



I raggi cosmici tornano a Firenze

Cosmic rays return to Florence

Piero Spillantini

Università degli Studi di Firenze e INFN Sezione di Firenze, Italia

Riassunto. Ho voluto raccontare la mia storia da scienziato, fatta anche di incontri fortuiti e coincidenze, che ha portato negli ultimi decenni il ritorno della ricerca sui raggi cosmici a Firenze. In questo viaggio si intrecciano fatti personali, passioni, condivisioni di idee e progetti, oltre a fatti geopolitici ben noti, che hanno contribuito allo sviluppo della scienza delle *astro-particelle* nel luogo dove circa un secolo fa lavorarono i primi pionieri di questo settore.

Parole chiave: Arcetri, raggi cosmici, antimateria, spazio.

Cento anni fa la cosiddetta “fisica moderna” arrivava anche in Italia per merito soprattutto di due giovani neolaureati romani: Enrico Fermi ed Enrico Persico. Prima fu Fermi ad essere chiamato all’istituto di fisica della appena fondata università di Firenze e subito dopo anche Persico. Essi furono ingaggiati a Firenze dal prof. Antonio Garbasso che reclutava i migliori giovani fisici nel nuovo istituto di fisica da poco costruito sulla collina di Arcetri, mentre a Roma i giovani fisici che si stavano formando erano reclutati, nell’istituto di via Panisperna, dal Prof. Orso Mario Corbino.

A Firenze l’attività di ricerca si concentrò presto sullo studio dei raggi cosmici su proposta di Bruno Rossi chiamato da Bologna. Lo sviluppo di nuovi strumenti ed importanti risultati sperimentali ottenuti a Firenze lasciarono il segno nella storia dei raggi cosmici e l’attività si diffuse in altri istituti italiani. Purtroppo,

Abstract. I wanted to tell my story as a scientist, made up also of chance meetings and coincidences, which has led to the return of cosmic ray research to Florence in recent decades. This journey encompasses the combination of personal facts, passions, shared ideas and projects, as well as well-known geopolitical events that have contributed to the development of *astro-particle* science in the place where the first pioneers of this field worked nearly a century ago.

Keywords: Arcetri, cosmic rays, antimatter, space.

One hundred years ago, so-called “modern physics” arrived in Italy thanks mainly to two young graduates from Rome: Enrico Fermi and Enrico Persico. The first to be called to the physics institute of the newly founded university of Florence was Fermi, and soon afterwards he was joined by Persico. They were engaged in Florence by Prof. Antonio Garbasso, who was recruiting the finest young physicists for the new physics institute that had recently been built

a Firenze l'attività di ricerca sui raggi cosmici rimase poco sia per la migrazione delle persone sia per il clima politico locale e le leggi razziali¹. Dopo la Seconda guerra mondiale le attività dell'istituto si indirizzarono principalmente allo studio delle reazioni nucleari nelle emulsioni nucleari² e negli esperimenti a Legnaro ed al CERN.

La storia che voglio raccontare ebbe inizio nel 1979, più di cinquant'anni dopo i pionieristici lavori sui raggi cosmici, grazie al seminario del prof. Peter Kirali ai Laboratori Nazionali di Frascati (LNF) dove allora lavoravo. Erano stati rivelati antiprotoni nel flusso delle particelle che compongono i raggi cosmici, solo una manciata ma più di quelli attesi. Queste prime osservazioni ponevano delle domande fondamentali: l'Universo è composto di sola materia od anche di antimateria? E quest'ultima dove si trova? Qual era la sua origine? La misura del flusso degli antiprotoni in funzione della loro energia era divenuta una misura fondamentale da fare.

Valutai che concentrando con una lente magnetica gli antiprotoni su un calorimetro tracciante si sarebbe potuto misurare il loro flusso fino ad energie almeno un ordine di grandezza superiori a quella degli antiprotoni rivelati fino ad allora.

Riguardo alle lenti magnetiche ero già noto all'epoca perché le proponevo per tutte le possibili applicazioni: fin dal 1972 con il magnete toroidale per Adone³, le lenti magnetiche per l'esperimento FRAMM all'area nord dello SPS del CERN⁴, con Giorgio Bellettini agli Intersecting Storage Rings (ISR)⁵, per la collimazione dei fasci di neutrini ed anche per i rivelatori attorno alle zone di interazione agli anelli di accumulazione. E per gli antiprotoni cosmici quale applicazione miglio-

on Arcetri hill, while, in Rome, the young physicists who were being trained were recruited for the institute in Via Panisperna by Prof. Orso Mario Corbino.

The research activity carried out in Florence soon focused on the study of cosmic rays at the suggestion of Bruno Rossi, who had been called from Bologna. The development of new instruments and important experimental results obtained in Florence left their mark on the history of cosmic rays, and the activity spread to other Italian institutes. Unfortunately, little cosmic ray research took place in Florence due to both the migration of people and the local political climate and racial laws¹. After the Second World War, the institute's activities were focused mainly on the study of nuclear reactions in nuclear emulsions² and experiments at Legnaro and CERN.

The story I want to tell began in 1979, more than fifty years after the pioneering work on cosmic rays, thanks to Prof. Peter Kirali's seminar at the Frascati National Laboratories (LNF) where I was working at the time. Antiprotons had been revealed in the cosmic ray particle stream, only a handful but more than expected. These early observations raised fundamental questions: is the Universe made up of matter alone or also of antimatter? And where is the latter? What was its origin? Measuring the flux of antiprotons according to their energy had become a fundamental measurement to take.

I considered that concentrating the antiprotons on a tracer calorimeter with a magnetic lens would allow the measurement of their flux up to energies at least one order of magnitude higher than that of the antiprotons revealed up until then.

re di una lente magnetica per concentrare gli antiprotoni in un calorimetro tracciante per identificarli tramite la loro annichilazione? Anche per il calorimetro tracciante l'occasione era buona!

Proprio in quel periodo ai LNF si stavano sviluppando i tubi a streamer, i cosiddetti “tubi di Iarocci”, che si usavano in molti esperimenti sia agli acceleratori sia in esperimenti passivi (per esempio per studiare la stabilità del protone e misurare i raggi cosmici nei laboratori sotterranei). Certamente bisognava farne di più densi di quelli fino ad ora sviluppati a Frascati affinché si potesse contenere l'annichilazione degli antiprotoni ed a Firenze si stavano realizzando dei rivelatori in ottone per il calorimetro tracciante⁶ del *barrel* dell'esperimento L3.

C'erano quindi i componenti adatti per un possibile esperimento da portare ad alta quota in atmosfera su un pallone stratosferico.

Per la costruzione della lente magnetica poteva contribuire il Laboratorio Magnetico dei LNF e M. Spadoni, in quel laboratorio, progettò una lente magnetica con cavo superconduttore a sei spire, relativamente leggera, che poteva funzionare con una riserva di 120 litri di elio liquido per tutte le 24 ore del volo e le prove a terra.

Il progetto dell'apparato sperimentale (Figura 1) coinvolse colleghi dei LNF e dell'istituto di fisica dell'Università “La Sapienza” di Roma e, come vedremo, fu importante per convincere il gruppo di lavoro della NASA ad includere la lente magnetica nelle possibili configurazioni da considerare per la *facility* magnetica per raggi cosmici a bordo della stazione spaziale “Freedom”.

Vale la pena raccontare come ciò avvenne. Si trattò di eventi non correlati tra loro, alcuni anche personali, che ebbero alla fine un risultato positivo ed inatte-

As far as magnetic lenses are concerned, I was already well known at the time because I was presenting them for all possible applications: as early as 1972 with the toroidal magnet for Adone³, magnetic lenses for the FRAMM experiment at CERN's SPS North Area⁴, with Giorgio Bellettini at the Intersecting Storage Rings (ISR)⁵, for the collimation of neutrino beams and also for detectors around the interaction zones at the storage rings. And for cosmic antiprotons, what better application than a magnetic lens to concentrate antiprotons in a tracer calorimeter to identify them by their annihilation? It was a perfect opportunity for the tracer calorimeter too!

It was at this time that streamer tubes, also known as “Iarocci tubes”, were being developed at the LNF. These were used in many experiments both at accelerators and in passive experiments (e.g. to study proton stability and measure cosmic rays in underground laboratories). It was of course necessary to make them denser than those previously developed in Frascati in order to contain the annihilation of antiprotons, and brass detectors were being made in Florence for the tracer calorimeter⁶ of the L3 experiment barrel.

So, the components needed for a possible experiment, to be taken to high altitude in the atmosphere on a stratospheric balloon, existed.

The LNF's Magnet Laboratory could contribute to the construction of the magnetic lens and, in that laboratory, M. Spadoni designed a magnetic lens with a six-coil superconducting wire, which was relatively light and could operate with a reserve of 120 litres of liquid helium for the entire 24-hour flight and ground tests.

so. Come proponente dell'esperimento L3 per il "Large Electron-Positron Collider" (LEP) al CERN ero membro del comitato esecutivo di L3 e partecipavo alle riunioni. In una riunione del 1984 a Brookhaven in concomitanza con una riunione della commissione IUPAP (The International Union of Pure and Applied Physics) ebbi l'occasione di illustrare a Tom Gaisser, un'autorità nel campo dei raggi cosmici, l'apparato che si stava studiando a Frascati per la misura del flusso di antiprotoni nei raggi cosmici. Credo che gli piacque, tant'è che telefonò al

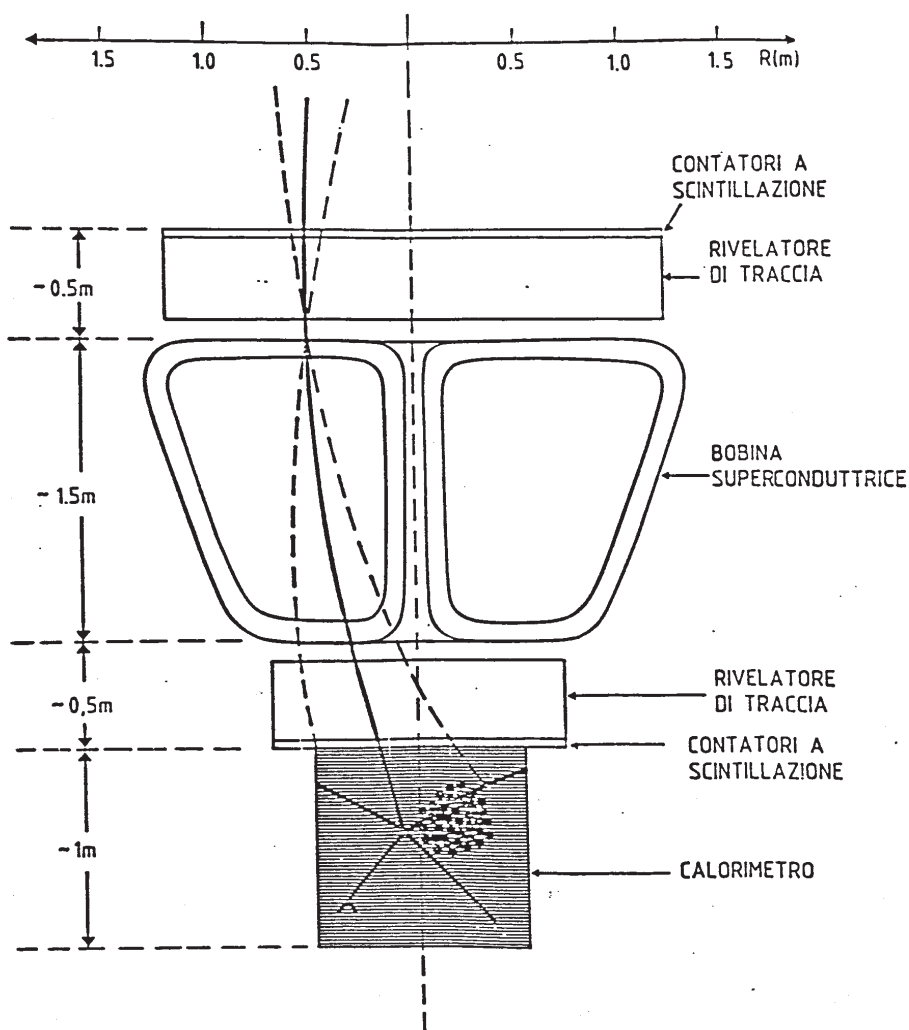


Figura 1. Vista schematica dello spettrometro magnetico per la misura del flusso di antiprotoni (da P. Spillantini, 'MASS: uno spettrometro spaziale per materia e antimateria', Il Nuovo Saggiatore, 3*1985*1 pag. 21).
Figure 1. Schematic view of the magnetic spectrometer for measuring the flux of antiprotons (from P. Spillantini, 'MASS: uno spettrometro spaziale per materia e antimateria', Il Nuovo Saggiatore, 3*1985*1 pag. 21).

Dr. Jonathan Ormes del Goddard Space Flight Center della NASA procurandomi un appuntamento con lui alla Crystal City di fronte all'aeroporto National di Washington per le ore dodici del giorno successivo, approfittando del fatto che la sera sarei partito per l'Italia e avrei avuto il tempo per la necessaria deviazione New York – Washington – New York.

Il Dr. Ormes apprezzò l'idea della lente magnetica per concentrare gli antiprotoni su un calorimetro tracciante per visualizzare la loro annichilazione. Inoltre, proprio per il fatto che avevo criticato il progetto magnetico alla 'anti-Helmoltz' che stavano studiando, mi cooptò nel gruppo di lavoro organizzato dalla NASA per la definizione della *facility* magnetica.

Essa costituiva lo strumento chiave per gli esperimenti sui raggi cosmici da installare sulla stazione spaziale "Freedom" allora in preparazione per essere costruita in orbita attorno alla Terra nel 1992, cioè in occasione del cinquecentenario della scoperta del continente americano da parte di Cristoforo Colombo. Cose da capogiro che di spazio, stazioni spaziali e rivelatori per raggi cosmici da farci volare sopra non avevo mai sentito parlare e per me fino ad allora i raggi cosmici erano particelle che venivano dall'alto e si usavano per controllare e tarare gli strumenti.

Rientrato in Italia andai subito a parlarne con il prof. Luciano Guerriero responsabile del Piano Nazionale per lo Spazio del CNR (divenuto poi ASI, Agenzia Spaziale Italiana). Il prof. Guerriero è un fisico delle particelle che avevo conosciuto a Padova in occasione delle riunioni del gruppo LNF-Padova di cui facevo allora parte. Egli capì l'importanza dell'invito di Ormes, ne fu anzi entusiasta e

The design of the experimental apparatus (Figure 1) involved colleagues from the LNF and the physics institute of Rome's "La Sapienza" University and, as we shall see, was important in convincing the NASA team to include the magnetic lens in the possible configurations to be considered for the cosmic ray magnetic facility on board the "Freedom" space station.

It is worth mentioning how this came about. It was a series of unrelated events, some of which were personal, that ended up having a positive and unexpected outcome. Having proposed the L3 experiment for the "Large Electron-Positron Collider" (LEP) at CERN, I was a member of the L3 executive committee and attended meetings. At a meeting in Brookhaven in 1984, in conjunction with a meeting of the IUPAP commission (The International Union of Pure and Applied Physics), I had the opportunity to explain the apparatus that was being studied in Frascati for measuring the flux of antiprotons in cosmic rays to Tom Gaisser, an authority in the field of cosmic rays. I think he liked it, so much so that he phoned Dr. Jonathan Ormes of NASA's Goddard Space Flight Center and arranged an appointment with him at Crystal City opposite Washington's National Airport for 12 noon the next day, taking advantage of the fact that I was leaving for Italy in the evening and would have time for the necessary New York - Washington - New York detour.

Dr. Ormes liked the idea of the magnetic lens to focus the antiprotons on a tracer calorimeter to display their annihilation. Moreover, precisely because I had criticised the "anti-Helmoltz" magnetic design they were studying, he co-opted me into the team organised by NASA to define the magnetic facility

mi supportò per la partecipazione in USA alle riunioni del gruppo di lavoro. Al gruppo di lavoro proposi lo studio di una *facility* basata sulla proposta MASS per un volo su pallone stratosferico⁷ con lettera⁸ a Thomas Cline dell'amministrazione NASA a Washington. Il progetto della *facility* fu fatto nei mesi seguenti da F. Rosatelli, S. Valentin e A. Torresi di Ansaldo Ricerche.

La collaborazione con l'Ansaldo Ricerche ebbe a che fare inaspettatamente con un evento del tutto privato: l'acquisto dell'appartamento che avevo in affitto a Roma. Il proprietario era l'ing. Salvatore Rebecchini, noto sindaco di Roma dal 1946 al 1956 (ovviamente io non lo sapevo). Per definire l'acquisto egli mi mandò da suo figlio ing. Francesco Rebecchini, all'epoca sottosegretario all'industria, cui ebbi il piacere di raccontare di me, del mio lavoro e tra l'altro accennare al progetto di un esperimento con l'uso di un magnete superconduttore. Egli mi invitò a parlarne all'ing. Sergio Barabaschi all'epoca presidente della Ansaldo Ricerche. Con l'ing. Barabaschi fui probabilmente molto convincente perché immediatamente mi promise la collaborazione dell'Ansaldo e di dedicare al progetto del magnete l'ing. Franco Rosatelli, il più brillante dei suoi giovani collaboratori. Il progetto che Rosatelli e i suoi collaboratori elaborarono era originalissimo: una lente magnetica con solo due spire⁹, progettato in dettaglio e che fu presentato al gruppo di lavoro NASA per la *facility* per i raggi cosmici. Esso fu preso in considerazione accanto a quello della NASA, costituito da una coppia di bobine in configurazione anti-Helmholtz (cioè in geometria Helmholtz ma percorse da correnti elettriche opposte) ed accanto al progetto di un solenoide sottile del giapponese Akira Yamamoto. La partecipazione di Rosatelli alle riunioni di lavoro ottenne anche il

This was the key instrument for the cosmic ray experiments to be installed on the "Freedom" space station that was being prepared at the time to be built in orbit around the Earth in 1992, i.e. on the 500th anniversary of the discovery of the American continent by Christopher Columbus. Mind-boggling things about space, space stations and detectors for cosmic rays to be flown over that I had never heard before, with my understanding until then being that cosmic rays were particles that came from above and were used to control and calibrate instruments.

When I got back to Italy, I immediately went to talk to Prof. Luciano Guerriero who was in charge of the National Space Plan of the CNR (which later became ASI, the Italian Space Agency). Prof. Guerriero is a particle physicist whom I had met in Padua at meetings of the LNF-Padua group of which I was then a member. He understood the importance of Ormes' invitation, was enthusiastic about it and supported me in attending the team meetings in the USA. I proposed the study of a facility based on the MASS proposal for a stratospheric balloon flight⁷ in a letter⁸ to Thomas Cline of the NASA administration in Washington. The facility project was pursued in the months that followed by F. Rosatelli, S. Valentin and A. Torresi from Ansaldo Ricerche.

The collaboration with Ansaldo Ricerche had to do unexpectedly with an entirely private event: the purchase of the flat I was renting in Rome. The owner was Salvatore Rebecchini, a well-known mayor of Rome from 1946 to 1956 (obviously I didn't know). To finalise the purchase he sent me to his son Francesco Rebecchini, under-secretary for industry at the time, with whom I had the pleasure of talking about myself, my work and, among other things, the project for an experiment using a superconducting magnet. He invited me to talk to Sergio Barabaschi, then

risultato che Ansaldo costruì il prototipo di una delle grandi bobine del progetto anti-Helmholtz, che fu inviata a Berkeley per i test.

L'ASI supportò l'impresa dedicandole gli ing. Roberto Ibba e Silvana Rabbia ed il dr. Jean Sabbagh che parteciparono anche ad alcune delle riunioni del gruppo di lavoro a Washington. Per parte mia nel gruppo di lavoro mi trovai benissimo e subito fraternizzai col prof. Robert Golden che gestiva ed usava la "Superconducting Balloon Facility" della NASA per i voli su pallone stratosferico, con i quali il prof. Golden aveva a suo tempo rivelato i primi antiprotoni. Quale miglior occasione per cominciare a fare misure di fisica!

Collaborare con Golden, persona aperta e generosa, fu un vero piacere e cominciò una collaborazione solida e duratura; fu una occasione unica per sviluppare gli strumenti che si stavano progettando per gli esperimenti sulla stazione spaziale ed anche per arruolare i colleghi italiani che li proponevano.

È ben noto il terremoto "geopolitico" del 1991 con la improvvisa ed inaspettata chiusura da parte degli USA sia della costruzione della stazione spaziale "Freedom" sia del super-protosincrotrone di 100 km di diametro in Texas.

Per quanto riguarda la stazione spaziale "Freedom" le collaborazioni che si erano formate per proporre gli esperimenti per la *facility* ASTROMAG non si dispersero¹⁰ e proseguirono il loro lavoro, sia cercando sistemi di messa in orbita alternativi, eventualmente riducendo massa e dimensioni dell'apparato, sia facendo parte della fisica programmata con palloni stratosferici, eventualmente con voli di lunga durata. Le collaborazioni LISA (tutta americana) e SCINATT/MAGIC (giapponese con partecipazione americana) continuarono con voli su palloni

president of Ansaldo Ricerche. I was probably very persuasive with Mr Barabaschi because he immediately promised that Ansaldo would collaborate with me and that Franco Rosatelli, the most brilliant of his young collaborators, would work on the magnet project. The project that Rosatelli and his collaborators came up with was very original: a magnetic lens with just two coils⁹, designed in detail and presented to the NASA team for the cosmic ray facility. It was considered alongside NASA's design of a pair of coils in an anti-Helmholtz configuration (i.e. in Helmholtz geometry but traversed by opposing electric currents) and alongside the Japanese design of a thin solenoid by Akira Yamamoto. Rosatelli's participation in the work meetings also resulted in Ansaldo building the prototype of one of the large coils of the anti-Helmholtz design, which was sent to Berkeley for testing.

The ASI supported the enterprise, appointing Roberto Ibba and Silvana Rabbia and Dr. Jean Sabbagh, who also attended some of the team meetings in Washington, to work on it. For my part, I got on very well with the team and immediately fraternised with Prof. Robert Golden, who managed and used NASA's "Superconducting Balloon Facility" for stratospheric balloon flights, with which Prof. Golden had revealed the first antiprotons. What better opportunity to start taking physics measurements!

Working with Golden, an open and generous person, was a real pleasure and this was the beginning of a solid and lasting collaboration; it was a unique opportunity to develop the instruments that were being designed for experiments on the space station and also to enlist the Italian colleagues who were proposing them.

stratosferici, mentre ad ASTROGAM (esperimento per la rivelazione di sorgenti gamma) poté essere successivamente dedicato il satellite GLAST.

Anche la collaborazione WIZARD, formatasi attorno al prof. Golden, non si disperse ma continuò l'attività con una serie di lanci di palloni stratosferici sia per sviluppare gli strumenti per l'apparato ASTROGAM sia per cominciare a fare misure sui flussi di raggi cosmici. I voli su pallone stratosferico furono otto tra il 1989 ed il 1998 ed appartengono ormai alla storia con risultati, allora di punta, sulla misura del flusso degli antiprotoni e dei positroni ed anche sulla misura del flusso di muoni a varie quote atmosferiche, al tempo molto importanti per verificare i calcoli sui neutrini atmosferici.

Tuttavia, va osservato che l'atmosfera residua a 40 km di quota, cioè la massima raggiungibile da un pallone stratosferico, è tale da produrre già ad una energia di 30 GeV un fondo di antiprotoni secondari in atmosfera superiore al flusso di antiprotoni primari provenienti dal cosmo. Per cui, per la misura del flusso di antiprotoni ad alta energia, i voli su palloni stratosferici perdono attrattiva.

Ma come portare apparati sperimentali in orbita, cioè al di fuori dell'atmosfera, dato che lo spazio non era più raggiungibile con lanciatori americani a causa della sospensione dei voli degli Shuttle avvenuta quattro anni prima dopo il disastro del Challenger?

Lo stimolo per una nuova fase dell'avventura fu fornito dalla visita alla New Mexico State University del prof. Arcady Galper e del dr. Moseev del Moscow Engineer and Physics Institute (MEPHI) di Mosca, amici e collaboratori di Robert Golden. A quei tempi i russi avevano una disponibilità di mezzi per i voli spaziali

The "geopolitical" earthquake of 1991, which led to the sudden and unexpected termination by the US of both the construction of the "Freedom" space station and the 100 km diameter super-protosynchrotron in Texas, is well known.

As regards the "Freedom" space station, the collaborations that had been formed to propose experiments for the ASTROMAG facility did not come to an end¹⁰ and their work continued, either with searches for alternative orbitalisation systems, possibly reducing the mass and size of the apparatus, or by doing part of the planned physics with stratospheric balloons, possibly with long flights. The LISA collaboration (all-American) and the SCINATT/MAGIC collaboration (Japanese with American participation) continued with flights on stratospheric balloons, while ASTROGAM (an experiment for the detection of gamma-ray sources) was later dedicated to the GLAST satellite.

The WIZARD collaboration, established around Prof. Golden, did not collapse either, but continued its activity with a series of stratospheric balloon launches, both to develop instruments for the ASTROGAM apparatus and to begin taking measurements of cosmic ray fluxes. Eight stratospheric balloon flights took place between 1989 and 1998, and they are now part of history, with results on the measurement of the flux of antiprotons and positrons, as well as on the measurement of muon fluxes at various atmospheric altitudes, which were very important at the time for verifying atmospheric neutrino calculations.

However, it should be noted that the residual atmosphere at an altitude of 40 km, the maximum attainable by a stratospheric balloon, is such that, with an energy of 30 GeV, it already

che volentieri offrivano per collaborare con altri istituti. Perché quindi non profittarne collaborando direttamente con loro? Fra l'altro essi possedevano anche una lunga tradizione nello studio della fisica dei raggi cosmici.

Per me fu l'occasione per utilizzare la mia conoscenza della lingua russa, che all'epoca era abbastanza buona¹¹, e andare a Mosca per parlare direttamente con i fisici e ingegneri russi e proporre loro una possibile collaborazione. Dopo i primi incontri vennero a Mosca anche il Dr. M. Gigliarelli Fiumi (dell'amministrazione centrale INFN) ed il Prof. Piergiorgio Picozza (vicepresidente dell'INFN) che poterono firmare nel 1994 il primo documento di collaborazione RIM (Russian Italian Mission). Nel programma RIM erano previsti tre esperimenti in orbita: NINA, GILDA e PAMELA. Nella Figura 2 sono riportate le dimensioni geometriche sovrapposte dei tre esperimenti, mettendo così in evidenza la unitarietà del programma proposto.

L'esperimento NINA, lanciato nel 2003, era una torre del calorimetro tracciante con un tracciatore a strisce di silicio; l'esperimento GILDA era un calorimetro tracciante di grande area per la rivelazione delle sorgenti di raggi gamma (che infine fu all'origine del satellite italiano AGILE); mentre PAMELA era l'esperimento dedicato agli antiprotoni e positroni, erede diretto di WIZARD, che fu messo in orbita nel 2006.

Non tutta la collaborazione WIZARD poté partecipare a questo programma. I nostri colleghi americani parteciparono allo studio di PAMELA ma non furono supportati dalle istituzioni americane per la partecipazione all'esperimento finale.

Il resto è ormai storia recente: l'esperimento PAMELA ha preso dati per 10 anni, dal 2006 al 2016 facendo importanti scoperte come la sovra abbondanza

produces a background of secondary antiprotons in the atmosphere that is greater than the flux of primary antiprotons from the cosmos. Consequently, flights on stratospheric balloons lose their appeal for measuring the flux of high-energy antiprotons.

But how could we get experimental apparatus into orbit, outside the atmosphere, seeing that space could no longer be reached with American launchers due to the suspension of shuttle flights following the Challenger disaster four years earlier?

Inspiration for a new adventure came from a visit to New Mexico State University by Prof. Arcady Galper and Dr. Moseev of the Moscow Engineer and Physics Institute (MEPHI) in Moscow, friends and collaborators of Robert Golden. At that time, the Russians had available space flight resources that they willingly offered in order to collaborate with other institutes. So why not take advantage of this by collaborating directly with them? Incidentally, they also had a long tradition in the study of cosmic ray physics.

For me, this was an opportunity to use my knowledge of the Russian language, which was quite good at the time¹¹, and go to Moscow to speak directly with Russian physicists and engineers and propose a possible collaboration. After the first meetings, Dr. M. Gigliarelli Fiumi (from the INFN central administration) and Prof. Piergiorgio Picozza (Vice-President of the INFN) also came to Moscow, and in 1994 they were able to sign the first RIM (Russian Italian Mission) collaboration document. Three in-orbit experiments were planned in the RIM programme: NINA, GILDA and PAMELA. Figure 2 shows the superimposed geometric dimensions of the three experiments, highlighting the unity of the programme proposed.

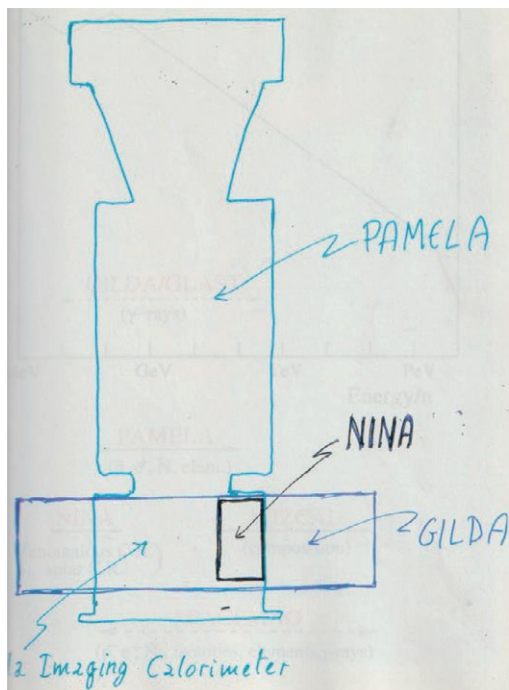


Figura 2. Dalla relazione al comitato dei referenti (Richter, Kienle e Soergel) sulle attività e i programmi della collaborazione WIZARD

Figure 2. From the report to the reference committee (Richter, Kienle and Soergel) on the activities and programmes of the WIZARD collaboration.

The NINA experiment, launched in 2003, was a tracer calorimeter tower with a silicon strip tracer; the GILDA experiment was a large-area tracer calorimeter for the detection of gamma-ray sources (which eventually spawned the Italian AGILE satellite); while PAMELA was the antiproton and positron experiment, the direct heir of WIZARD, which was put into orbit in 2006.

Not every member of the WIZARD collaboration was able to take part in this programme. Our American colleagues took part in the PAMELA study but were not supported by American institutions to participate in the final experiment.

The rest is now recent history: the PAMELA experiment took data for 10 years, from 2006 to 2016, making important discoveries such as over-abundance in the high-energy positron flux and unexpected "structures" in the cosmic nuclei flux spectrum.

The Florentine group contributed to the construction of the CALET experiment on the Japanese KIBO platform of the International Space Station and also to the study of the GAMMA400 experiment of the Russian space programme. It is currently collaborating with other Italian, European and Chinese institutes to build the HERD telescope for installation on the Chinese space station currently under construction.

In conclusion, I would like to emphasise that the cosmic ray research activity in Florence is now well established, with a large group of young researchers who will be able to carry it forward successfully and face the difficulties that arise.

nel flusso dei positroni ad alta energia e “strutture” inaspettate nello spettro del flusso dei nuclei cosmici.

Il gruppo fiorentino ha poi contribuito alla costruzione dell'esperimento CALET sulla piattaforma giapponese KIBO della International Space Station ed anche allo studio dell'esperimento GAMMA400 del programma spaziale russo. Attualmente collabora con altri istituti italiani, europei e cinesi per realizzare il telescopio HERD da installare sulla stazione spaziale cinese attualmente in costruzione.

Per concludere voglio sottolineare che l'attività di ricerca sui raggi cosmici è ormai solida e partecipata a Firenze, con un folto gruppo di ricercatori giovani che saranno in grado di portarla avanti con successo ed affrontare le difficoltà che si presenteranno.

Note

¹ P. Spillantini 'Inizio della ricerca sui raggi cosmici in Italia'. *Il Colle di Galileo*, vol. 2, n. 2, pag. 7, (2013).

² A.M. Cartacci 'Il gruppo "lastre" dell'Istituto Antonio Garbasso di Firenze (1953.1983)'. *Il Colle di Galileo*, vol. 3, n. 1, pag. 7 (2014).

³ Report LNF-72/16, use of toroidal magnetic field for experimentation with storage rings, evaluation for Adone.

⁴ Report LNF-72/59, ECFA Study Week on the 300 GeV Accelerator.

⁵ Bellettini and Spillantini, 'The 4π detector for the ISR Physics after 1980'. Workshop on the future ISR Physics, CERN, October 1976.

Notes

¹ P. Spillantini 'Inizio della ricerca sui raggi cosmici in Italia'. *Il Colle di Galileo*, vol. 2, n. 2. page 7, (2013).

² A.M. Cartacci 'Il gruppo "lastre" dell'Istituto Antonio Garbasso di Firenze (1953.1983)'. *Il Colle di Galileo*, vol. 3, n. 1, pag. 7 (2014).

³ Report LNF-72/16, use of toroidal magnetic field for experimentation with storage rings, evaluation for Adone.

⁴ Report LNF-72/59, ECFA Study Week on the 300 GeV Accelerator.

⁵ Bellettini and Spillantini, 'The 4π detector for the ISR Physics after 1980'. Workshop on the future ISR Physics, CERN, October 1976.

⁶ A. Marchionni and P. Spillantini, 'A technical proposal for the L3 Hadron Calorimeter', Report LNF-83/111(NT) (1983); and A. Arefiev, B. Bleichert, F. Ferroni et al., 'Test of a copper sampling calorimeter with streamertube readout', NIM A241 (1985) 43.

⁷ G. Auriemma et al., 'MASS, a space experiment for the measurement of the flux of cosmic ray antimatter', Report LNF-85/25(R) (1985); and *Il Nuovo Cimento*, 93A (1986) 311.

⁸ Letter to Thomas Cline 03/05/1985.

⁹ G. Basini, F. Buongiorno, A. Morselli et al. 'A double Dee Toroidal Field for a Space Spectrometer', *Il Nuovo Cimento* 102B, (1988) 529.

⁶ A. Marchionni and P. Spillantini, 'A technical proposal for the L3 Hadron Calorimeter', Report LNF-83/111(NT) (1983); and A. Arefiev, B. Bleichert, F. Ferroni et al., 'Test of a copper sampling calorimeter with streamertube readout', NIM A241 (1985) 43.

⁷ G. Auriemma et al., 'MASS, a space experiment for the measurement of the flux of cosmic ray antimatter', Report LNF-85/25(R) (1985); and *Il Nuovo Cimento*, 934 (1986) 311.

⁸ Letter to Thomas Cline 03/05/1985.

⁹ G. Basini, F. Buongiorno, A. Morselli et al. 'A double Dee Toroidal Field for a Space Spectrometer', *Il Nuovo Cimento* 102B, (1988) 529.

¹⁰ Va sottolineato come ASTROMAG ebbe un ruolo importante nel passare da singole persone o piccoli gruppi a vaste collaborazioni proprie degli esperimenti agli acceleratori di particelle. La comunità dei fisici interessati era non molto piccola ma molto parcellizzata. Il gruppo di studio per ATROMAG rappresentò un salto di qualità organizzativa in cui si mettevano insieme conoscenze e tecniche sperimentali per costruire imprese comuni; quasi tutta l'attività internazionale vi era rappresentata (mancavano solo i russi, inconcepibile in quel tempo la loro partecipazione in un campo basato sull'uso di mezzi spaziali).

¹¹ Da studente avevo seguito il corso di lingua russa all'istituto di fisica a Roma, poi nel 1970 avevo passato 4 mesi all'istituto di fisica nucleare a Novosibirsk in URSS, e successivamente avevo partecipato alle riunioni a Mosca del sottogruppo del calorimetro adronico di L3.

¹⁰ It should be emphasised that ASTROMAG played an important role in the transition from individuals or small groups to the vast collaborations typical of particle accelerator experiments. The community of physicists involved was not very small but very fragmented. The study group for ASTROMAG represented an organisational quantum leap in which knowledge and experimental techniques were pooled to build joint enterprises; almost the entire international activity was represented (only the Russians were missing, with their participation in a field based on the use of space resources being inconceivable at the time).

¹¹ As a student, I had taken the Russian language course at the Institute of Physics in Rome. Then in 1970 I had spent four months at the Institute of Nuclear Physics in Novosibirsk in the USSR, and subsequently attended meetings of the L3 hadronic calorimeter subgroup in Moscow.