

Bollettino della Società Italiana di Fisica
Nuova Serie Anno 21
N. 3 maggio-giugno 2005
N. 4 luglio-agosto 2005



Comitato di Redazione:
Giuseppe-Franco Bassani, Luisa Cifarelli, Enzo De Sanctis, Vincenzo Grasso, Roberto Habel, Guido Piragino, Angiolino Stella

Direttore Editoriale:
Angela Oleandri

Hanno inoltre collaborato a questo numero: G. Basini, B. Bertotti, S. Capozziello, M. Carfora, G. Chiarotti, A. De Gregorio, A. Di Giacomo, S. Focardi, A. Gigli Berzolari, V. Latora, A. Marzuoli, P. Nason, I. Ortalli, P. Picchi, G. Piragino, E. Predazzi, B. Preziosi, E. Recami, Y. Rephaeli, R.A. Ricci, O. Saavedra e N. Vittorio

Copertina a cura di Simona Oleandri

Segreteria di Redazione:
Carmen Vasini

Direzione e Redazione:
Società Italiana di Fisica
Via Saragozza 12
40123 Bologna
Tel. 051331554 / 051581569

Questo fascicolo è stato realizzato in Fotocomposizione dalla Monograf, Bologna e Stampato dalla Tipografia Compositori nel mese di Settembre 2005

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

© Società Italiana di Fisica
Proprietà Letteraria Riservata

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

 USPI Associato all'Unione
Stampa Periodica Italiana

SIF, Bologna

IL NUOVO SAGGIATORE

BOLLETTINO DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

Direttore Responsabile
Giuseppe-Franco Bassani

Vicedirettori
Sergio Focardi e Giuseppe Grosso

Comitato Scientifico
G. Benedek, N. Cabibbo, E. De Sanctis, R. Petronzio,
P. Picchi e A. Vitale

EDITORIALE

- 3 G. F. Bassani
- 4 Commiato - *R.A. Ricci*
- 5 Conferenza Inaugurale dell'Anno Mondiale della Fisica -
E. Predazzi e N. Vittorio
- 8 Spacetime in action - *B. Bertotti, M. Carfora e A. Marzuoli*
- 10 Albert Einstein e il moto Browniano - *A. Di Giacomo*
- 13 L'alba della relatività - *B. Preziosi*
- 20 L'effetto fotoelettrico e l'ipotesi di Einstein sui quanti di
luce - *G. Chiarotti*

IL NOSTRO MONDO

- 25 In memoria di Carlo Castagnoli
R.A. Ricci
- 27 Roma: con Carlo negli anni del dopoguerra
A. Gigli Berzolari
- 30 Carlo Castagnoli e la sua prima Cattedra a Parma
I. Ortalli
- 31 A Roma con il Professore tra gli anni '60 e '70
P. Picchi
- 32 In ricordo di Carlo Castagnoli
G. Piragino
- 36 XCI Congresso Nazionale, programma generale
- 38 Obituary: Francesco Melchiorri
Y. Rephaeli

PERCORSI

- 39 Via Panisperna e la radioattività indotta dai neutroni: il
coronamento di un progetto
A. De Gregorio
- 50 La scomparsa di Cesare Lattes
E. Recami
- 51 Il Laboratorio di Chacaltaya
O. Saavedra

SCIENZA IN PRIMO PIANO

- 57 Asymptotic freedom
P. Nason
- 67 Quantomeccanica, relatività e tempo
G. Basini e S. Capozziello

FISICA E ...

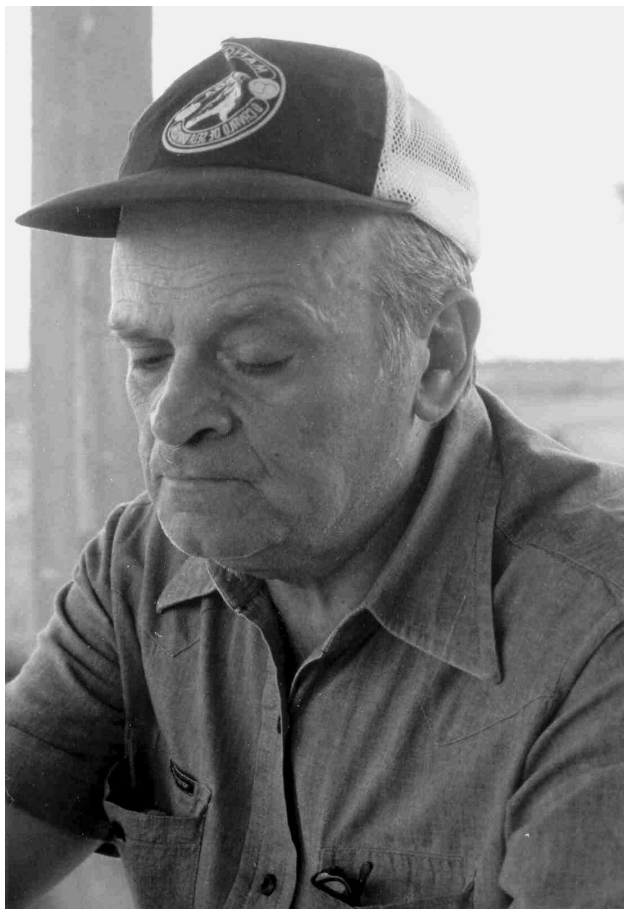
- 77 Reti *small world*: l'architettura di un sistema complesso
V. Latora

RECENSIONI

SCELTI PER VOI

- 89 Che fine han fatto le macchine pensanti? - Un nuovo
orologio di elevata accuratezza - HUTT

90 ANNUNCI



Cesare Lattes nel 1988, durante un viaggio nel Mato Grosso (Foto dell'Autore).

nostante, coordina per altri 23 anni originali ricerche nippo-brasiliane sul comportamento di raggi cosmici di energia elevatissima, sempre basate sull'esposizione in Bolivia di nuovi tipi di lastre, al piombo; e nel 1969 determina le masse delle cosiddette "palle di fuoco" (*fireballs*). Questi risultati non sono ancora di moda, in attesa probabilmente che le *fireballs* possano venire prodotte anche da grandi acceleratori... Nel contempo Lattes mantiene stretti contatti con fisici italiani, ad esempio con Enrico Predazzi, con l'Istituto di Geocronologia del CNR (Pisa), con Adriano Di Giacomo, e ancor più col grande e compianto Adriano Gozzini. Cesare Lattes e Gozzini si incontrano spesso, in Italia e non meno in Brasile, collaborando su fenomeni di fisica fondamentale legati all'influenza dei raggi cosmici sui materiali (e la famiglia Gozzini, col permesso del governo brasiliano, si porterà fino in Italia uno dei regali di Lattes: un'affezionata scimmietta, che diverrà la *mascotte* dell'intera via Randaccio di Pisa).

Negli ultimi anni Lattes ha trascorso molto del proprio tempo ascoltando musica classica, leggendo, e passeggiando (senza dimenticare, durante un lungo periodo, di passare a chiacchierare e prendere il tè nella nostra casa in Campinas; insegnò così al sottoscritto che le particelle elementari devono avere *imbuilt* un "senso di vite", cosa in seguito teoricamente asseverata da Campolattaro, Hestenes, Recami, Salesi e altri). Da un anno era abbattuto per la perdita della consorte, Martha, persona di classe, cultura e temperamento, laureata in matematica, e a suo tempo amica — per esempio — della moglie di Fermi. Dona Martha era nata in una famiglia benestante del Pernambuco. Nei suoi non pochi momenti di buon umore, Lattes (che amava molto le battute e le barzellette) consigliava ai giovani scienziati di sposarsi con una moglie ricca, perché *carmina non dant panem*: anzi, per dirla con le sue parole, perché "la scienza non dava, e non dà, molto denaro"... (*).

(*) L'autore è grato a G.-Franco Bassani, a Claudio Minetto, a Oscar Saavedra e a Carmen Vasini. Ringrazia anche Neuza T. Vasconcelos per una utile discussione.

IL LABORATORIO CHACALTAYA*

O. Saavedra

Dipartimento di Fisica Generale "A. Avogadro"
INFN sez. di Torino, Torino

51

Il nome di Chacaltaya iniziò a circolare negli ambienti scientifici, per le ricerche di fisica cosmica, da quando nel 1947 divenne famoso per la scoperta del pione.

In quegli anni C. Lattes, G. Occhialini e C. Powell⁽¹⁾ esposero le loro lastre di emulsioni nucleari, proponendosi una fantastica sfida scientifica che li condusse alla scoperta di quella fondamentale particella ed all'assegnazione del premio Nobel a C. Powell.

Prima dell'arrivo di Lattes, a Chacaltaya, una montagna dell'altipiano Andino boliviano, era in funzione un osservatorio meteorologico. Fu solo dopo gli studi di Lattes che Chacaltaya assunse

(*) Dedico questo scritto in memoria di tre eminenti fisici recentemente scomparsi, che hanno dato un grande contributo al Laboratorio di Chacaltaya e con i quali, per lungo tempo, ho avuto la fortuna di svolgere attività di ricerca: C. Castagnoli, C. M. G. Lattes, e K. Kamata.



Fig. 1. – C. Lattes a Chacaltaya (1949) in una rara fotografia.



Fig. 2. – B. Rossi con K. Suga e I. Escobar mentre discutono sul BASJE al MIT (1960).

un'importanza mondiale per le ricerche sui raggi cosmici.

Dal 1952 l'osservatorio prese il nome di Laboratorio di Fisica Cosmica di Chacaltaya e ora, dopo la recente scomparsa di Lattes, gli è stata attribuita la denominazione di "Instituto de Investigaciones Físicas C. Lattes".

Il grande fisico italo-brasiliano Cesar Lattes rese celebre, assieme a G. Occhialini, il laboratorio la cui enorme importanza è dovuta al fatto che si trova a 5230 metri sul livello del mare, quota a cui la pressione atmosferica è circa la metà di quella del livello del mare. Un altro indiscutibile vantaggio di Chacaltaya è quello di trovarsi a pochi chilometri dalla capitale La Paz, da cui è agevolmente raggiungibile, distando da essa appena 15 km in linea d'aria e un'ora e mezzo di percorso su strada camionabile. L'ulteriore vantaggio di cui gode Chacaltaya rispetto ad altri laboratori è la sua collocazione a $\sim 4^\circ$ latitudine geomagnetica cui corrisponde un alto taglio alla rigidità magnetica (~ 13 GV a Chacaltaya) valido per le particelle cariche ma non per i raggi gamma.

A Chacaltaya, oltre al notevole contributo di C. Lattes, G. Occhialini e C. Powell, sono stati effettuati molti altri interessanti esperimenti di fisica cosmica di cui possiamo elencare qui solo alcuni tra i più importanti.

1. – I primi esperimenti

L'esperimento BASJE (Bolivian Air Shower Joint Experiment) è stato il primo esperimento dedicato alla ricerca nel campo dell'Astronomia gamma, affrontato per la prima volta ad altissime energie nel 1960, utilizzando un apparato sciame assieme ad un rivelatore di muoni di 60 m^2 , allora il più grande del mondo⁽²⁾.

La ricerca consisteva nel cercare gli sciame privi di muoni e quindi presumibilmente iniziati da gamma primari per i quali fu coniata la denominazione di *mu-less showers*⁽³⁾.

La realizzazione di quest'esperimento, grazie anche al grande contributo di Bruno Rossi, allora al MIT, USA, fu notevole in quanto si dava origine ad una nuova astronomia con lo studio, per la prima volta, dei gamma d'altissima energia. Infatti, i raggi gamma entrando nella nostra atmosfera producono una cascata, puramente elettromagnetica di soli elettroni, positroni e raggi gamma che si sviluppa lungo il percorso senza dar luogo a muoni e componente adronica. Le particelle cariche primarie producono invece oltre alla componente EM, anche quella nucleare.

L'importanza della rivelazione dei gamma primari è chiaramente quella di cercare le sorgenti astrofisiche, impossibili da studiare con i raggi cosmici. Questi infatti, essendo particelle cariche, subiscono deviazioni dal loro percorso a



Fig. 3. – L'ingresso al Laboratorio.

causa dei campi magnetici nella nostra Galassia e quindi non ci portano informazioni dirette dalla sorgente.

Negli anni successivi si è visto poi che i gamma d'altissime energie possono produrre anche muoni per fotoproduzione e che il rivelatore di muoni di BASJE, pur essendo allora il più grande del mondo non era sufficiente a causa delle grandi fluttuazioni dei muoni nello sciame.

In seguito BASJE è stato condotto solo dal gruppo giapponese e boliviano ed ha avuto varie modifiche che hanno permesso di compiere svariate misure particolarmente sullo spettro primario della radiazione cosmica.

Nel 1965, il rivelatore di muoni è stato utilizzato come un calorimetro per la misura delle interazioni nucleari d'altissima energia dei protoni *survival*.

Per l'elevata posizione di Chacaltaya, i protoni primari possono arrivare fino al livello di Chacaltaya senza subire interazioni con un rapporto di 1 su 1000. Infatti, tenendo conto del *l.c.m.* del protone di 80 gr/cm^2 si ricava facilmente che il numero di protoni che attraversano lo spessore atmosferico di 530 gr/cm^2 è di \sim uno su mille rispetto al flusso primario. Dalla misura dell'energia

di questi protoni, nel rivelatore di muoni (calorimetro a singolo strato) e che non siano accompagnati da uno sciame nell'apparato EAS che funge d'anticoincidenza, si ricava lo spettro dei protoni, che ci si aspetta avere la stessa pendenza dello spettro dei protoni primari. L'energia misurata nel calorimetro è nell'intervallo che varia da $\sim 3 \text{ TeV}$ fino a $\sim 50 \text{ TeV}$.

Il risultato che si è trovato con questo esperimento è che lo spettro dei protoni *survival* presentava una maggiore pendenza di quello dei protoni primari, indicando che la sezione d'urto nella reazione $p + N$ aumenta con l'energia del protone.

I dati delle misure fino ad energie di qualche decina di TeV furono presentati per la prima volta a Calgari (⁴) nel 1967 dove è stato presentato anche l'andamento logaritmico della sezione d'urto con l'energia. Si tenga presente che, in quegli anni, la massima energia disponibile negli acceleratori era di 30 GeV al CERN.

Nel 1975 è stato definitivamente pubblicato lo spettro dei protoni *survival* (⁵).

L'andamento logaritmico della sezione d'urto è stato poi successivamente confermato con misure ad energie più grandi eseguite per mezzo di acceleratori.

2. – Esperimento con emulsioni nucleari e apparati ibridi.

Una collaborazione Brasile-Giappone è stata avviata da C. Lattes e H. Yukawa nel 1962 con lo scopo di studiare le interazioni d'altissima energia utilizzando lastre ad emulsioni nucleari. Questa ricerca si proponeva di studiare energie migliaia di volte più grandi dei 30 GeV disponibili agli acceleratori dell'epoca.

L'apparato utilizzato per questa ricerca consisteva in lastre di Pb intervallate con lastre fotosensibili a raggi X e ad emulsioni nucleari⁽⁶⁾. In particolare furono usati due blocchi separati l'uno dall'altro da uno spazio d'aria di circa 2 m avente lo scopo di separare gli eventi a piccoli angoli. In quest'esperimento fu predisposto un bersaglio di carbonio di ~30 cm di spessore per individuare le interazioni avvenute nel bersaglio (C-jets) e separarle da quelle avvenute ad esempio in aria (A-jets). Furono misurati anche quegli eventi generati nel Pb, (Pb-jets). Gli sciame o cascate generate nella parte inferiore dell'apparato erano dovuti naturalmente ad adroni che riuscivano a penetrare tutto il materiale della camera interagendo soltanto nel rivelatore in basso.

Questa gamma di misure delle caratteristiche delle interazioni nucleari ad alte energie, in particolare mediante lo studio degli eventi nel bersaglio di C (C-jets) ha dato luogo ad una serie di misure molto innovative che poi negli anni successivi si

sono dovute confrontare con i risultati delle macchine acceleratrici ad energie sempre più grandi. Basti pensare alla distribuzione del momento trasversale e alla violazione di scala di Feynman nella regione di frammentazione. Molte altre misure con questa tecnica delle emulsioni nucleari hanno dato risultati tuttora non spiegabili, come ad esempio l'esistenza di cascate molto penetranti, gli eventi con alone, gli eventi allineati ecc.

Oltre a queste misure dei C-jets, A-jets o Pb-jets, sono stati osservati anche eventi d'altissima energia⁽⁶⁻⁷⁾, mai rivelati prima, come ad esempio i *gamma-family* giganti o superfamiglie (così sono chiamati gli eventi di straordinaria ed elevata energia che sono stati trovati in laboratori d'alta quota). Gli esempi riportati nelle fig. 4a, 4b e 4c hanno energie rispettivamente di $\sim 10^{18}$ eV, 6×10^{17} eV e $\sim 10^{17}$ eV. Si noti che questi eventi straordinari, osservati con le sole emulsioni nucleari, la cui componente EM è concentrata in pochi cm² di superficie sono generati poco al di sopra del Laboratorio, ragione per cui lo sciame non ha sufficiente spazio per svilupparsi e coprire centinaia di m² o km² come è osservato normalmente con gli sciame estesi a quote più basse.

Certamente, l'osservazione e lo studio di questi eventi giganti è stato possibile solo mediante la tecnica delle emulsioni nucleari, mentre non sarebbe stato possibile con altre tecniche anche con le più moderne utilizzate nei grandi laboratori.

Un sistema di tecniche calorimetriche combi-

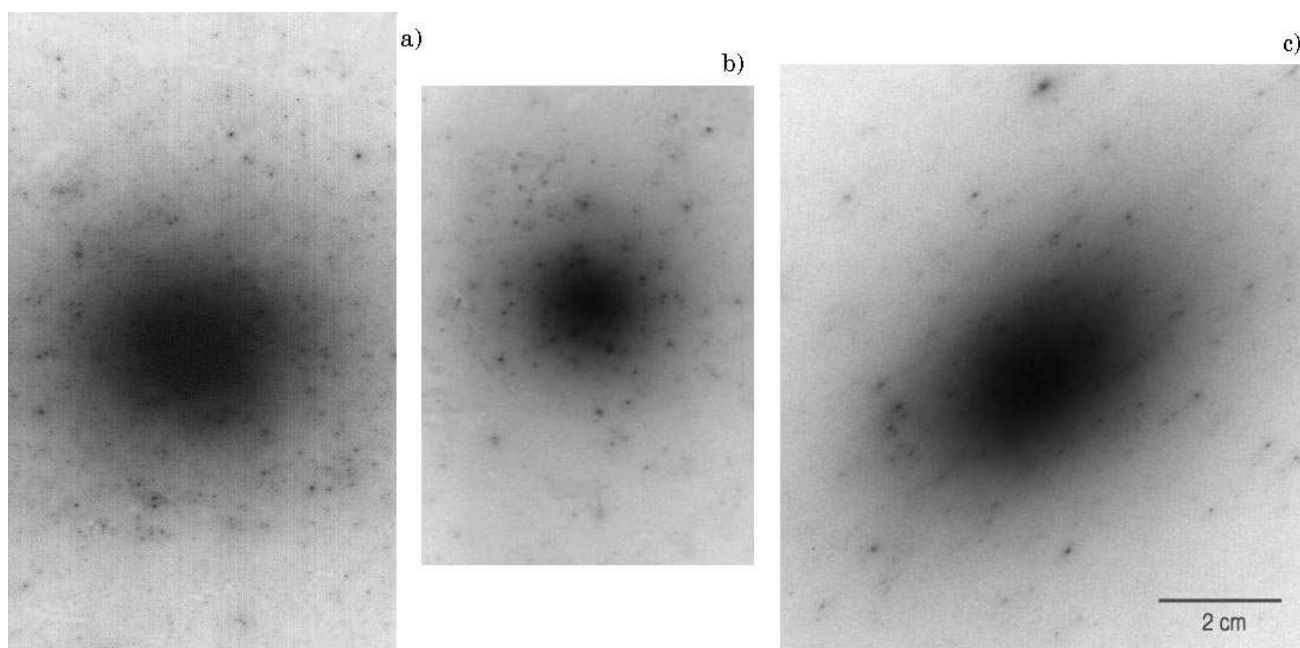


Fig. 4. – a) Evento TAJIKISTAN energia di $\sim 10^{18}$ eV, b) evento FIANT energia di 6×10^{17} eV e c) evento ANDROMEDA di energia $\sim 10^{17}$ eV. Gli eventi a) e b) sono stati osservati a Pamir (4200 m a.s.l.) l'evento c) a Chacaltaya.

nato con emulsioni nucleari darebbe informazioni molto interessanti per eventi di questa natura.

I risultati, che questa collaborazione ha dato, sono stati molto importanti per la conoscenza dei meccanismi delle interazioni nucleari ad altissime energie, che non possono essere raggiunte nemmeno con acceleratori come il futuro LHC. L'evento Andromeda, vedi fig. 4c (così chiamato per la sua forma) e l'evento Centauro non sono che alcuni esempi di questa ricerca effettuata ad alta quota.

Negli anni 1973-74 ebbe inizio una nuova collaborazione, SYS⁽⁸⁾ (Saitama-Yamanashi-San Andres), tra università giapponesi e Chacaltaya che consisteva nell'uso di un rivelatore ibrido in altre parole di un sistema di scintillatori per la misura dei parametri dello sciame, un rivelatore a emulsioni nucleari e lastre a raggi X per misure dei gamma e degli adroni dello sciame.

Le misure effettuate con l'apparato ibrido hanno dato risultati molto interessanti coerenti con quelli di altre misure con tecniche indipendenti. Ad esempio si è trovato che l'intensità delle famiglie gamma⁽⁹⁾ misurata risulta essere più bassa di quella che ci si aspetta. Lo stesso effetto di riduzione viene trovato con SYS. Infatti, l'intensità delle famiglie gamma in funzione delle dimensioni dello sciame mostra che l'intensità al di sopra di 10^7 particelle è minore di ciò che si aspetta⁽¹⁰⁾. Il confronto è fatto anche con i risultati di un'altra misura nel laboratorio di Tien Shan nel Kazakistan. SYS ha misurato anche la componente adronica: pure in questo caso si ha un numero di adroni minore di quello atteso⁽¹¹⁾. Risultati analoghi sono stati trovati nell'esperimento KASCADE.

Tutti i tre risultati sembrano mostrare una forte dissipazione d'energia in una forma che ancora a noi non è nota mostrando forse una forte violazione della legge di scala di Feynman. È interessante rilevare che questi risultati sono stati ottenuti con appena 8 m^2 di rivelatore.

3. – Il contributo di Torino

Da quando G. Wataghin propose l'idea della produzione multipla di particelle, nell'urto ad altissime energie, l'interesse di Torino è stato sempre molto forte verso lo studio delle interazioni nucleari ad alte energie, in particolare dei raggi cosmici. Dopo la scoperta del pione a Chacaltaya, Wataghin e Lattes hanno dato inizio ad una collaborazione molto produttiva per quanto riguarda le interazioni di altissima energia in Chacaltaya. L'apporto di Wataghin soprattutto sui meccanismi

di produzione multipla è stato essenziale fin da quando l'aveva proposto. L'interesse è stato sempre molto alto soprattutto dopo il ritrovamento dell'evento Centauro a Chacaltaya.

In anni successivi C. Castagnoli, allora direttore del Dipartimento di Fisica e dell'Istituto di Cosmogeofisica del CNR di Torino ha indirizzato il suo interesse verso Chacaltaya con un esperimento per la rivelazione di gamma d'alta energia dalla SN 1987a. Da Chacaltaya la SN 1987a viene osservata a ~ 40 gradi sull'orizzonte. Questo esperimento è stato portato avanti da G. Navarra⁽¹²⁾ dell'Università di Torino.

Tenendo conto dell'imparagonabile vantaggio logistico di Chacaltaya, abbiamo realizzato da alcuni anni, in collaborazione fra il Dipartimento di Fisica Generale "A. Avogadro" dell'Università di Torino, con l'Istituto di Cosmogeofisica del CNR di Torino e dell'Istituto d'Investigaciones Fisicas dell'Universidad Mayor de San Andrés di La Paz Bolivia, l'esperimento INCA (*INvestigation of Cosmic Anomalies*) per la rivelazione dei famosi ed enigmatici *Gamma Ray Burst* (Lampi di Raggi Gamma). Il principio su cui si basa questa ricerca è quello di rivelare i raggi gamma alle più basse energie possibili. I raggi gamma di energie dell'ordine di poche GeV danno luogo a cascate EM molto piccole in aria, quindi facilmente assorbite nell'alta atmosfera. Nonostante quest'assorbimento, qualche particella di queste cascate può raggiungere il livello d'osservazione. Infatti, da calcoli di simulazioni una singola particella a Chacaltaya, in media è il residuo di una cascata originata da un gamma primario di $\sim 16 \text{ GeV}$ ⁽¹³⁾. Questa tecnica di rivelazione della singola particella è stata già usata in precedenza a Plateau Rosa.

Monitorando in modo continuo i conteggi dei rivelatori usati per l'esperimento INCA, possiamo osservarne l'andamento ed eventuali fluttuazioni che vanno al di fuori dei valori normali. Mettendo in coincidenza temporale queste fluttuazioni, con la rivelazione di GRB da parte d'osservazioni satellitari, sempre e quando la direzione del *burst* rivelato con i satelliti sia nel cono di vista di Chacaltaya, possiamo attribuire la rivelazione di un GRB.

Con quest'esperimento abbiamo raggiunto i migliori limiti superiori alla rivelazione dei GRB a terra. L'osservazione di tali lampi ci ha fatto trovare l'*upper limit* che è il migliore a tutt'oggi mai raggiunto altrove⁽¹⁴⁾.

Anche in questo caso si potrebbe argomentare che i nostri risultati sono stati raggiunti con un apparato di appena 48 m^2 e che danno un flusso

migliore di 10^{-4} erg/cm². Ciò ci induce a pensare che con un apparato più grande si potrebbero raggiungere facilmente le sensibilità dei satelliti.

Dal marzo 2000 è in funzione, a Chacaltaya, un altro esperimento, detto SLIM (*Search for Light Magnetic Monopoles*) approvato dall'INFN, in collaborazione tra i Dipartimenti di Fisica delle Università di Torino e di Bologna (gruppo del prof. G. Giacomelli). SLIM⁽¹⁵⁾ ha lo scopo di cercare i Monopoli magnetici e *Strange Quark Matter* o nucleariti nella radiazione cosmica galattica.

SLIM consiste nell'esposizione di un rivelatore passivo di circa 400 m² di lastre in moduli di 24×24 cm² composti di 3 strati di CR39, 3 lastre di policarbonato e assorbitore d'alluminio di 1 nm di spessore. Ogni modulo è sigillato in un contenitore di alluminio riempito con dell'aria secca. Dopo 4 anni d'esposizione SLIM è ora in fase di smontaggio a Chacaltaya e di analisi a Bologna.

Un'altra ricerca riguarda il flusso di neutroni, misurato per la prima volta ad alta quota da A. Zanini⁽¹⁶⁾ dell'INFN di Torino con un sistema innovativo di rivelatori passivi e in modo indipendente anche da Schaurbe⁽¹⁷⁾ con la tecnica delle Bonner Spheres, sempre a Chacaltaya. I risultati di Zanini *et al.* sono confrontati con le misure su voli di linea (MI-LA-MI) ad una quota di 12000 metri⁽¹⁶⁾.

Tutti questi esperimenti sono difficilmente riproducibili, se non impossibili, a quote più basse.

Nel 2000, a La Paz, si è tenuto un "Meeting internazionale sulla Fisica Cosmica" che ha visto la partecipazione di 60 illustri scienziati di tutto il mondo: dalla Russia all'America, dal Giappone alla Polonia ecc. in cui sono stati discussi i principali temi sull'attuale ricerca nel campo della fisica cosmica.

Nel 2004 è stata inaugurata la "*First School on Cosmic Ray Physics and Astrophysics*" rivolta soprattutto ai giovani laureati latino americani.

Per questi due eventi, oltre alla partecipazione ed al contributo delle Università di Torino, Bologna, Roma e di istituzioni come l'INFN e CNR, e ICTP di Trieste, vi è stata una nutrita partecipazione di giovani scienziati latino-americani provenienti dall'Argentina, Brasile, Messico, Perù, Costa Rica, Uruguay e Chile.

Dato il successo di questa Scuola, una seconda edizione sarà realizzata in Messico, nel 2006.

Durante questi due eventi internazionali, è stata anche organizzata la mostra "Il legato di Galvani-

Volta nella Fisica Contemporanea" rivolta ad un pubblico più vasto. Questa mostra, ha avuto anche lo scopo di realizzare seminari divulgativi da parte di quasi tutti gli scienziati partecipanti ai due meeting.

Bibliografia

- (1) C. LATTES, G. OCCHIALINI e C. POWEL: *Nature*, **160** (1947) 486, 543.
- (2) K. SUGA, I. ESCOBAR, G. CLARK, W. HAZEN, A. HENDEL e K. MURATAMI: "Bolivian Air Shower Joint Experiment" *J. Phys. Soc. Jpn.*, **17**, suppl. A III (1962).
- (3) K. SUGA, I. ESCOBAR, K. MURATAMI, V. DOMINGO, Y. TOYODA, G. CLARK e M. LA POINTE: "Evidence for EAS with extremely few penetrating particles" *Proceedings of the 8th ICRC, Jaipur, India* vol. **4** (1963) 9.
- (4) K. KAMATA, S. SHIBATA, O. SAAVEDRA, M. LA POINTE, J. GAEBLER, I. ESCOBAR, A. ALARCON, K. SUGA, K. MURATAMI e Y. TOYODA: "High Energy Nuclear Interactions of Cosmic Rays (10^{12} eV) Observed at 5200 m a.s.l." *Can. J. Phys.* **46** (1968) 10.
- (5) C. AGUIRRE, A. TREPP, G. MEJIA, K. MURATAMI, K. KAMATA, Y. TOTODA, T. MAEDA, C. YOKOYAMA, P. MAC KEOWN, K. SUGA, K. UCHINO e T. KANEKO: "Energy Spectrum of surviving protons with energies (3–30) TeV at 5200m a.s.l. and the cross section of proton – air-nucleus Collisions" *Nuovo Cimento B* **27** (1975) 263.
- (6) C. M. G. LATTES, Y. FUJIMOTO e S. HASEGAWA: "Hadronic Interactions of High Energy Cosmic-Ray Observed by Emulsion Chambers" *Phys. Rep.* **65**, No 3, (1980).
- (7) S. A. SLAVATINSKY: "Investigation of unusual phenomena in cosmic rays with Tien Shan and Pamir experimental setups at energy higher than 1 PeV" *Nuovo Cimento C*, **24** (2001) 557.
- (8) T. MATANO, M. MACHIDA, K. OHTA, I. IMAI, M. NAGAYASU, I. TSUSHIMA, C. AGUIRRE, R. ANDA, e C. NAVIA *Proceedings of the 17th ICRC, Paris, France*, vol 2 (1981) pp. 314.
- (9) J. R. REN *et al.* *Nuovo Cimento C* **10** (1987) 43.
- (10) N. KAWASUMI, I. TSUSHIMA, K. HONDA, K. HASHIMOTO, T. MATANO, N. INOUE, A. OHSAWA, N. MARTINIC, R. TICONA e C. AGUIRRE: "Simultaneous observation of families and accompanied air showers at Mt. Chacaltaya" *Phys. Rev. D*, **53** (1996) 3534.
- (11) C. AGUIRRE *et al.* *Phys. Rev. D*, **62** (2000) 032003.
- (12) C. CASTAGNOLI, C. MORELLO, G. NAVARRA, L. PERIALE e P. VILLANIA: "Search for 100TeV gamma-rays from SN1987a from the Chacaltaya station" *Proceedings of the 21st ICRC, Adelaide, Australia*, vol. 2 (1990) 204.
- (13) A. CASTELLINA, P. L. GHIA, F. KAKIMOTO, T. KANEKO, C. MORELLO, G. NAVARRA, K. NISHI, O. SAAVEDRA, G. TRINCHERO, D. URZAGASTI, P. VILLANIA, A. VELARDE, S. VERNETTO e H. YOSHII: "Search for gamma-ray burst at Chacaltaya" *Nuovo Cimento C*, **24** (2001) 631.
- (14) A. CASTELLINA, P. L. GHIA, F. KAKIMOTO, T. KANEKO, C. MORELLO, G. NAVARRA, K. NISHI, O. SAAVEDRA, G. TRINCHERO, D. URZAGASTI, P. VILLANIA, A. VELARDE, S. VERNETTO e H. YOSHII: "Search for GeV GRB at Chacaltaya" *Proceedings of the 27th ICRC, Hamburg, Germany*, vol. **7** (2001) 2735.
- (15) S. CECCHINI, G. GIACOMELLI, M. GIORGINI, J. MC DONALD, G. MANDRIOLI, S. MANZOOR, A. MARGOTTA, J. NOGALES, L. PATRIZII, J. PINFOLD, V. POPA, I. E. QURESHI, A. A. RANA, O. SAAVEDRA, P. SERRA, I. SHAHZAD, M. SPURIO, R. TICONA, V. TOGO, A. VELARDE e A. ZANINI: "Search for magnetic monopoles at the Chacaltaya cosmic ray Laboratory" *Nuovo Cimento C*, (2001) 639.
- (16) A. ZANINI in: Grieder, P.K.F., *Earth: Researcher's Reference Manual and Data Book.* (Elsevier) 2001, pp. 126-127.
- (17) H. SCHRAUBE, V. MARES, S. ROESLER e W. HEINRICH: "Experimental verification and calculation of aviation routs doses" *Rad. Prot. Dos.* **86** (1999) 309.