

Piero Spillantini

Inizio della ricerca sui raggi cosmici in Italia

Early cosmic ray research in Italy

INFN and University, via Sansone 1, 50019 Sesto Fiorentino, Italy

Sommario. Partendo dagli esperimenti pionieristici di Domenico Pacini si traccia lo sviluppo della ricerca sui raggi cosmici e la fisica astroparticellare in generale in Italia, dal fiorire all'inizio degli anni trenta del secolo scorso, la dissoluzione alla fine degli anni trenta e la lunga opera di recupero dopo la II Guerra Mondiale, fino alla attuale posizione di eccellenza.

Parole chiave. Storia raggi cosmici, Domenico Pacini, primi esperimenti, contributo italiano.

Il pioniere

Una storia della ricerca sui RC in Italia non può non cominciare dai pionieristici esperimenti di Domenico Pacini negli anni 1908-1910.

Il contributo di Domenico Pacini è stato riscoperto solo ultimamente dopo più di 70 anni di completa dimenticanza. Finalmente a fine 2011 una sessione speciale del 32mo ICRC a Pechino, dedicata al recupero di Domenico Pacini e della sua attività, ha celebrato il centenario della sua scoperta dei RC, un anno prima della data ufficiale del 1912.

Abstract. The contribution of Italian scientists and Italian institutions to the study of cosmic rays will be covered from the precursor experiments of Domenico Pacini in 1908-1910 up to the identification of the muon by Conversi, Pancini and Piccioni in 1945-1946 experiments and the present excellence in astroparticle physics.

Keywords. Cosmic ray history, Domenico Pacini, first experiments, italian contribution.

The pioneer

The history of early research in Cosmic Rays (CR) in Italy has to begin with the pioneering experiments of Domenico Pacini in the years 1908-1910.

His contribution has lately been rediscovered, after more than 70 years of complete oblivion. Finally at the end of 2011 a special session of the 32nd International Cosmic Ray Confer-

Non ripeto qui la letteratura a lui dedicata, così fresca; preferisco farmi la domanda: Domenico Pacini fu una ‘singolarità’ nella storia scientifica italiana? E perchè fu così velocemente dimenticato?

L'apparire a Roma di uno sperimentale così accurato e ben preparato non fu accidentale. Il suo insegnante, prof. Pietro Blaserna, un fisico molto noto, importante per i suoi contributi allo studio dei gas reali, dell'aria ionizzata e dell'elettromagnetismo, sostenne le attività del suo assistente Pacini e gli assicurò una posizione nell'Ufficio Reale Centrale di Meteorologia e Geodinamica. È in questo impiego che Pacini poté complementare il suo compito di misura della ionizzazione dell'aria con misure sistematiche della radiazione penetrante nell'atmosfera, in differenti situazioni ed ambienti, in montagna e sottacqua, pubblicando un numero di memorie ed articoli [Pacini 1908, 1908a, 1910] fino all'inizio del 1912 (prima del volo di Hess) arrivando alla affermazione conclusiva della sua attività [Pacini 1912]:

“cioè che esista nell'atmosfera una sensibile causa ionizzante, con radiazioni penetranti, indipendente dall'azione diretta delle sostanze radioattive del terreno”.

Il suo impiego, alquanto esterno all'ambiente accademico, limitava la sua mobilità, come la partecipazione a conferenze e seminari; inoltre le sue pubblicazioni erano in Italiano, una lingua meno comune nella comunità scientifica del Tedesco, Inglese e Francese. Tuttavia sappiamo dalla sua corrispondenza che egli era in contatto con l'intera comunità degli scienziati dedicati allo studio della radiazione penetrante in atmosfera; i suoi lavori erano citati nei primi articoli di rivista sull'argomento.

ence (ICRC) in Beijing, dedicated to reinstating Domenico Pacini and his activity, celebrated the centenary of his discovery of CR, one year before the official date of 1912.

I will not repeat here the literature so recently devoted to him, preferring to address the following questions: was Domenico Pacini a ‘one-off’ case in the scientific history of Italy? And why he was so quickly forgotten?

The appearance of such a meticulous and knowledgeable experimentalist in Rome was not accidental. His teacher, Professor Pietro Blaserna, was a renowned physicist, well-known for his contributions to the study of real gases, air ionization, and electromagnetism. He fostered the research of his assistant Pacini and assured him a position in the ‘Royal Central Bureau of Meteorology and Geodynamics’. It was while he was working there that Pacini was able to supplement his allotted task of measuring the ionization of the air with other systematic measurements of the radiation penetrating the atmosphere, in different situations and environments, in mountainous areas and underwater, publishing a number of essays and articles [Pacini 1908, 1908a, 1910] up to the beginning of 1912 (before Hess's flight) and arriving at the conclusive statement of his activity [Pacini 1912]:

“... a sizable cause of ionization exists in the atmosphere, originating from penetrating radiation, independent of the direct action of radioactive substances in the soil”.

His employment, somewhat peripheral to the academic environment, restricted his mobility, such as attendance at conferences and seminars; furthermore, his publications were in Italian, which was less common in the scientific world than German, English, and French. However

Alla fine degli anni venti il suo nome scomparve improvvisamente. La sua maggiore occupazione non era nell'università ed egli non poté allevare studenti che potessero continuare il suo lavoro. Egli cominciò la sua carriera accademica nel 1928 come professore dell'università di Bari, e non a causa della sua ricerca nella ionizzazione dell'atmosfera ma per i suoi contributi in fisica terrestre e sulla diffusione della luce in aria. Una seconda ragione può essere attribuita al ruolo crescente degli scienziati USA che talvolta non citavano correttamente i lavori precedenti in Europa.

La fioritura

Tuttavia lo studio dei RC in Italia non morì. Proprio nel periodo tra le due guerre la ricerca dei RC in Italia raggiunse importanti risultati ed ebbe una grande reputazione, nonostante non avesse nessuna connessione con il lavoro pionieristico di Domenico Pacini.

L'apparire in Italia di un gruppo di giovani fisici la cui attività segnò la ricerca nei raggi cosmici all'inizio degli anni trenta e negli anni seguenti non può essere considerata completamente inaspettata: la scuola matematica era molto forte, ed anche se il modello della fisica matematica prevaleva sulla fisica teorica, la base culturale era solida e fruttifera, e ricettiva a nuove idee. Le radici affondavano in una lunga storia scientifica su un arco di più di un secolo. Nel secolo diciannovesimo ed all'inizio del ventesimo la scuola scientifica in molte università ed isti-

we know from his correspondence that he was in contact with the entire community of scientists engaged in the study of the radiation penetrating the atmosphere; indeed his works were quoted in some early review articles on the subject.

In the thirties his name suddenly disappeared. His main employment was not in the university and he was not able to train up students that could continue his work. He began his academic career in 1928 as a professor in Bari University, and not by virtue of his research on the ionization of the atmosphere but for his contributions to terrestrial physics and to the diffusion of light in air. A second reason can be attributed to the increasing role played by US scientists who did not always correctly cite the previous work in Europe.

The flowering

However, the study of cosmic rays in Italy didn't die out. It should be remembered that it was precisely in the period between the two World Wars that cosmic ray research in Italy achieved important results and a major reputation, despite the fact that it had no connection with the pioneering work of Domenico Pacini.

The appearance in Italy of a group of young physicists whose activity made its mark on cosmic ray research at the beginning of the thirties and the years that followed cannot be considered completely unexpected: the mathematical school was very strong, and even though the model of mathematical physics prevailed over theoretical physics, the cultural basis was

tuzioni scientifiche italiane era eccellente e sostanziale, la preparazione teorica profonda ed il metodo sperimentale rigoroso. Una lunga lista di scienziati, come Lagrange, Volta, Piazzi, Avogadro, Cannizzaro, Schiapparelli, Pacinotti, Ferraris, Righi, Volterra, Amici, Marconi, Levy Civita, Lo Surdo erano ben conosciuti a livello mondiale e lasciarono la loro impronta in molti campi, quali la chimica, la matematica, la fisica, l'astronomia. C'era anche una tradizione di studio della radioattività, considerata fisica fondamentale.

Di una certa importanza è anche la considerazione della storia politica del periodo. L'Italia era nata come stato unificato nel 1860, dopo 50 anni di lotte. Molti scienziati ed i loro giovani studenti parteciparono ai movimenti e guerre per la libertà dell'Italia dagli stranieri e l'unificazione del paese, assumendo responsabilità di rilievo nelle repubbliche temporanee installate dopo le varie rivoluzioni regionali. La maggioranza degli scienziati, soprattutto fisici, dovette pagare con la rimozione dagli incarichi e l'esilio in differenti regioni italiane ed all'estero [Leone et al. 2011].

Questi movimenti ebbero il risultato di contribuire ad unificare la comunità scientifica su base nazionale. Durante quegli anni le riunioni degli scienziati italiani portarono alla fondazione di società scientifiche italiane (come la 'Società italiana di fisica' e l' 'Istituto nazionale di geofisica' fondato dal su menzionato prof. Blaserna), accademie e giornali, alcuni dei quali ancor oggi attivi.

Dopo l'unificazione d'Italia alcuni scienziati assunsero posizioni di rilievo nel governo del nuovo Stato Italiano. Oltre al sopra nominato Blaserna, altri fisici giocarono una parte di rilievo per il tema in discussione. Cattedre di fisica era-

sound and fruitful and receptive to new ideas. The roots were entrenched in a long scientific history spanning over a century. In the nineteenth century and at the beginning of twentieth, the scientific schools in many Italian universities and scientific institutions were outstanding and solid, characterized by a profound theoretical preparation and a rigorous experimental method. A long list of scientists, including Lagrange, Volta, Piazzi, Avogadro, Cannizzaro, Schiapparelli, Pacinotti, Ferraris, Righi, Volterra, Amici, Marconi, Levy Civita and Lo Surdo were well-known worldwide and left their marks on many fields, such as chemistry, mathematics, physics and astronomy. There was also a tradition of studying radioactivity, which was considered fundamental physics.

Consideration of the political history of the time is also of a certain importance. Italy emerged as a united state in 1860, after 50 years of struggles. Many scientists and their young students took part in the movements and wars to liberate Italy from foreigners and for the unification of the country, assuming prominent responsibilities in the temporary republics installed after the various regional revolutions. Most of the scientists, mainly physicists, paid the price by being ousted from their academic positions and being exiled to different regions of Italy and even abroad [Leone et al. 2011].

These movements had the result of contributing to unify the scientific community at national level. During those years the meetings of Italian scientists led to the foundation of Italian scientific societies (such as the 'Società italiana di fisica' and the 'Istituto nazionale di geofisica', founded by the aforementioned Professor Blaserna), academies and journals, some of which are still active.

no attive in varie università nel territorio italiano. Per la ricerca nei raggi cosmici un ruolo importante fu assunto dalle università di Firenze e Roma alla fine degli anni venti ed inizio degli anni trenta. La scuola di fisica di Firenze, dedicata soprattutto allo studio dei raggi cosmici, poté fiorire poichè il Sindaco di Firenze, prof. Antonio Garbasso (un importante fisico, autore di lavori sulla teoria dell'emissione della luce, in spettroscopia, ottica, raggi X e radiazione) era senatore del Senato Italiano, e perchè le condizioni erano finalmente favorevoli per la fondazione della Università di Firenze (nel 1924; fino a quel tempo a Firenze operava lo 'Istituto di Studi Superiori Pratici e Perfezionamento' ma in Toscana le università erano 'confinata' a Pisa, Siena ed altrove).

La formazione della scuola romana, dedicata allo studio dei raggi cosmici ma anche alla fisica nucleare e la fisica del neutrone, godè del supporto di un altro importante fisico, il prof. Orso Mario Corbino (noto per l'effetto Corbino-Macaluso, l'effetto Corbino, i sistemi di alta tensione per i tubi a raggi X, e le ricerche sulla fotoelasticità ed il calore specifico a temperature molto alte). Anch'gli era membro del Senato Italiano e ne fu anche presidente, e servì come ministro dell'educazione e per l'economia (per alcuni anni come capo della 'Economia Nazionale'). Il prof. Corbino aveva una personalità di tale rilievo che egli tenne questi importanti incarichi durante il periodo fascista senza avere la tessera del partito fascista.

La presenza contemporanea di importanti fisici a Firenze e Roma è rappresentata nello schema di fig. 1. Le due università lavoravano in stretta collaborazione, favorite dalla vicinanza geografica, una buona comunicazione ferroviaria, scambio di persone e seminari in comune.

After the unification of Italy some scientists were appointed to prominent positions in the government of the new Italian State. In addition to the aforementioned Blaserna, other physicists played an important part in the subject under discussion, and there were Physics chairs at several universities in Italy. As regards research in cosmic rays, an important role was played by the universities of Florence and Rome in the late twenties and early thirties.

The Florence school of physics, mainly devoted to the study of cosmic rays, was able to flourish because the Mayor of Florence, Prof. Antonio Garbasso (an important physicist, author of works on the theory of the emission of light, on spectroscopy, optics, X rays and radiation) was a member of the Italian Senate, and because the conditions were finally favorable for the foundation of the University of Florence in 1924. Up to that time the Istituto di Studi Superiori Pratici e Perfezionamento was operating in Florence, but the actual universities in Tuscany were confined to Pisa, Siena and elsewhere.

The formation of the Rome school, devoted to the study of cosmic rays but also to nuclear physics and neutron physics, benefited from the support of another important physicist, Prof. Orso Mario Corbino (known for the Corbino-Macaluso effect, the Corbino effect, high voltage systems for X ray tubes, and research on photoelasticity and specific heat at very high temperatures). He was a member and one-time president of the Italian Senate, as well as serving as Minister of Education and of the Economy (for some years as head of the 'Economia Nazionale'). The remarkable fact is that Prof. Corbino was such an eminent figure that he was able to hold these important offices during the Fascist period without actually being a member of the Fascist party.

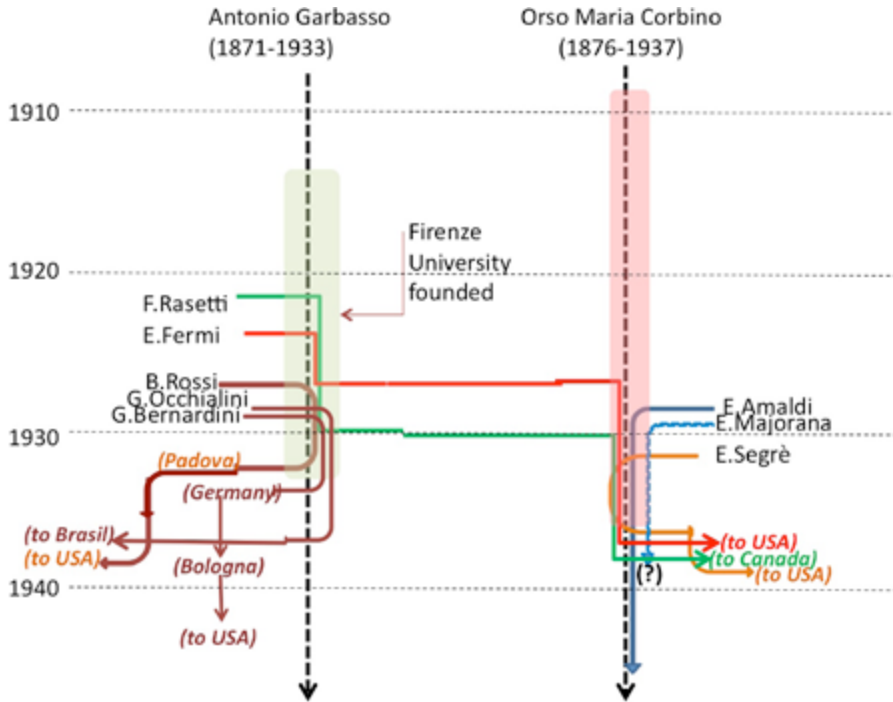


Fig. 1. [da: "Early cosmic ray research in Italy", dai proceedings del 'Centenary Symposium 2012: Discovery of Cosmic Rays (CR2012)"]

Fig. 1. Diagram showing the important physicists working in cosmic ray and nuclear physics in Florence and Rome universities. [from "Early cosmic ray research in Italy", Proceedings of the Centenary Symposium 2012: Discovery of Cosmic Rays (CR2012)"]

The contemporary presence of important physicists in Florence and Rome is shown in the diagram in fig. 1. The two universities worked in close collaboration, favored by the geographical proximity, good railway communications, exchange of personnel and common seminars.

The period of collaboration in Florence lasted only a few years, but was very fruitful for the many researches initiated by Bruno Rossi and his young colleagues. Worthy of mention are the rapid evolution of the detection techniques (GM detectors, the coincidence circuit, cloud chamber triggering by coincidence counters and magnetic spectrometers) the calculation [Rossi 1930] and measurement [Rossi 1934] of the east-west effect, the latitude effect, and the identification of the soft and hard components in cosmic rays [Rossi 1932].

As well as the physicists shown in figure 1, we have to mention Prof. Enrico Persico, a friend of Fermi since their childhood. He was an exceptionally good teacher of theoretical physics, publicizing the 'new physics', training physicists in both sites and acting as an important link between them. The transfer during the thirties of Persico from Rome to Florence and later to Turin, of Rasetti and Fermi from Florence to Rome, of Rossi from Florence to Padua and Bernardini from Florence to Bologna, contributed to the creation of an Italian community that was to play an important role in the recovery of cosmic ray research in Italy after WWII.

Breaking up and recovery

The diagram in fig. 1 also shows the scientists who left to go to other universities, mainly abroad. The date of 1938 is particularly significant in view of the havoc wrought on physics schools in

Il periodo di collaborazione a Firenze durò pochi anni, ma fu molto fruttuoso per le molte ricerche iniziate da Bruno Rossi ed i suoi giovani colleghi. Da menzionare sono la rapida evoluzione delle tecniche di rivelazione (i contatori di Geiger-Muller, il circuito di coincidenza, il trigger della camera a bolle con contatori in coincidenza, gli spettrometri magnetici), il calcolo [Rossi 1930] e la misura dell'effetto est-ovest [Rossi 1934], l'effetto della latitudine, e l'identificazione delle componenti 'soft' e 'hard' nei raggi cosmici [Rossi 1932].

Accanto ai fisici riportati in fig.1 va ricordato il prof. Enrico Persico; fu amico di Fermi fin dalla loro infanzia. Era un insegnante di fisica teorica eccezionale che pubblicizzava la 'nuova fisica' ed esercitava i fisici in ambedue le località, ed era un importante legame tra di loro. Il trasferimento durante gli anni trenta di Persico da Roma a Firenze e più tardi a Torino, di Rasetti e Fermi da Firenze a Roma, Rossi da Firenze a Padova e Bernardini da Firenze a Bologna contribuirono a formare una comunità italiana che giocherà un ruolo importante nel recuperare la ricerca dei raggi cosmici in Italia dopo la II Guerra Mondiale.

La dissoluzione ed il recupero

Lo schema di fig. 1 mostra anche le partenze di queste persone verso altre università. Soprattutto all'estero. Da notare il significato dell'anno 1938 e la distruzione della fisica in Italia dovuto alla atmosfera politica ed alle leggi razziali [Bonolis 2011].

Italy as a result of the political atmosphere and the racial laws [Bonolis 2011].

Prof. Corbino died in 1936, and did not have to witness the dispersion of the 'boys of via Panisperna' that he had so fervently sustained. The lives and activities of Rasetti, Fermi, Segrè, Rossi and Occhialini continued elsewhere: their contributions can be traced in the early history of cosmic ray research in Canada, the USA and Brazil.

Amaldi and Persico, and a few young collaborators and students remained in Italy, continuing their studies on cosmic rays and nuclear physics. Bernardini remained in Bologna and went to Rome in 1946. The Rome school continued studying neutron physics under the leadership of Amaldi. However, to avoid being caught up in the dangerous field of nuclear fission after Italy entered WWII, they addressed their studies to the fundamental problem of the scattering of neutrons on protons and deuterons.

The source of neutrons was a Cockcroft-Walton accelerator of 1.1 MV constructed by Amaldi and Rasetti in the years 1937-1938. The cosmic ray experiments continued with refinement of detection techniques. One famous achievement was the experiment performed by Conversi, Pancini and Piccioni in 1944 (published only in 1946 [Conversi et al. 1947]), clarifying the difference between the new penetrating particles (now known as muons) and the meson predicted by Yukawa.

After the Rome group broke up in 1938 it took more than 10 years for the research into cosmic rays, and astrophysics in general, to recover in Italy. In actual fact, it turned out to be an obligatory path. After WWII, the economic situation in Italy did not permit the construction

Prof. Corbino morì nel 1936 e non dovette assistere alla dispersione dei ‘ragazzi di via Panisperna’ che egli aveva così efficacemente sostenuto. Le vite ed attività di Rasetti, Fermi, Segrè, Rossi, Occhialini continuarono altrove: si possono seguire i loro contributi nelle storie della ricerca del Canada, degli USA e del Brasile.

E. Amaldi ed E. Persico e pochi altri giovani collaboratori e studenti restarono in Italia, continuando i loro studi nei raggi cosmici ed in fisica nucleare. Bernardini restò a Bologna ed arrivò a Roma nel 1946. La scuola di Roma continuò a studiare la fisica del neutrone sotto la leadership di Amaldi. Tuttavia, dopo che l’Italia era entrata nella II Guerra Mondiale, per evitare di essere coinvolti nella pericolosa area della fissione nucleare indirizzarono i loro studi verso il problema fondamentale dello scattering dei neutroni su protoni e deutoni.

Gli esperimenti di raggi cosmici continuarono con il perfezionamento delle tecniche di rivelazione. Un famoso risultato fu l’esperimento di Conversi, Pancini e Piccioni nel 1944 (pubblicato solo nel 1946 [Conversi et al. 1947]) che chiariva le differenze tra le nuove particelle penetranti (ora note come muoni) ed il mesone previsto da Yukawa.

Dopo la dissoluzione del gruppo di Roma nel 1938 ci sarebbero voluti più di 10 anni per recuperare la ricerca sui raggi cosmici, e più in generale in astrofisica, in Italia. In effetti era anche un percorso necessario. Dopo la II Guerra Mondiale la situazione economica in Italia non permetteva di costruire acceleratori, cosicché lo studio della fisica nucleare con raggi cosmici, le particelle elementari accelerate dalla natura, era considerato utile.

Nel 1951, confidando nella rete delle attività esistenti e nel sostegno del prof.

of accelerators, so that studying nuclear physics through cosmic rays, the elementary particles accelerated by nature, was considered a worthwhile alternative.

In 1951, relying on the network of existing activities and on the support of Prof. Gustavo Colonnetti, president of the National Research Council (CNR), Amaldi and Bernardini were able to take a significant step in reshaping the institutional panorama of Italian physics through the establishment of the Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), initially with branches in Rome, Milan, Turin and Padua. Its purpose was to conserve and develop the cultural and scientific tradition of theoretical and experimental research into nuclear physics and cosmic radiation that had been carried out in the thirties.

In 1947 Amaldi and Bernardini founded the Testa Grigia laboratory at Plateau Rosa in the Alps where teams from Rome, Turin, Padua and Milan conducted experiments with emulsions, counters, ionization and cloud chambers to study the properties of primary cosmic rays (energy, charge distribution, interactions, extended shower formation) and of the products of their interactions.

Another cosmic ray laboratory was set up in 1950 on the Marmolada by the Institute of Physics of Padua in 1950, equipped with a magnetic spectrometer which utilized the large quantity of electric power made available by the newly constructed dam.

The INFN physicists’ first important set of activities was their participation in three different international collaborations between 1952 and 1954, which involved the launching of high-altitude balloons carrying photographic emulsions in order to study the properties of pions, of hyperons and the tau-theta puzzle. In 1952, balloon launches from Naples and Cagliari were

Gustavo Colonnetti, presidente del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Amaldi e Bernardini poterono fare un passo significativo nel ricostruire il panorama istituzionale della fisica italiana con la fondazione dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), inizialmente con le sezioni a Roma, Milano, Torino e Padova. Il suo scopo era di conservare e sviluppare la tradizione culturale e scientifica nelle ricerche teoriche e sperimentali di fisica nucleare e della radiazione cosmica condotte negli anni trenta.

Nel 1947 Amaldi e Bernardini fondarono il laboratorio della Testa Grigia sul Plateau Rosa nelle Alpi dove gruppi da Roma, Torino, Padova e Milano conducevano esperimenti con emulsioni, contatori, camere ad ionizzazione ed a nebbia per studiare le proprietà dei raggi cosmici primari (energia, distribuzione di carica, interazioni, formazione di sciami estesi) e dei prodotti delle loro interazioni.

Un altro laboratorio per i raggi cosmici fu realizzato dall'istituto di fisica di Padova nel 1950 alla Marmolada, attrezzato con uno spettrometro magnetico che utilizzava la grande quantità di energia elettrica disponibile dalla nuova diga là costruita.

Il primo gruppo di attività importante dei fisici dell'INFN fu la loro partecipazione a tre differenti collaborazioni internazionali tra il 1952 ed il 1954, che lanciarono palloni di alta quota che trasportavano emulsioni fotografiche per studiare le proprietà dei pioni, degli iperoni ed il puzzle tau-theta. Nel 1952 lanci di palloni da Napoli e Cagliari erano condotti da una collaborazione internazionale comprendente 13 università (Torino, Padova, Milano per l'Italia) che era la prima collaborazione formata sotto l'egida del CERN appena fondato.

conducted by an international collaboration including 13 universities (Turin, Padua and Milan for Italy), which was the first collaboration formed under the aegis of the newly-established CERN.

Mention must be made of the 'Faustina' experiment in 1953 (analyzed in 1955 [Amaldi et al. 1955]) of the registration with emulsions of the first antiproton in cosmic rays, later confirmed by their production at the Bevatron accelerator in Berkeley.

In the 60s the Cosmogeophysics institute was founded in Turin. This was the seed of the present Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF), which, under the leadership of Prof. Carlo Castagnoli, opened the field of neutrino astrophysics with underground experiments under the Monte dei Capuccini in Turin and in the Mont Blanc tunnel laboratory (where the first supernova was registered in 1978). INAF participated in the realization of the Gran Sasso laboratory near Rome, and in its neutrino experiments.

When the opportunity of taking part in international enterprises arrived (e.g. Astromag on board the Freedom space station), several groups were able to harvest the legacy and rebuild the research on cosmic rays and the related astrophysics issues (so-called astroparticle physics) in Italy, bringing it up to the currently-recognized level of excellence.

We also need to recall the long series of balloon and satellite-borne experiments of the Wizard collaboration (many balloon flights, cosmic ray experiments on life science Sil-eye-1,-2,-3, and ALTEA on board MIR and ISS space stations, and the solar and galactic cosmic ray and gamma ray experiments in orbit in the NINA, NINA1, AGILE and PAMELA missions), as well as the Italian contribution to the AMS-1, AMS-2 and Fermi-GLAST experi-

Va ricordata la registrazione con emulsioni dell'esperimento 'Faustina' nel 1953 (analizzate nel 1955) del primo antiprotone nei raggi cosmici [Amaldi et al. 1955], più tardi confermato dalla loro produzione al Bevatron di Berkeley.

Negli anni '60 fu fondato a Torino l'istituto di Cosmogeofisica, seme dell'attuale Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF) che, sotto la leadership del prof. Carlo Castagnoli, ha aperto il campo della astrofisica del neutrino con gli esperimenti sotto il monte dei Capuccini a Torino e nel laboratorio nel tunnel del Monte Bianco (dove la prima supernova fu registrata nel 1978). INAF ha partecipato alla realizzazione del laboratorio del Gran Sasso vicino a Roma ed ai suoi esperimenti di neutrini.

Quando si presentò l'opportunità di partecipare alle imprese internazionali (per esempio ad Astromag a bordo della stazione spaziale Freedom) alcuni gruppi poterono raccogliere l'eredità e ricostruire la ricerca sui raggi cosmici ed i problemi di astrofisica connessi (la cosiddetta fisica delle astroparticelle) in Italia al livello di eccellenza attualmente riconosciuto.

Va ricordata la lunga serie di esperimenti su pallone e su satellite della collaborazione Wizard (molti voli di palloni, esperimenti con raggi cosmici di 'scienze della vita' Sileye-1, -2, -3, ed ALTEA a bordo delle stazioni spaziali MIR ed ISS, e gli esperimenti sui raggi cosmici solari e galattici e sulla radiazione gamma con le missioni NINA, NINA2, AGILE e PAMELA) e la partecipazione italiana agli esperimenti nella spazio AMS-1, AMS-2 e Fermi-GLAST. Scienziati italiani partecipano anche in esperimenti sulla superficie terrestre, come fu l'esperimento EAS-TOP sulla cima del Gran Sasso ed ora l'installazione ARGO in Tibet

ments in space. Italian scientists have also taken part in ground-based experiments such as the EAS-TOP experiment on the Gran Sasso mountain, the ARGO installation in Tibet and AUGER and other EAS experiments on the ground as well as underground and underwater experiments. These and other initiatives and participations have reinstated the Italian contribution to astroparticle physics at a level of prominence within the international scientific community.

References

- Amaldi, E., Castagnoli, C., Cortini, G., Franzinetti C. and Manfredini, A. "Unusual event produced by cosmic rays", *Nuovo Cimento* 1 (1955) 492-500.
- Bonolis, L. "Bruno Rossi and the Racial Laws of Fascist Italy". *Phys. Perspect.* 13 (2011) 58-90.
- Conversi, M., Pancini, E. and Piccioni, O. "On the Disintegration of Negative Mesons", *Phys. Rev.*, 71 (1947), 209-210.
- Leone, M., Paoletti, A. and Ribotti, N. "I Fisici e il Risorgimento". *Il Nuovo Saggiatore*, 27 (2011) 30-42.
- Pacini, D. "Misure di ionizzazione dell'aria su terraferma ed in mare". *Il Nuovo Cim.* 15 (1908)5.
- Pacini, D. "Sulla radioattività indotta dell'atmosfera nel golfo ligure", *Il Nuovo Cimento*, 15 (1908) 24.
- Pacini, D. "Questioni di elettricità atmosferica", *Il Nuovo Cimento* 19 (1910) 449.

ed AUGER in Argentina ed altri esperimenti EAS sulla superficie terrestre ed in esperimenti sotto terra e sott'acqua. Queste ed altre iniziative hanno riportato il contributo italiano alla fisica delle astroparticelle ad un livello di rilievo nella comunità scientifica internazionale.

Bibliografia

- Amaldi, E., Castagnoli, C., Cortini, G., Franzinetti C. e Manfredini, A. "Unusual event produced by cosmic rays", *Nuovo Cimento 1* (1955) 492-500.
- Bonolis, L. "Bruno Rossi and the Racial Laws of Fascist Italy". *Phys. Perspect.* 13 (2011) 58-90.
- Conversi, M., Pancini, E. and Piccioni, O. "On the Disintegration of Negative Mesons", *Phys. Rev.*, 71 (1947), 209-210.
- Leone, M., Paoletti, A. and Ribotti, N. "I Fisici e il Risorgimento". *Il Nuovo Saggiatore*, 27 (2011) 30-42.
- Pacini, D. "Misure di ionizzazione dell'aria su terraferma ed in mare". *Il Nuovo Cim.* 15 (1908) 5.
- Pacini, D. "Sulla radioattività indotta dell'atmosfera nel golfo ligure", *Il Nuovo Cimento*, 15 (1908) 24.
- Pacini, D. "Questioni di elettricità atmosferica", *Il Nuovo Cimento* 19 (1910) 449.
- Pacini, D. "La radiazione penetrante alla superficie ed in seno alle acque". *Il Nuovo Cim.* VI/III (1912) 93.

- Pacini, D. "La radiazione penetrante alla superficie ed in seno alle acque". *Il Nuovo Cim.* VI/III (1912) 93.
- Rossi, B. "On the magnetic deflection of Cosmic Rays", *Phys. Rev.* 36 (1930) 606.
- Rossi, B. "Directional Measurement of the Cosmic Rays near the Geomagnetic Equator", *Phys. Rev.* 45 (1934) 212-214.
- Rossi, B. "Il problema della radiazione penetrante", *Convegno di Fisica Nucleare, Roma, Accademia reale d'Italia e Fondazione Alessandro Volta* (1932) 51-64.

- Rossi, B. "On the magnetic deflection of Cosmic Rays", *Phys.Rev.* 36 (1930) 606.
- Rossi, B. "Directional Measurement of the Cosmic Rays near the Geomagnetic Equator", *Phys.Rev.* 45 (1934) 212-214
- Rossi, B. "Il problema della radiazione penetrante", *Convegno di Fisica Nucleare, Roma, Accademia reale d'Italia e Fondazione Alessandro Volta (1932) 51-64.*

Piero Spillantini è nato a Sansepolcro (Arezzo) nel 1940. Si è laureato in Fisica nel 1964 a Roma e nel 1990 è stato chiamato sulla cattedra di Fisica all'Università di Firenze. Ha condotto esperimenti nel campo della fisica delle particelle elementari ai Laboratori Nazionali di Frascati ed al CERN, ed a partire dagli anni '80 si è interessato alla fisica dei raggi cosmici, divenuta nel tempo la sua attività di ricerca principale.