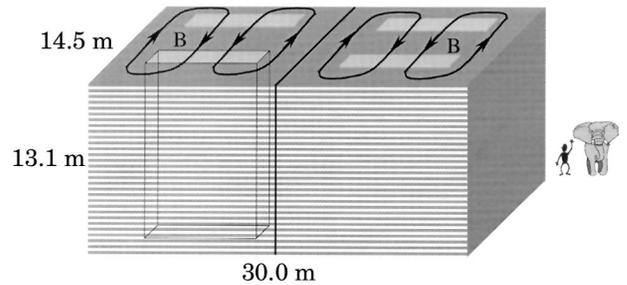


Fig. 3. - Disegno schematico della struttura del rivelatore MONOLITH. Le linee chiuse sono le linee di forza del campo di induzione magnetica.

installata la parte attiva del rivelatore in cui, in corrispondenza del passaggio del  $\mu$ , viene generato un impulso elettrico. Il numero di lastre di ferro sarà di 120, e le dimensioni saranno di 30 m di lunghezza per 15 m di profondità, numeri che potranno variare un poco a seconda della sala sperimentale in cui, in caso di approvazione, verrà costruito l'apparato. La massa complessiva sarà di 35 000 tonnellate. Delle opportune bobine generano un campo di induzione magnetica di 1.3 T, le cui linee di forza sono tracciate nella figura. Per la parte attiva del rivelatore, che dovrà coprire una superficie notevole, sono stati scelti degli strumenti affidabili e relativamente poco costosi, il cui nome in gergo è

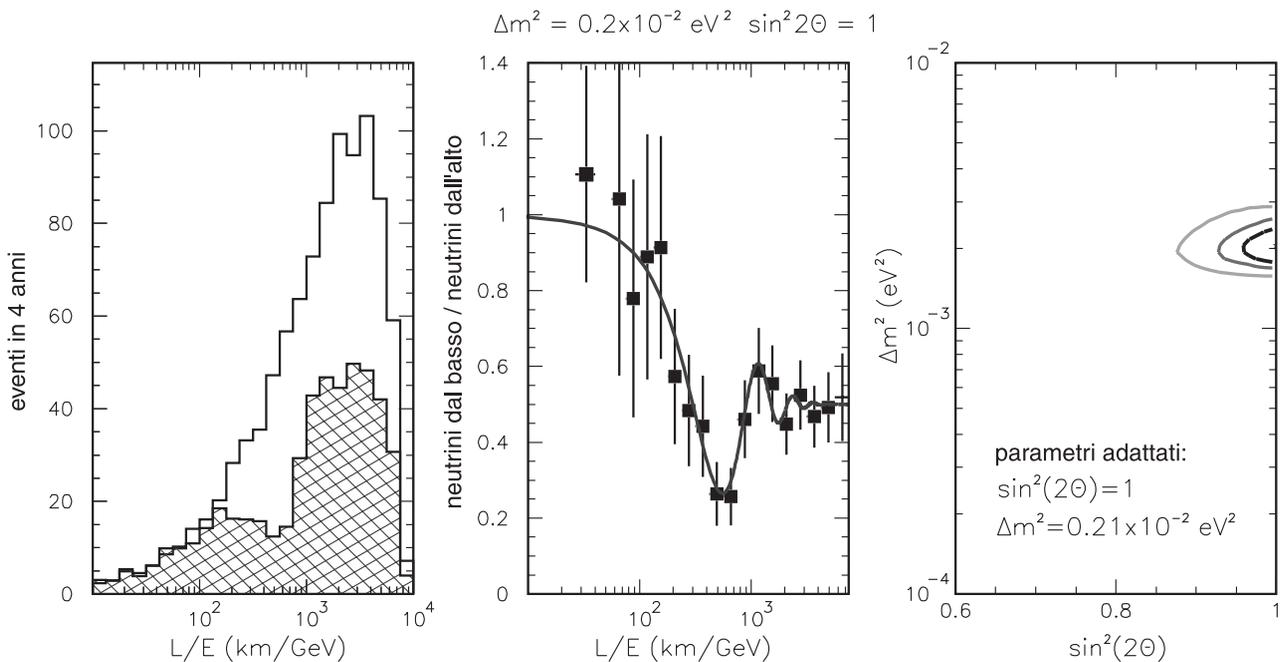


Fig. 4. - Simulazione di quel che ci si aspetta di osservare con il rivelatore MONOLITH nel caso che il neutrino oscilli, e che i parametri dell'oscillazione siano  $\Delta m^2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ eV}^2$  e  $\sin^2(2\Phi) = 1.0$ . Da sinistra a destra: numero dei neutrini osservati, provenienti dall'alto e dal basso; rapporto dei due numeri in funzione di  $L/E$ ; valore dei parametri ricostruiti analizzando i dati simulati.

*glass spark counters* (GSC) (7). Senza entrare nel dettaglio del loro funzionamento, questi strumenti sono in grado di localizzare il passaggio del  $\mu$  in un piano del rivelatore con un'incertezza di 1 cm, e di misurare il tempo del suo passaggio attraverso un dato piano con l'incertezza di 1 nanosecondo. In questo modo il passaggio di una particella carica nel rivelatore si manifesta come una successione di impulsi elettrici in piani adiacenti, localizzati pressoché nella stessa posizione.

Queste caratteristiche della parte attiva del rivelatore, unite al campo di induzione magnetica, assicurano risoluzioni sulla misura del rapporto  $L/E$  tali da garantire l'osservazione del minimo nella distribuzione del numero di neutrini in funzione di  $L/E$ , se questi veramente oscillano. La figura 4 mostra un esempio di ciò che ci si aspetta di vedere in caso di osservazione positiva delle oscillazioni di neutrino. A sinistra sono riportate le distribuzioni del numero di neutrini dal basso e dall'alto. Al centro è riportato il loro rapporto in funzione di  $L/E$ , e a destra il valore dei parametri ricavati dall'analisi dei dati.

La figura 5 infine mostra la sensibilità del-

l'esperimento, a sinistra nel caso che il neutrino oscilli, a destra in caso negativo. Come si vede è possibile misurare valori di  $\Delta m^2$  che vanno da  $7 \cdot 10^{-4} \text{ eV}^2$  a  $3 \cdot 10^{-2} \text{ eV}^2$ , in un intervallo ampio intorno al valore attualmente indicato come più probabile, con una precisione sostanzialmente migliore di quella attuale. In caso negativo invece, l'esperimento è in grado di escludere, nel piano dei parametri  $\sin^2(2\Phi) - \Delta m^2$ , la regione che si crede attualmente permessa.

Un'ultima parola sui tempi di realizzazione. L'apparato è composto da due moduli identici, che verranno costruiti in serie, in modo che il primo sia in misura mentre si costruisce il secondo. Il primo modulo può essere completato in un tempo dell'ordine di tre-quattro anni dall'approvazione dell'esperimento, e in due anni di misura è in grado di dare sicure indicazioni pro o contro l'esistenza delle oscillazioni dei neutrini. Dunque in un tempo dell'ordine di cinque-sei anni MONOLITH può dare un decisivo contributo a questo importante problema, cosa che i progetti attualmente concorrenti non sono in grado di fare.

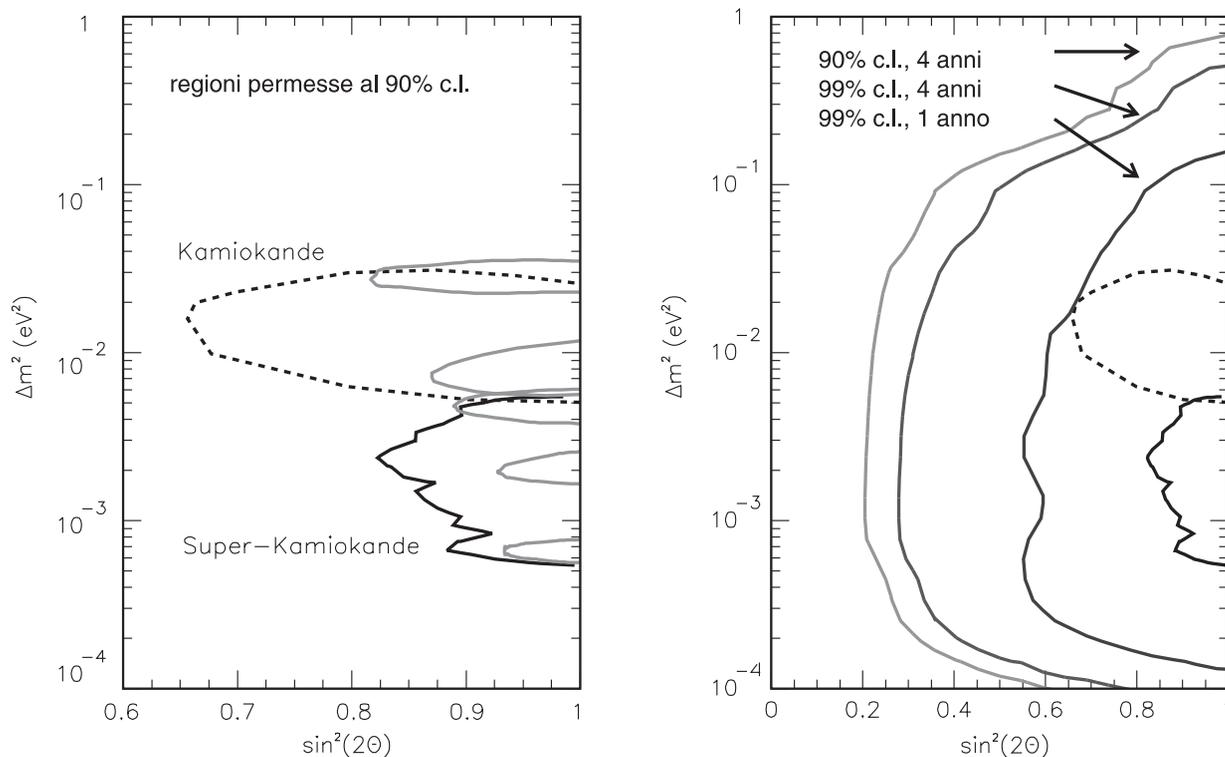


Fig. 5. - A sinistra: simulazione dei risultati di MONOLITH per  $\Delta m^2 = 0.7, 2, 5, 8, 30 \cdot 10^{-3} \text{ eV}^2$  e  $\sin^2(2\Phi) = 1.0$ . A destra: sensibilità di MONOLITH nel caso che i neutrini non oscillino, espressa come area esclusa nel piano dei parametri  $\sin^2(2\Phi)$  e  $\Delta m^2$ .

## 6. – Conclusioni

La proposta dettagliata del progetto MONOLITH è stata presentata nel mese di agosto 2000 all'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare. E' attualmente l'unico esperimento in grado, in pochi anni, di dare una risposta definitiva all'esistenza delle oscillazioni di neutrino, che è il tema trattato in questo articolo.

Vanno ancora accennati due aspetti, di cui non ho parlato per mancanza di spazio. In caso di osservazione positiva, l'apparato è in grado di fornire indicazioni sul meccanismo delle oscillazioni di neutrino, verificando se il  $\nu_\mu$  si tramuta effettivamente in un  $\nu_\tau$  o in un altro oggetto più complicato. E indipendentemente da questo problema l'apparato può dare importanti informazioni nella fisica dei raggi cosmici di alta energia.

### References

(1) W. PAULI, Proceedings of the Solvay Conference 1933.

- (2) C. COWAN *et al.*, *Science*, **124** (1956) 103.  
 (3) Super-Kamiokande Collaboration, Y. FUKUDA *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, **81** (1998) 1562.  
 (4) The MACRO Collaboration, *Phys. Lett. B*, **478** (2000) 5; Soudan 2 Collaboration, *Phys. Lett. B*, **449** (1999) 137.  
 (5) INFN, Sezione di Napoli, Napoli, Italy  
 Moscow Engineering Physics Institute, Moscow, Russia  
 Bologna University and INFN, Bologna, Italy  
 Physics Department and Columbia Astrophysics Laboratory, Columbia University, New York, USA  
 Laboratori Nazionali di Frascati, INFN, Frascati, Italy  
 University of Torino, Torino, Italy  
 Dipartimento di Fisica, Università di Milano Bicocca and INFN Sezione di Milano, Italy  
 Münster University, Münster, Germany  
 Hamburg University, Hamburg, Germany  
 Istituto di Cosmogeofisica, CNR, Torino, Italy  
 Institute for Nuclear Research (INR), Moscow, Russia  
 Institute for High Energy Physics (IHEP), Protvino, Russia  
 Laboratori Nazionali di Gran Sasso, INFN, Assergi, Italy  
 Physics Department University of L'Aquila and INFN, L'Aquila, Italy  
 Rome University, Rome, Italy  
 Bonn University, Bonn, Germany  
 Humboldt University Berlin, Berlin, Germany  
 (6) P. PICCHI and F. PIETROPAOLO, *Atmospheric Neutrino Oscillations Experiments*, ICGF RAP. INT. 344/1997, Torino 1997 (CERN preprint SCAN-9710037).  
 (7) G. BENCIVENNI *et al.*, *Nucl. Instr. Method A*, **332** (1993) 368.

### Ultimi volumi usciti nella collana «Conference Proceedings»

#### Vol. 65

#### Vulcano Workshop 1998 — Frontier Objects in Astrophysics and Particle Physics

F. Giovannelli and G. Mannocchi  
 Vulcano, 25-30 May 1998  
 Pag. XXII+666, Price L. 160.000  
 ISBN 88-7794-214-2

#### Vol. 66

#### Workshop Astronomy and Astrophysics at Sub Millimeter Wavelengths

M. Candidi, A. Franceschini, G. Sironi and G. Tofani  
 Roma, 20 January 2000  
 Pag. X+136, Price L. 65.000  
 ISBN 88-7794-222-3

#### Vol. 67

#### Workshop Molecules in Space and in the Laboratory

I. Porceddu and S. Aiello  
 Carloforte, 2-5 June 1999  
 Pag. XIV+186, Price L. 80.000  
 ISBN 88-7794-236-3

#### Vol. 68

#### Proceedings of the 9th GIFCO Conference — What are the Prospects for Cosmic Physics in Italy?

S. Aiello and A. Blanco  
 Lecce, 24-26 May 2000  
 Pag. XX+338, Price L. 120.000  
 ISBN 88-7794-240-1

#### Vol. 69

#### 8th Workshop Italian Research on Antarctic Atmosphere

M. Colacino and G. Giovanelli  
 Bologna, 20-22 October 1999  
 Pag. XII+490, Price L. 140.000  
 ISBN 88-7794-247-9

#### Vol. 70

#### ICCF8 — Proceedings of the 8th International Conference on Cold Fusion

F. Scaramuzzi  
 Lerici (La Spezia), Italy 21-26 May 2000  
 Pag. XXXIV+478, Price L. 140.000  
 ISBN 88-7794-256-8

# RECENSIONI

**M. Mladjenovic:**

**The Defining Years in Nuclear Physics 1932-1960s. IOP Publishing Ltd., Bristol and Philadelphia, 1998;**

**p. XX+441; £ 85.00**

È una storia della fisica nucleare fra gli anni 30 e 60, con visita guidata ad alcuni lavori fondamentali dei padri fondatori quasi tutti Premi Nobel.

Storie della fisica nucleare (o degli uomini che hanno fatto la fisica nucleare) abbondano in letteratura. È una vicenda che si racconta bene, un romanzo pieno di tensione in cui si pongono e si risolvono (talvolta in modo inaspettato) i problemi relativi al funzionamento di un oggetto (il nucleo atomico) che si è poi rivelato essere un mondo (il mondo delle interazioni forti e delle densità elevatissime) abbastanza diverso e separato da quello in cui si svolge la nostra esperienza quotidiana. Alcuni aspetti della storia della fisica nucleare, sono poi legati ad accadimenti importanti di storia-politica (bomba atomica, energia nucleare eccetera) e questo non può che aggiungere interesse al tutto (ma non è questo l'aspetto particolarmente curato dal libro).

Questo libro somiglia di più a un trattato organico di fisica nucleare (e anche di questi è abbastanza ricca la letteratura), scritto però in modo storico anziché assiomatico. Pone quindi interessanti questi di carattere generale che vale la pena toccare.

Primo: è più didattico un insegnamento della vicenda come si è sviluppata storicamente (nei limiti in cui sia possibile ricostruire o addirittura nei limiti in cui si possa pensare che esista un percorso storico univocamente determinato) oppure un insegnamento della disciplina così come è stata elaborata e sistemata successivamente (anche qui con gli ovvii limiti di essere questa sistemazione anch'essa non oggettiva, e quanto meno datata dall'ultimo *set-up*)?

Secondo: è possibile studiare la materia (in questo caso la fisica nucleare) sulla rico-

struzione storica, o non è piuttosto la storia un lusso di approfondimento, riservato a chi ha già per altra via capito tutto?

Non intendo ovviamente disquisire su questioni così generali in una breve recensione, ma piuttosto usarle come chiave interpretativa per parlare del libro.

Il libro si articola su quattro parti: 1. *From the discovery of the neutron to nuclear fission*, 2. *Nuclear instruments*, 3. *Nuclear models*, 4. *Nuclear reactions*.

Una prima peculiarità (e diciamo pure un primo pregio) del libro, che si evince da questa elencazione e ancor più dalla lettura, è il dosato equilibrio tra teoria ed esperimento; o meglio il giusto rilievo dato alla storia della strumentazione. La parte 1 riguarda i primordi, e qui esperimenti chiave e ipotesi sulle forze coinvolte e sulla struttura del sistema sono strettamente intrecciate; a questo stadio la connessione fra teoria ed esperimento è naturale e si impone da sola. Ma prima di passare alla storia dell'età matura, cioè alle parti 3 e 4, c'è l'importante e ponderosa parte 2, dedicata alla strumentazione. Si potrebbe dire che la storia della fisica nucleare è la storia dello sviluppo degli acceleratori e dei rivelatori, almeno da un certo punto in poi, e questo aspetto viene evidenziato molto bene dal libro ed in particolare dalla parte 2.

Con gli argomenti delle parti 3 e 4 cambia un po' il tipo di sviluppo della fisica nucleare, e quindi deve cambiare anche il metro di giudizio sul libro e sui suoi effetti didattici.

Mentre nel decennio eroico (1930-40) esperimenti fondamentali e scoperte di nuove particelle, assieme alle nuove idee portate da poco alla ribalta della storia del pensiero dalla meccanica quantistica e relativistica, consentivano di capire com'è fatto questo nucleo nelle sue grandi linee (a partire dal fatto fondamentale che occupa uno spazio piccolissimo rispetto all'atomo, ed è fatto di protoni e neutroni, e non di protoni ed elettroni), il ventennio successivo si scontra con questioni assai più sottili, che richiedono un uso approfondito di complessi formalismi matematici non solo per essere pienamente capite, ma addirittura per essere poste.

La parte 3 riguarda i modelli, cioè sostanzialmente la struttura nucleare, e si articola sul modello a *shell*, i modelli collettivi e i modelli a particella singola. Questa parte arriva a una rappresentazione della fisica nucleare non molto lontana da quella

attuale: un panorama culturale teso e problematico, in cui un ruolo importante è giocato dall'antinomia irrisolta e apparentemente irrinunciabile fra gradi di libertà collettivi e di particella singola nei nuclei. Questa parte non può essere capita e neanche decentemente presentata senza solide basi formali sul gruppo delle rotazioni e i tensori sferici irriducibili, e questo è un ovvio problema con cui l'autore ha dovuto cimentarsi.

Come?

Anzitutto molto giova l'impostazione storica, che comunque consente di illustrare intuitivamente la genesi delle idee, anche di quelle idee che sono difficili da capire appieno se non in termini di formalismo duro. Quando anche l'impostazione storica non basta alla chiarezza, l'autore fa del suo meglio con gli usuali strumenti della divulgazione. Per esempio al capitolo 17.2 della parte sui modelli, egli dice: «*with the argument that one can drive a car without knowing how the engine works, we shall only define in the appendix the terminology and operations which will be used below*». Segue un'appendice di 5 pagine in tutto su: *Group theory technique, Young schemes, Fractional Parentage Coefficients, Seniority quantum number, Charge-spin multiplets*.

Chiunque abbia dedicato tempo e passione allo studio di questi argomenti dalla vasta letteratura disponibile (per esempio il bellissimo libro di de Shalit e Talmi), sa quanta vastità di pensiero ci sia dietro quei cinque argomenti, e quindi resta un po' perplesso dalla scelta fatta (quella di affrontare comunque temi assai ardui tramite compendi assai succinti). Questo senza nulla togliere all'efficacia espositiva dell'Autore, che è probabilmente la migliore possibile, una volta che si giudichi ragionevole un rapporto così esiguo fra compendio e tema.

La parte 4 è dedicata alle reazioni nucleari. Anche qui ci sarebbe un *background* formale per una trattazione completa dell'argomento, ma nei limiti dei temi trattati (e del periodo storico considerato) dal libro, si sente molto meno qui la mancanza della teoria dello *scattering* e dell'equazione di Lippmann-Schwinger, di quanto non si sentiva nella parte precedente la mancanza della teoria dei tensori sferici e del teorema di Wigner-Eckart.

In conclusione, nonostante queste osservazioni che sono più considerazioni metodo-

logiche di principio che critiche all'opera, si tratta di un libro corretto nell'impostazione (dà quello che implicitamente promette), di una lettura indubbiamente gradevole, è certamente utile per capire che cos'è il nucleo atomico, magari accompagnata da altre letture di testi classici più organici.

G. Pisent

**F. Bassani e U.M. Grassano:**

**Fisica dello stato solido. Bollati Boringhieri Editore, Torino, 2000;**

**pp. 568; L. 95.000**

Non è facile scrivere un testo di Fisica dello Stato Solido per studenti universitari e per coloro che iniziano a svolgere attività di ricerca in questo settore; presentare infatti le idee di base e fornire una visione d'insieme di una materia, caratterizzata da una complessa fenomenologia e da non banali schemi interpretativi, richiede necessariamente una totale ed approfondita padronanza della materia.

Franco Bassani e Umberto Grassano sono riusciti in questo gravoso compito, utilizzando le loro esperienze didattiche più che ventennali e le diversificate esperienze scientifiche, scrivendo un testo fra i migliori pubblicati negli ultimi anni nel campo della fisica. La struttura peculiare che gli è stata data assicurerà certamente una ampia diffusione tra gli italiani studenti delle Facoltà di Scienze ed Ingegneria e tra i ricercatori delle industrie del settore.

Un libro di Fisica dello Stato solido scritto da italiani per studenti italiani ha l'intrinseco vantaggio di inserirsi naturalmente nel contesto delle conoscenze di base di Fisica e Matematica dei nostri studenti. L'organizzazione del testo è fatta tenendo sempre presente il dato sperimentale di partenza, su cui si innesta la teoria, presentata, quando è possibile, sia a livello classico che di meccanica quantistica elementare. Questa struttura sarà molto utile nella nuova organizzazione degli studi universitari che richiederà necessariamente, nel triennio, conoscenze minori rispetto ai programmi attuali di Fisica dei Solidi. Gli approfondimenti saranno fatti nel biennio di specializzazione. Dal testo possono essere facilmente estratti in maniera consistente tutti gli argomenti di base riguardanti la struttura a bande degli stati elettronici negli isolanti, semiconduttori e metalli e le loro proprietà ottiche e di trasporto elettrico e termico. Lo stesso testo si presta poi a tutti gli approfondimenti del corso di specializzazione con presentazione di molti altri argomenti con i risultati

ottenuti anche negli ultimi anni. Infine alcune parti, ad esempio le proprietà ottiche, sono di respiro così largo da poter essere utilizzate anche nei corsi di dottorato.

I contenuti del testo sono quelli classici di un libro di base di Fisica dello Stato Solido e comprendono la descrizione delle strutture cristalline, dei metodi di calcolo delle bande degli stati elettronici con largo spazio alla rappresentazione dei gruppi di simmetria e con applicazioni alla descrizione delle bande di valenza e di conduzione dei materiali metallici, semiconduttori ed isolanti, le vibrazioni reticolari ed i fononi con le proprietà termodinamiche associate, la fisica dei semiconduttori drogati, le proprietà magnetiche, i difetti nei materiali e le proprietà dei superconduttori compresi quelli ad alta temperatura critica. Un capitolo è dedicato interamente alle proprietà ottiche lineari e non dei materiali.

La chiarezza dell'esposizione è esemplare; peccato che Umberto Grassano non abbia potuto vedere stampato questo bellissimo libro, a cui ha dedicato tanto lavoro.

G. Iadonisi

**P. M. Ossi:**

**Introduzione ai materiali disordinati. CEDAM, Padova, 2000;**

**pp. XII+287, L. 40 000**

I materiali con i quali abbiamo a che fare abitualmente sono tutti più o meno affetti da qualche disordine strutturale a tutti i livelli, dalla scala atomica in su. Eppure lo studio teorico e la caratterizzazione strutturale dei materiali disordinati costituiscono ancora una delle parti più difficili e avanzate della fisica, in particolare della meccanica statistica. Per questa ragione un libro di testo sui materiali disordinati destinato agli studenti di ingegneria o di scienza dei materiali suscita immediatamente interesse e curiosità.

Per comprendere la particolare filosofia che distingue questo testo occorre una premessa. Ai materiali nei quali il disordine si manifesta naturalmente come fase metastabile o, in una certa percentuale, come condizione necessaria dell'equilibrio termodinamico, si debbono aggiungere i materiali amorfi artificiali ottenuti dall'aggregazione di *cluster*. L'interesse recente per quest'ultima classe di materiali nasce dal fatto che i *cluster* atomici possono avere certe proprietà fisiche che nel corrispondente solido cristallino sono frustrate dalla simmetria traslazionale, mentre l'aggregazione amorfa che preserva la struttura dei *cluster* può preservarne le peculiari proprietà nel solido tridimensionale. Spesso i *cluster* atomici hanno elevate simmetrie, come ad esempio i fullereni e molti

*cluster* metallici che hanno assi quinari, incompatibili con la simmetria traslazionale, per cui si aggregano in strutture amorfe o quasicristalli. Vi sono sistemi privi di simmetria traslazionale nello spazio ordinario che possono convenientemente essere descritti da strutture periodiche in spazi a quattro o più dimensioni.

Da queste considerazioni si comprendono la scelta e l'ordine degli argomenti proposti dall'autore. Il primo capitolo, intitolato «I solidi: geometrie e simmetrie», esordisce con i poliedri platonici e i corrispondenti politopi negli iperspazi a più di tre dimensioni, per poi passare agli elementi di cristallografia dei reticoli periodici. In tal modo sono presentati gli elementi di simmetria, puntuale e traslazionale, che in molti casi esemplari saranno in competizione tra loro. La parte sui poliedri e politopi, limitando il rigore matematico allo stretto indispensabile, risulta assai stimolante e divertente. Il secondo capitolo entra nel merito dell'ordine e disordine strutturale. Sono descritti le regole di ordinamento, i parametri d'ordine e i tipi di disordine — cellulare, topologico e termodinamico. Di particolare importanza è il terzo capitolo dedicato alla transizione vetroso e ai processi di amorfizzazione, nei rispettivi aspetti fenomenologici e teorici. Le tecniche sperimentali di studio e analisi delle strutture disordinate e i modelli strutturali che se ne derivano sono trattati diffusamente nel quarto capitolo. Le nozioni elementari sui *cluster* atomici riguardanti le tecniche di produzione, rivelazione e caratterizzazione strutturale sono date nel capitolo quinto, con particolare riguardo ai *cluster* di van der Waals, dei metalli alcalini e di carbonio. L'ultimo capitolo è dedicato ai quasicristalli, ai loro modelli strutturali e al problema della loro stabilità di fase. La strumentazione matematica formale relativa alla teoria delle funzioni semi- e quasi-periodiche, utile a descrivere sistemi con simmetrie in competizione (ad esempio con due periodicità sovrapposte incommensurate) viene, giustamente, relegata in un'appendice.

Considerata la vastità del campo dei sistemi disordinati, l'autore ha compiuto una buona scelta degli argomenti, privilegiando gli aspetti di geometria più suggestivi e stimolanti ed estraendo con intelligenza dall'estesissimo bagaglio di conoscenze teoriche e fenomenologiche consolidate quanto è oggi strettamente indispensabile al *material scientist*. L'originalità dell'impostazione e l'attualità dell'argomento rendono questo testo particolarmente adatto ad un corso avanzato dei corsi di laurea in ingegneria o scienza dei materiali, oltre che ai ricercatori nel settore dei nuovi materiali. Per le stesse ragioni ci si aspetta un'edizione inglese del testo entro breve, dove probabilmente troverà posto anche un capitolo sui materiali da aggregazione di *cluster* — settore nel quale anche l'autore ha dato, in tempi recenti, rilevanti contributi scientifici.

G. Benedek

# SCELTI PER VOI

a cura di S. Focardi

## L'ULTIMO CALCOLATORE

Nel 1965 Goordon Moore, uno dei fondatori di INTEL, osservò che il numero di transistor per centimetro quadrato di chip raddoppiava ogni 18 mesi. Questo andamento continua a mantenersi, malgrado di tanto in tanto qualcuno faccia previsioni per una imminente crisi della legge di Moore. Seth Lloyd, un fisico del MIT ha cercato di valutare, mediante considerazioni di tipo fisico, le caratteristiche estreme di un calcolatore. La massima velocità di calcolo può essere calcolata con alcune stime riguardanti l'energia. Occorre tener conto che:

a) ogni operazione può essere ricondotta alla commutazione di uno stato logico fra i due valori binari «0» e «1»;

b) a livello quantistico ogni sistema è descrivibile come una sovrapposizione di onde aventi frequenze differenti;

c) in virtù del legame fra frequenza ed energia, dato dalla relazione di Planck, e del principio di indeterminazione è possibile stimare il tempo minimo necessario per commutare uno stato logico dividendo la costante di Planck per quattro volte il valore dell'energia.

Così, supponendo che l'intera massa di un kilogrammo fosse convertibile in energia ed utilizzando la relazione relativistica fra energia e massa, Lloyd arriva a stimare un tempo di commutazione di  $10^{-51}$  s, e a proporre un sistema di  $10^9$  bit ciascuno dei quali sia in grado di commutare in un tempo di  $10^{-42}$  s. In questo modo mettendosi al riparo dall'aver proposto un sistema che contrasti col fatto di operare in tempi inferiori a quello di Planck di  $10^{-43}$  s. La macchina diventa così un processore parallelo, ma la sua potenzialità di calcolo non viene ridotta: è  $10^{39}$  volte più veloce degli attuali calcolatori!

Un'altra importante caratteristica di un processore numerico è data dal numero di bit della memoria disponibile. Partendo dalla relazione fra entropia e informazione, e assumendo che la macchina abbia il volume di un litro, si può determinare una capacità di  $10^{31}$  bits,  $10^{20}$  volte quella di un moderno disco da 10 gigabyte.

La macchina sta ormai prendendo forma, con alcuni aspetti anche preoccupanti: un piccolo cubo riempito di radiazione che si estende fino ai raggi gamma, la cui temperatura raggiunge un miliardo di gradi. Le operazioni di immissione dei

dati di ingresso e di uscita dei risultati devono essere fatte inserendo ed estraendo radiazione e richiedono opportuni convertitori.

La valutazione del numero di bit al secondo con cui le informazioni vengono fatte transitare nei due versi è molto semplice: utilizza semplicemente la velocità della luce e le dimensioni della scatola.

Il risultato appare però fortemente limitativo dell'intero sistema perché la velocità di trasferimento risulta  $10^{10}$  volte minore di quella di calcolo, rendendo completamente inaffidabile un processore parallelo. Lloyd non disarma di fronte a questa difficoltà: non potendo aumentare la velocità della luce, pensa giustamente a ridurre le dimensioni del cubo. Così il calcolatore finale diventa un buco nero da un kilogrammo che vi fornisce il risultato del calcolo evaporando ed emettendo radiazione e particelle elementari dal suo orizzonte. Non occorre che cominciate a chiedere l'autorizzazione al direttore del dipartimento per detenere un ordigno del genere (che tanto vi verrà negata), perché ci vorranno almeno duecento anni per avvicinarsi al risultato finale!

*New Scientist*, 2 settembre 2000, 26, 2254

## LA STAMPANTE PROSSIMA VENTURA

Presto le comuni stampanti che disegnano, in bianco e nero o a colori, su normali fogli di carta saranno affiancate e un giorno forse superate dalle nuove stampanti 3D, tridimensionali. La tecnologia sta maturando rapidamente e diverse imprese sono impegnate in una gara reciproca nel tentativo di conquistare fette importanti di mercato. La stampante 3D lavorerà a strati successivi mentre il supporto su cui prenderà forma il prodotto finale si abbasserà muovendosi verticalmente in modo da lasciar spazio per i nuovi strati. Il sistema non utilizzerà soltanto inchiostri colorati, come nelle normali stampanti, ma anche polimeri liquidi, metalli, ceramiche, colla e farà uso di laser per accelerare processi di indurimento dei materiali. Uno dei problemi che le imprese impegnate in queste realizzazioni devono ora risolvere è lo studio dei materiali facilmente abbinabili, che non abbiano coefficienti di dilatazione

tanto diversi da produrre il distacco reciproco.

È evidente che queste stampanti richiederanno una enorme quantità di informazioni perché si dovrà comunicare pixel per pixel e strato per strato i colori e i materiali da impiegare. Ciò non costituisce una importante limitazione, tenuto conto delle potenzialità dei calcolatori dell'ultima generazione.

Le applicazioni di questi dispositivi si mostrano fin da ora di grande interesse e lasciano intravedere veri e propri sconvolgimenti nella organizzazione del mercato del lavoro, sia per quanto riguarda la produzione, sia per la distribuzione. Infatti, disponendo del progetto del pezzo che si vuole costruire, in pratica prendendolo dalla rete dopo averlo acquistato da chi ne ha la proprietà, sarà possibile costruirne una copia stampandolo in 3 dimensioni, là dove verrà utilizzato. I pezzi di ricambio si costruiranno dove servono, senza doverli ordinare e attendere che giungano a destinazione. L'esercito americano sta già impiegando questa procedura per i pezzi di ricambio dei propri veicoli. L'impatto che il nuovo sistema potrà avere sulla economia mondiale, dipenderà ovviamente dal numero di stampanti 3D e questo sarà legato al prezzo della attrezzatura. In questo momento, il costo di questi sistemi si aggira sui 100 milioni di lire, ma ci sono stime che esso possa scendere fin verso i 3 milioni nel giro di un paio di anni. Se così accadrà potrà dimostrarsi conveniente acquistare il file del progetto e costruirsi in casa i pezzi che servono. Se questo avverrà, le imprese manifatturiere dovranno completamente ristrutturarsi, spostando il proprio impegno dalla produzione alla progettazione e gestendo inoltre il proprio patrimonio intellettuale. Nasceranno nuove imprese, oggi inesistenti, che dotate delle nuove apparecchiature e collegate alla rete potranno costruire su richiesta del cliente i pezzi loro richiesti. La rete di distribuzione sarà profondamente ristrutturata, a vantaggio di un'altra delle attività legate al commercio elettronico. Qualcuno ha già battezzato questo nuovo sistema, la macchina Babbo Natale che nella notte fra il 24 e il 25 dicembre farà arrivare direttamente in casa i doni richiesti!

*New Scientist*, 30 settembre 2000, 2258, 25

---

# ANNUNCI

---

Facoltà di Scienze MFN  
SIS-Piemonte  
CIRDA dell'Università di Torino



## Convegno Nazionale sulla Formazione degli Insegnanti di Area Scientifica per la scuola di Base e Secondaria

Istituto di Fisica - Università di Torino  
6-7 Aprile 2001

**Per ulteriori informazioni:**  
Segreteria del Convegno: SIS - Scuola Interateneo  
di Specializzazione per la Formazione degli Inse-  
gnanti  
Via Carlo Alberto 10, 10125 Torino  
tel. 011 67 02 887  
fax 011 67 02 888  
e-mail: sis@dm.unito.it



Esposizione divulgativa dal tema  
«Superconduttività e applicazioni»

La società di divulgazione scientifica Apogeo Ambiente s.r.l., in collaborazione con l'Università di Camerino ed in particolare con il Dipartimento di Matematica e Fisica, organizza un'esposizione divulgativa dal tema «Superconduttività e applicazioni», patrocinata dalla Società Italiana di Fisica e dal Comune di Camerino. L'esposizione si terrà a Camerino (MC) dal 2 al 13 Maggio 2001 presso la «Sala della Muta» del Palazzo Ducale.

Gli organizzatori dell'esposizione, A. Di Massimo, R. Pepe e A. Perali, possono essere direttamente contattati per ulteriori informazioni, aggiornamenti e prenotazioni.

Sito web: <http://www.superconduttori.it>

Apogeo Ambiente s.r.l.  
e-mail: [apogeo@apogeoambiente.it](mailto:apogeo@apogeoambiente.it)  
Tel./Fax 06 - 827893

Dip. di Matematica e Fisica (Univ. di Camerino)

Andrea Perali  
e-mail: [perali@campus.unicam.it](mailto:perali@campus.unicam.it)

Pierbiagio Pieri  
e-mail: [pieri@campus.unicam.it](mailto:pieri@campus.unicam.it)



CERN ACCELERATOR SCHOOL

CAS

Academy of Science of the Czech Republic  
Nuclear Physics Institute, Rež

Centro Nacional de Acceleradores  
Universidad de Sevilla, Spain

**Particle Accelerators for Medicine  
& Industry**

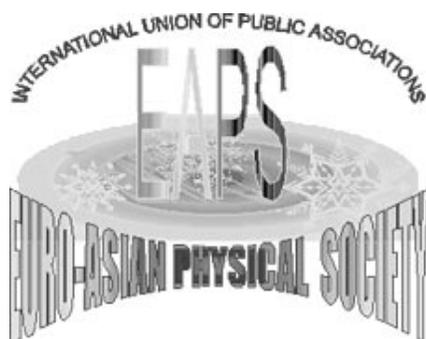
**Accelerator Physics**

Congress and Educational Centre  
Průhonice, Czech Republic  
May 9-17, 2001

Hotel NH Plaza de Armas  
Sevilla, Spain  
October 15-26, 2001

**For further information:**

CERN accelerator school  
Ac Division  
CH-1211 Geneva 23 - Switzerland  
Fax +41 22 767 5460  
web <http://www.cern.ch/Schools/CAS/>  
e-mail: [Suzanne.von.Wartburg@cern.ch](mailto:Suzanne.von.Wartburg@cern.ch)



*3<sup>rd</sup> International conference  
on  
PHYSICS and INDUSTRY*

**PHYSIN - 2001**

Moscow  
14-17 May 2001

**For further information:**

PHYSIN-2001, Euro-Asian Physical Society  
(EAPS)  
Kursovoy bystr. 17  
119034, Moscow, Russian Federations  
[www.eaps.ru](http://www.eaps.ru)  
Tel: (095) 943-76-77  
Fax: (095) 943-76-86  
e-mail: [EAPS.soc@g23.relcom.ru](mailto:EAPS.soc@g23.relcom.ru)

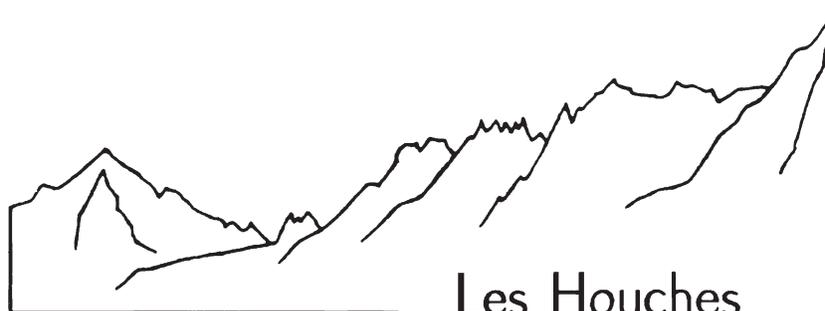


**For further information:**

**Organizing Secretariat**

AIM Associazione Italiana di Metallurgia  
Piazzale Rodolfo Morandi 2  
I-20121 Milano, Italy  
Tel. +39 02-76021132 or +39 02-76397770  
Fax. +39 02-76020551  
e-mail: [aim@fast.mi.it](mailto:aim@fast.mi.it)

Online information and application:  
<http://www.fast.mi.it/aim/euromat.htm>



SUMMER SCHOOLS 2001

Les Houches

**Session LXXV: Physics of Biomolecules and Cells**

NATO ASI – Euro Summer School

Dates: *July 2-27, 2001*

*Scientific directors:* Henrik FLYVBJERG, Pal ORMOS, Frank JÜLICHER

**Session LXXVI: Unity from Duality: Gravity, Gauge Theory and Strings**

NATO ASI – Euro Summer School

Dates: *July 30-August 31, 2001*

*Scientific directors:* Costas BACHAS, Nikita NEKRASOV, Adel BILAL, Michael DOUGLAS

**For further information:**

Ecole de Physique, 74310 Les Houches

France, Fax +33 450 555375, <http://www.houches.ujf-grenoble.fr>



**21st IUPAP International  
Conference on**

**Statistical Physics  
STATPHYS21**

**Cancún, México, July 15-21,  
2001**

**For further information:**

Alberto Robledo (Conference President)

STATPHYS21

Instituto de Física

Universidad Nacional Autónoma de México

México D.F. México

Tel. -(525)-6225095

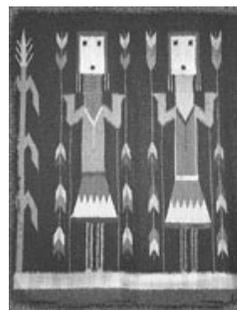
Fax -(525)-6225008, (525)-6161535

e-mail: [robledo@fenix.ifisicacu.unam.mx](mailto:robledo@fenix.ifisicacu.unam.mx)

web: <http://varea.ifisicacu.unam.mx/statphys.htm>

Oaxaca Satellite to STATPHYS21

**III International Workshop on Current  
Problems in Complex Fluids:  
Self-assembling Systems**



July 9-14, 2001, Oaxaca, México

**Contact information**

Carmen Varea

Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma  
de México

Apartado Postal 20-364, México, D.F., 01000 México

e-mail: [varea@fenix.ifisicacu.unam.mx](mailto:varea@fenix.ifisicacu.unam.mx)



**The 4th International Conference on Biological Physics  
— ICBP2001 Kyoto, Japan —**

July 30-August 3, 2001

**For further information:**

**CONFERENCE SECRETARIAT**

ICBP2001 Desk, Kinki Nippon Tourist Co., Ltd.  
c/o Nikko Bldg.7F, 2-11-8 Sonezaki, Kita-ku, Osaka 530-0057, Japan  
Tel. +81-6-6313-6868 Fax +81-6-6314-1601 e-mail: [intlosa@ora.knt.co.jp](mailto:intlosa@ora.knt.co.jp)

**E-MAIL**

[icbp2001@kokusai.phys.nagoya-u.ac.jp](mailto:icbp2001@kokusai.phys.nagoya-u.ac.jp) for inquiry about Scientific program, and Travel grants  
[intlosa@ora.knt.co.jp](mailto:intlosa@ora.knt.co.jp) for inquiry about Social program, Registration and Accommodation

**WEB SITE**

URL <http://kokusai.phys.nagoya-u.ac.jp>



**Conference on Computational Physics (CCP)  
Aachen, Germany  
September 5-8, 2001**

**Further information:**

Conference Secretariat:

Research Center Jülich  
Central Institute for Applied Mathematics  
CCP 2001 Secretariat  
52425 Jülich  
Germany

Tel.: +49 (0) 25 61 - 61 64 02  
Fax: +49 (0) 24 61 - 61 66 56  
e-mail: [ccp2001@fz-juelich.de](mailto:ccp2001@fz-juelich.de)  
<http://www.fz-juelich.de/ccp2001>



## WESSEX INSTITUTE OF TECHNOLOGY

### WATER POLLUTION 2001

Sixth International Conference on Modelling,  
Measurement and Prediction of Water Pollution

Rhodes, Greece  
September 17-19, 2001

### RIVER BASIN MANAGEMENT 2001

First International Conference on River Basin Management

Cardiff, Wales (UK)  
September 11-13, 2001

**For further information:**

Conference Secretariat Water Pollution 2001 or RBM 2001

Wessex Institute of Technology, Ashurst Lodge, Ashurst  
Southampton, SO40 7AA

Tel.: 44 (0) 238 029 3223 Fax: 44 (0) 238 029 2853

E-mail: [gcosutta@wesses.ac.uk](mailto:gcosutta@wesses.ac.uk)

E-mail: [shanley@wesses.ac.uk](mailto:shanley@wesses.ac.uk)

Web: <http://www.wesses.ac.uk/conferences/2001/wp01/> <http://www.wesses.ac.uk/conferences/2001/river01/>

**Conference Venue**  
**San Feliu de Guixols, Spain**



### **Matter in Super-Intense Laser Fields**

Eden Roc Hotel  
Costa Brava, Spain

September 29-October 4, 2001

**Chairman:** Dimitri Batani  
Università di Milano Bicocca  
and INFN, Italy

<http://www.esf.org/euresco/sites/sisp01a.htm>

European Physical Society  
Nuclear Physics Division



In view of a wave of cancellations both of speakers and of participants, largely prompted by the current unrest in our area, the local organizing committee of the conference

### **XVIIth International Nuclear Physics Division Conference**

#### **Nuclear Physics in Astrophysics**

Eilat, Israel

has decided to postpone the meeting for a year. We are hopeful that we will be able to present at that time largely the same program of speakers, with suitably updated topics, and that a large number of participants will come. We regret the unavoidably late change and take this opportunity to invite you to join us on January 14-18, 2002.

**for further information:**

Secretariat and Official Travel Agent

SECRETARIAT - Nuclear Physics

c/o UNITOURS Israel Ltd.

P.O. Box 3190, Tel Aviv 61031, Israel

Tel: +972-3-5209999

Fax: +972-3-5239299/5239099

E-mail: [meetings@unitours.co.il](mailto:meetings@unitours.co.il)

web: <http://www.tau.ac.il/~eilat02>

## Associazione per l'Insegnamento della Fisica



### premio ANTONELLA BASTAI PRAT per una ricerca in didattica della fisica svolta nella scuola

- 1** L'Associazione per l'Insegnamento della Fisica (AIF), per onorare la memoria del Consigliere scomparso Antonella Bastai Prat, che non solo operò in modo entusiasta e proficuo nell'AIF, ma si dedicò anche personalmente con grande passione a migliorare e rivalutare l'insegnamento della fisica mediante l'attività di aggiornamento, lavori di ricerca didattica, gruppi di studio e con il proprio insegnamento nelle classi, desidera dare continuità al premio "Antonella Bastai Prat" in una forma rinnovata, che promuove la professionalità degli insegnanti in servizio attraverso la ricerca. Con il contributo della famiglia Prat bandisce pertanto il premio annuale di studio da conferirsi a due insegnanti abilitati in servizio nelle scuole italiane che abbiano svolto in uno degli ultimi due anni scolastici (1999-2000 e 2000-2001) ricerche significative di didattica della fisica fondate sull'attività didattica e l'interazione in classe, per contribuire al miglioramento dell'apprendimento scientifico ed accrescere la padronanza dell'azione didattica da parte dell'insegnante sulla fisica
- 2** L'importo del premio studio è fissato in Lire 2.000.000 (due milioni) per ciascuno dei due insegnanti vincitori.
- 3** Le ricerche devono essere condotte dagli insegnanti, facendo riferimento al lavoro in classe. Esse devono riguardare prevalentemente problemi legati ad uno o più dei seguenti aspetti legati alla didattica della fisica: apprendimento, progettazione e sperimentazione di percorsi e/o materiali didattici, innovazione didattica, raccordo dell'attività in classe con l'esperienza quotidiana, ruolo del laboratorio e suo raccordo con teoria e modelli, contributo delle nuove tecnologie informatiche alla didattica della fisica, supporti e strumenti per la didattica della fisica.
- 4** Le ricerche che verranno giudicate meritevoli del premio saranno pubblicate su La Fisica nella Scuola in forma di articolo, a cura del vincitore e secondo le indicazioni del Gruppo Redazionale della rivista, che valuterà per la pubblicazione anche altri lavori segnalati dalla Commissione scientifica del Premio.  
Su La Fisica nella Scuola verranno altresì segnalate le ricerche che presentino particolare interesse.
- 5** La ricerca può essere presentata al concorso da un gruppo di insegnanti, che l'hanno realizzata in collaborazione, ferma restando l'unicità di ciascuno dei due premi.
- 6** Ciascuna ricerca dovrà essere documentata mediante un rapporto di ricerca, che deve descrivere: 1) Il problema affrontato, argomentandone ruolo ed importanza rispetto al contesto scolastico ed alle esigenze didattiche; 2) gli obiettivi; 3) Il piano di svolgimento, con indicazione di: fasi, attività, modalità, strumenti, metodologie e tempi; 4) i contenuti innovativi; 5) i prodotti della ricerca; 6) i criteri ed i metodi di documentazione e di valutazione degli esiti e quindi dell'efficacia dell'intervento didattico; 7) i materiali non prodotti autonomamente di cui ci si è eventualmente avvalsi e la bibliografia di riferimento; 8) le collaborazioni e i rispettivi ruoli nel lavoro svolto.
- 7** Gli interessati al Premio dovranno far pervenire entro il 30.8.2001 all'AIF - Premio Antonella Bastai Prat - c/o prof. Marisa Michelini - CIRD dell'Università di Udine, via delle Scienze 208, 33100 Udine, la seguente documentazione:
  - 1) domanda di partecipazione al concorso in carta libera con l'indicazione della data e del luogo di nascita, del domicilio e del recapito telefonico;
  - 2) dichiarazione del dirigente scolastico della scuola in cui si è svolta la ricerca;
  - 3) tre copie del rapporto di ricerca su supporto cartaceo ed in forma elettronica, come file di formato rtf;
  - 4) ogni altra documentazione ritenuta utile per il giudizio.
 Nella domanda i candidati devono indicare sotto la loro responsabilità:
  - a) cognome e nome, luogo e data di nascita, codice fiscale;
  - b) cittadinanza, indirizzo di residenza;
  - c) posizione di servizio: stato di servizio, scuola, materia di insegnamento;
  - d) recapito ai fini del concorso, completo di indirizzo di posta elettronica;
  - e) il titolo della ricerca;
  - f) dichiarazione che la ricerca proposta non è già oggetto di studi finanziati da enti pubblici o privati e che è stata svolta in autonomia o con le collaborazioni specificate nel rapporto di ricerca.
- 8** I premi sono conferiti su giudizio di una Commissione scientifica appositamente costituita a cura dell'Associazione per l'insegnamento della Fisica. Sono criteri di valutazione: 1) la rispondenza della ricerca alle finalità dell'iniziativa ed a quanto previsto nel presente bando; 2) l'originalità, l'interesse e il valore scientifico della proposta; 3) l'utilità per la scuola. Il giudizio della Commissione scientifica è insindacabile.
- 9** Chiarimenti informazioni e sostegno per le ricerche possono essere richiesti a Marisa Michelini all'indirizzo postale sopra indicato o al seguente indirizzo elettronico [michelini@fisica.uniud.it](mailto:michelini@fisica.uniud.it)
- 10** Il premio verrà assegnato in occasione del Congresso Nazionale AIF 2001.

---

# INDICE DEL VOLUME 16

---

## INDICE PER FASCICOLI

### Numero 1/2, 2000

*Lettera al direttore*

G. Baldacchini 3

*Commenti sulla giornata Fisica e Industria*

N.O. Lipari 3

*Lettera al direttore*

M. Asdente 4

*In ricordo di Placido d'Agostino*

G. Fazio e G. Giardina 5

*Sul percorso di Fermi verso la statistica  
quantica*

F. Cordella e F. Sebastiani 11

*Mario Ageno, filosofo della fisica*

S. Bergia 23

*Esperimenti di radioattività esotica*

R. Bonetti e A. Guglielmetti 29

*Misure di contaminazione del radiocesio e  
valutazione del suo danno biologico*

E. Fiorini, E. Previtali, V. Calini, M. Camati-  
ni e C. Urani 44

Recensioni 53

*Leucemia e campi magnetici – Molecole a ri-  
poso – Cerotti anziché iniezioni*

S. Focardi 56

Annunci 57

### Numero 3/4, 2000

*Giornata-incontro sul tema: Fisica e Indu-  
stria, Milano, 17 Marzo 2000* 3

*In ricordo di Giuliano Preparata*

L. Belloni 29

*In ricordo di Francesco Paolo Ricci*

M.A. Ricci 29

*In memoria di Umberto Maria Grassano*

G. Chiarotti 30

*In ricordo di Vittorio Mazzacurati*

M. Nardone e G. Signorelli 31

*Novità sulle anisotropie del fondo cosmico*

A. Melchiorri 32

*Problemi acustici di un teatro: analisi e in-  
terventi*

G. Zambon e E. Sindoni 36

*La fase rossa dell'ossigeno solido ad alta  
pressione: un cristallo di molecole O<sub>4</sub>*

F.A. Gorelli, L. Ulivi, M. Santoro e

R. Bini 50

*Calcolatori quantistici*

A. Ekert e R. Lupacchini 58

Recensioni 65

*Microbombe – Il riscaldamento degli oceani  
– Vi serve una mano?*

S. Focardi 68

Annunci 69

### Numero 5/6, 2000

*Lettera al direttore*

G. Lo Surdo 3

*A proposito di uranio impoverito*

R.A. Ricci 4

*Cerimonia inaugurale del LXXXVI Congresso  
Nazionale della Società Italiana di Fisica* 6

*Discorso inaugurale del Presidente della So-  
cietà Italiana di Fisica* 12

*Conferimento dei Premi per la Fisica per  
l'anno 2000* 16

*Storia delle scienze e cultura*

E. Bellone 21

*L'archeometria e la salvaguardia del patri-  
monio artistico*

S. Sciuti 23

*Resoconto sulla tavola rotonda: La fisica per  
i beni culturali*

P. Cosentino e S. Deganello 32

*Fisica e società – Conferenza cittadina al  
LXXXVI Congresso della Società Italiana di  
Fisica*

G.F. Bassani 41

*Verbale dell'assemblea generale dei Soci al LXXXVI Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica* 46  
*Relazione dei Revisori dei Conti della Società Italiana di Fisica per l'esercizio 1999* 46  
*Relazione del Presidente della Società Italiana di Fisica* 53  
*Vincitori dei premi per le migliori comunicazioni* 63  
*Commento di Ninni Messina al congresso di Palermo* 64  
*Guido Tagliaferri, fisico, storico, umanista*  
 G. Salvini e P. Tucci 65  
*Attualità dei paradossi di Copenhagen*  
 A. Orefice e R. Giovanelli 74  
*Il laboratorio del Gran Sasso dell'INFN: ritratto e attività di ricerca*  
 A. Bettini 79  
*Il progetto su lunga base CERN-Gran Sasso (CNGS)*  
 E. Scapparone 85  
*Il progetto MONOLITH: studio delle oscillazioni dei neutrini al laboratorio del Gran Sasso*  
 L. Satta 94  
 Recensioni 101  
*L'ultimo calcolatore - La stampante prossima ventura*  
 S. Focardi 103  
 Annunci 104  
 Indice del Vol. 16, 2000 110

Bettini A., *Il laboratorio del Gran Sasso dell'INFN: ritratto e attività di ricerca* 16:5/6, 79  
 Bini R. (vedi Gorelli F.A.) 16:3/4, 50  
 Bonetti R. e A. Guglielmetti, *Esperimenti di radioattività esotica* 16:1/2, 29

C

Calini V. (vedi Fiorini E.) 16:1/2, 44  
 Camatini M. (vedi Fiorini E.) 16:1/2, 44  
 Chiarotti G., *In memoria di Umberto Maria Grassano* 16:3/4, 30  
 Cordella F. e F. Sebastiani, *Sul percorso di Fermi verso la statistica quantica* 16:1/2, 11  
 Cosentino P. e S. Deganello, *Resoconto sulla tavola rotonda: La fisica per i beni culturali* 16:5/6, 32

D

Deganello S. (vedi Cosentino P.) 16:5/6, 32

E

Ekert A. e R. Lupacchini, *Calcolatori quantistici* 16:3/4, 58

F

Fazio G. e G. Giardina, *Sul percorso di Fermi verso la statistica quantica* 16:1/2, 5  
 Fiorini E., E. Previtali, V. Calini, M. Camatini e C. Urani, *Misure di contaminazione del radiocesio e valutazione del suo danno biologico* 16:1/2, 44

G

Giardina G. (vedi Fazio G.) 16:1/2, 5  
 Giovanelli R. (vedi Orefice A.) 16:5/6, 74  
 Gorelli F.A., L. Ulivi, M. Santoro e R. Bini, *La fase rossa dell'ossigeno solido ad alta pressione: un cristallo di molecole O<sub>4</sub>* 16:3/4, 50  
 Guglielmetti A. (vedi Bonetti R.) 16:1/2, 29

L

Lipari N.O., *Commenti sulla giornata Fisica e Industria* 16:1/2, 3  
 Lo Surdo G., *Lettera al direttore* 16:5/6, 3  
 Lupacchini R. (vedi Ekert A.) 16:3/4, 58

INDICE PER AUTORI

A

Asdente M., *Lettera al direttore* 16:1/2, 4

B

Baldacchini G., *Lettera al direttore* 16:1/2, 3  
 Bassani G.F., *Fisica e società - Conferenza cittadina al LXXXVI Congresso della Società Italiana di Fisica* 16:5/6, 41  
 Bellone E., *Storia delle scienze e cultura* 16:5/6, 21  
 Belloni L., *In ricordo di Giuliano Preparata* 16:3/4, 29  
 Bergia S., *Mario Ageno, filosofo della fisica* 16:1/2, 23

**M**

Melchiorri A., *Novità sulle anisotropie del fondo cosmico* 16:3/4, 32

**N**

Nardone M. e G. Signorelli, *In ricordo di Vittorio Mazzacurati* 16:3/4, 31

**O**

Orefice A. e R. Giovanelli, *Attualità dei paradossi di Copenhagen* 16:5/6, 74

**P**

Previtali E. (vedi Fiorini E.) 16:1/2, 44

**R**

Ricci M.A., *In ricordo di Francesco Paolo Ricci* 16:3/4, 29

Ricci R.A., *A proposito di uranio impoverito* 16:5/6, 4

**S**

Salvini G. e P. Tucci, *Guido Tagliaferri, fisico, storico, umanista* 16:5/6, 65

Santoro M. (vedi Gorelli F.A.) 16:3/4, 50

Satta L., *Il progetto MONOLITH: studio delle oscillazioni dei neutrini al laboratorio del Gran Sasso* 16:5/6, 94

Scapparone E., *Il progetto su lunga base CERN-Gran Sasso (CNGS)* 16:5/6, 85

Sciuti S., *L'archeometria e la salvaguardia del patrimonio artistico* 16:5/6, 23

Sebastiani F. (vedi Cordella F.) 16:1/2, 11

Signorelli G. (vedi Nardone M.) 16:3/4, 31

Sindoni E. (vedi Zambon G.) 16:3/4, 36

**T**

Tucci P. (vedi Salvini G.) 16:5/6, 65

**U**

Ulivi L. (vedi Gorelli F.A.) 16:3/4, 50

Urani C. (vedi Fiorini E.) 16:1/2, 44

**Z**

Zambon G. e E. Sindoni, *Problemi acustici di un teatro: analisi e interventi* 16:3/4, 36

**INDICE PER MATERIE**

**OPINIONI**

*A proposito di uranio impoverito*  
R.A. Ricci 16:5/6, 4  
*Commenti sulla giornata Fisica e Industria*  
N.O. Lipari 16:1/2, 3  
*Lettera al direttore*  
M. Asdente 16:1/2, 4  
*Lettera al direttore*  
G. Baldacchini 16:1/2, 3  
*Lettera al direttore*  
G. Lo Surdo 16:5/6, 3

**IL NOSTRO MONDO**

**Congressi SIF e Atti Societari**

*Cerimonia inaugurale del LXXXVI Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica* 16:5/6, 6  
*Discorso inaugurale del Presidente della Società Italiana di Fisica* 16:5/6, 12  
*Conferimento dei Premi per la Fisica per l'anno 2000* 16:5/6, 16  
*Verbale dell'assemblea generale dei Soci al LXXXVI Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica* 16:5/6, 46  
*Relazione dei Revisori dei Conti della Società Italiana di Fisica per l'esercizio 1999* 16:5/6, 46  
*Relazione del Presidente della Società Italiana di Fisica* 16:5/6, 53  
*Vincitori dei premi per le migliori comunicazioni* 16:5/6, 63  
*Commento di Ninni Messina al congresso di Palermo* 16:5/6, 64

**Convegni, Conferenze, seminari, mostre**

*Giornata-incontro sul tema: Fisica e Industria, Milano, 17 Marzo 2000* 16:3/4, 3  
Osservazione introduttiva di F. Bassani, E. Bellotti, C. Benedek 16:3/4, 4  
*I fisici nell'industria microelettrica,*  
P. Cappelletti e M. Melanotte 16:3/4, 5  
*Il ruolo dei fisici nell'industria della superconduttività,*  
R. Garrè 16:3/4, 9  
*Il CSM: un'impresa di ricerca industriale che dà spazio ai Scientists,*  
R. Bruno 16:3/4, 11

- I fisici nella fotonica,*  
S. Morasca 16:3/4, 15  
*La domanda di rinnovazione e l'inserimento di ricercatori nelle attività di ricerca delle piccole e medie imprese,*  
S. Rimoldi 16:3/4, 16  
*Fisici nell'industria che cambia,*  
L. Gherardi 16:3/4, 18  
*Fisica e medicina,*  
L. Conte 16:3/4, 20  
*The role of the physicist in the industrial organizations of the XXI century: what and how,*  
N.O. Lipari 16:3/4, 22  
*Alcune idee e iniziative per estendere la collaborazione tra fisica e impresa,*  
C. Rizzuto 16:3/4, 24  
*Possono i corsi di laurea e dottorato in fisica promuovere un'impresoria innovatrice?,*  
E. Scalas 16:3/4, 26

**Commemorazioni, profili, premi**

- Guido Tagliaferri, fisico, storico, umanista*  
G. Salvini e P. Tucci 16:5/6, 65  
*In memoria di Umberto Maria Grassano*  
G. Chiarotti 16:3/4, 30  
*In ricordo di Francesco Paolo Ricci*  
M.A. Ricci 16:3/4, 29  
*In ricordo di Giuliano Preparata*  
L. Belloni 16:3/4, 29  
*In ricordo di Placido d'Agostino*  
G. Fazio e G. Giardina 16:1/2, 5  
*In ricordo di Vittorio Mazzacurati*  
M. Nardone e G. Signorelli 16:3/4, 31

**STORIA DELLA FISICA**

- Attualità dei paradossi di Copenhagen*  
A. Orefice e R. Giovanelli 16:5/6, 74  
*Mario Ageno, filosofo della fisica*  
S. Bergia 16:1/2, 23  
*Sul percorso di Fermi verso la statistica quantica*  
F. Cordella e F. Sebastiani 16:1/2, 11

**SCIENZA, TECNOLOGIA E CULTURA**

- Fisica e società – Conferenza cittadina al LXXXVI Congresso della Società Italiana di Fisica*  
G.F. Bassani 16:5/6, 41

- L'archeometria e la salvaguardia del patrimonio artistico*  
S. Sciuti 16:5/6, 23  
*Resoconto sulla tavola rotonda: La fisica per i beni culturali*  
P. Cosentino e S. Deganello 16:5/6, 32  
*Storia delle scienze e cultura*  
E. Bellone 16:5/6, 21

**CONTRIBUTI SCIENTIFICI****Fisica nucleare e subnucleare**

- Esperimenti di radioattività esotica*  
R. Bonetti e A. Guglielmetti 16:1/2, 29  
*Il laboratorio del Gran Sasso dell'INFN: ritratto e attività di ricerca*  
A. Bettini 16:5/6, 79  
*Il progetto MONOLITH: studio delle oscillazioni dei neutrini al laboratorio del Gran Sasso*  
L. Satta 16:5/6, 94  
*Il progetto su lunga base CERN-Gran Sasso (CNGS)*  
E. Scapparone 16:5/6, 85

**Fisica classica e applicazioni**

- Problemi acustici di un teatro: analisi e interventi*  
G. Zambon e E. Sindoni 16:3/4, 36

**Fisica dello stato solido e struttura della materia**

- La fase rossa dell'ossigeno solido ad alta pressione: un cristallo di molecole O<sub>4</sub>*  
F.A. Gorelli, L. Ulivi, M. Santoro e R. Bini 16:3/4, 50

**Fisica interdisciplinare: fisica chimica, biofisica, fisica medica, informatica**

- Calcolatori quantistici*  
A. Ekert e R. Lupacchini 16:3/4, 58  
*Misure di contaminazione del radiocesio e valutazione del suo danno biologico*  
E. Fiorini, E. Previtali, V. Calini, M. Camatini e C. Urani 16:1/2, 44

**Geofisica, astronomia e astrofisica**

- Novità sulle anisotropie del fondo cosmico*  
A. Melchiorri 16:3/4, 32

**RECENSIONI**

*Cluster Beam Synthesis of Nanostructured Materials*, P. Milani and S. Iannotta, recensione di G. Benedek 16:3/4, 66

*Fisica dello stato solido*, F. Bassani e U.M. Grassano, recensione di G. Iadonisi 16:5/6, 102

*Fisica nella musica*, A. Frova, recensione di G. Benedek 16:1/2, 53

*Introduzione ai materiali disordinati*, P.M. Ossi, recensione di G. Benedek 16:5/6, 102

*La storia del silicio. Elettronica e comunicazione*, F. Seitz e N.G. Einspruch, recensione di E. Rimini 16:3/4, 65

*Medicina del lavoro. Organizzazione, compiti e normativa*, G. Campurra, recensione di R. Habel 16:1/2, 54

*Particle Astrophysics. Revised Edition*, H.V. Klapdor-Kleingrothaus and K. Zuber, recensione di G. Capon 16:3/4, 66

*Solid State Physics*, G. Grosso e G. Pastori-Paravicini, recensione di F. Bassani 16:3/4, 67

*The Defining Years in Nuclear Physics 1932-1960s*, M. Mladjenovic, recensione di G. Pisent 16:5/6, 101

**SCELTI PER VOI, A CURA DI SERGIO FOCARDI**

*Leucemia e campi magnetici – Molecole a riposo – Cerotti anziché iniezioni* 16:1/2, 56

*Microbombe – Il riscaldamento degli oceani – Vi serve una mano?* 16:3/4, 68

*L'ultimo calcolatore – La stampante prossima ventura* 16:5/6, 103