

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Sezione di Genova

INFN/TC-95/05
3 Gennaio 1995

C. Caso:

L'INFN A GENOVA

Una rivisitazione personale di una storia di 40 anni

INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
Sezione di Genova

INFN/TC-95/05
3 Gennaio 1995

L'INFN A GENOVA
Una rivisitazione personale di una storia di 40 anni

Carlo Caso
Dipartimento di Fisica, Università di Genova e Sezione INFN,
Via Dodecannaso 33, I-16146 Genova

Sommario

Viene qui presentata una ricostruzione personale del profilo storico-scientifico della Sezione INFN di Genova.

A scientific and historical personal account of the Genova Site of the Italian National Institute for Nuclear Physics is given here.

1 PERCHÈ QUESTO LAVORO ADESSO?

In realtà questo lavoro avrebbe dovuto uscire alla fine degli anni '80.

Le cose sono andate pressapoco in questo modo: verso la metà degli anni '80 l'INFN aveva iniziato la pubblicazione del Notiziario INFN, un trimestrale che conteneva un po' di tutto: dall'articolo scientifico alle notizie varie dalle Sezioni. Il Prof. Italo Federico Quercia di Frascati curava centralmente il Notiziario e c'era un corrispondente per ogni Sezione. Lo scrivente era il corrispondente per Genova. Ad un certo momento il Prof. Quercia chiese a noi corrispondenti di scrivere qualche pagina che desse un profilo della propria Sezione e, volutamente, non dette nessuno schema, lasciando alla fantasia dei corrispondenti l'organizzazione del lavoro. Io molto diligentemente cominciai a scrivere questo lavoro; quando era tutto pronto, improvvisamente il Prof. Quercia scomparve.

Dopo qualche sbandamento dovuto alla morte di Quercia, sembrò che la cura del Notiziario fosse presa in carico dal Prof. Giorgio Salvini. Io mandai tutto il materiale al Prof. Salvini, con il quale ebbi anche una conversazione telefonica a proposito della pubblicazione. Poi, per motivi che non so, tutto finì lì ed il Notiziario INFN non fu più pubblicato.

Immagino che il materiale mandato a Giorgio Salvini sia ancora giacente da qualche parte ma non penso che ora egli abbia tempo e voglia per cercarlo.

Recentemente, mettendo in ordine le mie carte, ho ritrovato il testo ed alcune figure di quel lavoro ed ho pensato di pubblicarlo. I motivi sono vari: perchè gli amici della mia generazione possano eventualmente ritrovarci un po' dello spirito di quegli anni e anche perchè i più giovani ci trovino magari qualche elemento di riflessione.

Il lavoro è volutamente non aggiornato e fotografa quindi quello che la nostra Sezione era nel 1988. Questa scelta è mia personale e me ne assumo la responsabilità. Ho solo cambiato qualche frase qua e là e aggiunto qualche commento. Purtroppo mancano anche alcune figure che servivano a meglio inquadrare i vari argomenti: chiedo perciò al lettore un maggiore sforzo di immaginazione.

Quando ho accettato di scrivere questa nota, che avrebbe dovuto in qualche modo presentare l'immagine della nostra Sezione, mi si è subito posto il problema di quale taglio darle.

Avrei potuto mettere in evidenza le attività più brillanti e di avanguardia oppure elencare in maniera piuttosto ministeriale i vari filoni di ricerca, con nomi e cifre. Ho scelto invece una via un po' diversa, perchè sono convinto che la ricerca è una attività con "memoria", nel senso che quello che si fa oggi è in generale assai influenzato da quello che la generazione precedente ha seminato. Inoltre la nascita e la crescita della Sezione INFN di Genova ha avuto (e continua ad avere) un continuo intreccio con la situazione dell'Istituto (ora Dipartimento) di Fisica, cosa comune a molte se non a tutte le Sezioni. Ho dunque deciso di raccontare questa avventura, che si svolge su un intervallo di tempo di una quarantina di anni.

Il lettore noterà forse una certa insistenza e compiacimento per la descrizione dei fatti e degli avvenimenti degli anni '60 e '70: ebbene, ammetto che è proprio così e che la cosa è voluta.

2 UN PO' DI PREISTORIA

L'Istituto di Fisica Sperimentale era stato trasferito nel 1929 dal Palazzo Universitario di Via Balbi (dove si chiamava Gabinetto di Fisica) alla nuova sede di Viale Benedetto XV, nella Città Universitaria appositamente costruita in S. Martino d'Albaro. L' "alacre

Italietta” di allora era capace di essere lungimirante in quanto questo progetto edilizio che, partito nel 1912, aveva subito numerosissime varianti dovute a motivi finanziari, rappresentava un progetto di avanguardia: si trattava di un vero e proprio campus universitario, tenendo conto che allora S. Martino era alla periferia della città e che era destinato a contenere tutta la parte scientifica dell’Università (come infatti avvenne, un po’ scaglionando nel tempo i trasferimenti e con qualche piccola eccezione). In prossimità del campus veniva aperta nel 1935 la Casa dello Studente “in un edificio appositamente costruito ed arredato modernamente con senso di praticità”. Vista a posteriori, quella soluzione si è dimostrata estremamente efficiente, anche se adesso di campus non c’è più niente e S. Martino è ormai quasi in pieno centro: la maggior parte degli Istituti Scientifici sono ancora in quella sede e, per quanto riguarda la Fisica, solo da circa dieci anni si è finalmente trasferita nella nuova sede di Via Dodecaneso in valle Puggia: pur tra continui ammodernamenti, aggiunte, rialzi, recuperi di spazio etc. la vecchia sede di Viale Benedetto XV ha egregiamente assolto il suo compito per quasi sessanta anni. Anzi, ristrutturata e ribattezzata “Palazzina delle Scienze”, è rinata a nuova vita.

Ma torniamo a noi: dal momento del suo trasferimento a S. Martino fino al 1949 l’Istituto di Fisica Sperimentale era stato diretto (ed era l’unico cattedratico, secondo l’uso del tempo) dal Prof. Augusto Occhialini, che era professore di Fisica Sperimentale e teneva per incarico anche il corso di Fisica Superiore. Occhialini, che a Firenze era stato aiuto del Prof. Garbasso, era un ottimo didatta: fino a pochi anni fa circolavano ancora libretti con le note delle sue lezioni e dei suoi esercizi. Per quanto riguarda la sua attività scientifica, egli aveva degli interessi che definirei genericamente di spettroscopia applicata; inoltre era un ottimo conferenziere. Molti corridoi e sottoscale sono stati a lungo pieni di strumenti che in parte usava per le dimostrazioni in aula ed in parte per le sue ricerche: il cercare di dare una degna sistemazione a tutto questo notevole e raro materiale oltre che ai residui strumenti ottocenteschi mi sembra una cosa degna di attenzione. Molti certamente ricordano la lapide di marmo che era in Aula Magna e che conteneva l’elenco dei Professori di Fisica che si erano avvicendati a Genova negli ultimi 200 anni. La lapide fu tolta quando venne tagliata la cupola per ricavarne aule e purtroppo è ora andata perduta. Il suo contenuto è comunque ricostruito in Tabella 1.

Il 1950 segna una svolta generazionale all’Istituto di Fisica: il 1-12-1949 viene nominato alla cattedra di Fisica Superiore Giuseppe Occhialini (figlio di Augusto) mentre il 1-12-1950 Antonio Borsellino diventa professore di Fisica Teorica e nello stesso edificio viene creato l’Istituto di Fisica Teorica. Quasi a segnare fisicamente il cambiamento, Augusto Occhialini tiene il 25 novembre 1950 il discorso di inaugurazione dell’Anno Accademico 1950-51 parlando sul tema “La conquista della energia” (e tanto per citare un tema di attualità, dice che “col ritmo attuale del consumo delle risorse naturali alcune di queste saranno presto esaurite. E prima che si esauriscano la scienza deve provvedere a sostituirle. Uno di questi sostituti è precisamente l’energia atomica”). A. Occhialini

Tabella 1: Elenco dei Direttori del Gabinetto di Fisica di Genova.

G. Sanxai	1784	1800
D. Scribanis	1800	1804
A. Pagano	1804	1827
G. Garibaldi	1827	1846
M. A. Bancalari	1846	1864
P. M. Garibaldi	1864	1902
A. Garbasso	1902	1913
M. Razeto	1913	1915
L. Puccianti	1915	1916
A. Pochettino	1916	1917
S. Lussana	1917	1928
A. Occhialini	1928	1949

muore poco dopo, il 1 agosto 1951.

Gli effetti del cambiamento a Fisica non tardano a farsi sentire. Intanto abbiamo due professori e non più uno solo: inoltre uno è un fisico teorico che si occupa di fisica moderna quale produzione di coppie di elettroni nel campo di un elettrone, sparpagliamento di fotoni ed elettroni in uno sciame, di teoria dei campi etc. La fisica teorica, in realtà fisica matematica, fino ad allora era stata rappresentata da Paolo Straneo che, pur essendo un ottimo relativista, faceva parte dell'Istituto di Matematica e che quindi, pur avendo dei buoni rapporti con la fisica, non poteva certo incidere molto sulla attività di ricerca che si svolgeva nell'Istituto di Fisica Sperimentale.

Giuseppe Occhialini, invece, veniva dall'Inghilterra dove aveva svolto una notevolissima e ben nota attività sperimentale studiando i raggi cosmici con le emulsioni nucleari. E quindi anche l'attività sperimentale a Genova subisce una violenta accelerazione in avanti.

Per avere un'idea di questo cambiamento, ho cercato di attingere informazioni sulla attività di ricerca di quegli anni consultando l'Annuario Universitario che però non è stato pubblicato (per ovvi motivi) negli anni tra il 1942 ed il 1950. L'annuario del 1950-51 riporta però il titolo delle tesi discusse anche nel periodo di non pubblicazione dell'annuario; assumendo che le tesi di laurea rispecchino in qualche misura l'attività dell'Istituto, si trova che:

- su 12 tesi in fisica discusse tra gli a.a. 1946-47 e 1948-49 si ritrovano come temi ricorrenti la piezoelettricità, le righe spettrali nel campo del visibile, onde herziane smorzate, ottica di onde acustiche e cose di questo genere;
- 22 laureati in matematica e fisica negli stessi anni hanno fatto tesi predominantemente di matematica (soluzioni di equazioni differenziali, integrali strani etc.); i pochi che hanno fatto tesi di fisica hanno scelto argomenti che rispecchiano quelli del corso di laurea in fisica (quindi argomenti classici, quale polarizzazione per riflessione, determinazione sperimentale della costante di Planck etc.);
- nell'anno accademico 1949-50 si laureano 8 fisici, di cui 5 con tesi classificabili genericamente come afferenti a tecniche sperimentali (soprattutto emulsioni nucleari) per lo studio delle nuove particelle; gli 8 laureati in matematica e fisica di quell'anno sono invece ancora piuttosto orientati conservativamente verso la matematica;
- negli a.a. 1950-51 e 1951-52 si laureano 6 fisici, di cui 5 hanno una tesi nel campo particellare-nucleare. E' interessante che per la prima volta si trova qui una tesi di fisica teorica sulla creazione e distruzione di mesoni per mezzo della teoria dei campi. Anche le 11 tesi di matematica e fisica cominciano a risentire del nuovo clima.

3 ED ORA UN PO' DI STORIA

Occhialini svolgeva la sua attività in parte a Genova ed in parte al Centre de Physique Nucléaire di Bruxelles; quindi gli fu facile mandare un gruppetto di giovani volenterosi ed entusiasti a lavorare per un certo periodo a Bruxelles per apprendere le nuove tecniche sperimentali sulle emulsioni nucleari, che in quel periodo stavano facendo passi da gigante, e per respirare un po' di aria nuova. Era quello che ci voleva per il clima un po' asfittico

della fisica genovese di quel periodo. E i frutti non tardano ad arrivare: tornando a Genova, quelle tecniche apprese all'estero venivano applicate in casa ad emulsioni esposte su palloni ed i risultati di quegli anni sono ancora oggi citati su molti testi di fisica delle particelle.

Gli anni immediatamente dopo la guerra fino ai primi anni cinquanta avevano fatto fare un grande balzo in avanti nella scoperta e nella comprensione della struttura del mondo subnucleare. Conversi, Pancini e Piccioni avevano cercato con un bellissimo e classico esperimento di identificare il mesone μ con la particella di Ynkawa responsabile della interazione forte ma avevano trovato in maniera inaspettata ed inequivocabile (per un fattore $10^{13}!!$) che questa identificazione non poteva stare in piedi.

Nel 1947 Lattes, Muirhead, Powell ed Occhialini, usando speciali emulsioni esposte in montagna a grande altezza, avevano trovato che in realtà ci sono due particelle con circa la stessa massa (di cui il μ è la più leggera) che decadono l'una nell'altra secondo lo schema $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$; nello stesso anno Rochester e Butler avevano osservato con la camera a nebbia l'esistenza in sciami di raggi cosmici di particelle pesanti instabili (K^0 nella nomenclatura moderna) mentre quasi nello stesso periodo il gruppo di Bristol trovava il kaone carico.

Nel 1953, sebbene il quadro generale fosse ancora assai confuso, le scoperte continuavano a susseguirsi ad un ritmo incalzante e vennero scoperte particelle instabili più pesanti del protone (genericamente indicate con iperoni); il decadimento $\Sigma^+ \rightarrow p\pi^0$ fu trovato da York et al., mentre il decadimento $\Sigma^+ \rightarrow n\pi^+$ fu osservato per la prima volta a Genova da Giovannina Tomasini.

La figura 1 contiene una bella microfotografia di quel primo evento. La parte sulla destra mostra la parte finale della traccia J che si ferma in emulsione (come indicato dalla variazione della ionizzazione lungo la traccia) e decade in un singolo ramo. La grande lunghezza di J (15760 μm seguiti nella lastra) ha permesso una determinazione precisa della sua massa tramite misure di scattering-range: $(2500 \pm 345)m_e$ (cioè 1277.5 ± 176.3 MeV, mentre la massa della Σ^+ sul PDG è oggi 1189.37 ± 0.07 MeV). Per la particella secondaria, che purtroppo è corta (solo 120 μm), si può solo escludere che sia un elettrone lento. L'attività di emulsioni nucleari continuò

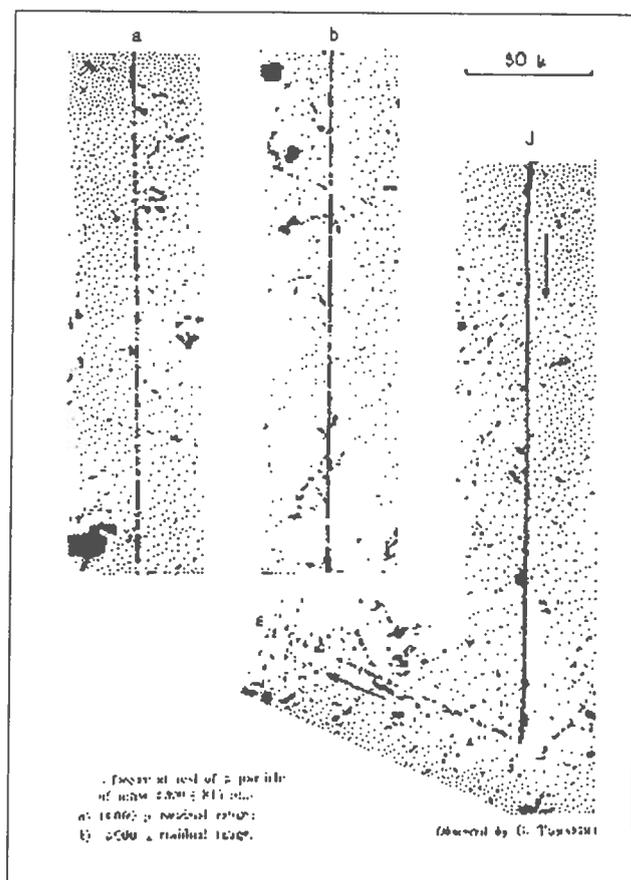


Figura 1: Microfotografia del decadimento $\Sigma^+ \rightarrow n\pi^+$ osservato per la prima volta a Genova da G. Tomasini [A. Bonetti et al., *Il Nuovo Cimento* 10 (1953) 345].

fino ai primi anni '60, quando si trasformò nella più agile tecnica di analisi basata sull'uso delle camere a bolle. In anni recenti le emulsioni sono ritornate d'attualità e, come vedremo oltre, Genova ha riproposto la sua competenza e la sua esperienza in questo campo.

In realtà G. Occhialini restò a Genova praticamente solo un anno per poi trasferirsi a Milano: ma le cose erano ormai partite. Il 15 novembre 1952 diventa Direttore dell'Istituto di Fisica Sperimentale Ettore Pancini, che tra le altre cose aveva partecipato al famoso esperimento sul μ . Pancini, che era stato chiamato da Sassari, restò a Genova poco più di dieci anni e poi andò a Napoli, ma ha lasciato a Genova un ricordo che direi mitico. L'Aula Magna dell'attuale nostro Dipartimento gli è dedicata. Il suo nome e la sua figura vengono ancora oggi ricordate con emozione ed ammirazione dai fisici e dai tecnici più anziani. Dotato indubbiamente di un grande carisma personale e di una visione moderna della fisica sperimentale, Pancini riorganizzò l'Istituto, creando tra l'altro dei servizi di base quali officina meccanica, officina elettronica, falegnameria etc. che ancora oggi risentono in parte della sua impostazione. I primi fondi per l'acquisto delle attrezzature erano in pratica fondi neri che egli gestiva (saggiamente) a suo piacimento e che provenivano da misure di radioattività sui pesci che i giovani assistenti facevano sulle navi in porto.

Intanto in quegli anni in Italia un gruppo di fisici lungimiranti si dava da fare per evitare la dispersione di un patrimonio e di una tradizione culturale e scientifica, sia sperimentale sia teorica, che si era andata formando alla scuola di Fermi a Roma negli anni Trenta e un po' dopo in varie altre Università (tra cui principalmente Padova, Firenze e Milano). L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), istituito con un decreto del Presidente del CNR il giorno 8 agosto 1951 e finanziato con un altro decreto il 9 luglio 1952, cominciò ad organizzarsi operativamente e nel giro di un paio di anni le caratteristiche più salienti dell'Ente erano state delineate, come la delimitazione dei suoi campi di attività e quella di voler operare in stretto connubio con l'Università. Per l'anno 1952-53 l'Istituto di Fisica di Genova ebbe dall'INFN uno stanziamento di 10 ML.

Uno degli obiettivi scientifici più qualificanti dell'INFN era la costruzione di un grande sincrotrone nazionale. Si pose quindi il problema di organizzare delle ricerche elettroniche in modo tale da avere un numero sufficiente di apparecchiature al momento dell'entrata in funzione del sincrotrone; allo stesso tempo si doveva affiancare una intensa attività per aumentare il numero ed il livello dei ricercatori in questo campo. Il 12 maggio 1953 l'INFN decise di istituire a Genova un gruppo di lavoro, sotto la direzione di Pancini, costituito da almeno due ingegneri (o tecnici equivalenti) e da un numero da precisare di giovani ricercatori. Questo gruppo doveva elaborare i prototipi delle apparecchiature standard e sviluppare nuove apparecchiature elettroniche, limitandosi, per altro, a quelle che potevano essere impiegate in ricerche col sincrotrone. Di questo gruppo facevano parte, oltre Genova, i gruppi di Roma e Pisa. Il progetto aveva una dotazione di 65 ML su un arco di tre anni; il primo anno, Genova ebbe 20 ML (di cui 5 per stipendi e spese generali).

Nella seduta del 23 ottobre 1953 il Consiglio Direttivo dell'INFN costituiva ufficialmente una prima struttura operativa basata su 4 Sezioni (Roma, Padova, Milano e Torino) e su 7 Gruppi aggregati: Genova continuava ad essere Gruppo aggregato alla Sezione di Milano per l'attività delle lastre nucleari ed a quella di Torino per le altre ricerche sulla radiazione cosmica e fisica nucleare. Lo stanziamento per l'esercizio 1953-54 fu di 7.6 ML (3.2 per le lastre e 4.4 per le altre ricerche). Si noti che quell'anno la somma totale che il CNR metteva a disposizione dell'INFN era di soli 200 ML. Nel verbale compare la ben nota frase che ciascuno di noi ha detto e sentito decine di volte: "Il Consiglio Direttivo ritiene che tale somma non possa essere ulteriormente diminuita senza gravi pregiudizi per etc. etc."

Genova diventerà poi Sottosezione nel 1955. Nella seduta del 27-28 aprile 1964 il CD, giudicando positivamente la consistenza dei singoli gruppi e la loro possibilità di sviluppi

futuri, delibera all'unanimità di trasformare Genova in Sezione.

4 I PRIMI ANNI CON E. PANCINI

Mentre Pancini iniziava il suo lavoro di coordinamento prendendo contatti con ricercatori di altre Università e con ditte per avere sconti e per stilare cataloghi (la non perfetta definizione del suo mandato personale ostacolerà un po' lo sviluppo del programma del Gruppo di Elettronica), in sede un piccolo gruppo di ricercatori comincia in maniera sistematica una serie di esperimenti che definirei di allenamento usando tecniche elettroniche. Per es. viene misurata con un polarimetro di nuova concezione costruito in casa il grado di polarizzazione circolare dei γ di bremsstrahlung prodotti da elettroni di decadimento β del P^{32} e Tl^{204} . L'interesse di queste misure era legato alla scoperta della non conservazione della parità nelle interazioni deboli e quindi alla necessità di verificare la validità delle proprietà di simmetria nei processi elementari. Vennero fatte altre misure di polarizzazione nell'effetto Delbruck (scattering di fotoni da Co^{60} da parte dell'intenso campo elettrico intorno al nucleo) e come previsto e voluto da Pancini si formò rapidamente un gruppetto che si dedicherà poi all'allestimento ed alla sperimentazione con un Betatrone da 32 MeV acquistato dall'Istituto di Fisica con un contratto Euratom-CNEN.

Intanto i servizi generali che Pancini stava mettendo in piedi erano continuamente messi a dura prova da un pesante programma di costruzione di rivelatori iniziato e portato avanti da Alberto Gigli e da Paolo Emilio Argan. Questo programma di costruzione inizia intorno al 1953 e andrà avanti fino al 1959.

Anche tutto questo lavoro faceva parte della preparazione del programma sperimentale da svolgere a Frascati e presso l'acceleratore da 100 MeV di Torino. Il gruppo di Genova, in collaborazione con la Sezione di Torino ed un gruppo di ricercatori di Pavia, arrivò alla costruzione di due grandi camere a diffusione e di vari esemplari di una camera a bolle basata su un nuovo principio di funzionamento.

Le due camere a diffusione (una usata a Frascati

e una usata a Torino) avevano le seguenti caratteristiche:

- ✱ quella di Frascati aveva un diametro utile di 60 cm e poteva contenere gas fino alla pressione di 30 atm; era immersa in un campo magnetico di intensità massima $\approx 18,000$ Gauss. Il progetto e la costruzione del magnete era dell'Ing. G. C. Sacerdoti di Frascati;
- ✱ quella di Torino aveva 40 cm di diametro utile e poteva anch'essa arrivare a 30 atm.

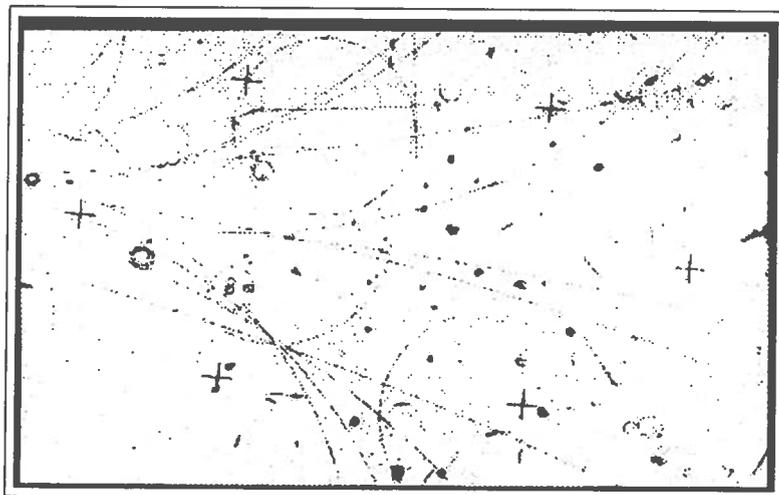


Figura 2: Conversione $\gamma \rightarrow e^+e^-$ osservata nella camera a diffusione di Gigli ed Argan. La camera lavorava con idrogeno a 18 atm. in un campo magnetico di 7500 G. [P. E. Argan et al., Il Nuovo Cimento Suppl. Vol. 17 (1960) 215].

Non aveva campo magnetico.

Lo studio teorico del funzionamento di una camera a diffusione era stato iniziato nel 1939 da A. Langsdorf jr. ma era stato presto abbandonato per motivi bellici. Il principio di funzionamento di questo strumento è molto semplice in linea di principio: di solito consiste in una camera che contiene del gas inerte. Un liquido organico (alcool etilico, metilico, propilico etc.) ad una temperatura $T_2 \approx 293 \text{ }^\circ\text{K}$ viene posto in un recipiente nella parte alta della camera. Il vapore organico diffonde nel gas inerte scendendo verso il basso della camera dove viene mantenuta una temperatura $T_1 < T_2$ ($T_1 \approx 213 \text{ }^\circ\text{K}$). Vicino al fondo si crea quindi una condizione permanente di soprasaturazione del vapore che, con una opportuna scelta della miscela gas-vapore e del gradiente di temperatura, può essere tale da permettere la condensazione del vapore organico intorno ai centri di ionizzazione lasciati da una particella carica che attraversa la camera.

La teoria di Langsdorf era rimasta piuttosto limitata ed incompleta; intorno ai primi anni '50 era stata un po' ripresa da Succi e Tagliaferri e finalmente da Gigli ed Argan che la svilupparono in maniera completamente originale usando approssimazioni successive, partendo da modelli semplici ed introducendo mano a mano le necessarie complicazioni. La teoria permetteva di descrivere il comportamento di una camera a diffusione in condizioni di funzionamento estremamente variate e con diversi vapori organici, senza dover introdurre modifiche sostanziali.

Una volta messa soddisfacentemente a punto la parte teorica, ci fu il problema di iniziare la costruzione vera e propria, con servizi di base che erano ancora tutto sommato carenti e con poco personale tecnico. Per fortuna, a molte manchevolezze si suppliva con un grande entusiasmo. Per avere lo spazio necessario per la costruzione e per i test sperimentali, il gruppo di Gigli dovette trasferirsi in quello che poi diventerà il capannone del betatrone. Dopo molti test, si arrivò alla conclusione che volendo uno strato sensibile di $\approx 10 \text{ cm}$, le migliori condizioni termodinamiche si ottenevano operando in aria a pressione atmosferica con alcool propilico ed in idrogeno a 20 atm. con solo alcool metilico. La figura 2 mostra una bella foto ottenuta lavorando in idrogeno a 18 atm. e con un campo magnetico di 7500 G. Si vede molto chiaramente una conversione $\gamma \rightarrow e^+e^-$ nel campo del protone.

Un po' in parallelo a questa fase costruttiva andò avanti un progetto per la misura e l'analisi degli eventi registrati su film. Il progetto fu curato e realizzato dall'Ing. R. Sanna e consisteva in un proiettore con movimenti x-y; l'uscita decimale andava ad una perforatrice IBM 626 ed i dati venivano elaborati da un calcolatore (non in linea!) IBM 650 del Centro di Calcolo della Università. La precisione era di circa $(5 \div 10) \mu\text{m}$ sul piano del film. Il lettore smaliziato non sorrida di questa attrezzatura primitiva; intanto era, al contrario, piuttosto avanzata ed ha largamente influenzato la successiva strumentazione usata per l'attività di camera a bolle sino ad anni relativamente recenti. Inoltre non tutte le Università erano in quegli anni dotate di un calcolatore, sia pure a valvole, quale l'IBM 650. La camera grande venne poi usata presso il Ciclotrone di Milano per misure di scattering a piccolo angolo di protoni polarizzati e successivamente fu esposta al fascio γ di Frascati. Tra i risultati fisici più significativi, voglio ricordare l'osservazione nel 1962 dell' H^4 attraverso il processo di fotoproduzione $\gamma + \text{He}^4 \rightarrow \pi^+ + \text{H}^4 \rightarrow \pi^+ + n + \text{H}^3 + (3.5 \div 7) \text{ MeV}$. Questa scoperta ebbe anche una certa risonanza nazionale; il vostro cronista, allora studente di fisica, ricorda di aver letto la notizia su un giornale, corredata da una foto del gruppo che aveva fatto l'esperimento (P. E. Argan, G. Bendiscioli, A.

Piazzoli, V. Bisi, M. I. Ferrero e G. Piragino). Lo stesso gruppo di Gigli ed Argan aveva iniziato negli anni 1954-55 un intenso programma di costruzione di camere a bolle che sfruttavano uno stato termodinamico completamente nuovo. Nel 1953 Donald Glaser aveva fatto funzionare una camera a bolle basata sul classico principio di formazione di bolle in un liquido surriscaldato. Argan e Gigli ebbero l'idea originale di provare altri stati metastabili e dopo vari tentativi riuscirono, a partire dal 1956, a fare funzionare una camera a bolle usando una soluzione soprasatura di un gas in un liquido a temperatura ambiente. Questa soluzione a gas disciolto (che i tecnici chiamavano "la gazzosa") fu rapidamente ripresa da altri laboratori e, nonostante la carenza in letteratura di dati sulla tensione superficiale e sulla costante dielettrica di soluzioni di gas in liquido, si arrivò in breve a tests sperimentali soddisfacenti su una ventina di miscele.

Furono costruiti a Genova vari esemplari di camera a bolle; scarabellando in officina, sono riuscito a trovare i disegni operativi di camere da 1, 20 ed 80 litri. A titolo di curiosità, la figura 3 riporta una visione d'insieme della camera da 80 litri (la data del disegno è il 14/7/1960, il disegnatore

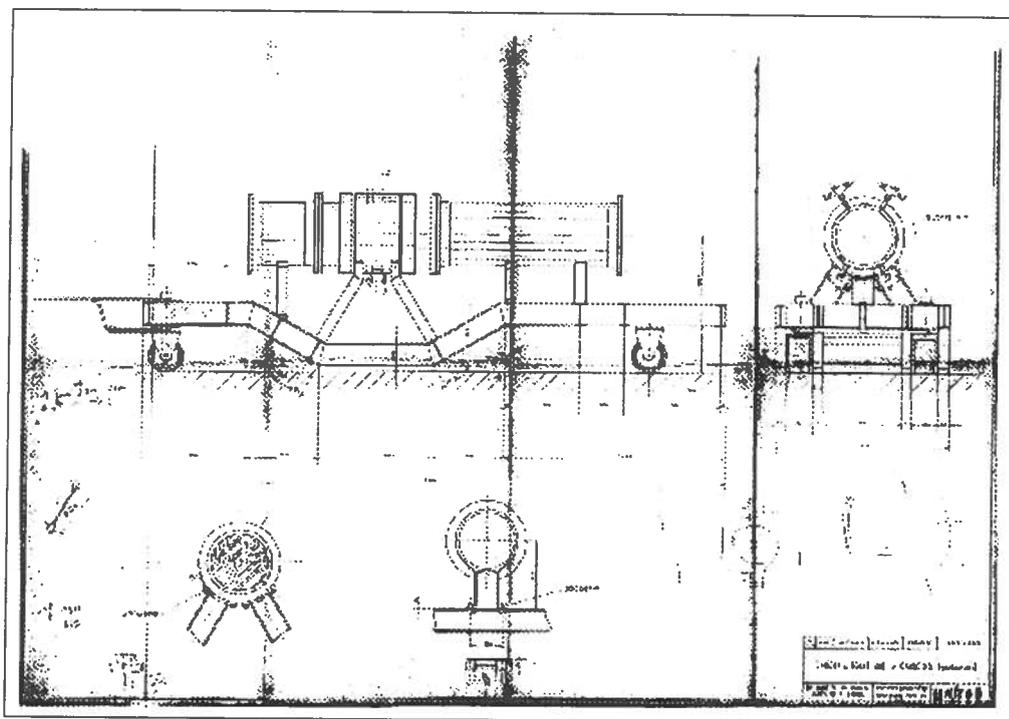


Figura 3: Disegno tecnico della camera a bolle da 80 litri e del suo carrello.

Giulio Massari, il controllore Oreste Rosati). Questa camera fu poi portata a Frascati, ma il suo output scientifico non è noto a chi scrive.

5 ATTIVITÀ NON PROPRIAMENTE INFN

Siccome sto parlando di attività scientifica del decennio 1950-60, non posso non citare che verso la metà degli anni '50 in parecchie Sezioni o Sottosezioni dell'INFN avevano iniziato la loro attività gruppi di ricerca nel campo della fisica della materia. C'erano gruppi di questo tipo a Genova, Milano, Palermo, Pisa, Roma e Torino. Il motivo di questa nascita e crescita un po' al di fuori dei compiti istituzionali INFN era dovuto al formarsi di particolari competenze locali che si era deciso saggiamente di favorire, anche se un po' a scapito della chiarezza. Infatti, al momento di una più corretta definizione delle sorgenti di finanziamento, verso gli anni '70, questo complicato intreccio pose non pochi

problemi, soprattutto di personale. Comunque, questi gruppi ricevevano finanziamenti INFN per pagare i ricercatori ed i tecnici, mentre i finanziamenti CNR (Comitato per la Fisica) servivano per l'acquisto di materiale inventariabile.

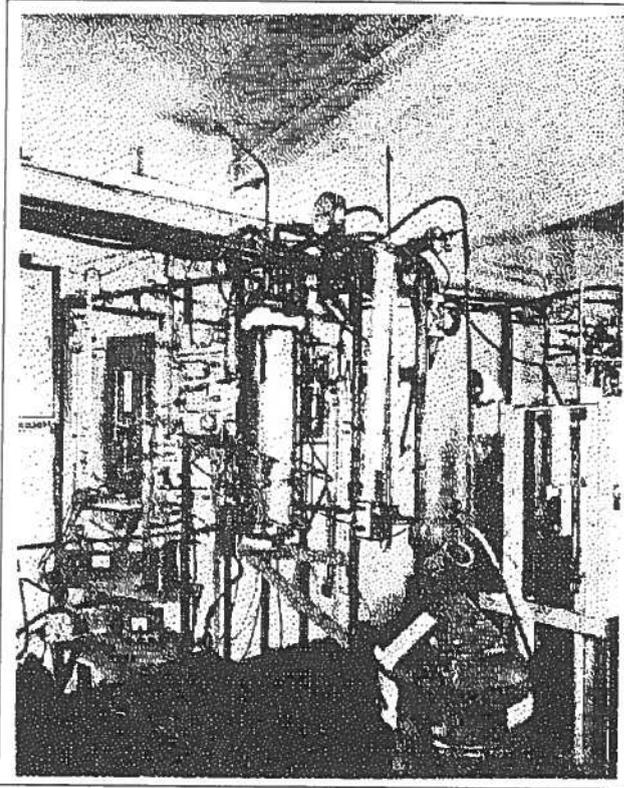


Figura 4: Criostato ad elio tre per misure di superconduttività a bassissime temperature (fino a 0.30 Kelvin) realizzato dal gruppo di Struttura della Materia intorno agli anni '60 [G. Boato et al., Supplemento della "Ricerca Scientifica" Vol. 3 (1964) 3].

a "non sbagliare mai". Un progetto di questo tipo appare oggi abbastanza vicino al nostro modo di pensare e di vedere le cose, con tutto il lavoro che si fa sulla intelligenza artificiale; ma certo per quegli anni (l'attività si svolse tra gli anni 1961 e 1964) era decisamente avveniristico. Chi oggi si occupa di "reti neurali" sa che tutta una parte di questa problematica risale al PAPA e trova quasi sempre citati nella bibliografia alcuni lavori di A. Gamba.

L'idea base del progetto era in un certo senso una definizione di cosa significa imparare. Nessuno direbbe che un computer programmato per risolvere delle equazioni differenziali ha imparato veramente le equazioni differenziali; invece una macchina che sa distinguere, per esempio, cerchi da triangoli una volta che le sono stati mostrati come esempio un numero finito di cerchi e triangoli, si avvicina già più a quello che uno considera un processo di apprendimento.

Siccome si vuole che questo processo avvenga senza regole precise, perchè queste regole non sono note, sembra chiaro che al più una macchina possa calcolare delle probabilità, confrontando con la sua esperienza passata le nuove situazioni che le si presentano da

Tornando alla Fisica della Materia INFN di Genova, il gruppo di Giovanni Boato aveva puntato tra le altre cose, oltre che su una intensa attività teorica, su un programma di ricerche sulla superconduttività, in particolare sui fattori che determinano la comparsa o la scomparsa della superconduttività stessa, attraverso misure di temperature di transizione. Quegli anni furono dunque il seme per quella notevolissima esperienza sulla superconduttività che esiste oggi a Genova (vedi i recenti risultati sulle misure di superconduttività ad alta temperatura). La figura 4 mostra un criostato ad elio 3 costruito completamente in sede su progetto originale.

Un'altra attività un po' al di fuori degli scopi istituzionali dell'INFN fu il PAPA, che ebbe finanziamenti ed usò i servizi e i tecnici dell'Ente. Questa attività, che come acronimo (Programmatore Analizzatore Probabilistico Automatico) appare veramente un po' tirato per i capelli, nacque da una idea di Augusto Gamba di costruire una macchina che impara e che, naturalmente, arriva

affrontare e risolvere. In altre parole, applicando dei criteri di decisione. Poichè non esiste una regola per la scelta di questi criteri di decisione, specialmente se si vuole fare una macchina sufficientemente “universale”, la ricetta consiste nello scegliere criteri casuali. Usando un numero sufficientemente grande di criteri, ci sono delle buone probabilità che ci siano abbastanza criteri che danno informazioni utili. Insomma, il PAPA doveva essere una macchina di intelligenza induttiva, capace di fare un calcolo di probabilità.

Vennero costruiti vari esemplari di PAPA (la figura 5 mostra il PAPA no. 3) e furono usati vari sets di criteri: la quantità di luce filtrata da maschere casuali, il numero di intersezioni di linee casuali con un dato pattern etc.

Al PAPA venivano forniti degli esempi su cui imparare (tipicamente una cinquantina), per esempio lettere dell'alfabeto, numeri o cose simili. Digeriti questi esempi, gli veniva poi chiesto di riconoscere nuovi casi oppure casi già compresi tra gli esempi stessi. Il PAPA arrivava a riconoscere correttamente casi vecchi o nuovi con una efficienza tipica del $\approx 90\%$. Le fluttuazioni su questa efficienza ($\approx \pm 10\%$) dipendevano fortemente dal livello della tecnologia con cui il PAPA “guardava” il mondo esterno; tale livello, buono per quegli anni, ci appare ora decisamente artigianale.

Tra i casi più interessanti mostrati al PAPA c'erano gli esagoni con la linea di Pascal orizzontale o verticale (il teorema di Pascal dice che in un esagono qualsiasi, non necessariamente regolare, inscritto in una conica, i lati opposti si incontrano in tre punti che stanno su una retta, la retta di Pascal). Naturalmente, la linea di Pascal non veniva fatta vedere al PAPA. Ebbene, anche questi erano riconosciuti correttamente con una efficienza praticamente eguale a quella citata sopra. Naturalmente questo non significa che il PAPA aveva imparato il teorema di Pascal; aveva invece trovato una regola alternativa che poteva, con ottimizzazioni, essere modificata in una migliore approssimazione della “regola vera”, fino a dare zero errori. A questo punto il PAPA poteva fallire su un nuovo esempio. Ma poteva aggiungere questo nuovo esempio ai precedenti e trovare una nuova regola per identificare correttamente anche quest'ultimo. Insomma, il PAPA era un po' come un fisico che sta cercando di inglobare fatti nuovi in una teoria: direi che è irrilevante se le leggi della natura che egli ha trovato ad un certo istante siano le “vere leggi” oppure no, purchè egli sia sempre in grado di modificare le “sue leggi” per spiegare i fatti nuovi che gli si presentano di volta in volta.

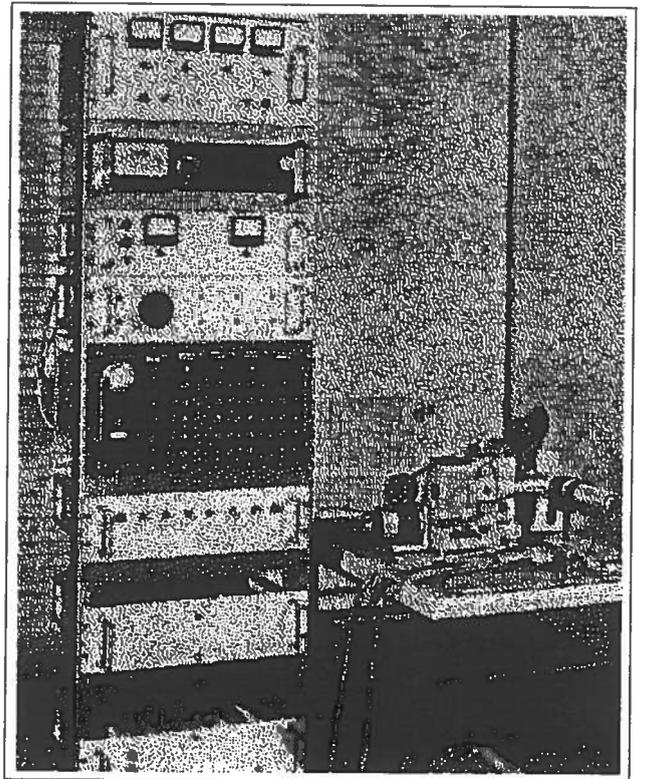


Figura 5: PAPA no. 3 (a destra il dispositivo di esposizione)

6 LA SAGA DEI QUARKS

Dovendo ora tornare alle più significative attività di ricerca istituzionale svolte a Genova intorno a quegli stessi anni, voglio subito introdurre un esperimento (o meglio una serie di esperimenti) per la ricerca di quarks nella materia che formano una affascinante saga alla quale non posso sperare di rendere giustizia in questa breve nota.

Sto parlando dell'esperimento di Giacomo Morpurgo e collaboratori (Gaetano Gallinaro e Mauro Marinelli) che è durato dal 1966 fino a circa il 1982.

M. Gell-Mann e G. Zweig avevano suggerito nel 1964 l'esistenza di tre diversi tipi di fermioni (quarks) con cui si riuscivano a spiegare molte regolarità osservate negli adroni. Non solo, ma questi quarks risultavano anche essere fortemente predittivi (si ricordi l' Ω^- e la η). Tutti sappiamo oggi a cosa ha portato questa ipotesi, ma allora l'idea non era stata molto ben digerita da parecchi fisici, poichè questi quarks avevano la spiacevole proprietà di dover possedere una carica frazionaria.

Una serie di articoli teorici scritti da Morpurgo in quegli anni aveva gettato le basi di quello che oggi è noto come "modello a quarks non relativistico"; inoltre erano stati ottenuti risultati così sorprendenti che il primo di questi articoli (del 1965) terminava con ".....se le idee attuali sono valide, i quarks devono esistere davvero e non essere solo entità matematiche. Bisogna studiare le migliori condizioni sperimentali per mettere in evidenza questi quarks. Io spero di ritornare in futuro su questo punto".

E non si può negare che la promessa sia stata pienamente mantenuta. Per circa 16 anni il gruppo di Morpurgo ha cercato queste particelle elusive; purtroppo, in questo lungo cammino, non è stato incontrato nessun quark libero.

Naturalmente questo tipo di ricerca è basato sull'assunzione che i quarks liberi ed isolati possano esistere con una certa abbondanza nella materia che ci circonda. Il fatto che molti teorici pensino oggi al confinamento come teoria (o modello) che vieta l'esistenza di quarks liberi deve giustamente essere considerato nient'altro che una specie di pregiudizio, per superare il quale non c'è che l'approccio sperimentale.

L'idea di base dell'esperimento è molto semplice: siccome i quarks hanno carica frazionaria $\pm e/3$ e $\pm 2e/3$, se un corpo contiene un quark isolato il valore minimo della sua carica elettrica è $Q_R = \pm e/3$. Quindi, aggiungendo o togliendo elettroni, il corpo non arriverà ad avere una carica Q_R nulla. Se si riesce a tenere un oggetto sospeso nel vuoto tra due placche e lo si porta, mediante una serie di ionizzazioni successive, allo stato di carica minima Q_R , quest'ultima può essere misurata applicando alle due placche una ddp alternata e misurando l'ampiezza delle sue oscillazioni. Se l'asse lungo cui avvengono le oscillazioni è orizzontale si ottiene il vantaggio di disaccoppiare la forza principale (peso) dalla forza elastica di oscillazione.

In linea di principio, uno potrebbe fare un esperimento alla Millikan, dove la forza di gravità è controbilanciata da una forza elettrica. Ed in effetti in letteratura esistono esperimenti di ricerca di quarks con apparecchiature alla Millikan. Ma l'inconveniente è che per evitare rapide ionizzazioni della gocciolina (quali sarebbero prodotte da forti campi elettrici), ci si deve limitare a goccioline molto leggere ($10^{-9} \div 10^{-10}$ gr); quindi, per investigare una ragionevole quantità di materia, occorrerebbe fare misure su un enorme numero di goccioline. L'inconveniente è stato aggirato da un gruppo di S. Francisco automatizzando al massimo le misure (ma anche in questo caso i quarks non sono stati trovati).

Alternativamente l'inconveniente può essere evitato facendo "levitare" un oggetto nel vuoto con forze non elettriche; in questo modo la carica del corpo non cambia frequentemente e la si può misurare con tranquillità. La tecnica più appropriata per la levitazione è quella magnetica: con un campo magnetico si riescono a tenere sospesi oggetti anche con massa relativamente grande, dell'ordine di $\approx 10^{-4}$ gr; così una sola misura esplora una massa pari a quella di $10^5 \div 10^6$ goccioline di Millikan. L'elettrometro a levitazione magnetica costituisce, al momento attuale, la tecnica che ha permesso di esplorare la maggiore quantità di materia.

L'esperimento ha usato due tipi di levitazione magnetica:

- ⇒ levitazione diamagnetica: siccome una sostanza diamagnetica tende ad espellere dal suo interno un campo magnetico applicato, se un oggetto diamagnetico è lasciato libero di muoversi tenderà ad andare da regioni di alto campo a regioni di basso campo. Quindi con un opportuno gradiente di campo magnetico si riescono a levitare a temperatura ambiente varie sostanze diamagnetiche. In pratica, solo la grafite ha una suscettività magnetica specifica tale da poter costruire un elettrometro ad alto campo ed alto gradiente di campo ($\approx 10^3$ gauss, $\approx 10^3$ gauss/cm). Questa tecnica è stata utilizzata dal gruppo dal 1966 al 1970, misurando in totale circa $2.5 \cdot 10^{-6}$ gr di grafite.
- ⇒ levitazione ferromagnetica con feedback. Questa tecnica, le cui misure datano a partire dal 1976, permette di estendere la varietà delle sostanze analizzate e di migliorare la sensibilità dello strumento di misura.

Non appena questa tecnica fu messa a punto, i primi risultati apparvero subito deludenti e sorprendenti: infatti si trovava una distribuzione pressochè continua di carica residua (tra -0.5 e +0.5, con alcune misure sul tanto agognato ± 0.33) ed una sua variazione col tempo. Dopo vari tentativi, il gruppo arrivò a capire che microcampi elettrici dovuti alla presenza di ossidazione od altro sulle placche possono dar luogo, mediante un meccanismo di interferenza col campo elettrico principale, ad una forza di polarizzazione sul corpo in levitazione come se questo fosse dotato di carica elettrica. Inoltre fu scoperto un altro effetto spurio, l'effetto "tilt" o magnetoelettrico. Capito, e sottratto, questo effetto spurio, il risultato riassuntivo di tutte le misure di levitazione ferromagnetica può essere visto dalla figura 6, dove viene mostrata la carica in funzione del numero della pallina misurata: anche un occhio inesperto può vedere che la materia esaminata appare essere drammaticamente neutra. Su un totale di 70 palline esaminate (sono state usate palline di acciaio di 0.2 e 0.3 mm di diametro), l'esperimento ha dato:

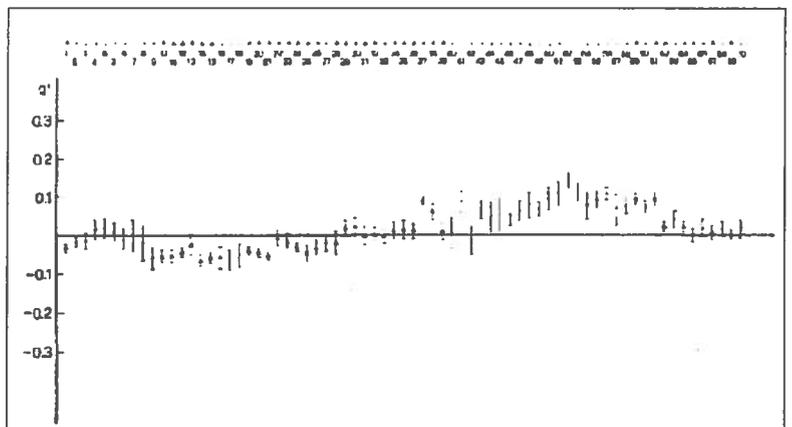


Figura 6: Risultati dell'esperimento sulla ricerca di quarks liberi. Eventuali cariche frazionarie dovrebbero dare un segnale in corrispondenza a ± 0.33 [M. Marinelli e G. Morpurgo, Phys. Rep. Vol. 85 (1982) 162].

$$N_{quarks} < 1 \text{ in } 3.7 \text{ mgr di acciaio}$$

che corrisponde ad una concentrazione (al 95% di livello di confidenza) $< 1.3 \cdot 10^{-21}$ quarks/nucleone. Un limite "teorico" per la concentrazione di quarks liberi nella materia può essere ottenuto assumendo che tutti i quarks terrestri provengano dal flusso di raggi cosmici. Con parecchie ipotesi, ci si può aspettare al più 1 quark per 200 mgr di materiale (10^{-23} quarks/nucleone). Questo è per la verità un limite difficile da raggiungere: va detto però che l'esperimento di cui sto parlando si proponeva di misurare gli eventuali relitti di quarks primordiali. Come sottoprodotto l'esperimento ha anche fornito un limite superiore alla differenza di carica tra elettrone e protone di $(0.8 \pm 0.8) \cdot 10^{-21}$ e.

Prima di terminare questo racconto, voglio parlare di qualcosa che non c'entra nulla con i quarks: è una dichiarazione personale ma sono certo di interpretare quello che sentono tutti i miei colleghi. L'articolo finale di M. Marinelli e G. Morpurgo su un Physics Reports del 1982 termina come d'abitudine con vari ringraziamenti. Le ultime parole sono: "Infine, noi dobbiamo molto al Sig. M. Silvi, il cui eccezionale senso di responsabilità ci ha permesso di far funzionare giorno e notte il nostro laboratorio durante così tanti anni turbolenti". Ebbene, M. Silvi, custode e factotum dell'Istituto, è andato in pensione ormai da alcuni anni; voglio associarmi a Marinelli e Morpurgo ed approfittare di questa occasione per rendergli atto di aver rappresentato per tutti noi un punto di riferimento per tanti anni, a volte rischiando anche personalmente in certi momenti davvero difficili; il nostro Istituto gli deve moltissimo sia in termini umani sia di serietà e capacità professionale, merce assai rara di questi tempi.

7 LA FISICA DELLE PARTICELLE

La saga dei quarks ci ha portato un po' lontano dal cammino originale, cioè da quello che si faceva a Genova nei primi anni '60 nella fisica delle particelle. In quegli anni il gruppo lastre di G. Tomasini si stava spostando verso la più moderna tecnica delle camere a bolle, ma la trasformazione non avvenne da un giorno all'altro. L'analisi dei fotogrammi veniva fatta inizialmente con proiettori un po' primitivi, lenti e rumorosi e la misura delle tracce era a dir poco pionieristica. Mi ricordo di una laureanda che misurava la curvatura delle tracce con una specie di template su cui erano riportati vari raggi di curvatura. Come poi facesse a passare dal piano allo spazio era un mistero. I primi film furono forniti "brevi manu" a titolo di amicizia dal Prof. Martin Block della Northwestern University-Evanston per studiare le interazioni e gli assorbimenti di π^- da 250 MeV/c in He^4 . L'idea era di mettere in evidenza possibili stati eccitati di He^4 e dell' H^4 , ma la statistica si rivelò disastrosamente povera. Si pensò anche di fare una esposizione al CERN della Camera Nazionale ad He^4 (quella di Gigli?) ma poi il progetto non andò in porto. Io fui probabilmente il secondo studente ad usare per la tesi veri eventi di camera a bolle. Erano eventi di interazione protone-protone a 4 GeV/c, presi nella camera di 81 cm di Saclay, e le misure venivano già fatte col "mangiaspago", uno strumento preciso e veloce. Verso la fine degli anni '60 venne poi acquistato uno strumento di misura di grande precisione, il "Dracula", che digitizzava le coordinate sul piano del film invece che sulla proiezione. Purtroppo il Dracula era talmente lento che venne usato solo per alcuni scopi speciali e per poche misure di precisione.

Credo sia impossibile per uno studente di oggi realizzare la pesantezza di questo tipo di lavoro nei “favolosi” anni '60 per avere alla fine un numero di eventi relativamente modesto. Le misure all'uscita del digitalizzatore del mangiaspago venivano messe su schede perforate (chi se le ricorda più?) attraverso una macchinetta chiamata “schizzadati”; dopo aver messo insieme un centinaio di eventi misurati, le schede erano trasportate in scatole e scatoloni in auto a Bologna per essere processate sulla IBM 7094 del CNEN. Questo era un computer di dimensioni fisiche terrorizzanti, ma “single task” e quindi dovevamo affittare alcune ore per la nostra catena THRESH-GRIND. Naturalmente il CNEN ci affittava le ore più scomode, sempre la notte, che si passava regolarmente nei fondi di Via Mazzini. L'analisi dei dati invece veniva fatta sulla IBM 7040 dell'Università di Milano, anche questa naturalmente di notte, trasportando nella nebbia schede, programmi, nastri etc. Erano previste alcune variazioni, molto più faticose ma economicamente vantaggiose, quali il computer dell'Euratom di Ispra, l'IBM di Pisa o il primo IBM 360 di Bari. Nulla a Genova, perchè non c'era un computer in grado di far girare i programmi relativamente grandi di ricostruzione geometrica e cinematica. Tutta roba che oggi starebbe naturalmente in un personal computer o quasi.

La problematica fisica dei primi anni di ricerca in alte energie mediante camera a bolle consisteva essenzialmente in:

- analisi di stati risonanti. Questa sia pur grossolana schematizzazione significa, anzitutto, l'individuazione di risonanze che possono essere prodotte nei processi anelastici ad alta energia; poi lo studio delle proprietà di queste nuove particelle, quali sezione d'urto di produzione, massa, larghezza, spin e parità etc. L'importanza di questo tipo di informazione sperimentale è enorme; come noto, infatti, tale classificazione ha portato all'introduzione dei gruppi di simmetria e quindi alla teoria a quark. Basti ricordare che la gloriosa camera a bolle da 2 metri del CERN è stata messa definitivamente in pensione nel 1977, dopo aver preso circa 40 milioni di foto ed aver contribuito in misura notevole allo sviluppo della fisica delle particelle.
- Studio della dinamica della interazione tra particelle. Siccome non era ancora nata la QCD l'approccio più seguito era quello cosiddetto “modellistico”. Ora, è chiaro che un modello è tanto più valido e credibile quanti più dati a diversa energia riesce a spiegare senza l'introduzione di nuovi e successivi parametri. Nasceva quindi la necessità di confrontare con i dati sperimentali le predizioni di vari modelli dinamici (per es. modello isobarico, poli di Regge, strutture a quarks etc.).
- Sviluppi tecnici, sia hardware sia software. Man mano che entravano in attività camere a bolle sempre più grandi, con ottica non tradizionale, dovevamo costruire proiettori e strumenti di misura progettati ad hoc. Sistemi ibridi (camera a bolle + spettrometri) hanno richiesto un software complesso e affidabile. Aumento della velocità di acquisizione dati e di misura in linea di eventi hanno richiesto un grosso sforzo nello sviluppo della elettronica veloce di interfacciamento.

Pur se l'aggettivo “artigianale” riesce a dare una idea del tipo di attività di ricerca (statistiche tutto sommato modeste, energie basse, la maggior parte del lavoro svolto in sede etc.) non bisogna tuttavia sottostimare la grossa mole di attività tecnica che questa ricerca ha richiesto: sviluppo continuo di programmi di analisi, adattamento di programmi CERN a vari computers locali, progettazione e costruzione di proiettori economici,

l'entrata nel mercato dei minicomputer che ha permesso un vero e proprio salto di qualità. L'attività di ricerca a Genova si è sviluppata mediante i seguenti filoni di esperimenti, tutti fatti in collaborazioni internazionali:

- 1) Esperimenti di interazione protone-protone e pione-nucleone;
- 2) Esperimenti di interazione K^+ -protone;
- 3) Esperimenti ad altissima energia per ricerca di charms.

Queste fasi coprono un periodo di una ventina di anni. Durante tutto questo tempo, gli interessi fisici sono evoluti, stando costantemente al passo con la problematica di punta. Non è questo il posto per entrare nel merito dei risultati più significativi ottenuti; voglio solo ricordare a titolo di esempio l'ultimo esperimento, che ha anche segnato la fine dell'attività di camera a bolle. Sto parlando di NA27, un esperimento condotto all'SPS del CERN con fasci di π^- e di protoni intorno ai 400 GeV/c, usando come rivelatore di vertice una piccola camera a bolle ad alta risoluzione ($\approx 20 \mu\text{m}$) (LEBC) accoppiata ad uno spettrometro per la rivelazione e misura di particelle cariche e neutre (EHS). Questo esperimento, disegnato essenzialmente per una misura accurata di vita media di particelle charmate, ha fornito per la prima volta dei risultati attendibili sia di vite medie sia di sezioni d'urto di produzione. Ricordo che entrambe queste grandezze sono essenziali per poter costruire uno schema coerente sia della produzione sia del decadimento di particelle contenenti quarks pesanti.

Da una costola del gruppo di camera a bolle si è staccata verso la metà degli anni '70 una attività di ricerca che ha sfruttato la eccezionale risoluzione spaziale di una emulsione nucleare ($\approx 1 \mu\text{m}$) per lo studio di particelle charmate. Questa volta, però, lo stack di emulsioni non era "nudo", ma accoppiato allo spettrometro Ω del CERN. In realtà c'è stato, a partire da quegli anni, tutto un certo revival delle lastre usate in forma ibrida; tuttavia questi esperimenti, se non automatizzati in maniera sagace, devono pagare il prezzo della terribile lentezza e difficoltà dello scanning di una lastra e tendono quindi ad essere di nuovo abbandonati.

Pochi anni dopo la formazione del gruppo di camera a bolle, le alte energie ebbero a Genova una ulteriore iniezione di attività. Erano ancora i tempi in cui un professore che vinceva una cattedra non esitava a trasferirsi e, se possibile, si portava dietro il suo gruppo di ricerca. Così nel 1964 Giordano Diambrini Palazzi portò a Genova armi e bagagli, che consistevano in una lunga esperienza fatta all'elettrosincrotrone di Frascati con tecniche elettroniche ed in un gruppo formato da un paio di giovani fisici. L'innesto avvenne con successo e senza traumi; il gruppo, che per parecchi anni si chiamò gruppo AEB, si irrobustì col tempo sia con acquisti locali sia con forze che vennero da fuori.

Diambrini era riuscito ad ottenere a Frascati un fascio di γ polarizzati mediante bremsstrahlung coerente di elettroni su un cristallo di diamante. Anzi, più tardi, verso la fine degli anni '60, egli andò in USA per applicare la stessa tecnica al fascio di Cornell. Era comunque chiaro che, dopo averlo fatto, il fascio γ di Frascati andava usato; ecco quindi che il neogruppo di Genova si mise a studiare la fotoproduzione della risonanza barionica P_{11} usando un set-up costituito da 3 camere a scintilla, il cui scanning venne fatto in casa con proiettori parzialmente presi a prestito dal gruppo di camera a bolle. Verso la fine degli anni '60, dopo che alcuni fisici genovesi avevano contribuito a gruppi di studio sulla misura di luminosità per la macchina ad anelli incrociati (ISR) che il CERN stava costruendo, partì il primo esperimento agli ISR per la misura della sezione d'urto elastica (e successivamente anche anelastica) in interazione p-p. Inizia così una fase di costruzione

di camere a fili che continua tuttora e che costituisce un patrimonio di esperienza molto importante per la Sezione. In particolare, vennero costruite delle camere proporzionali a setto molto sottile, che erano una novità per quel tempo in quanto la tecnica del regime proporzionale era appena stata introdotta da Charpak. L'esperimento era in collaborazione con Carlo Rubbia, il quale naturalmente premeva moltissimo per usare subito e per primo gli ISR; siccome la macchina era pronta, ma non le sale di conteggio, la parte di elettronica venne installata addirittura fuori dal cancello di accesso all'intersezione I6, sotto una tettoia.

Dopo l'esperimento agli ISR, una parte del gruppo iniziò un programma sperimentale al PS per lo studio di reazioni legate da "line reversal" (quali per es. $\pi^+p \rightarrow K^+\Sigma^+$ e $K^-p \rightarrow \pi^-\Sigma^+$). Non si dimentichi che siamo intorno agli anni 1974 e questo tipo di esperimenti era legato alla cosiddetta "Reggeologia" che allora andava per la maggiore, come ho già accennato prima. L'energia era fissata intorno ai 10 GeV e per questo programma vennero costruite a Genova camere proporzionali a molti fili di dimensione media (1×1 m²). Un'altra parte del gruppo continuò invece in parte agli ISR ed in seguito al Collider, dove in UA4 venne fatta la misura di sezione d'urto elastica ed anelastica $\bar{p}p$.

Tornando al filone primario, mentre al CERN si stava costruendo il nuovo acceleratore SPS, Genova iniziò a preparare WA7, un esperimento pensato per lo studio di scattering elastico a grande e medio p_T di π , K e protoni a diverse energie (tra 10 e 50 GeV). Per questo, erano necessarie delle camere proporzionali di grandi dimensioni (230×230 cm²) e siccome in Istituto non c'era più spazio (c'era stata una prima alluvione che aveva distrutto i locali di Salita Noce, sfogo dell'Istituto ormai a tappo) venne affittato un capannone a Ponte Carrega, un po' in periferia. Anche qui le cose non andarono molto lisce perchè, appena finite e mandate al CERN le camere, una seconda alluvione distrusse anche Ponte Carrega ed i suoi resti furono mestamente riportati in Istituto. Ma non è finita: decisamente WA7 non era nata sotto una buona stella, perchè quando tutto l'apparato sperimentale era installato e pronto per partire, nel gennaio 1977 un incendio distrusse il magnete. L'incendio divampò per una serie di circostanze concomitanti (il circuito di raffreddamento ad acqua si bloccò, le sicurezze non funzionarono etc.); fatto sta che l'esperimento sembrava seriamente compromesso. Invece, passato lo scoramento, il guaio fu rimediato con un magnete più o meno eguale dato in prestito dal laboratorio di Rutherford. Intorno al 1980, il gruppo di Genova partecipò a R704, l'ultimo esperimento fatto agli ISR prima della chiusura definitiva della macchina. Questa scadenza incombente ha fortemente condizionato questo esperimento, in quanto i risultati che erano a "portata di mano" (l'idea di base è che molti stati accessibili in annichilazione $\bar{p}p$ non lo sono in e^+e^-) sono stati molto sacrificati dalla bassa statistica raccolta; per es. l'indicazione del famoso stato 1P_1 del charmonio è basata su una decina di eventi in totale¹. Invece R704 ha segnato una tappa importante dal punto di vista tecnologico in quanto per la prima volta è stata usata come bersaglio una targhetta gassosa, progettata e costruita a Genova con una fruttuosa interazione con esperti del GNSM. È bene ricordare che, anche se oggi le targhette gassose sono abbastanza usate, non è ancora una tecnologia che tutti sanno fare. E siamo ai giorni nostri, con DELPHI² (fig. 7) e targhette gassose montate al

¹Questo stato è stato ora chiaramente evidenziato da E760.

²Non si dimentichi che questa è la fotografia della Sezione di Genova al 1988: nel frattempo il rivelatore DELPHI è stato installato e testato nel 1989 ed ha preso finora circa 4 milioni di decadimenti adronici della Z^0 .

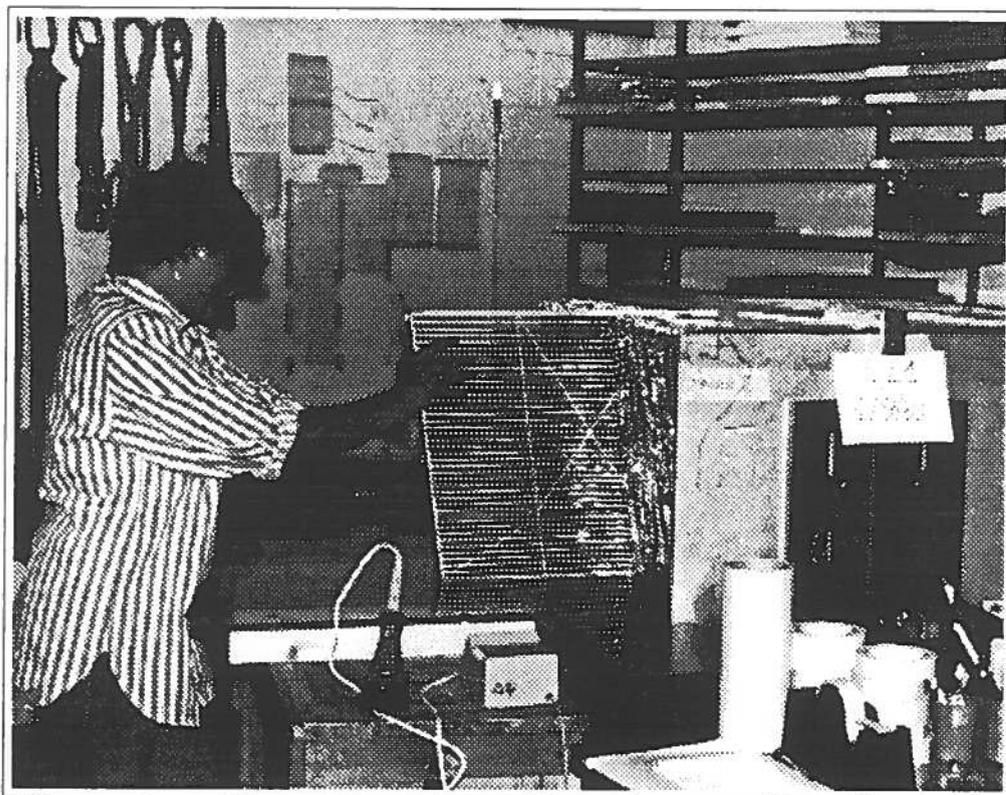


Figura 7: Assemblaggio di uno dei 144 moduli che costituiscono il calorimetro elettromagnetico HPC di DELPHI.

Fermilab; ma su questo tornerò più avanti.

8 LA FISICA DEL NUCLEO

Come non parlare a questo punto della fisica nucleare, uno dei pilastri della Sezione e dell' Istituto? Fino a partire dai primi anni '60, quando ancora si chiamava Gruppo delle Basse Energie, la sua tematica ha più o meno sempre riguardato lo studio della struttura e della dinamica del sistema nucleare attraverso la fotodisintegrazione dei nuclei. Nei primi anni '60, l'Istituto aveva in dotazione un glorioso Betatrone da 32 MeV della Brown Boveri che permetteva sia la ricerca in fisica nucleare sia l'emozione della caccia grossa ai topi. Questi venivano catturati con trappole notturne che Pucci collocava ogni sera nella sala sperimentale e nelle zone adiacenti; il record furono due topi nella stessa notte. Tra le altre cose emozionanti dovuti al lavorare in un antro oscuro quale quello in cui era installata la macchina si cita che una sera una operatrice addetta alla consolle si vide comparire all'improvviso davanti un operaio addetto alla manutenzione della rete fognaria che si era perso e che per vie misteriose era arrivato nel locale sottostante il Betatrone; cercava di uscire scavalcando un cancelletto della zona controllata, ripetendo quindi lo stesso percorso che facevano i topi per andare a curiosare negli esperimenti.

Tra un topo e l'altro, col Betatrone si investigò a lungo la zona della Risonanza Dipolare Gigante, mettendo in evidenza l'esistenza nei nuclei leggeri di strutture caratteristiche complesse debolmente legate ("clusters" simili a strutture molecolari) quali ad esempio ^4He e ^2H nel ^6Li , ^4He e ^3H nel ^7Li , $^2^4\text{He}$ e n nel ^9Be , $^2^4\text{He}$ e ^2H nel ^{10}B etc. Per nuclei leggeri, che hanno un rapporto superficie/volume favorevole, questa situazione a clusters è tipica, almeno per tempi dell'ordine della vita media degli stati dipolari; quindi, quando l'energia del fotone è tale che la sua lunghezza d'onda diventa confrontabile con il raggio nucleare, l'interazione elettromagnetica avviene su sistemi complessi di questo tipo.

Il Betatrone cessò di funzionare nell'estate del 1965, con 6 mesi di anticipo sul programma che prevedeva il suo smontaggio per iniziare i lavori di costruzione del nuovo "Palazzo delle Scienze" nonchè di un locale più degno di ospitare il laboratorio di Fisica del Nucleo. Ancora una volta il responsabile fu un topo che nottetempo entrò nella zona di iniezione e mandò K.O. tutto il sistema di alimentazione. Siccome il suo ripristino avrebbe richiesto un periodo di tempo confrontabile con quello ancora a disposizione secondo il programma, non se ne fece nulla e la ciambella nuova di zecca, costata a quei tempi la ragguardevole somma di 6 milioni e comprata dal Prof. Renato Malvano per ridare lustro e vigore alla macchina, assunse il ruolo di un pezzo di arte informale andando ad abbellire le pareti del laboratorio.

Da allora, l'attività del gruppo di Fisica Nucleare è consistita nel progettare, preparare e fare esperimenti presso acceleratori fuori sede (Elettrosincrotrone di Torino, Ciclotrone di Milano, Linac di Frascati, Tandem di Legnaro) e talvolta anche fuori Italia (Linac di Orsay, Linac di Saskatoon, Linac e Microtrone di Mainz), e nel progettare acceleratori e facilities, sognando sempre di arrivare a non dover solo adoperare la macchina acceleratrice degli altri.

È chiaro che, essendo nella felice condizione di poter scegliere la macchina più idonea, il gruppo ha scelto di investigare l'effetto fotonucleare ad energie sempre più alte, adoperando perciò sonde fotoniche a lunghezza d'onda sempre più piccola e quindi più sensibili alla struttura del sistema nucleare. Pertanto, dopo aver studiato la distribuzione dei singoli nucleoni nel nucleo, i nostri fisici nucleari sono passati a metter in evidenza le correlazioni tra due nucleoni attraverso l'interazione del fotone con una coppia di nucleoni correlati (effetto a "quasi deutone"), quindi a studiare le correnti mesoniche di scambio tra nucleoni ed infine le configurazioni isobariche del nucleo, cioè la presenza di nucleoni in stato eccitato (risonanza Δ).

Per quanto riguarda la progettazione di nuovi acceleratori, bisogna ricordare la partecipazione attiva intorno al 1965 al progetto del "Laboratorio del Nord Ovest" che avrebbe dovuto sorgere ad Alessandria, centro del triangolo delle Università interessate: Torino, Genova e Milano. Inutile dire che questo laboratorio non venne mai realizzato. Inoltre ci fu una intensa partecipazione negli anni 1976-1986 ai progetti ALFA 1, ALFA 2 e ALFA 3, che avrebbero dovuto essere realizzati presso i L.N.F.; infine recentemente la partecipazione al progetto del Linac superconduttore più stretcher ARES. Anche questi sogni proibiti ed infatti irrealizzati.

Per quanto riguarda invece la progettazione di nuovi fasci di fotoni presso macchine vecchie, i sogni si sono avverati. Dapprima il gruppo ha progettato e realizzato a Frascati un fascio di fotoni monocromatici ottenuti dalla annichilazione in volo di positroni in una targhetta di idrogeno liquido (fascio LEALE); più recentemente ha poi progettato e sta ora realizzando un fascio di fotoni monocromatici mediante il sistema della bremsstrahlung

marcata, utilizzando gli elettroni circolanti in Adone ed una targhetta di cluster molecolari (fascio JET TARGET).

Tra le realizzazioni strumentali più importanti che sono state attuate nel corso degli anni, voglio ricordare l'insieme di telescopi di contatori a scintillazione E, dE/dx per la spettrometria a protoni (risoluzione del 2%) e lo spettrometro per fotoni di energia fino a ≈ 100 MeV per lo studio delle reazioni inverse $p \gamma$, $d \gamma$ etc. Infine una jet target ad Argon o Cripton con una densità di $\approx 10^{-8}$ g/cm³.

9 LA FISICA TEORICA

E la fisica teorica, direte voi? Beh, per la fisica teorica dovrò seguire un cammino un po' diverso da quello dei paragrafi precedenti, perchè questo tipo di ricerca si è sviluppato secondo svariati filoni ed io sarò costretto a fare delle scelte in quanto potrò parlare solo di alcuni di essi. E naturalmente, essendo una scelta personale, so già che non incontrerò il consenso generale. La scelta che ho fatto è stata quella di addentrarmi (anche se un po' con i piedi di piombo) solo nei filoni che capisco meglio in quanto più vicini ai miei interessi di ricerca. Ci sono sicuramente altrettanti argomenti interessanti ed importanti trattati a Genova: ma se non li capisco bene, con quale faccia potevo pretendere di parlarne? Mi riservo comunque di fare una rapida carrellata su altri campi di attività della fisica teorica nel paragrafo 10.

E per cominciare parlerò del modello a quark non relativistico. Nei primi anni '60 la teoria dei gruppi aveva fornito la cornice più popolare per la fisica delle particelle elementari ma intorno alla metà degli stessi anni '60 questo ruolo venne preso dai vari modelli a quarks, la cui genesi risale a Murray Gell-Mann di Caltech ed a George Zweig che allora stava al CERN. Gell-Mann e Zweig avevano espresso le loro idee su dei possibili costituenti elementari degli adroni in 2 modi assai diversi. Anche i componenti stessi erano stati battezzati in maniera diversa: mentre Gell-Mann li aveva chiamati "quarks" dal Finnegan's Wake di James Joyce, Zweig li aveva chiamati "assi" ed alla fine prevalse Gell-Mann.

Il vantaggio di riformulare le proprietà gruppali degli adroni in termini di quarks attrasse rapidamente molti teorici, con la conseguenza di passare dal vecchio SU(3) ad SU(6). Tuttavia questo passaggio non era indolore, in quanto questa nuova simmetria (approssimata) non obbediva ad uno dei più sacri canoni della fisica: non era relativisticamente invariante. Mentre molti cercarono per parecchio tempo di conciliare l'impossibile, cioè di far sposare SU(6) con Lorentz, Giacomo Morpurgo nel 1965 partì lungo un approccio alternativo, ipotizzando che la dinamica dei quarks dentro gli adroni potesse essere trattata non relativisticamente. In fondo, per spiegare SU(6) occorre poter trascurare le forze dipendenti dallo spin rispetto a quelle indipendenti dallo spin e questo è possibile in un sistema non relativistico. Quindi, perchè non esplorare la possibilità che i quarks siano pesanti, legati molto fortemente (l'energia di legame cancellerebbe la maggior parte della massa) ed ancora dotati di moto non relativistico?

Questa formulazione del modello non relativistico ebbe subito un grande consenso, a mio avviso perchè queste idee apparvero subito familiari a molti fisici che avevano il loro background nella fisica nucleare ed atomica. Anzi, l'idea di procedere come se si fosse in fisica nucleare giocò un ruolo importante perchè fu seguita con tecniche diverse e portò tra l'altro alla spettroscopia adronica, sviluppata ampiamente da Richard Dalitz, ed agli

accoppiamenti adronici.

Come ho già accennato al paragrafo 6, questo filone di attività teorica ha portato alla saga genovese della ricerca di quarks liberi nella materia. Ma bisogna pensare che tra il 1965 ed il 1970 c'erano 2 scuole di pensiero su che cosa diavolo fossero veramente questi quarks: c'era chi li vedeva come dei puri oggetti matematici, per es. coloro che si occupavano di algebra delle correnti, e chi invece li considerava dei costituenti dotati di una vera realtà fisica. E naturalmente Morpurgo apparteneva a questa seconda scuola. Ad onore del vero, oggi sembra che, alla luce del successo avuto dal modello a partoni, molti della prima scuola di pensiero siano diventati fiduciosi adepti della seconda, anche se mi sembra molto difficile prevedere quale sarà tra 10 o 20 anni la migliore descrizione dei quarks. Tra l'altro, dal 1965 ad oggi il loro numero è aumentato, essi si sono colorati ed è emersa una affascinante corrispondenza tra famiglie di quarks e di leptoni.

C'è un altro filone di attività teorica che ha ricevuto un grosso impulso ed una importante risonanza internazionale. Però in questo caso il discorso deve necessariamente diventare un po' più tecnico ed il lettore deve armarsi di più pazienza del solito. In un lavoro diventato ormai classico, Becchi, Rouet e Stora (nel seguito saranno BRS) proposero un metodo generale per analizzare le correzioni radiative di teorie di campo locali invarianti di gauge. Per illustrare il problema, si può fare riferimento alla più nota e celebrata teoria di gauge, l'elettrodinamica, le cui correzioni quantistiche hanno portato ai risultati sul calcolo di g^{-2} dell'elettrone. Il fatto spiacevole è che per calcolare quantità di interesse fisico, e quindi gauge invarianti, per mezzo di diagrammi di Feynman, si è costretti ad usare "pezzi" che non sono gauge invarianti. Tali contributi spuri devono ovviamente sparire al termine del calcolo, se questo è stato fatto correttamente. Il punto è dunque che l'invarianza di gauge deve essere "rotta" per poter utilizzare la teoria e quello che si vuole è che la "rottura" non diventi così catastrofica da distruggere la teoria stessa. Il metodo di BRS consiste proprio nel "rompere" in modo controllato la teoria e quindi poter identificare e calcolare le quantità gauge invarianti, cioè fisiche.

Siccome a Genova c'era già da tempo un interesse teorico per la teoria dei campi, è chiaro che, quando C. M. Becchi rientrò dal suo soggiorno al CERN ed in Francia, avvenne una naturale convergenza di un gruppo attivo e dinamico su problemi legati alla BRS ed alla sua estensione alla classe più vasta possibile di modelli di gauge (per es. alla teoria elettrodebole o la cromodinamica quantistica). Questi lavori sono stati sviluppati in un clima che oserei dire a volte rumoroso; non era infrequente, infatti, passando vicino a qualche studio, sentire urlare che era il caso di scaricare tutte le derivate spazio temporali sui fantasmi di Faddeev-Popov piuttosto che Lo stesso gruppo si è anche occupato di inserire in un contesto di teoria di campo ben definita un possibile meccanismo che può fornire massa alle particelle, e cioè la generazione radiativa delle masse. I modelli che presentano questo fenomeno richiedono delle regole di calcolo ben precise ed in ogni caso diverse da quelle standard proprio per effetto della massa radiativa. Recentemente l'interesse si è spostato sui modelli di teoria di campo a 2 dimensioni spazio temporali genericamente noti come modelli σ non lineari. È ben noto che il rinato interesse per le stringhe e superstringhe porta naturalmente a considerare i modelli σ non lineari che, per altro, hanno anche applicazioni più dirette, per esempio nella fisica dei solidi.

10 LA SEZIONE INFN OGGI

La Sezione è oggi³ ospitata nel nuovo edificio del Dipartimento di Fisica di Via Dodecaneso 33 (quante discussioni ha suscitato questo edificio per la sua architettura alla Beaubourg e per la sua non perfetta tenuta all'acqua!). Ha attualmente 25 ricercatori dipendenti e 53 tra tecnologi, tecnici ed amministrativi (questi numeri si riferiscono solo ai posti coperti). Ci sono inoltre 3 borsisti dell'Ente. Considerando collaboratori ed associati a vario titolo, il numero di ricercatori che fanno capo alla Sezione è 103 (di cui 68 sperimentali e 35 teorici). Stanno attualmente facendo la tesi numerosi laureandi.

Il supporto alla attività di ricerca vera e propria si articola nei seguenti servizi, cui collabora in parte anche il Dipartimento:

- Servizio Calcolo;
- Servizio Elettronico;
- Ufficio Tecnico;
- Officina Meccanica;
- Falegnameria;
- Laboratorio vuoto;
- Disegno;
- Segreteria;
- Amministrazione;
- Magazzino.

La Sezione collabora anche al funzionamento del Dottorato di ricerca in Fisica, dove vengono svolti corsi che riguardano argomenti oggetto di ricerca presso la Sezione stessa. Parecchie tesi di dottorato sono di argomento INFN.

L'attività di ricerca copre tutti e 5 i gruppi canonici dell'INFN; cercherò qui nel seguito di dare un breve flash sui principali filoni di ricerca che attualmente vengono svolti a Genova e sono gestiti dall'Ente ma premetto che, per motivi di spazio, sto correndo il rischio di non rendere la meritata giustizia a qualche collega.

- GRUPPO 1: la sua attività è essenzialmente connessa ad esperimenti al CERN ed a Fermilab. A Fermilab è in corso un esperimento sulla spettroscopia del charmonio. Per il CERN, invece, sta continuando l'esperimento DELPHI al collisionatore e^+e^- LEP. Altre attività svolte al CERN sono esperimenti per lo studio di particelle contenenti il quark b e per studiare le interazioni tra ioni pesanti. È in via di completamento un esperimento di spettroscopia adronica al LEAR. Sono infine in fase iniziale di preparazione esperimenti al collisionatore LHC del CERN ed alla b -factory asimmetrica di SLAC.
- GRUPPO 2: un esperimento svolto al Gran Sasso (BOREX) riguarda lo studio della misura delle interazioni di neutrini solari da Be^7 e B^8 . Un altro esperimento continua ad indagare i decadimenti β e di cattura elettronica mediante l'uso di microcalorimetri criogenici. Continua anche un esperimento per verificare i limiti dell'eguaglianza di e/h ottenuti da 2 diverse giunzioni Josephson irradiate dalla stessa microonda. Infine un nuovo esperimento si propone di misurare l'accelerazione

³Qui non me la sono sentita di mantenere la fotografia al 1988: ho perciò aggiornato questo paragrafo alla metà del 1994.

gravitazionale degli antiprotoni al LEAR del CERN mediante l'uso di una trappola di Penning.

- GRUPPO 3: continuano in generale le attività tradizionali di fisica nucleare con sonde elettromagnetiche. In particolare, il gruppo sta preparando un esperimento per lo studio di produzione di risonanze barioniche mediante elettro- e foto-reazioni su protone e nuclei a CEBAF. Sta inoltre per iniziare lo studio di fotoproduzione di mesoni su nucleo ad energia intermedia ($0.3 \div 1.5$ GeV) alla ESRF di Grenoble e la misura esclusiva ($e, e'X$) su nuclei leggeri (misurando il nucleo di rinculo) a NIKHEF con l'uso di una jet-target. Continua lo studio della struttura nucleare mediante diffusione elastica di fotone da protone a Mainz. È infine in fase di presa dati presso il laboratorio del Gran Sasso un esperimento di astrofisica nucleare con reazioni di fusione e cattura nucleare sotto la barriera coulombiana.
- GRUPPO 4: qui il discorso è un po' più complesso, poichè per sua natura la ricerca teorica si presta ad essere assai articolata. I maggiori temi di ricerca sono raggruppati in iniziative specifiche (l'equivalente degli esperimenti per i gruppi sperimentali) che si concentrano su problemi matematici della meccanica quantistica, teoria dei campi e fisica delle particelle, interazioni elettromagnetiche nei sistemi adronici, aspetti geometrici e non perturbativi in teoria dei campi e delle stringhe, funzioni di risposta nei nuclei ed in materia nucleare, sistemi nucleari a pochi corpi, geometria differenziale e topologia applicate alla teoria dei campi e della corda ed infine astrofisica.
- GRUPPO 5: anche in questo caso la attività appare alquanto variegata. Mi sembra di poter raggruppare gli attuali filoni di ricerca nello sviluppo di rivelatori (in particolare microcalorimetri a transizione di fase con lettura SQUID e criostati a smagnetizzazione adiabatica), caratteristiche magnetiche di superconduttori ad alta T_c , sviluppo di sorgenti e fasci polarizzati (ricerca nell'ambito di un consolidato interesse per i fasci di particelle: a questo ambito ricondurrei anche l'attività sul progetto di terapia adronica) e rivelatori scintillanti ad area per raggi X. Mi sembra infine da segnalare il progetto speciale di superconduttività con misure di caratterizzazione sui conduttori per i magneti dei rivelatori per LHC. In questo progetto speciale verrà usata la facility locale MARISA che è stata a suo tempo usata per caratterizzare i cavi per HERA.

Tabella 2
Elenco dei Direttori della Sezione INFN di Genova

E. Pancini*	1953	30/06/61
A. Borsellino	1/07/61	15/07/64
G. Boato	16/07/64	30/07/65
R. Malvano	1/08/65	31/07/69
G. Tomasiini	1/08/69	29/02/72
G. Passatore	1/03/72	28/02/78
V. Gracco	17/05/78	16/05/80
E. Beltrametti	27/06/80	26/06/83
A. Santroni	17/09/83	31/10/89
G. Ricco	1/11/89	31/10/95
* (A. Gigli vice Direttore reggente 1/08/60 - 30/09/60)		
* (A. Borsellino vice Direttore reggente 1/12/60 - 30/06/61)		

11 RINGRAZIAMENTI

Questo lavoro non sarebbe stato possibile senza l'aiuto e la cortese collaborazione di numerosi colleghi ed amici. Non potendo citarli singolarmente, vorrei qui ringraziarli tutti per la loro pazienza, l'incoraggiamento e per il tempo che hanno perso con me.

Forse alcuni lettori potranno trovare una visione un po' parziale della realtà scientifica della nostra Sezione, nel senso che ho dato troppo peso alle attività di ricerca in fisica delle particelle. Rileggendo il testo dopo tanto tempo mi accorgo che non posso dare loro completamente torto e di questo mi scuso sin da ora.

Tutti coloro il cui lavoro scientifico è stato citato in questa nota sono stati da me singolarmente contattati e mi hanno detto che le mie parole non sono troppo lontano dal vero: speriamo bene. Ma comunque nessuno è perfetto.