

Asimmetrie



Anno II numero 2 - maggio 2006

Rivista dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

ILC l'acceleratore che verrà



Glast. Un osservatorio spaziale per lo studio della radiazione cosmica ad alta energia

Particelle contro il cancro

Innovazione: la ricerca
fa la differenza

Gli elettroni in corsa
fanno le calamite

Fisici per caso

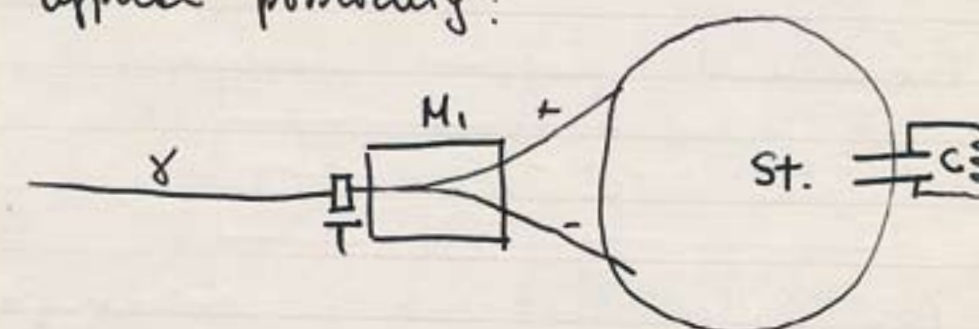
Italia al Cern

Un esperimento in orbita

18.2.60.

State of affairs. Discussed plan with
Gripo. Decided for "subside" storage
G. proposed use of γ -beam also
for electrons.

Typical possibility:



γ = γ -beam, T = target, M_1 = separating
magnet, St. = Storage magnet, C = Acc.
circuit.

Basic formula

$$q = N^2 (v\tau)^2 \frac{\sigma}{q} \cdot \frac{c}{\pi R}$$

N = number of particles accepted per pulse
 v = repetition rate of the Synch ($v=20$)

La prima pagina del quaderno di appunti di Bruno Touschek, datata 18 febbraio 1960.

Il giorno precedente, durante una riunione ai Laboratori Nazionali di Frascati, Touschek aveva proposto la costruzione di un collisore in cui le particelle sarebbero state accelerate e poi fatte scontrare allo scopo di studiare i costituenti fondamentali della materia. Nella pagina è tracciato uno schizzo essenziale dell'anello. Il collisore progettato da Touschek diventerà il capostipite di una grande famiglia di acceleratori, a cui appartengono anche i più moderni e avanzati, come Lhc e Ilc. Il quaderno è conservato presso l'Archivio Bruno Touschek del Dipartimento di Fisica dell'Università La Sapienza di Roma.

È meglio sapere, o anche supporre, che ci si inganni, piuttosto che essere inconsapevolmente condotti...

...a prendere un errore
per la verità

Michael Faraday

SOMMARIO



pagine 4-11

Glast. Un osservatorio spaziale per lo studio della radiazione cosmica ad alta energia

di Gloria Spandre e Marco Maria Massai con la collaborazione di Nora Capozio

A partire dal 2007 orbiterà attorno alla Terra per svelare i misteri dell'Universo

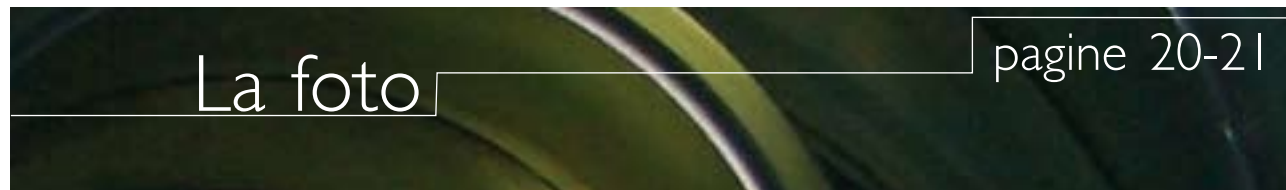


pagine 12-19

Particelle contro il cancro

di Cristina Valsecchi e Giacomo Cuttone

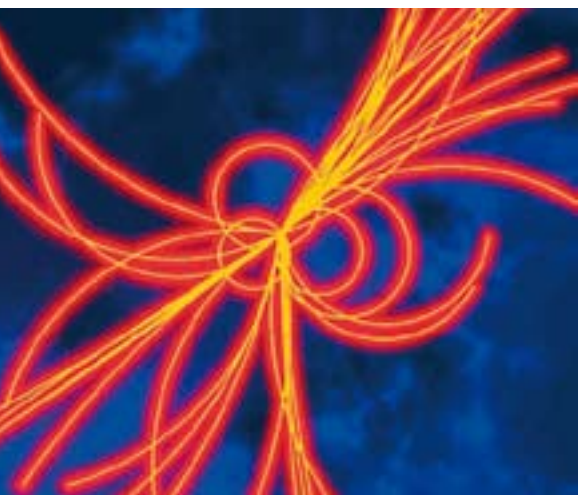
Un acceleratore di particelle al servizio della prima sperimentazione italiana di adroterapia



pagine 20-21

La foto

Virgo: alla ricerca delle onde gravitazionali



pagine 22-31

ILC, l'acceleratore che verrà

di Andrea Ghigo

L'acceleratore del futuro sarà lungo 40 chilometri: al suo interno viaggeranno fino a scontrarsi particelle di materia e antimateria

Appunti di fisica

pagine 32-33



Fisici per caso

In barca a vela con Patrizio Roversi di Barbara Gallavotti

Non solo fisica

pagine 34-35



Innovazione: la ricerca fa la differenza

Intervista a Roberto Siagri di Barbara Gallavotti

L'esperimento

pagine 36-37



Gli elettroni in corsa fanno le calamite
a cura di Francesca Scianitti

In breve

pagine 38-39

Italia al Cern
Un esperimento in orbita

Recensioni

pagine 40-41

Agenda

pagine 42-43



La moderna fisica nucleare e delle particelle non può permettersi di pensare a breve termine. I suoi esperimenti si basano su strumenti complessi, come grandi acceleratori e rivelatori di particelle: strumenti che hanno bisogno di grandi competenze, progetti estremamente articolati e investimenti di ampia portata. Per questa ragione, mentre al Cern di Ginevra sta per entrare in funzione Lhc, il più grande acceleratore mai concepito, alcuni fisici sono già con la mente a Ilc, l'International Linear Collider, il cui ruolo fondamentale sarà approfondire e completare i risultati ottenuti grazie a Lhc. Ilc rappresenta un'entusiasmante sfida per il futuro, ma affonda le radici in una lunga e solida tradizione nata negli anni '50 ai Laboratori Nazionali di Frascati, grazie a una geniale intuizione del fisico Bruno Touschek. All'acceleratore che verrà, Asimmetrie dedica l'articolo di copertina del suo secondo numero. Gli acceleratori di particelle sono nati per indagare i segreti degli atomi, ma trovano applicazione anche in campi lontanissimi da quelli per cui sono stati concepiti. In particolare è importante il loro utilizzo in medicina, e proprio gli acceleratori rendono possibile un innovativo trattamento contro i tumori: l'adroterapia. Guarda invece al cielo Glast, ma lo fa con occhi molto particolari. Questo strumento infatti verrà lanciato nello Spazio allo scopo di intercettare e studiare i raggi gamma: fotoni dotati di altissima energia che potranno svelarci molti segreti sulla natura dell'Universo. Buona lettura! (B.G.)



GLAST

**Un osservatorio spaziale
per lo studio della radiazione cosmica
ad alta energia**

A partire dal 2007 orbiterà attorno alla Terra
per svelare i misteri dell'Universo



Immagine pittorica di Glast. Sullo sfondo la Terra
e la Luna riprese dalla sonda Galileo nel 1992

di Gloria Spandre e Marco Maria Massai
con la collaborazione di Nora Capozio

La galassia a spirale NGC6946, nella costellazione di Cefeo. Alcune galassie hanno spesso nel loro centro supernovae e buchi neri di massa equivalente o superiore al sistema solare, che i ricercatori ritengono essere delle sorgenti di radiazione cosmica ad alta energia.

«Ci sono più cose in cielo e in terra, Orazio,
di quante ne sogni la tua filosofia ...»

Così diceva Amleto al suo amico Orazio,
sugli spalti del Castello di Elsinore.

Shakespeare non poteva certo immaginare quanto fossero vere le sue parole. L'Universo, infatti, non solo è popolato da innumerevoli particelle, ma è anche pervaso da radiazioni elettromagnetiche che arrivano in prossimità del nostro pianeta dopo essere partite da lontane galassie o sperdute nebulose che le emisero migliaia o addirittura milioni di anni fa.

Tra queste radiazioni, le più energetiche e per molti versi ancora misteriose sono i raggi gamma: fotoni di energia miliardi di volte maggiore di quella in possesso dei fotoni che compongono la luce visibile. I raggi gamma portano con sé informazioni sia sui meccanismi che li hanno prodotti, sia sui sistemi con i quali hanno interagito durante il loro percorso. Comprendere la loro natura consente quindi di far luce su molti fenomeni ad alta energia ancora poco conosciuti e permette di avere una visione più completa dell'Universo, della sua nascita e della sua evoluzione: per questa ragione, essi sono al centro di molti sforzi di ricerca. Oggi fisici di tutto il mondo stanno ultimando Glast (Gamma-ray Large Area Space Telescope), uno strumento spaziale di ultima generazione dedicato alla caccia di raggi gamma dotati di energie mai studiate prima. Il lancio dello strumento è previsto nel settembre 2007 dalla base Nasa del Kennedy Space Flight Center in Florida. In seguito, per circa dieci anni, Glast viaggerà a bordo di un satellite compiendo un giro completo attorno alla Terra in 95 minuti e orbitando a una distanza di 550 chilometri dal nostro pianeta.

Studiare i raggi gamma dalla superficie terrestre è complicato dal fatto che l'atmosfera li scherma: dal nostro pianeta, dunque, non è possibile osservare direttamente questa radiazione, ma occorre limitarsi a studiare fenomeni indiretti da essa prodotti.

La presenza di raggi gamma provenienti dal cosmo fu evidenziata per la prima volta nel 1961 da uno speciale dispositivo posto a bordo del satellite Explorer 11.

Da allora sono state realizzate molte altre missioni per indagare più a fondo sulla radiazione gamma e in particolare scoperte di notevole rilevanza scientifica sono state fatte dal Compton Gamma Ray Observatory (Cgro), operativo dal 1991 al 2000.

A bordo di questo satellite era alloggiato Egret, un grande telescopio per raggi gamma grazie al quale i ricercatori hanno potuto 'disegnare' la prima mappa che descrive la distribuzione di questa radiazione nel cosmo.



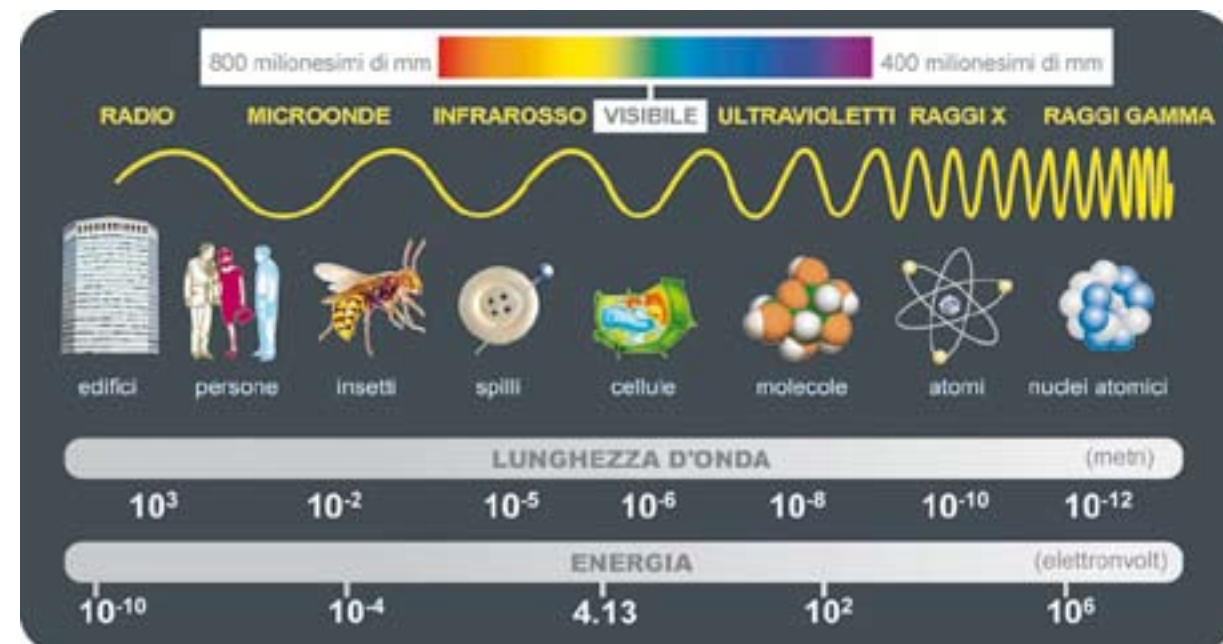
Una simulazione del cielo gamma con i dati che si potrebbero ottenere dopo un anno di osservazione con Glast. I punti luminosi indicano le sorgenti di raggi gamma. In corrispondenza del piano galattico (la linea centrale) si nota un'emissione diffusa che si ritiene dovuta all'interazione di particelle cariche con la materia interstellare.

In particolare, a essere individuata è stata la distribuzione di raggi gamma dotati di un'energia compresa tra 30 milioni e 10 miliardi di elettronvolt (l'elettronvolt è l'unità di misura di energia usata nel mondo microscopico: si tratta di un'unità dieci miliardi di miliardi di volte più piccola di quella di un Joule, che corrisponde alla quantità di energia prodotta da una candela in un secondo).

Ma di quale utilità può essere una mappa del genere? Da millenni l'uomo scruta il cosmo osservando la luce visibile che proviene dalle stelle: in sostanza, fotoni dotati di una lunghezza d'onda corrispondente a un'energia di 2 o 3 elettronvolt. Tuttavia, negli ultimi decenni sono stati sviluppati molti nuovi strumenti concepiti per captare lunghezze d'onda



Riproduzione artistica di un lampo di raggi gamma: la loro luminosità aumenta per un certo intervallo di tempo fino a raggiungere un notevole picco per poi scomparire. L'origine dei lampi gamma è ancora misteriosa, ma si ritiene che siano prodotti in eventi catastrofici che si originano in seguito al collasso e allo scontro di buchi neri, o alla collisione fra stelle di neutroni.

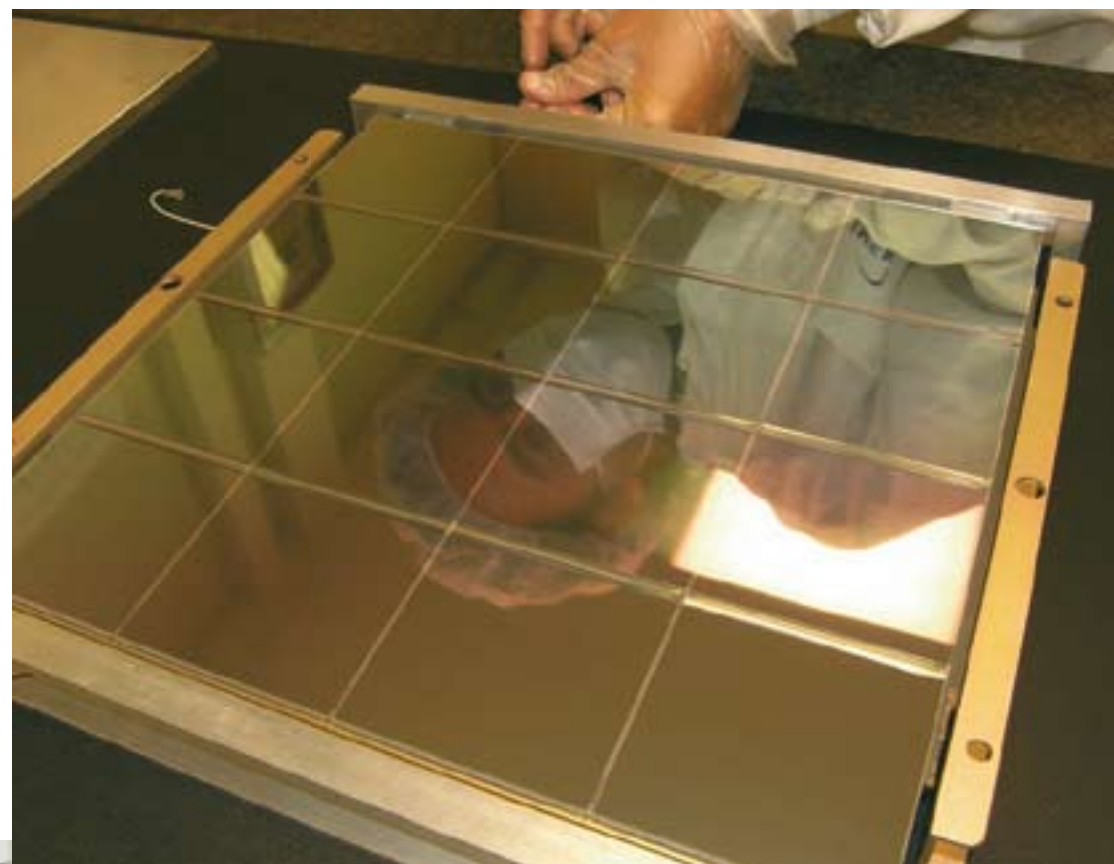


Le onde elettromagnetiche presenti in natura possono essere classificate, in base alla loro lunghezza e alla loro energia, in quello che viene comunemente chiamato spettro elettromagnetico. Quanto più lunga è un'onda elettromagnetica, tanto minore è l'energia trasportata dai fotoni che la compongono. Ci sono onde lunghe chilometri e quindi poco energetiche, come le onde radio, e onde delle dimensioni di nuclei atomici e ad alta energia, come i raggi gamma. La radiazione elettromagnetica che può essere percepita dai nostri occhi come luce è solo una piccolissima parte dello spettro: è quella che ha lunghezza d'onda compresa tra 400 e 800 milionesimi di millimetro. All'interno di questo intervallo siamo in grado di distinguere diversi colori, che rappresentano il modo con cui il nostro cervello individua lunghezze d'onda diverse: le onde più lunghe le percepiamo come rosse, mentre quelle più corte come blu.



A destra, preparazione per l'assemblaggio di uno dei 19 tray o 'vassoi' di cui sono costituiti i 16 elementi chiamati torri che compongono il Large Area Telescope (Lat), 'cuore' di Glast. Nella foto sono visibili le 16 'mattonelle' di silicio che compongono il piano superiore del vassoio. A sinistra, l'intera struttura del Lat viene rivestita dallo scudo termico e di protezione contro le micrometeoriti nei laboratori del Linear Accelerator Center a Stanford.

In basso, tecnici a lavoro su una torre del Large Area Telescope (Lat) nella fase di collegamento elettronico tra i 19 vassoi che la compongono. La torre è alloggiata in una struttura in acciaio, che ha permesso di costruirla mantenendo, con alta precisione, una distanza di solo 2 millimetri tra i vassoi; in seguito questa struttura viene rimossa. Le zone nere sono le parti dei vassoi in fibra di carbonio, mentre in verde sono i circuiti di elettronica per la lettura dei segnali provenienti dai rivelatori al silicio.



non registrabili dai nostri occhi, corrispondenti a fotoni dotati di energia inferiore a quella della luce visibile, come le onde radio, o miliardi di volte superiore, come i raggi gamma.

L'aspetto affascinante è che l'Universo ci appare diverso a seconda della lunghezza d'onda con cui lo osserviamo, e per questa ragione la mappa della distribuzione dei raggi gamma è di estremo interesse per scoprire nuovi volti del cosmo. In particolare, lo studio della radiazione ad alta energia ha mostrato un mondo estremamente ricco e dinamico, in cui si verificano fenomeni violenti e in rapido cambiamento, alcuni dei quali impossibili da osservare nell'Universo visibile.

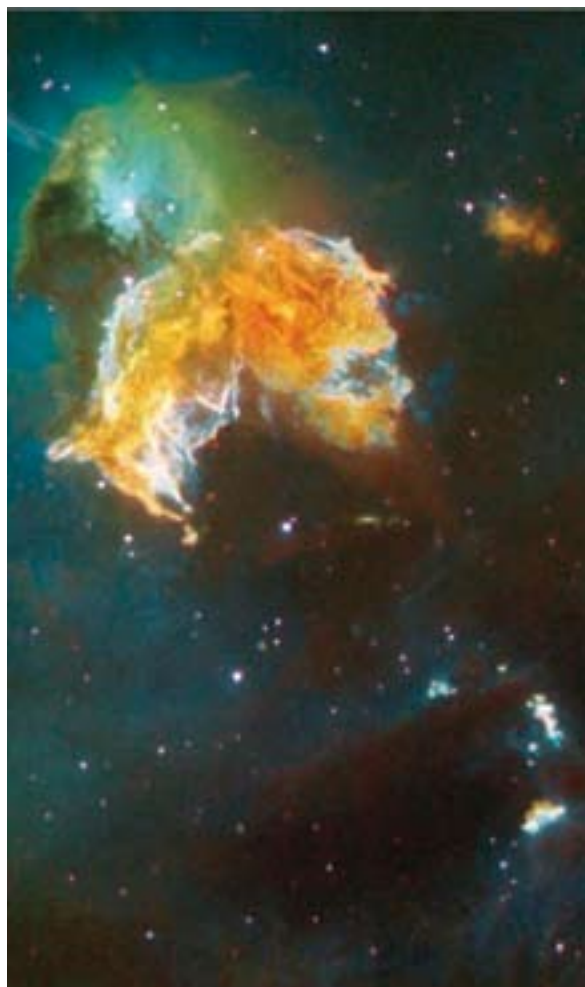
Ad esempio, se i nostri occhi potessero percepire le lunghezze d'onda dei raggi gamma, circa una volta al giorno vedremmo splendere un bagliore intensissimo: per un istante il cielo sarebbe illuminato della luce di tutte le stelle dell'Universo! Questi brillamenti improvvisi sono i lampi gamma o Grb (Gamma Ray Bursts), raggi gamma che appaiono per brevissimi istanti e in direzioni casuali. Per studiare i lampi gamma, Glast avrà a disposizione uno strumento speciale, il Glast Burst Monitor. Esso controllerà costantemente il cielo per segnalare il manifestarsi di lampi gamma e brillamenti solari e permetterà di modificare rapidamente l'orientamento del satellite, puntando il telescopio nella direzione di provenienza di questi lampi.

Grazie alla sua sofisticata tecnologia, Glast potrà compiere delle osservazioni su intervalli di energia mai studiati fino a ora: i suoi rivelatori permetteranno di individuare i fotoni con energia compresa fra circa 20 milioni e 300 miliardi di elettron-

volt, una banda energetica molto più ampia di quella raggiunta dal suo predecessore Egret. Glast avrà inoltre una sensibilità circa 50 volte superiore e questa caratteristica, unita alla maggiore area efficace dello strumento, consentirà di raccogliere in un solo giorno un numero di fotoni tale da poter rivelare la più debole sorgente vista da Egret in anni di osservazioni. I ricercatori sperano che Glast possa anche 'gettare luce' su una delle questioni più affascinanti e misteriose della cosmologia: la materia oscura.

Il coinvolgimento italiano

Gl last fa parte del programma della Nasa sullo studio della struttura ed evoluzione dell'Universo ed è frutto di una grande collaborazione internazionale supportata dalla Nasa, dal Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti e da enti di ricerca in Italia, Francia, Svezia e Giappone. In questa missione, l'Italia ricopre un ruolo di primaria importanza e di grande responsabilità. Fanno parte della collaborazione l'Agenzia Spaziale Italiana e le sezioni dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare di Pisa, Bari, Padova, Perugia, Roma 2 Tor Vergata, Trieste e Udine e vari centri dell'Istituto Nazionale di Astrofisica. L'attività principale della componente italiana è stata la costruzione e la verifica di funzionalità del tracciante per il Large Area Telescope (Lat): una delle componenti più importanti di Glast. La progettazione e l'ingegnerizzazione dei singoli componenti e dei sistemi di assemblaggio e la fabbricazione dei primi prototipi sono state effettuate in laboratori dell'Infn. Successivamente le conoscenze acquisite sono state trasferite all'industria, consentendo così la partecipazione alla costruzione del tracciante a diverse aziende italiane che occupano una posizione di rilievo nella produzione di manufatti nel settore aerospaziale (in particolare alla Plyform Srl, G&A Engineering, Mipot Spa, Centrotecnica Sas, Alenia Spazio). Le 16 torri che compongono il Lat sono state testate nei laboratori dell'Alenia Spazio. Qui, per verificare la loro resistenza alle vibrazioni e a diverse temperature (da -15 a 45 gradi centigradi), sono state riprodotte le condizioni ambientali più estreme che si possono presentare al momento del lancio e durante la missione. Il gruppo italiano svolge un ruolo molto importante anche nello sviluppo del software di analisi dei dati e di simulazione di alcune classi di sorgenti come i lampi gamma e le pulsar. (G.S.)



Alcune delle sorgenti di raggi gamma sono i resti di supernova, costituiti dal materiale espulso in seguito all'esplosione di una stella. Nella foto, ripresa dal telescopio spaziale Hubble, si vedono i resti della supernova LMCN63A nella Grande Nube di Magellano, una galassia nana che orbita attorno alla Via Lattea.

Sorgenti di Raggi Gamma

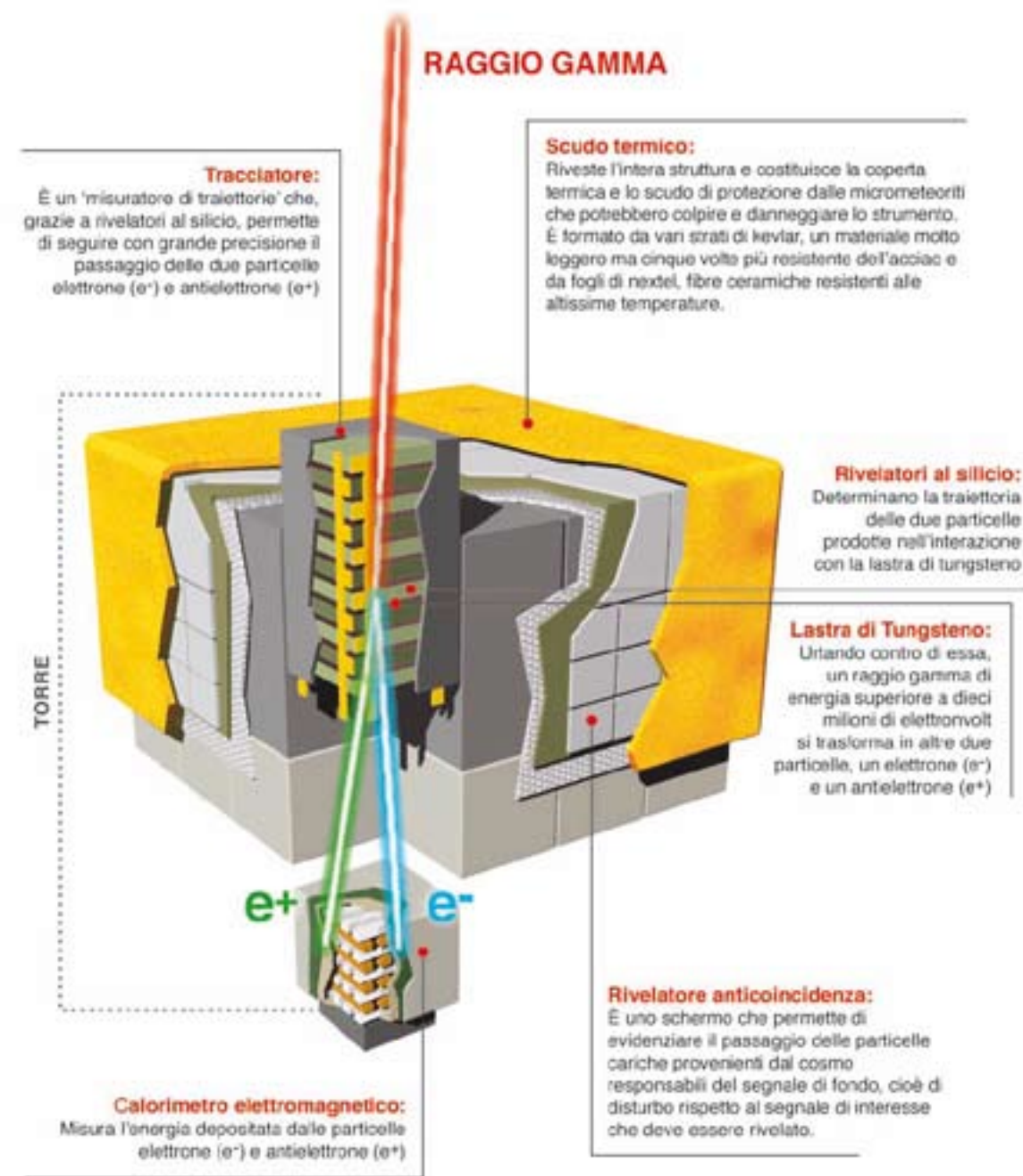
Buchi neri di massa equivalente o superiore a quella del sistema solare, stelle di neutroni che si fondono, getti di gas caldo che si muovono a velocità prossima a quella della luce sono solo alcune delle sorgenti di raggi gamma. Le emissioni gamma sono spesso correlate alla presenza di particelle cariche accelerate ad altissime energie. Molte sorgenti gamma sono pertanto equivalenti ad acceleratori di particelle enormemente più potenti di quelli costruiti dall'uomo. Siti di accelerazione di particelle cariche sono, ad esempio, i resti di supernova, costituiti dal materiale espulso in seguito all'esplosione di una stella. Si è scoperto inoltre che da alcune pulsar, stelle di neutroni con un enorme campo magnetico che ruotano ad altissima velocità, proviene radiazione ad alta energia. I meccanismi che determinano la produzione di raggi gamma sono di diversa natura. Possono essere meccanismi elettromagnetici come la radiazione di frenamento (*Bremsstrahlung*), che si produce quando un elettrone viene rallentato entrando nel campo elettromagnetico di un nucleo atomico, o la radiazione di sincrotrone, dovuta al moto a spirale di particelle cariche intorno alle linee di un campo magnetico. Un altro meccanismo rilevante è la 'diffusione Compton inversa' che si ha quando elettroni energetici, interagendo con dei fotoni, cedono parte della propria energia. Anche l'interazione dei raggi cosmici con il mezzo interstellare produce emissione diffusa di raggi gamma. Questi ultimi possono essere inoltre prodotti da fenomeni legati alla fisica nucleare, come la fusione nucleare. (M.M.)

La maggior parte della massa dell'Universo, infatti, non è costituita da stelle e galassie, che contribuiscono al totale con un esiguo 5%, ma da una materia che non emette radiazioni elettromagnetiche e in particolare luce visibile. Per questo motivo è stata chiamata materia oscura e ammonta circa al 25% della massa dell'Universo. Il restante 70% è nella forma di una sostanza invisibile e omogenea che viene chiamata energia oscura.

Glast potrebbe dare il suo contributo rivelando i possibili costituenti della materia oscura: le particelle Wimp (Weakly Interactive Massive Particle). Queste particelle, la cui esistenza è prevista dai fisici ma non è ancora stata provata sperimentalmente, sono dotate di massa e interagiscono con la materia in maniera molto debole, motivo per il quale è particolarmente difficile rivelarle. Si ritiene però che, poiché si annichilano emettendo raggi gamma, potrebbero essere individuate da Glast. Ma tecnicamente, come può Glast rivelare i raggi gamma? Anche se viene definito 'telescopio per raggi gamma', Glast assomiglia più a un rivelatore usato negli esperimenti di fisica delle particelle elementari che a un tradizionale telescopio. Le lunghezze d'onda e le energie dei fotoni gamma sono tali da rendere impossibile la loro focalizzazione e rivelazione con tecniche ottiche. Al posto di lenti e specchi vengono quindi impiegati rivelatori molto sofisticati, il cui funzionamento si basa sui meccanismi di interazione fra la radiazione elettromagnetica e la materia.

Lo strumento principale di Glast, il Large Area Telescope (Lat), funziona sfruttando uno di questi processi, noto come 'produzione di coppie': quando un raggio gamma di energia superiore a dieci milioni di elettronvolt entra in contatto con una lastra di materiale assorbitore (nel Lat è una lastra

Il Large Area Telescope (Lat), schematizzato in figura, ha una struttura modulare basata su 16 elementi identici chiamati 'torri'.



di tungsteno), viene convertito in due particelle, un elettrone e un antielettrone (particella identica all'elettrone ma dotata di carica elettrica positiva). Una serie di piani di rivelatori al silicio determina la traiettoria delle due particelle prodotte nell'interazione con la lastra metallica, mentre uno strumento detto calorimetro elettromagnetico misura la loro energia. Analizzando questi dati è possibile risalire all'energia e alla direzione del raggio gamma incidente. Con i suoi circa 83 metri quadri di silicio, Lat è il più grande rivelatore di questo genere mai inviato nello Spazio e la sua realizzazione ha rappresentato una grande sfida tecnologica e scientifica, oltre che un'occasione

di collaborazione tra il mondo della ricerca e dell'industria. Terminato lo stadio di costruzione degli strumenti, Glast è ora nella fase di integrazione e test presso i laboratori dello Stanford Linear Accelerator Center in California. Il telescopio successivamente verrà trasferito prima presso la General Dynamics (Arizona), dove verrà installato a bordo del satellite, e poi nella base Nasa in Florida dove avverrà il lancio **A**

Gloria Spandre, Gruppo Glast Italia
spandre@pi.infn.it
Marco Maria Massai, Gruppo Glast Italia
massai@pi.infn.it

PARTICELLE CONTRO IL CANCRO

Un acceleratore di particelle
al servizio della prima sperimentazione
italiana di adroterapia

di Cristina Valsecchi e Giacomo Cuttone



**Un'innovativa forma
di radioterapia
impiega proiettili subatomici
per combattere i tumori**

A Catania un progetto sperimentale
permette di curare il melanoma della coroide

Viso da sarcofago antropoide, particolare, XVIII dinastia, 1400 a.C. circa, British Museum, Londra;
nella pagina a fianco, un medico prepara il paziente al trattamento di adroterapia.

Che cosa sono gli adroni

GLI ADRONI SONO una famiglia di particelle pesanti, che hanno in comune il fatto di essere formate da un certo numero di quark, i mattoni fondamentali della materia, 'incollati' tra loro da altre particelle elementari, i gluoni. Appartengono alla famiglia degli adroni i protoni e i neutroni, che costituiscono i nuclei atomici. Non sono invece adroni diverse particelle elementari più leggere, per esempio gli elettroni, i fotoni e i neutrini.



I Laboratori Nazionali del Sud dove dal 2000 si effettuano interventi di adroterapia per la cura del melanoma della corioide.



Novantanove pazienti affetti da tumore maligno dell'occhio, il melanoma della corioide, tutti curati con successo: la malattia è regredita e il trattamento ha prevenuto la formazione di metastasi.

È il bilancio dei primi quattro anni di attività del Progetto Catana (Centro di Adroterapia e Applicazioni Nucleari Avanzate), avviato il 26 marzo del 2002 presso i Laboratori Nazionali del Sud dell'Infn.

Negli interventi tradizionali di radioterapia, il tessuto tumorale viene bombardato con un fascio di raggi X che 'brucia' le cellule malate, ma distrugge anche quelle sane circostanti. L'adroterapia, sperimentata con successo negli ultimi anni, è una tecnica radioterapica più efficace e precisa, basata sull'impiego di proiettili subatomici: protoni, neutroni e alcuni nuclei atomici, tutte particelle che appartengono alla famiglia degli adroni.

Sparati contro un bersaglio, gli adroni rilasciano la loro energia in un volume più ristretto rispetto ai raggi X e, se vengono indirizzati correttamente, uccidono solo le cellule tumorali risparmiando i tessuti sani che le circondano. Per questa ragione l'adroterapia è particolarmente indicata nel trattamento dei tumori che si trovano in prossimità di organi importanti: nell'occhio, alla base del cranio o lungo la spina dorsale.

Un ciclotrone al servizio della medicina

Per produrre un fascio di adroni ad alta energia occorre un acceleratore di particelle, una macchina solitamente utilizzata per la ricerca nel campo della fisica nucleare e delle particelle. Esistono diversi tipi di acceleratori.



Gli esseri animati e gli oggetti

Materia

sono formati da molecole

Molecole

le quali sono a loro volta composte da atomi. Gli atomi sono formati da elettroni che ruotano attorno al nucleo,

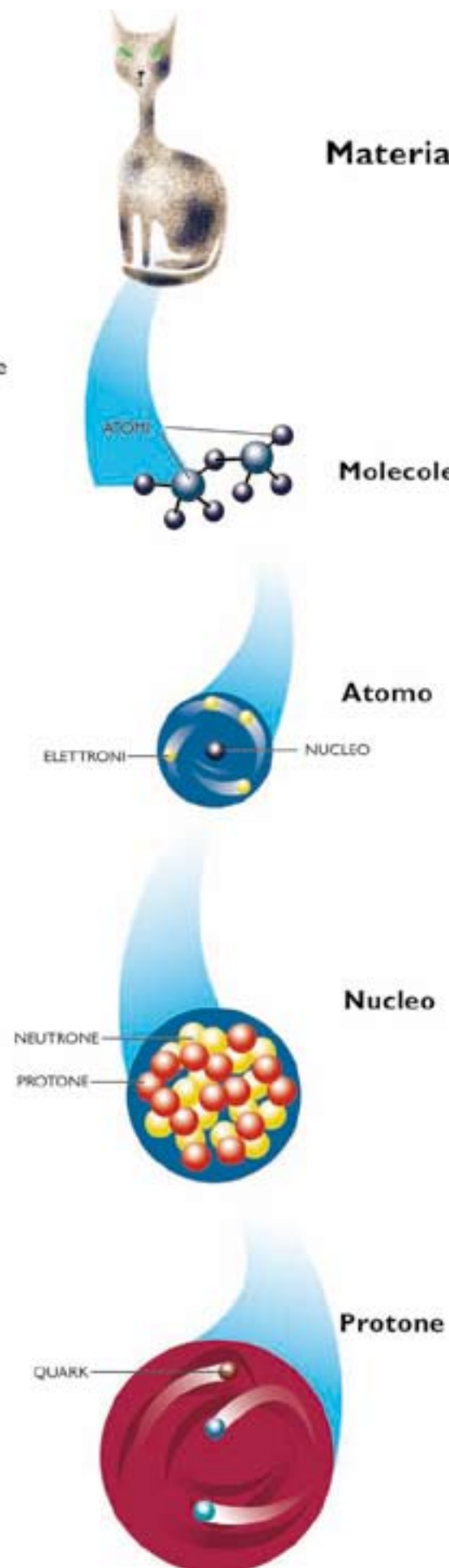
Atomo

nel quale si trovano protoni e neutroni.

Nucleo

Protoni e neutroni sono costituiti da quark.

Protone



Quello usato a Catania è un ciclotrone super-conduttore, cioè una struttura costituita da una sorta di 'camera circolare' alta sei centimetri e del diametro di circa due metri, all'interno della quale viene fatto il vuoto spinto.

Le particelle utilizzate nel progetto Catana sono protoni, ottenuti privando atomi di idrogeno dei loro elettroni. In particolare l'idrogeno allo stato gassoso viene dapprima introdotto in un cilindro di metallo, immerso in un campo elettromagnetico, il quale separa gli elettroni dai protoni. In seguito questi ultimi vengono iniettati nel ciclotrone.

Qui un complesso gioco di campi elettrici e magnetici spinge i protoni in un'orbita a spirale di raggio sempre maggiore man mano che cresce l'energia da essi acquistata.

Quando hanno raggiunto l'energia cinetica richiesta, le particelle vengono 'sparate' all'esterno della macchina. Strumenti disposti lungo la linea di uscita regolano con estrema precisione la densità e l'omogeneità dei protoni, l'energia, la direzione e lo spessore del fascio che, infine, raggiunge il paziente preparato per ricevere il trattamento. L'idea di dedicare una parte delle risorse del ciclotrone di Catania all'adroterapia è nata nel 1996, osservando che l'energia del fascio di particelle prodotto dalla macchina era quello ottimale per il trattamento di tumori relativamente superficiali, come il melanoma della corioide. In Italia non esistevano strutture dedicate a questo tipo di intervento. L'Infn ha stabilito allora un rapporto di collaborazione con la Clinica Oculistica, con l'Istituto di Radiologia e con il Dipartimento di Fisica dell'Università di Catania, che hanno messo a disposizione le loro competenze in campo medico e radiologico per realizzare il progetto Catana.



La sala di trattamento in cui il paziente viene sottoposto all'adroterapia.

Particolare del ciclotrone superconduttore, l'acceleratore usato per produrre il fascio di protoni. Gli spicchi ricurvi e colorati visibili nella foto sono posti sulla parte superiore della camera circolare di accelerazione e i protoni 'spiraleggiano' dal centro verso l'esterno grazie a opportuni campi elettrici e magnetici.

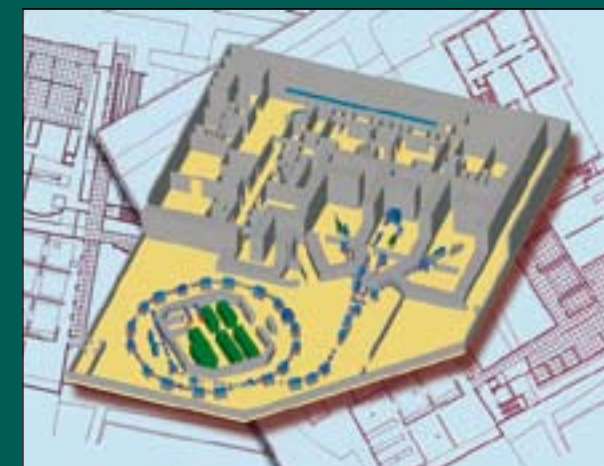
Cnao. Nasce il primo centro ospedaliero italiano di adroterapia

CATANA È ATTIVO come progetto sperimentale dal 2002, ma il primo centro ospedaliero italiano di adroterapia sarà il Cnao (Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica): è stato istituito per volontà del Ministero della Salute e sorgerà a Pavia, grazie alla collaborazione fra la fondazione Cnao e i fisici dell'Infn. Entrerà in funzione alla fine del 2007. Il Centro sarà l'unico in Italia, e uno dei pochi al mondo, a praticare l'adroterapia su scala ospedaliera. Il cuore del Cnao è un acceleratore detto sincrotrone ed è proprio per la sua realizzazione che l'Infn

sta mettendo a disposizione la conoscenza e l'esperienza necessarie. L'acceleratore sarà ottimizzato per la produzione di fasci terapeutici in ambito ospedaliero e sarà basato su un concetto di modularità che gli consentirà, dal punto di vista della tecnologia e delle applicazioni, di rimanere una macchina d'avanguardia per i prossimi 20-30 anni. Si prevede che l'80% circa delle sedute presso il Centro saranno dedicate alla terapia con ioni carbonio, con i quali si può ottenere un fascio estremamente preciso e in grado di raggiungere e colpire tumori situati fino a una profondità di 27-28 centimetri. In particolare, l'impiego clinico degli ioni appare indicato nei tumori più radio-resistenti, tra cui i sarcomi, i carcinomi del polmone e del pancreas, l'epatocarcinoma e il carcinoma anaplastico della tiroide, nonché alcuni tumori del distretto cervicofacciale (parotide, melanomi della mucosa, seni paranasali).

Il restante 20% delle sedute sarà dedicato alla protonterapia, in cui al posto degli ioni carbonio vengono utilizzati i protoni, come avviene nel progetto sperimentale Catana. Allo stesso tempo, nel Centro adroterapico si farà ricerca clinica e radiobiologica per individuare strumenti sempre più efficaci nella lotta contro il cancro. Nel complesso si ritiene che il Cnao consentirà il trattamento di un numero rilevante di pazienti, stimato in circa 3.000 all'anno. Oggi alla realizzazione del Centro lavorano, oltre a fisici, ingegneri e tecnici, anche oltre cinquanta imprese private, di cui una quarantina italiane.

Graziano Fortuna, Co-Direttore Tecnico Cnao
graziano.fortuna@lnl.infn.it
Sandro Rossi, Co-Direttore Tecnico Cnao
sandro.rossi@cnao.it



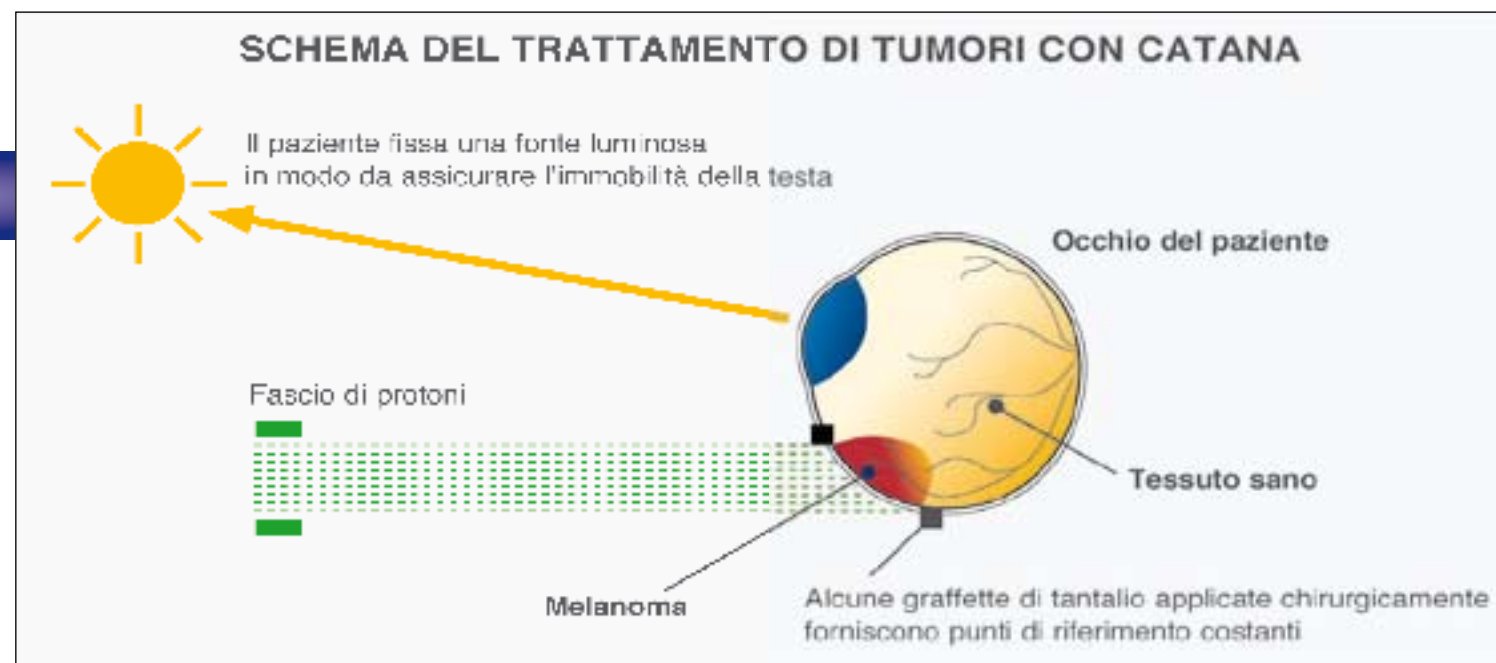
Struttura del Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica (Cnao) in costruzione a Pavia. L'acceleratore (in blu) produrrà un fascio di particelle che potrà essere diretto verso tre sale di trattamento.

All'inizio del 2000, il Ministero della Sanità ha concesso ai Laboratori Nazionali del Sud l'autorizzazione a effettuare interventi di adroterapia per la cura del melanoma della coroide.

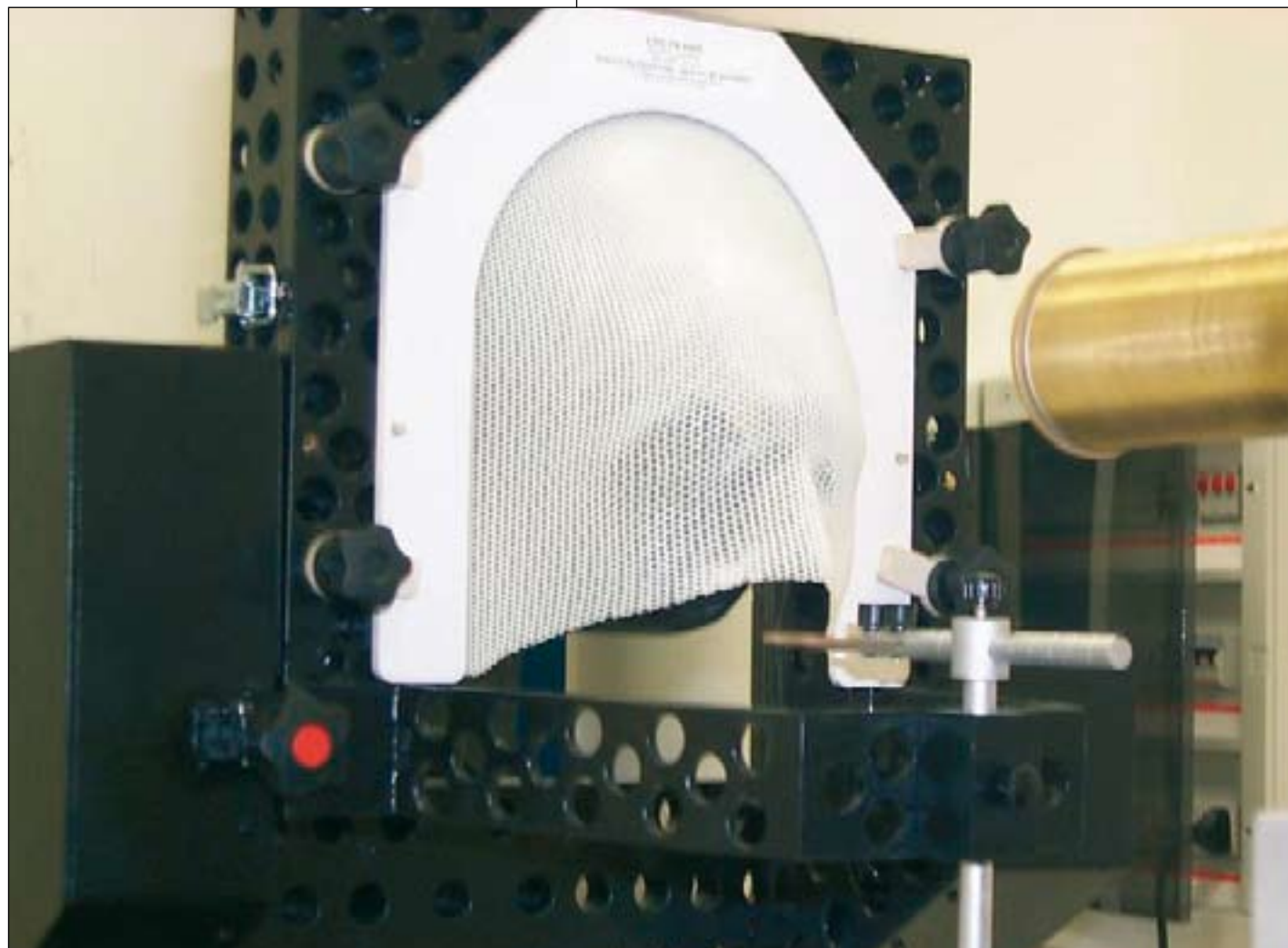
L'intervento

I pazienti selezionati per ricevere il trattamento vengono sottoposti a un intervento chirurgico preparatorio: il medico impianta nell'occhio malato quattro o cinque clip metalliche del diametro di due millimetri e mezzo, per delimitare il tessuto tumorale e fornire punti di riferimento all'operatore durante la terapia.

Quindi l'oculista comunica i dati relativi all'estensione e alla posizione del melanoma ai fisici di Catana, i quali costruiscono un modello virtuale dell'occhio del paziente servendosi di Eyeplan, uno specifico software creato dagli esperti del Massachusetts General Hospital. Sulla base della simulazione, predispongono ogni dettaglio dei successivi interventi di adroterapia: la dose di particelle da rilasciare, la profondità del bersaglio e la sua ampiezza. Le apparecchiature di Catana permettono di regolare la direzione del fascio con la precisione di un decimo di millimetro, di variare da



In basso, maschera termoplastica utilizzata nell'ambito del Progetto Catana. Serve a disporre il viso del paziente nella posizione migliore rispetto al fascio di protoni impiegato per curare il melanoma alla coroide.



IL MELANOMA DELLA COROIDE è la forma di tumore maligno dell'occhio più diffusa tra gli adulti. La sua incidenza in Italia è di 300-400 casi all'anno e di solito insorge dopo i trent'anni. «È difficile diagnosticarlo per tempo», spiega Alfredo Reibaldi, primario della Clinica Oculistica del Policlinico Santa Marta di Catania che ha collaborato a realizzare il progetto Catana, «perché all'inizio è asintomatico. L'area dell'occhio invasa dal tumore è cieca, ma il cervello non la rileva fintanto che è piccola». Se non viene curata tempestivamente, la malattia si estende provocando la cecità completa dell'occhio colpito e, nel 95% dei casi, genera metastasi al fegato. Non esistono terapie farmacologiche efficaci per il melanoma della coroide e la comune radioterapia non è applicabile, data la vicinanza dell'organo malato al cervello. «La stessa adroterapia», aggiunge il medico, «è indicata solo in alcuni casi. La scelta dipende dalle dimensioni e dalla posizione del tumore. Gli interventi condotti finora a Catania», commenta Reibaldi, «hanno prodotto buoni risultati. In tutti i novantanove casi, il tumore è sensibilmente regredito e raramente si sono manifestate complicazioni». L'alternativa all'adroterapia è un intervento chirurgico di rimozione del tumore o dell'intero occhio, a seconda della gravità della situazione, oppure l'applicazione, sotto la congiuntiva, di una minuscola placca di materiale radioattivo che viene rimossa dopo una settimana. «Per favorire la diagnosi precoce del melanoma della coroide», conclude Reibaldi, «è importante che chiunque abbia problemi di vista si rivolga a un oculista e non si limiti a una visita dall'ottico».

zero a 30 millimetri la profondità del punto in cui rilasciare la dose di particelle e di fissare da 10 a 35 millimetri il diametro della superficie trattata. La fase seguente consiste nella preparazione dei sistemi necessari per immobilizzare il paziente. È necessario, infatti, che l'occhio rimanga perfettamente fermo durante il trattamento, per evitare che il fascio di particelle manchi il bersaglio e danneggi il tessuto sano. I ricercatori di Catania hanno messo a punto una poltrona regolabile, dotata di sei diversi movimenti e controllata da un computer, che si adatta alla corporatura individuale e permette di trattare anche bambini e adulti di bassa statura. Per bloccare la testa e il collo, i tecnici modellano una maschera termoplastica direttamente sul viso del paziente. Durante la seduta il paziente stesso, che rimane sveglio, deve collaborare fissando una spia luminosa.

dieci miliardi di miliardi di volte più piccola di quella di un Joule, che corrisponde alla quantità di energia prodotta da una candela in un secondo. Il megaelettronvolt corrisponde a un milione di elettronvolt [n.d.r.]. Sulla spinta di Catana, inoltre, la regione Sicilia ha deciso di incoraggiare l'adroterapia, proponendo la realizzazione di un centro di adroterapia nell'area di Catania. La realizzazione di un tale centro aprirebbe la strada al trattamento dei tumori della testa e del collo, della prostata e dei polmoni e comunque di tutte le patologie tumorali con localizzazioni prossime a organi a rischio **A**

Cristina Valsecchi, giornalista scientifica
c_valsecchi@yahoo.it
Giacomo Cuttone,
responsabile del progetto Catana
cuttone@lns.infn.it



La foto

A Cascina, vicino Pisa, si trova uno strumento estremamente innovativo chiamato Virgo. Il suo scopo è registrare le onde gravitazionali: increspature dello spazio-tempo generate da corpi che si muovono in modo accelerato. L'esistenza delle onde gravitazionali è stata prevista dalla teoria della relatività generale di Albert Einstein, ma fino ad oggi nessuno è riuscito a misurarle direttamente, soprattutto perché si tratta di fenomeni molto deboli: persino uno strumento sofisticato come Virgo può registrarle solo quando sono prodotte da eventi disastrosi che coinvolgono corpi giganteschi, come l'esplosione di una supernova o l'interazione tra buchi neri.

Virgo è costituito da due bracci lunghi tre chilometri, disposti a 90 gradi uno rispetto all'altro e percorsi entrambi da un raggio di luce laser che viene riflesso da specchi posti all'estremità di ciascun braccio. Al termine del percorso i due raggi si incontrano interferendo fra di loro. Il passaggio di un'onda gravitazionale distorcerebbe lo spazio-tempo, modificando la lunghezza relativa dei due bracci e quindi l'interferenza dei due raggi laser. Avanzatissime apparecchiature meccaniche permettono un perfetto isolamento dall'ambiente esterno ed evitano perturbazioni che potrebbero mascherare il passaggio dell'onda.

Al centro della foto si vede lo specchio parabolico del banco ottico d'ingresso: qui il fascio laser viene reso perfettamente parallelo e della dimensione adatta, prima di essere inviato verso un altro specchio che lo dividerà nei due fasci che percorrono i bracci di Virgo. Lo strumento è ora in attesa di uno stravolgimento cosmico che generi un'onda gravitazionale di entità registrabile, tenendo conto che si tratterà pur sempre di misurare una variazione di lunghezza dei bracci di dimensioni molto minori di quelle del diametro di un atomo.

ILC

L'acceleratore che verrà

L'acceleratore del futuro
sarà lungo 40 chilometri:
al suo interno viaggeranno
fino a scontrarsi
particelle di materia
e antimateria

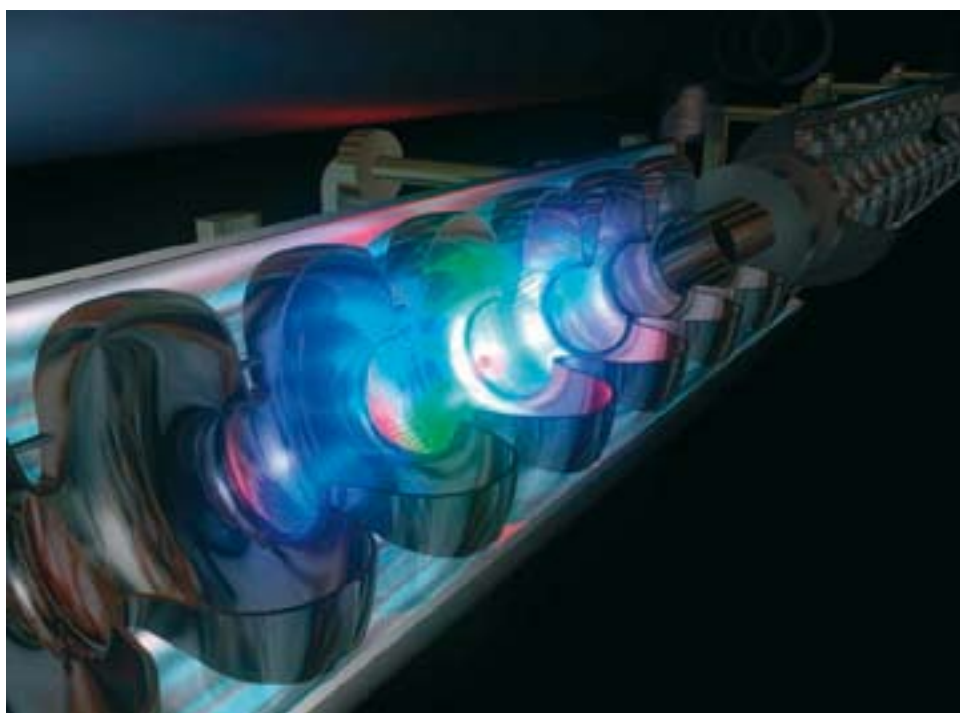
di Andrea Ghigo

Erede dei collisori
nati dalla geniale intuizione
del fisico Bruno Touschek,
Ilc sarà un progetto unico,
al quale parteciperanno
per la prima volta allo stesso livello
Europa, Asia e America

Simulazione al computer delle tracce lasciate
dalle particelle che si producono
dal decadimento del bosone di Higgs.
Quest'ultimo, infatti, ha una vita brevissima,
e pochi istanti dopo essersi formato
cessa di esistere trasformandosi in altre particelle.

Il grande acceleratore Lhc (Large Hadron Collider) è ancora in costruzione presso il Cern di Ginevra, ma già da tempo nel mondo della fisica si sta pensando a una macchina concepita per approfondirne i risultati: si chiamerà International Linear Collider o, più brevemente, Ilc. Sarà uno strumento unico nel suo genere, anche dal punto di vista dello sforzo internazionale necessario per produrlo. Infatti, nonostante i fisici di tutto il mondo siano ormai da decenni abituati a collaborare per realizzare giganteschi esperimenti, questa è la prima volta che ricercatori di Europa, Asia e America lavorano a un progetto che non sarà considerato appartenere in particolar modo a nessuno dei tre continenti, ma nel quale tutti potranno riconoscersi senza differenze. L'internazionalità dell'Ilc è sottolineata dal fatto che il luogo in cui verrà allestito non è stato ancora scelto, nonostante i primi passi per la sua realizzazione siano stati compiuti circa cinque anni fa. Nel dicembre del 2005 si è tenuta un'importante riunione presso i Laboratori Nazionali di Frascati dell'Infn: in questa occasione è stato approvato il 'progetto base', dal quale si partirà per realizzare un progetto dettagliato e per stabilire un accurato preventivo dei costi.

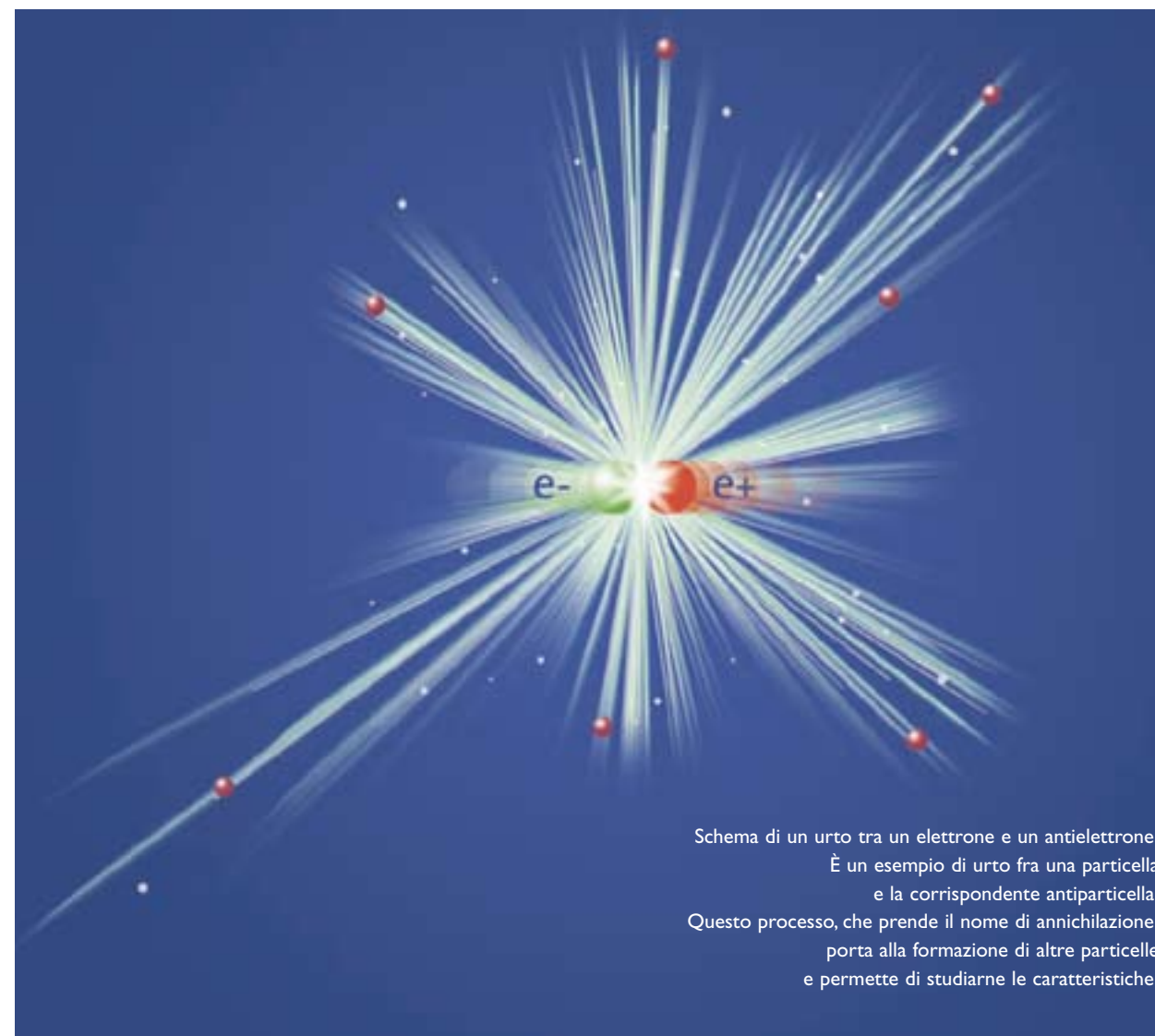
Le altissime energie generate all'interno di Lhc si trasformeranno quasi immediatamente in nuove particelle, alcune delle quali dotate di massa considerevole. In particolare, i fisici ritengono di riuscire a produrre il bosone di Higgs: l'inafferrabile particella la cui esistenza è stata prevista teoricamente, ma che fino ad ora è sempre sfuggita a ogni tentativo di osservazione sperimentale. Se verrà catturata, capiremo finalmente perché la materia ha quella caratteristica che chiamiamo massa. Gli esperimenti connessi a Lhc dovrebbero anche gettare nuova luce su altri interrogativi, ad esempio sulla misteriosa natura di materia oscura ed energia oscura, che nel loro complesso compongono il 95% di ciò che esiste nell'Universo ma delle quali non sappiamo nulla. Tuttavia gli urti molto violenti che avverranno in Lhc non sono adatti a misure di precisione, anche se sono necessari per svelare l'esistenza di particelle ancora sconosciute e per identificare quale è l'intervallo di energia degli scontri che le producono, cioè, come dicono i fisici, per capire 'dove' andarle a cercare. Essi permettono un procedimento di scoperta che assomiglia un po' a quello che si farebbe rigirando la terra con una pala alla ricerca del punto dove si trova un antico



Simulazione al computer del campo magnetico che viene generato all'interno di una cavità risonante superconduttiva, dove vengono accelerati gli elettroni.

Perché pensare a un nuovo acceleratore di particelle quando Lhc non è stato ancora ultimato? In realtà Lhc e l'International Linear Collider sono concepiti in modo da essere complementari. Il primo permetterà di far avvenire urti fra particelle a energie mai raggiunte prima. Al suo interno verranno fatti scontrare protoni contro protoni, e in questo modo per un'infinitesima frazione di secondo si potrà arrivare a produrre energie altissime, dell'ordine di 14 teraelettronvolt (TeV), cioè quattordicimila miliardi di elettronvolt.

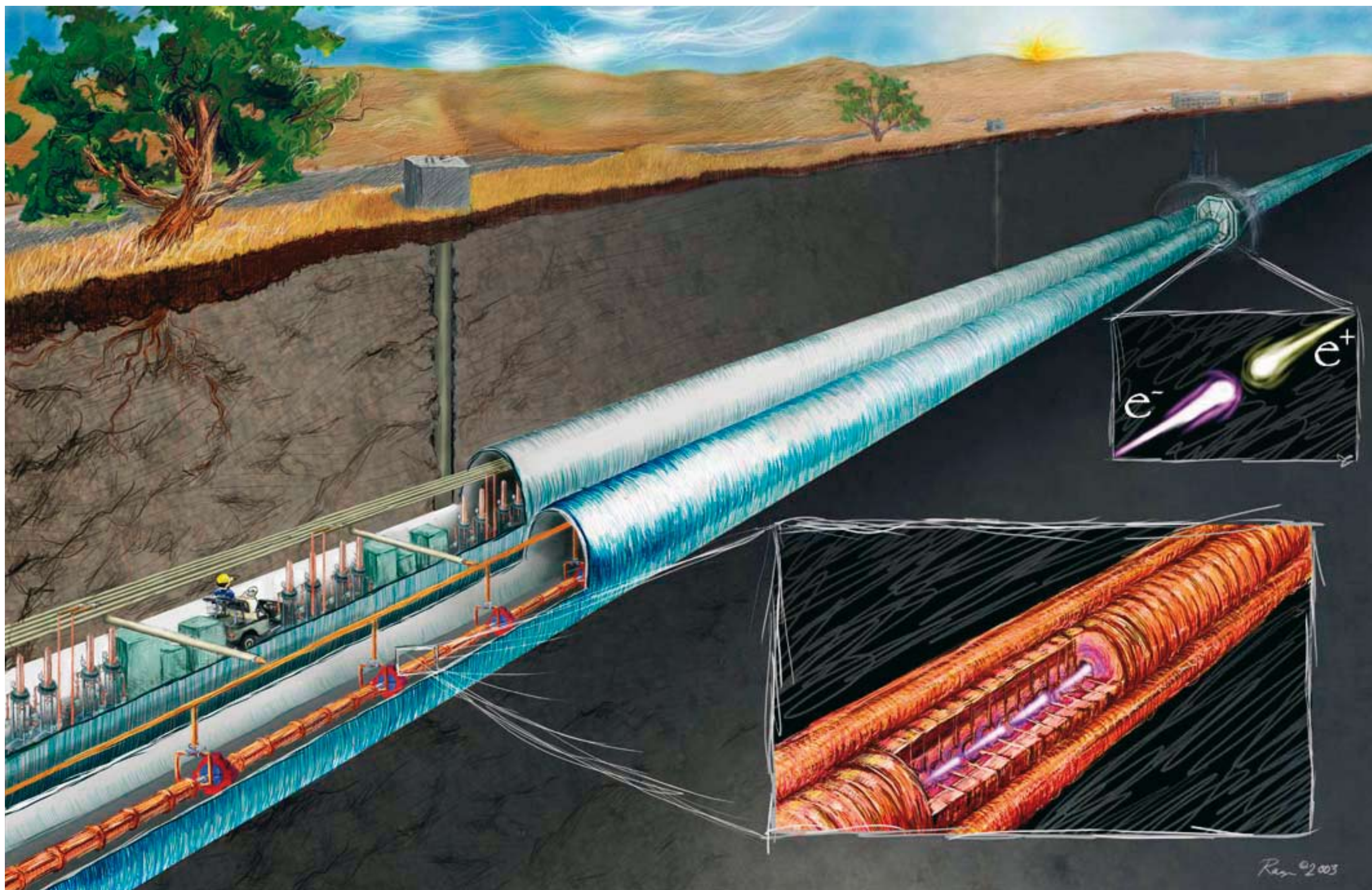
insediamento sepolto da tempo immemorabile. Una volta individuata la rovina però, per metterla a nudo occorre intervenire delicatamente, con piccoli scalpelli o pennellini. E proprio a questo scopo è stato concepito l'International Linear Collider. Lo strumento avrà una lunghezza complessiva di 40 chilometri, ma in realtà sarà costituito da due acceleratori lineari lunghi ciascuno 20 chilometri e uniti per l'estremità terminale. Da ognuna delle estremità opposte partirà un fascio di particelle, rispettivamente un fascio di



Schema di un urto tra un elettrone e un antielettrone. È un esempio di urto fra una particella e la corrispondente antiparticella. Questo processo, che prende il nome di annichilazione, porta alla formazione di altre particelle e permette di studiarne le caratteristiche.

elettroni e uno di antielettroni (particelle identiche agli elettroni ma dotate di carica positiva invece che negativa). Dopo aver percorso i propri 20 chilometri, i due diversi tipi di particelle si scontreranno, producendo energie che sfioreranno i mille miliardi di elettronvolt: un ordine di grandezza oltre dieci volte inferiore a quello che verrà generato dagli scontri di protoni dentro Lhc, che tuttavia consentirà di effettuare osservazioni più raffinate. Come tutti gli acceleratori di particelle anche l'Ilc richiede tempi di progettazione e realizzazione molto lunghi. Per questo i lavori per metterlo a punto sono iniziati quando ancora Lhc era lontano dall'essere terminato, e comunque si prevede che non sarà operativo prima del prossimo decennio. Ma perché gli acceleratori di particelle sono strumenti tanto efficaci nelle ricerche volte a svelare l'infinitamente piccolo? Il segreto del loro funzionamento risiede in quella che è probabilmente l'equazione più famosa al mondo: $E=mc^2$. Questa equazione, formulata da Albert Einstein nella sua teoria della relatività, stabilisce la sostanziale eguaglianza tra energia (E) e massa (m), le quali sono legate fra loro da una

quantità che è pari alla velocità della luce (c) moltiplicata per se stessa. Se energia e massa sono la stessa cosa, sostanzialmente due facce di una medesima medaglia, allora possono essere trasformate l'una nell'altra. E ciò è proprio quanto avviene negli acceleratori di particelle, nei quali queste ultime vengono prima accelerate, in modo da fornire loro quanta più energia possibile, e poi fatte scontrare contro un bersaglio o contro altre particelle provenienti dalla direzione opposta. In conseguenza dell'urto, le particelle si trasformano prima in energia e poi in altre particelle, come indicato dall'equazione di Einstein. Solo che le particelle che si generano dopo l'urto non sono necessariamente uguali a quelle che si sono scontrate, anzi molto spesso sono diverse: a volte si tratta di particelle che non esistono di norma sul nostro pianeta e che si sono formate solo in condizioni molto particolari, per esempio subito dopo il Big Bang. Gli acceleratori forniscono anche un'opportunità unica di gettare uno sguardo sulle origini del nostro Universo. C'è tuttavia un problema: registrare i prodotti degli scontri non è semplice perché spesso le



Nella figura viene mostrata un'immagine artistica dei tunnel di IL: il tunnel di destra ospiterà l'acceleratore nel quale viaggia il fascio di particelle; il tunnel di sinistra ospiterà invece i generatori delle onde elettromagnetiche a radiofrequenza che vengono inviate attraverso guide d'onda (rappresentate da canalini di congiunzione dei tunnel nel disegno) nel tunnel di destra per fornire la potenza necessaria ad accelerare il fascio di particelle.

Nel riquadro in basso si vede il fascio di elettroni all'interno dell'acceleratore, mentre più in alto si mostra il punto in cui avverranno gli scontri tra elettroni e antielettroni.

IL MODELLO STANDARD

	LEPTONI		QUARK		
Tutta la materia ordinaria appartiene a questo gruppo	Neutrino elettronico Interagisce raramente con il resto della materia. È prodotto in abbondanza nelle reazioni nucleari all'interno del Sole.	Elettrone È responsabile dell'elettricità e delle reazioni chimiche.	Up I protoni hanno 2 quark up I neutroni hanno 1 quark up	Down I protoni hanno 1 quark down I neutroni hanno 2 quark down	prima famiglia
	Neutrino muonico 	Muone 	Charm 	Strange 	
Queste particelle esistevano subito dopo il Big Bang. Ora si trovano soltanto nei raggi cosmici e vengono prodotte negli acceleratori di particelle	Neutrino del Tau 	Tau 	Top 	Bottom 	terza famiglia
	ANTIMATERIA Per ogni particella esiste una particella corrispondente, una sorta di immagine negativa				

La teoria che oggi meglio descrive le particelle elementari e le loro interazioni, vale a dire le forze fondamentali che governano l'Universo, si chiama Modello Standard. Secondo questa teoria, la materia è formata da due tipi di particelle elementari: i leptoni e i quark. Esistono sei tipi di leptoni e sei tipi di quark.

Secondo il Modello Standard, le interazioni fra le particelle che costituiscono la materia, come la loro reciproca attrazione o repulsione, sono regolate da quattro forze fondamentali. Queste ultime si manifestano attraverso lo scambio di altre particelle chiamate bosoni mediatori.

Gluoni

Interazione nucleare forte
L'interazione nucleare forte tiene insieme i quark all'interno di protoni e neutroni, e i protoni e i neutroni stessi all'interno del nucleo. Avviene attraverso lo scambio di bosoni detti gluoni.

Bosoni W, Z

Interazione debole
L'interazione debole è responsabile di alcuni decadimenti radioattivi ed è coinvolta nei processi di combustione che fanno brillare le stelle, compreso il Sole. Avviene attraverso lo scambio di bosoni detti W e Z.

Fotoni

Interazione elettromagnetica
L'interazione elettromagnetica tiene gli elettroni legati al nucleo dell'atomo ed è responsabile dei fenomeni elettrici e magnetici. Avviene attraverso lo scambio di bosoni, detti fotoni.

Gravitoni

Interazione gravitazionale
L'interazione gravitazionale fa ruotare i pianeti attorno al Sole e ci tiene 'legati' a terra. Tutti gli oggetti e le particelle con massa interagiscono attraverso la forza gravitazionale. Si pensa che avvenga attraverso lo scambio di bosoni detti gravitoni, ma questi ultimi non sono ancora stati osservati.

nuove particelle esistono solo per un tempo brevissimo e poi si trasformano in altri minuscoli componenti della materia molto più comuni (come gli elettroni). A questo scopo sono stati concepiti i rivelatori di particelle, i quali vengono posti nei punti dove avvengono gli scontri. Proprio questi dispositivi misurano le specifiche proprietà delle particelle generate negli urti. Ma a questo punto sorgono altre domande: perché un acceleratore che genera altissime energie, come Lhc, non è adatto a studi di estrema precisione? E quale è il vantaggio di far scontrare elettroni contro antielettroni, come avverrà nell'International Linear Collider? In Lhc verranno fatti scontrare protoni contro protoni. I protoni però sono particelle complesse, a loro volta formate da quark e

gluoni (vedi schema a pagina 15). Nonostante questi ultimi siano legati in modo da formare il protone, valutandoli nella scala submicroscopica ci rendiamo conto che non sono molto vicini fra loro: a separarli vi sono spazi che nel mondo dell'infinitamente piccolo appaiono considerevoli. Per questa ragione in realtà gli scontri che avverranno in Lhc non coinvolgeranno mai i protoni nella loro interezza, ma solo alcune delle particelle che li compongono (e nei casi più fortunati, diverse componenti urteranno contemporaneamente in modo da trasformarsi in energia, permettendo di produrre gli oltre diecimila miliardi di elettronvolt che rappresentano l'obiettivo massimo di Lhc). Il fatto che i protoni siano particelle complesse, comporta diversi problemi. Al momento dell'urto ognuna

PARTICELLA	Nome, Laboratorio e tipo di acceleratore utilizzato per la scoperta	Nome, Laboratorio e tipo di acceleratore utilizzato per la conferma e per misure sistematiche	Premi Nobel
Neutrino mu	Ags, Brookhaven (Usa) protoni su bersaglio fisso		1988 Melvin Schwartz, Jack Steinberger Leon M. Lederman
Neutrino tau	Tevatron, Fermilab (Usa) protoni su bersaglio fisso		
Leptone tau	Spear, Stanford (Usa) elettrone-antielettrone		1995 Martin L. Perl
Quark up	Aco, Orsay (Francia) elettrone-antielettrone	Adone, Frascati (Italia) elettrone-antielettrone	1969 Murray Gell-Mann
Quark down	Vepp2, Novosibirsk (Russia) elettrone-antielettrone	Spear, Stanford (Usa) elettrone-antielettrone	1960 Jerome I. Friedman Henry W. Kendall Richard E. Taylor
Quark strange		Slac Linear Collider Stanford (Usa) elettroni su bersaglio fisso	
Quark charm	Ags, Brookhaven (Usa) protoni su bersaglio fisso	Spear, Stanford (Usa) elettrone-antielettrone Adone, Frascati (Italia) elettrone-antielettrone	1976 Burton Richter, Samuel Chao Chung Ting
Quark bottom	Acceleratore Nazionale del Fermilab (Usa) protoni su bersaglio fisso	Doris, Amburgo (Germania) elettrone-antielettrone Cesr, Cornell (Usa) elettrone-antielettrone	
Quark top	Tevatron, Fermilab (Usa) protone-antiprotone		
Gluone	Petra, Amburgo (Germania) elettrone-antielettrone	Pep, Slac, Stanford (Usa) elettrone-antielettrone	
Bosone W, Z	Sps, Cern (Svizzera) protone-antiprotone	Lep, Cern (Svizzera) elettrone-antielettrone	1984, Carlo Rubbia, Simon van der Meer



Una storia lunga 50 anni

Gli acceleratori costruiti per fare avvenire scontri fra elettroni e antielettroni hanno consentito straordinari sviluppi nella fisica della seconda metà del '900.

Essi discendono direttamente da una geniale intuizione avuta dal fisico Bruno Touschek negli anni cinquanta e il primo, quello che oggi è considerato il prototipo e precursore dei più moderni acceleratori, vide la luce presso i Laboratori Nazionali di Frascati proprio su progetto di Bruno Touschek.

Si chiamava AdA, cioè Anello di Annichilazione, e fu inaugurato nel 1960. AdA era un collisore, un tipo di acceleratore in cui gli scontri avvengono non contro un bersaglio fisso, ma fra due fasci di particelle che procedono a incredibile velocità in direzioni opposte: in tal modo, dato che entrambi gli elementi che si scontrano sono in movimento, gli urti che ne derivano hanno una violenza molto maggiore. Alla 'famiglia' dei collisori appartengono oggi tutti i più avanzati acceleratori compresi Lhc e Ilc.

Sempre a Frascati, ad AdA seguì uno strumento di maggiori dimensioni: Adone, che portò risultati molto importanti. Negli anni settanta infatti fornì indizi fondamentali per stabilire che ciascun quark può esistere in tre forme distinte dette 'colori'.

Nel 1995 al FermiLab, presso Chicago, un altro collisore consentì a un gruppo di ricercatori, fra i quali si contavano molti italiani, di identificare il quark top.



Il rivelatore B-Bar connesso al collisore elettroni-antielettroni Adone. I rivelatori sono dispositivi in grado di misurare le proprietà delle particelle generate negli urti all'interno degli acceleratori.

A sinistra, interno dell'edificio di Adone, l'acceleratore che fu realizzato a Frascati dopo AdA.

Con questo strumento si scoprirono alcune importanti caratteristiche dei quark.



Bruno Touschek a lavoro nei Laboratori di Frascati.



Il collisore elettroni-antielettroni Adone durante il collaudo, prima dell'installazione dei rivelatori.



Il collisore AdA (Anello di Annichilazione) protetto da una piramide di vetro e ferro all'interno del parco dei Laboratori Nazionali di Frascati. Inaugurato nel 1960, oggi AdA, insieme ad altri esperimenti storici, fa parte del Museo all'aperto dei Laboratori ed è considerato il prototipo dei più moderni acceleratori.

delle particelle che compongono i protoni ha un'energia il cui valore può essere assegnato solo statisticamente. Inoltre dopo la collisione è difficile capire quali sono le componenti dei protoni che hanno interagito fra loro, generando le particelle individuate grazie ai rivelatori. È un po' come se due manciate di sassolini fossero lanciate le une contro le altre: sarebbe difficile dire l'esatta velocità con la quale si muoveva ciascun sassolino e comprendere quali sono i sassolini che si sono scontrati. Al crescere dell'energia complessiva a cui avvengono gli scontri aumenta anche la probabilità che fra le componenti dei protoni che interagiscono vi siano particelle dotate di un'energia relativamente bassa, che generano prodotti poco interessanti i quali producono un vero e proprio 'rumore di fondo'. Inoltre, per interpretare con esattezza i fenomeni interessanti messi in luce dai rivelatori, è importante conoscere con precisione l'energia delle particelle che si sono urtate.

Nell'International Linear Collider, verranno invece fatti scontrare elettroni contro antielettroni. Entrambi sono particelle elementari, cioè non sono composti da altre particelle, dunque è possibile conoscere con esattezza l'energia delle particelle che si urtano. Inoltre esse dopo lo scontro possono trasformarsi interamente in energia, e quindi in nuove particelle e ciò con-

sente di evitare la 'sporcizia' che si produce negli scontri fra particelle complesse. Gli urti fra particelle elementari sono paragonabili a uno scontro fra due sassolini lanciati l'uno contro l'altro: stabilire nel dettaglio cosa è avvenuto in seguito allo scontro è molto più facile di quanto non lo sia nel caso delle due manciate di ciottoli.

L'International Linear Collider prosegue una gloriosa tradizione di strumenti concepiti per svelare i segreti che si nascondono nel cuore degli atomi, per scoprire quali particelle si creano subito dopo il Big Bang e come esse si siano evolute fino a produrre l'Universo che conosciamo. Ma Ilc pone anche, come tutti gli strumenti al servizio della fisica nucleare e subnucleare, sfide straordinarie per la sua realizzazione. Per raccogliere queste ultime sarà necessario mettere a punto nuove tecnologie e, come spesso avvenuto in passato, è probabile che esse troveranno poi applicazioni inaspettate nella vita di tutti i giorni. È un altro degli aspetti che rende tanto emozionante lo sforzo di guardare nel cuore della natura **A**

Andrea Ghigo
andrea.ghigo@lnf.infn.it

Fisici per Caso In barca a vela con Patrizio Roversi

di Barbara Gallavotti

Dal 3 ottobre all'8 novembre dello scorso autunno in alcuni porti italiani ha attraccato un veliero molto particolare: si trattava di Adriatica, la barca resa famosa dalla trasmissione *Velisti per caso*, di Syusy Blady e Patrizio Roversi, per l'occasione trasformata in un vero e proprio laboratorio itinerante dedicato alla fisica. Adriatica ha salpato le ancore nell'ambito dell'iniziativa *Fisica in Barca*, promossa e organizzata dall'Infn e diretta soprattutto ai ragazzi delle scuole. In ogni tappa, un centinaio di studenti ha affrontato con i ricercatori i tanti aspetti scientifici che si nascondono dietro una divertente uscita in barca a vela: dai più 'antichi', come il principio di Archimede, ai più attuali, come la necessità di correggere i dati del sistema globale di posizionamento (Gps) usando la teoria della relatività di Einstein. Oltre alle attività di sperimentazione a terra e in porto, piccoli gruppi di studenti hanno anche potuto compiere le traversate tra una tappa e l'altra. Asimmetrie racconta *Fisica in Barca* con Patrizio Roversi, fisico per caso in alcuni porti fra i quali quello di Genova, dove l'iniziativa si è chiusa in coincidenza con il Festival della Scienza.

Cosa è stata *Fisica in Barca*?

Direi che per noi di Adriatica è stata un'occasione irripetibile e sorprendente per sentirci finalmente utili e inseriti in un progetto didattico che mi pare fondamentale: quello in cui il momento più divertente della vita dello studente, la gita scolastica, si concretizza in un'esperienza di vera scoperta.

Ma alla fine, cosa c'entra la fisica con la barca?

Personalmente dopo aver fatto questa esperienza ho capito che la barca è a tutti gli effetti un laboratorio di fisica: non c'è nulla che funzioni in barca senza la fisica. Con i ragazzi si incominciava dagli aspetti più semplici: tipo come mai la barca galleggia? D'istinto a me veniva da pensare: beh, lo so, ha a che fare con il principio di Archimede, ma bastava pochissimo a capire che in fondo avevo le idee un po' confuse. I ragazzi, più freschi di scuola, se la cavavano molto meglio e il discorso rapidamente decollava parlando di vento, andatura di bolina o Gps. Alla fine ho capito che non mi ero mai chiesto cose che è giusto sapere per andare in barca, e per andarci meglio.

Perché ha funzionato raccontare la fisica in barca?

La barca ha un grande fascino, un aspetto romantico. E il romanticismo è una potente forza trainante per la curiosità. Su una barca i principi scientifici trovano un esempio immediato, forte e concreto, che è difficile dimenticare. Quando il presidente dell'Infn, Roberto Petronzio, ha suggerito l'idea di trasformare una



barca in un laboratorio itinerante, ero incuriosito ma anche un po' scettico: ho capito che funzionava quando abbiamo iniziato le traversate. Ho visto gli skipper quasi sgomitare con i ricercatori per poter intervenire nelle spiegazioni ai ragazzi: è stato il segno evidente che l'atmosfera era quella giusta!

Che idea si è fatto del lavoro dei fisici?

I fisici sono un modello divertente: quelli che ho conosciuto hanno una vita estremamente movimentata, e poi molti vanno davvero bene in barca a vela! Sono un modello positivo e in un momento in cui i modelli sono veramente importanti figure di questo tipo, affascinanti e che suscitano entusiasmo, possono davvero avere un ruolo chiave nella società. Penso che i ragazzi che hanno preso parte a *Fisica in Barca* abbiano modificato l'idea della fisica che avevano in precedenza. E non mi stupirei se qualcuno di loro avesse deciso di fare il ricercatore.

Adriatica sarà ancora prestata alla scienza?

Ebbene sì: in dicembre dovremmo salpare da Salvador de Bahia per circumnavigare il Sud America sulle orme di Darwin. A bordo questa volta ci saranno studenti dell'università, assistiti a turno da diversi docenti. Sarà il nostro omaggio al padre della teoria dell'evoluzione, con il quale mi sento particolarmente in sintonia perché come me soffriva terribilmente il mal di mare!

**La barca ha un grande fascino,
un aspetto romantico.
E il romanticismo
è una potente forza trainante
per la curiosità**



Alcuni momenti di *Fisica in Barca*.

Nelle immagini si riconoscono Patrizio Roversi e Paola Catapano del Cern; nella foto sotto, Gianpiero Siroli della sezione di Bologna dell'Infn.

Gianpiero Siroli e Paola Catapano hanno fatto parte del gruppo che ha promosso la *Fisica in Barca*



Non solo Fisica

Intervista a Roberto Siagri
presidente di Eurotech

di Barbara Gallavotti

Innovazione: la ricerca fa la differenza

Ricerca di punta ma non solo, anche economia, giornalismo, impresa, musica e molti altri campi spesso insospettabili: sono moltissimi i settori nei quali è possibile incontrare laureati in fisica che mettono a frutto la propria professionalità. In effetti, gli studi in fisica hanno sempre avuto la caratteristica di permettere una notevole varietà di carriere e ciò perché insegnano, in primo luogo, ad affrontare i problemi in maniera razionale ma al contempo creativa, senza porre limiti alle possibilità di ipotizzare soluzioni alternative. Asimmetrie inizia in questo numero un viaggio tra i fisici che non hanno fatto della ricerca in fisica il centro della loro vita lavorativa. Raccoglieremo la testimonianza di diverse persone che dopo l'università hanno intrapreso carriere disparate e ad aprire la serie è Roberto Siagri, presidente di Eurotech, un'impresa italiana votata all'alta tecnologia.

Come è nata per lei l'idea di studiare fisica?

In realtà, a nascere prima è stato il desiderio di fare lo scienziato, in particolare l'astronomo: da ragazzo il mio grande sogno era costruirmi un radiotelescopio, ma a questo scopo è indispensabile conoscere un po' di elettronica. Il problema era che io abitavo a Pravisdomini, in provincia di Pordenone: un paese di duemila persone che all'epoca traeva la gran parte del suo reddito dalla lavorazione del legno. Non sembrava il luogo ideale in cui dedicarsi all'elettronica, ma io fui abbastanza fortunato da incontrare un ingegnere nucleare, il quale insegnava in una scuola locale e cominciò a spiegarmi amichevolmente i primi rudimenti. In questo modo scoprii che un radiotelescopio doveva consistere essenzialmente di due parti: un'antenna per onde radio e un sistema di elaborazione dati. Così il mio problema divenne in buona parte capire come fare un calcolatore, cosa che è ancora in qualche modo al centro della mia attività lavorativa. Nel frattempo avevo raggiunto l'età giusta per iscrivermi all'università e scelsi fisica, a Trieste.



Il grande sogno da ragazzo era costruire un radiotelescopio. È iniziata così la passione di Roberto Siagri per la fisica e l'elettronica...

Lei a un certo punto ha deciso di non intraprendere la carriera del ricercatore. Perché?

L'idea di fare ricerca mi piaceva, ma gli anni dell'università per me sono stati un po' convulsi. Il secondo anno ho interrotto gli studi per assolvere agli obblighi di leva facendo l'ufficiale, ottenendo anche uno stipendio che mi ha permesso di raggiungere una certa tranquillità economica. E prima ancora di laurearmi ho cominciato a lavorare come consulente presso una ditta che produceva 'telefoni intelligenti': in sostanza telefoni contenenti elementi di computer che consentivano di programmare funzioni semplici, come quella di segreteria telefonica. Oggi sembra un'idea banale ma all'epoca, l'inizio degli anni '80, era innovativa. Così ho cominciato a pensare di fondare un'impresa dedicata all'elettronica.

Quando si è presentato il momento giusto?

All'inizio degli anni '90: in quel periodo i costi dei computer sono scesi bruscamente, trasformandoli in prodotti di massa. A quel punto la mia idea, e quella delle altre persone che si sono unite a me, è stata quella di costruire processori molto piccoli che tuttavia potessero utilizzare dei programmi commerciali. Insomma, minicomputer che potessero divenir parte, ad esempio, di un telefono, ma che funzionassero con software comuni. Si trattava di una scelta un po' in controtendenza, perché all'epoca erano molto diffusi processori costruiti per funzionare solo con specifici programmi, i quali dovevano essere sviluppati ad hoc e di conseguenza erano spesso molto costosi. L'idea ha avuto successo e con il tempo siamo cresciuti. Oggi Eurotech è un'impresa con sedi anche in Francia e negli Stati Uniti. Ci occupiamo di supercalcolo e collaboriamo con l'Infn nella costruzione dei supercomputer Ape [vedi «Asimmetrie» I (novembre 2005), ApeNext. Diecimila miliardi di operazioni al secondo, pp. 12-19, n.d.r.]. Non abbiamo però dimenticato la nostra vocazione alla miniaturizzazione e abbiamo diversi progetti nel settore dei microcomputer.

Oggi per un neolaureato che desideri seguire una carriera simile alla sua, le cose sono più difficili?

Non direi. Certo, oggi è molto più arduo avere idee originali nel campo dell'elettronica, ma ci sono altri ambiti molto promettenti. Attualmente in molti settori sono necessarie simulazioni complesse, ad esempio per mettere a punto farmaci mirati, o per studiare il comportamento di proteine. In questi casi, il fattore limitante spesso sono le risorse di calcolo, cioè computer o sistemi di computer abbastanza potenti da svolgere il compito richiesto. Soluzioni potrebbero venire da nuove reti telematiche, come la Grid: la rete che succederà al web permettendo modalità di scambio dati e di accesso alle informazioni oggi inimmaginabili. Anche lo sviluppo degli algoritmi necessari per ottenere buone simulazioni si prospetta come un'area molto interessante. Nel complesso credo che negli ultimi anni si siano aperti spazi quasi impensabili. Se non li vediamo è perché guardiamo al presente con gli occhi del passato. E poiché siamo arrivati a un punto che ieri ci sembrava quello desiderabile, alcuni ne deducono che per i giovani non ci sia più spazio.

Perché studiare fisica può aiutare chi vuole lavorare nell'impresa privata?

Perché la fisica insegna le leggi di base, e la loro conoscenza pone i fisici in una posizione privilegiata. Tuttavia, a mio avviso tra i mondi dell'università e dell'impresa c'è troppo poco scambio. Nella ricerca c'è bisogno di grande creatività, nell'impresa invece occorre esperienza perché troppi errori sono fatali. Per questa ragione, ad esempio negli Stati Uniti, spesso i giovani iniziano la loro carriera nella ricerca e danno il meglio in questo settore quando la loro creatività è al massimo. Con il passare degli anni, al crescere dell'esperienza, alcuni di loro passano alle imprese. Secondo me l'età giusta per dedicarsi al settore privato è intorno ai trentacinque anni, e dunque persone con già alle spalle alcuni anni di lavoro all'università dovrebbero sentirsi incoraggiate a guardare in quella direzione. Le figure professionali con un passato nella ricerca sono essenziali nel mondo dell'impresa e il loro contributo, spesso, può davvero fare 'la differenza'.

L'esperimento

Gli elettroni in corsa fanno le calamite

Sperimentiamo con Oersted

a cura di Francesca Scianitti

Lo scienziato danese Hans Christian Oersted (1777-1851) scoprì, nel 1820, che una corrente elettrica prodotta da una pila di Volta faceva deviare l'ago magnetico di una bussola posta nelle vicinanze. Fu questo il primo indizio del fatto che i fenomeni elettrici e magnetici sono collegati fra loro e dovuti a un'unica forza fondamentale: la forza elettromagnetica.

Elenco dei materiali occorrenti

- A. Una base di legno
- B. Tre viti sufficientemente lunghe
- C. Un filo di rame 'rigido' lungo 30 cm
- D. Una piccola bussola
- E. Una pila da 9 volt
- F. Una piccola lampadina da 9 volt con portalampada
- G. Fili conduttori
- H. Un foglio bianco di cartoncino rigido
- I. Polvere di ferro
- L. Un chiodo lungo circa 4 cm

Realizzazione del circuito

1. Fissate le tre viti alla base di legno, in prossimità degli angoli, a una distanza di circa 30 cm; 2. Fissate il filo di rame rigido intorno alle tre viti avvolgendolo in modo che rimanga sollevato rispetto al piano di legno e posizionate sotto di esso la bussola, evitando che tocchi il filo; 3. Collegate una delle estremità del filo di rame alla lampadina e l'altra al filo conduttore; 4. Collegate ora l'estremità libera del portalampada a uno dei due poli della pila, utilizzando del filo conduttore; 5. Ruotate la base di legno in modo che il filo di rame sia allineato con l'ago magnetico della bussola, la quale si orienterà in base al campo magnetico terrestre.

Il filo-calamita

Collegate il polo libero della pila al filo conduttore che avete collegato al filo di rame. Verificate che nel filo stia circolando corrente: in questo caso la lampadina si accenderà, altrimenti controllate tutti i collegamenti. Osserverete che l'ago magnetico della bussola, ruotando, tenderà a disporsi perpendicolarmente al filo. Il verso della corrente (convenzionalmente dal polo positivo al polo negativo della pila) determina la rotazione della bussola in senso orario o antiorario. La corrente elettrica che percorre il filo di rame crea un campo magnetico in direzione perpendicolare al filo (e quindi alla corrente) e tale campo è abbastanza intenso da annullare gli effetti del campo magnetico terrestre. Provate anche a invertire i poli della pila: osserverete che l'ago della bussola ruota in senso contrario.

Le forme del campo magnetico

Smontate il filo di rame e le tre viti che lo tenevano teso. Prendete un chiodo lungo circa 4 centimetri e avvolgete strettamente un segmento di filo di rame intorno ad esso facendogli fare almeno una trentina di giri. Collegate l'estremità del filo di rame più vicina alla testa del chiodo alla lampadina, a sua volta connessa con uno dei due poli della pila. Collegate l'estremità del filo di rame più vicina alla punta al filo conduttore, che porrete poi in contatto con il secondo polo della pila per chiudere il circuito. Fissate la testa del chiodo alla tavoletta con del nastro adesivo. Avvicinate la bussola alla testa del chiodo e chiudete il circuito: la bussola devierà dalla propria posizione come nell'esperienza precedente, ma in modo più evidente.

Togliete la bussola e aprite il circuito, disponete della leggera polvere di ferro su un foglio di cartoncino, avendo cura che sia ben sparsa. Appoggiate il foglio di cartoncino con la limatura sul piano di legno e avvicinatelo alla punta del chiodo. Chiudete il circuito. Tamburellate leggermente sul piano, in modo che la limatura "saltelli" sul foglio. Ricadendo la limatura si disporrà secondo linee che partono dalla punta del chiodo e si allargano a ventaglio. Un po' della limatura di ferro andrà addirittura al contatto con la punta del chiodo, disponendosi quasi parallelamente al chiodo stesso. Le linee formate dalla limatura di ferro permettono di visualizzare la forma del campo magnetico!

Che cosa succede

Un filo di rame percorso da corrente elettrica genera un campo magnetico, comportandosi in tutto e per tutto come una calamita. Avvolgendo il filo intorno al chiodo, si fa sì che nello stesso spazio passi più corrente elettrica e dunque si genera un campo magnetico più intenso. Di conseguenza, il filo di rame avvolto intorno al chiodo si comporta come una calamita più potente di quella prodotta da un singolo filo. Le linee del campo magnetico generato in tal modo passano all'interno dell'avvolgimento, dove si trova il chiodo, escono dalla sua punta e si riconnettono in corrispondenza della testa. La limatura di ferro tende a disporsi seguendo proprio queste linee, le quali rappresentano l'effetto del campo magnetico su tutto lo spazio circostante. La punta del chiodo è il punto più semplice per osservare l'effetto del campo magnetico, perché in sua corrispondenza le linee del campo magnetico sono più ravvicinate.

Il mistero delle calamite

La forza magnetica esercitata da una calamita ha origine da una moltitudine di piccolissime correnti elettriche esistenti al suo interno. Negli atomi che compongono la materia, infatti, gli elettroni sono in continua rapida rotazione intorno ai nuclei atomici e grazie a questo moto ogni atomo può essere descritto come un microscopico circuito percorso da corrente, che può generare nello spazio circostante un debolissimo campo magnetico. In un pezzo di ferro qualsiasi, lontano da calamite, gli elettroni ruotano in tutte le direzioni possibili a caso: il campo magnetico totale è quindi la somma di tanti campi magnetici, gli uni opposti agli altri, ed è complessivamente nullo.

Nelle calamite, invece, gli elettroni ruotano tutti attorno a una stessa direzione e nello stesso verso. I piccolissimi campi magnetici prodotti da queste micro-correnti si sommano così in un unico campo e danno alla calamita le caratteristiche proprietà magnetiche. Se ci si trova in prossimità di una calamita o di un campo magnetico, nel ferro, così come in tutti i materiali detti ferromagnetici, le microcorrenti tendono a disporsi nella direzione del campo stesso. Per questo la limatura di ferro si orienta secondo le linee del campo.

L'esperimento è stato proposto da Lino de Santis e Bruno Marconi, sezione Aif (Associazione per l'Insegnamento della Fisica), L'Aquila.

Gli insegnanti che desiderano proporre degli esperimenti possono scrivere a comunicazione@presid.infn.it

Italia al Cern. L'industria italiana in scena al centro di ricerca di Ginevra



Vista aerea del Cern, presso Ginevra

Parte 'Science on Stage2'. Verranno premiati i migliori progetti didattici

Scade il 30 giugno 2006 il tempo per presentare il progetto per partecipare a 'Science on Stage2': un'iniziativa europea che intende raccogliere quanto di meglio, di innovativo, di stimolante si propone in Europa per la diffusione delle conoscenze nel campo delle scienze sperimentali.

'Science on Stage2' è rivolta al mondo della scuola e in particolare agli insegnanti di materie scientifiche. I docenti dovranno presentare un progetto didattico relativo all'insegnamento delle scienze sperimentali (fisica, chimica, biologia, astronomia ...) che sia originale, attraente e didatticamente efficace.

I progetti migliori verranno scelti durante l'evento nazionale che si svolgerà il 5 e 6 ottobre 2006 presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso e gli insegnanti-autori andranno a far parte della delegazione rappresentante l'Italia all'evento finale europeo che si svolgerà dal 2 al 6 aprile 2007 a Grenoble (Francia).

Roberta Antolini
responsabile del Servizio Relazioni Esterne dei Lngs
roberta.antolini@lngs.infn.it

Maggiori informazioni e aggiornamenti alla pagina web
www.lngs.infn.it/scienceonstage

Anche lo scorso anno l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare ha partecipato alla mostra «Italia al Cern» (Italy at Cern): un appuntamento europeo di grande rilievo che vede protagonista l'industria italiana ad alta tecnologia presso il centro di ricerca europeo, situato vicino a Ginevra. La mostra si è svolta dal 14 al 17 novembre ed è stata inaugurata da Guido Possa, vice ministro dell'Istruzione, Università e Ricerca, da Robert Aymar, direttore generale del Cern e da Roberto Petronzio, presidente dell'Infn. Perché proporre una mostra dedicata all'industria italiana nel più importante centro di fisica nucleare europeo? Perché, nonostante i dati sulla partecipazione scientifica italiana alle attività del Cern siano relativamente noti e diffusi, è meno conosciuto il ruolo dell'industria italiana che da anni fornisce apparecchiature sempre più avanzate al centro di ricerca in Svizzera. Per colmare questa lacuna, ogni tre anni l'Ilo (Industrial Liaison Officer), con la collaborazione della Camera di Commercio Italiana in Svizzera e dell'addetto scientifico della Rappresentanza a Ginevra, organizza «Italia al Cern». Durante la manifestazione, le ditte italiane che hanno ottenuto importanti contratti industriali o che aspirano a diventare fornitrici del Cern allestiscono spazi espositivi per i loro prodotti d'avanguardia. La collaborazione con le imprese e l'industria è un elemento importante dell'attività di ricerca in fisica nucleare e delle particelle, e in particolare di quella che oggi, in diversi Paesi che fanno parte del Cern, si svolge allo scopo di costruire e rendere operativo il grande acceleratore Lhc e gli esperimenti che saranno a esso connessi. Proprio Lhc e i suoi esperimenti, infatti, richiedono per la loro realizzazione tecnologie estremamente innovative e sofisticate, che i fisici mettono a punto coinvolgendo le imprese private. Le industrie italiane rivestono un ruolo di primo piano in questo processo: in particolare esse si distinguono nella produzione dei magneti superconduttori, elementi costitutivi di Lhc, nella criogenia (cioè nello studio di come ottenere temperature molto basse e del comportamento dei materiali in tali condizioni), nelle tecniche del vuoto, nell'ingegneria civile, nell'elettronica e infine nella realizzazione dei rivelatori di particelle, per i quali le imprese del nostro Paese sono all'avanguardia nel mondo. Proprio l'altissima specializzazione ha permesso all'Italia di salire al secondo posto nella graduatoria dei Paesi fornitori sia per Lhc che per gli esperimenti a esso legati, mentre il primo posto è occupato dalla Francia, la quale si trova in vantaggio in quanto Paese che, con la Svizzera, ospita sul proprio territorio le infrastrutture del Cern. In totale tra il 1995 e il 2005 le imprese italiane hanno ricevuto commesse pari circa al 19% del totale degli ordini. Osservando i dati degli ultimi anni, è possibile rendersi conto di come per l'industria italiana il rapporto con il Cern sia sempre più favorevole. E al contempo, l'Istituto di ricerca europeo sta diventando un riferimento unico sia per possibilità di trasferimento tecnologico e innovazione, che come centro di alta formazione.

Federico Ferrini
addetto scientifico della Rappresentanza Permanente d'Italia presso le Organizzazioni Internazionali di Ginevra
federico.ferrini.est@esteri.it

In breve

Un esperimento in orbita apre la strada a viaggi spaziali a prova di raggi cosmici

Il decollo del cargo spaziale Progress, avvenuto il 22 dicembre scorso dal cosmodromo russo di Baikonur, ha dato inizio alla missione che ha portato in orbita l'esperimento Altcriss/Sirad, frutto della collaborazione tra l'Infn, diverse università italiane, l'Esa, la Nasa, la Jaxa (l'agenzia spaziale giapponese), altri enti di ricerca internazionali e imprese fra le quali l'Alcatel Alenia Spazio. L'esperimento è stato attivato dall'astronauta russo Valery Tokarev dopo che il 24 dicembre la navetta Progress ha agganciato la Stazione Spaziale Internazionale (Iss), dove attualmente si trova anche l'americano Bill McArthur. Dedicato all'analisi dettagliata della composizione nucleare dei raggi cosmici che investono ininterrottamente il nostro pianeta, Altcriss/Sirad ha come principale obiettivo aprire la strada allo studio di possibili materiali schermanti per proteggere gli astronauti dalla radiazione cosmica. I raggi cosmici sono particelle cariche stabili, come protoni, elettroni e nuclei energetici. Come tutte le particelle cariche, anch'essi sono radiazioni ionizzanti e in quanto tali, urtando con gli atomi che compongono la materia, ad esempio attraversando i tessuti dell'organismo degli astronauti, hanno la capacità di far schizzare gli elettroni lontano dal nucleo atomico. Come conseguenza, gli atomi si trasformano in ioni dotati di carica positiva e in questa forma possono causare gravi danni alle molecole biologiche, in particolare al Dna. In orbita gli astronauti ricevono una dose di raggi cosmici circa cento volte superiore a quella a cui si è normalmente soggetti sulla Terra. Tuttavia, questa è una dose che non desta gravi preoccupazioni: la sua entità infatti è ancora parzialmente contenuta perché la Stazione Spaziale Internazionale si trova a 400 chilometri dalla superficie terrestre, e a questa distanza i raggi cosmici sono bloccati per circa un terzo dall'ombra del nostro pianeta e per un altro terzo sono deflessi dal suo campo magnetico. A bordo della Stazione Spaziale, quindi, il vero

pericolo si manifesta solo in concomitanza con grandi eruzioni solari, quando i raggi cosmici sono moltiplicati dall'ingente quantità di materia e di particelle emesse dalla corona solare. In particolari condizioni, però, l'uomo si avventura al di fuori dello scudo protettivo del campo magnetico terrestre: è avvenuto, ad esempio, nel corso delle missioni Apollo, verso la Luna, e avverrebbe, per periodi molto più lunghi, nel caso di nuove missioni sul nostro satellite o di viaggi su Marte. Lo studio dettagliato della tipologia, della distribuzione e soprattutto della variazione del flusso di raggi cosmici a bordo della Stazione Spaziale Internazionale apre quindi una possibilità allo sviluppo di efficaci tecnologie di protezione per futuri viaggi e lunghe e sicure permanenze nello Spazio. L'esperimento Altcriss/Sirad, della durata prevista di tre anni, utilizza il rivelatore Sileye-3/Alteino che consente di misurare in tempo reale la struttura e la composizione dei raggi cosmici, sia in condizioni di tempo solare quieto, che in presenza di tempeste solari. Le caratteristiche del rivelatore permettono di identificare i componenti dei diversi nuclei: dai protoni, che costituiscono il 90% dei raggi cosmici, sino ai nuclei più pesanti come il ferro, i quali seppur molto rari possono causare danni superiori a quelli dei protoni.

Marco Casolino
responsabile presso Esa dell'esperimento Altcriss
Sezione Infn di Roma Tor Vergata
marco.casolino@roma2.infn.it

Francesca Scianitti
Infn – Ufficio Comunicazione
francesca.scianitti@presid.infn.it

La Stazione Spaziale Internazionale

Recensioni



Comunicare l'innovazione.
Perché il successo del nuovo dipende dalla capacità di spiegarlo
a cura di Andrea Granelli
Edizioni Il Sole 24 Ore, Milano 2005
pagine 211, Euro 24.00

Il volume fa parte della collana *Innovazione e Competitività*, promossa dalla Fondazione Cotec, nata con l'obiettivo di sostenere la cultura dell'innovazione in Italia. *Comunicare l'Innovazione* è una raccolta di interventi che vertono su difficoltà e strategie nel raccontare al pubblico l'innovazione tecnologica. Molti contributi provengono dalla Spagna, dove sul tema è stata condotta un'indagine approfondita, mentre le voci italiane permettono di inquadrare il problema nel contesto del nostro Paese. È un'utile introduzione a un tema molto sottovalutato in Italia, dove anche le scuole di giornalismo scientifico raramente si preoccupano di formare gli studenti nella comunicazione in un settore che tocca sia la ricerca di punta che le imprese private, e che richiede attenzioni molto specifiche.



Einstein 1905.
Dall'etere ai quanti
di Françoise Balibar
Edizioni Kami, Roma 2005
pagine 160, Euro 12.00

Nel 1905 Albert Einstein pubblica cinque articoli. Di questi, il libro *Dall'etere ai quanti* ne prende in considerazione tre: *Un punto di vista euristico concernente la produzione e la trasformazione della luce*; *Elettrodinamica dei corpi in movimento* e *L'inerzia di un corpo dipende dal suo contenuto di energia*. L'obiettivo è dimostrare come tutti e tre mirino a rispondere a una domanda chiave della fisica: cosa è la luce? Françoise Balibar ripercorre le ipotesi e teorie sulla luce che si sono susseguite fino ai lavori di Einstein, permettendo di comprendere come la teoria della relatività, pur nella geniale forza innovativa di chi l'ha concepita, sia il prodotto naturale del pensiero scientifico degli inizi del '900. L'approfondita postfazione di Luisa Bonolis, 1904, un anno prima di Einstein, chiarisce ancora di più quali fossero i dilemmi e i conflitti che agitavano la comunità dei fisici all'alba del ventesimo secolo.



I Luoghi della Scienza.
Guida ai musei e alle raccolte scientifiche italiane
di Massimo Bozzo
Di Renzo Editore, Roma 2005
pagine 269, Euro 40.00

L'Italia è il Paese che conserva la maggior parte del patrimonio artistico occidentale e il nostro territorio pullula di musei ricchi di quadri, sculture e altri tesori. Ma che ne è della tradizione scientifica? Dove sono i classici musei della scienza, dove si conservano gli antichi strumenti che hanno permesso i grandi passi avanti nella conoscenza? E dove sono i moderni musei interattivi, dove i visitatori possono compiere piccoli esperimenti e osservazioni dirette? Il libro di Massimo Bozzo è una dettagliata ed esauriente guida ai luoghi della scienza italiani, dal Museo di Fisica di Roma, dove si conservano i cimeli di Enrico Fermi e degli altri ragazzi di via Panisperna, alle cere anatomiche custodite a Cagliari, dal grande spazio interattivo della Città della Scienza di Napoli, al piccolo Museo del Bali, a Saltara.



Il club dell'uranio di Hitler.
I fisici tedeschi nelle registrazioni segrete di Farm Hall
di Jeremy Bernstein
Sironi Editore, Milano 2005
(prima edizione Springer-Verlag, New York 2001)
pagine 384, Euro 27.00

Al finire della guerra, gli alleati prelevano dalla Germania i più grandi fisici tedeschi coinvolti nel programma nucleare nazista e li trasportano in Inghilterra, dove vengono reclusi in una residenza di campagna chiamata Farm Hall, vicino a Cambridge. Lo scopo è duplice: in primo luogo evitare che in mano sovietica cadano dieci delle menti più brillanti del secolo, fra le quali Werner Heisenberg, ma anche capire fino a che punto si fossero spinte le conoscenze della Germania nazista su ciò che riguarda le armi atomiche. Per questa ragione, le conversazioni degli ospiti-prigionieri di Farm Hall vengono registrate da microspie disposte un po' ovunque. Il libro di Jeremy Bernstein propone al grande pubblico le trascrizioni di quelle conversazioni, classificate a lungo come segrete. Il lettore può scoprire così lo sbigottimento con cui i dieci scienziati reagirono all'annuncio del bombardamento di Hiroshima, e assistere al vero e proprio nascere della tesi secondo la quale i fisici tedeschi avrebbero potuto realizzare la bomba atomica, ma non lo fecero per non metterla in mano ai nazisti. Jeremy Bernstein commenta le trascrizioni chiarendo le parti più oscure nel modo brillante che è tipico del suo grande talento di divulgatore.

Agenda

maggio
giugno 2006

maggio



15-18 maggio

Terena Networking Conference 2006
Catania
<http://www.terena.nl/conferences/tnc2006/>

15-19 maggio

XI Frascati Spring School 'Bruno Touschek'
Infn - Laboratori Nazionali di Frascati (Roma)
<http://www.lnf.infn.it/>



21-27 maggio

X Pisa Meeting on Advanced Detectors
La Biodola, Isola d'Elba (Livorno)
<http://www.pi.infn.it/pm/2006/>

22-24 maggio

Workshop sui Monte Carlo, la Fisica e le Simulazioni a Lhc
Infn - Laboratori Nazionali di Frascati (Roma)
<http://www.lnf.infn.it/>

22-26 maggio

First Vesf School on Gravitational Waves
Cascina (Pisa)
<http://www.ego-gw.it/public/events/vesf/welcome.aspx>

22-27 maggio

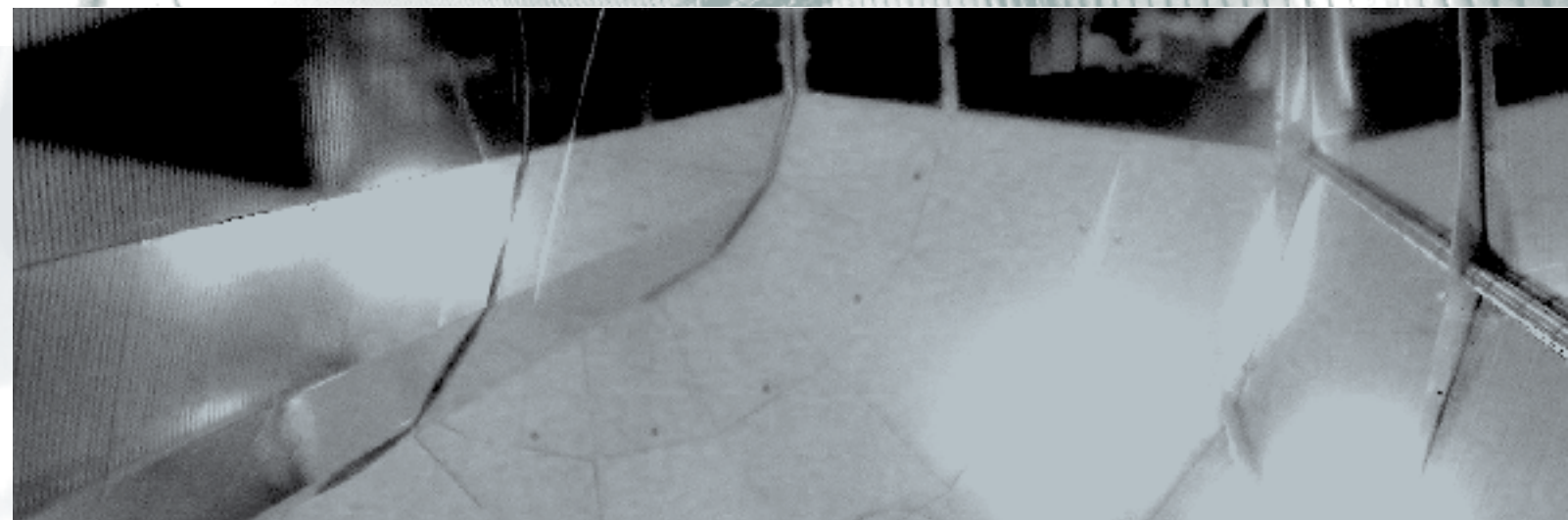
Vulcano Workshop 2006
Frontier objects in Astrophysics and Particle Physics
Vulcano (Messina)
<http://www.lnf.infn.it/t/conference/vulc2006/welcome.html>

27 maggio-2 giugno

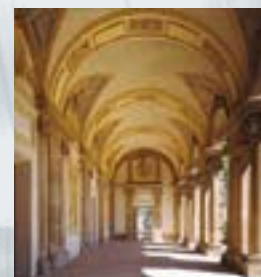
Gravitational Waves Advanced Detectors Workshop
La Biodola, Isola d'Elba (Livorno)
<http://www.pi.infn.it/congressi/gwadw/2006>

29-31 maggio

First Capri Workshop On Theory, Phenomenology
And Experiments in Heavy Flavour Physics
International Center for the Scientific Culture 'Villa Orlandi' - Capri (Napoli)
<http://web.na.infn.it/index.php?id=598>



giugno



29 maggio-2 giugno

Cris 2006 - Cosmic Ray International Seminar
Catania
<http://www.ct.infn.it/cris2006/>

31 maggio-1 giugno

Secondo Convegno Nazionale sulla Fisica di Alice
Lloyd's Baia Hotel - Vietri sul Mare (Salerno)
<http://alicemeeting.sa.infn.it/>

2-8 giugno

Cdf Collaboration Meeting
La Biodola, Isola d'Elba (Livorno)
http://www.pi.infn.it/cdf/public/cdf_elba_06/main.html

5-10 giugno

Generalized Parton Distributions - the Present Status
Ect Villazzano, Trento
<http://www.ect.it>

12-16 giugno

2nd Workshop on the Qcd Structure of the Nucleon
Villa Mondragone, Monte Porzio Catone (Roma)
<http://www.lnf.infn.it/conference/qcdn06/>

12-18 giugno

Italo-Hellenic School of Physics 2006
The Physics of Lhc: theoretical tools and experimental challenges
Palazzo Giuseppe Palmieri
Martignano, Grecia Salentina (Lecce)
<http://www.le.infn.it/lhcschool>

19-23 giugno

Alice Week
Bologna
<http://www.bo.infn.it/alice-week2006/>

20-22 giugno

4th Workshop on: Science with the New Generation
of High Energy Gamma-ray Experiments
Portoferraio, Isola d'Elba (Livorno)
<http://glast.pi.infn.it/Elba06/elba06.html>

photo by michael hoch

Asimmetrie

Asimmetrie

Rivista dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
anno II numero 2 - maggio 2006

Direttore responsabile

Roberto Petronzio, presidente Infn

Direttore esecutivo

Barbara Gallavotti

Comitato Scientifico

Angelo Scribano (presidente), Roberta Antolini,
Roberto Battiston, Ugo Braico,
Giorgio Chiarelli, Gianni Fiorentini,
Silvia Giromini, Giuseppe Pappalardo, Andrea Vacchi

Redazione

Cecilia Migali
Catia Peduto
Francesca Scianitti
Antonella Varaschin

Hanno collaborato a questo numero:

Roberta Antolini, Nora Capozio, Marco Casolino,
Giacomo Cuttone, Federico Ferrini, Graziano Fortuna,
Andrea Ghigo, Marco Maria Massai, Sandro Rossi,
Gloria Spandre, Cristina Valsecchi

Progetto grafico e impaginazione

D.D.D. Srl

Stampa

Arti grafiche, Pomezia, per D.D.D. Srl
su carta riciclata priva di cloro

Registrazione del Tribunale di Roma n. 435/2005
dell' 8 novembre 2005
Rivista trimestrale
© testi, Infn Roma

ISSN 1827-1383

FOTO COPERTINA: Rappresentazione grafica di ILC ©Shigemitsu Numazawa e KEK; FOTO TERZA DI COPERTINA: MEG ©Satoshi Mihara (p. 43) / GLAST: Galassia ©Gemini Observatory/Aura (p. 4); Terra ©Nasa/Jpl-Caltech (p. 5); Cielo gamma ©Infn (p. 6); Disegno lampi gamma ©Nasa/Cxc/Sao (pp. 6-7); Schermo anticoincidenza ©Slac (p. 8); Torre 1 ©Infn (p. 8); Tray ©Infn (p. 9); Sorgente raggi gamma ©Nasa, Esa, Heic e The Hubble Heritage Team (STScI/Aura) (p. 10) / CATANA: Visto da sarcofago antropoide, archivio iconografico Nuova Argos (p. 12), da p. 13 a p. 19 ©Infn / LA FOTO: Virgo ©Infn (pp. 20-21), fotografo Maurizio Perciballi, InfN-Roma1 / ILC: Rappresentazione bosone di Higgs ©Desy Zeuthen (pp. 22-23); Cavità risonante ©Desy Hamburg (p. 24); Rappresentazione urto elettrone-antielettrone ©Desy Hamburg (p. 25) / Immagine artistica dei tunnel di ILC ©2006 Interactions.org, Courtesy of Slac and Nicole Rager (pp. 26-27); ©Infn (pp. 30-31) / APPUNTI DI FISICA: ©Infn (p. 33) / NON SOLO FISICA: Roberto Siagri e Computer in miniatura ©Eurotech (pp. 34-35) / IN BREVE: Vista aerea di Ginevra ©Cern (p. 38); Stazione Spaziale Internazionale ©Nasa (p. 39) / AGENDA: Laboratori Nazionali di Frascati ©Infn, Villa Mondragone ©Infn (pp. 42-43). Le illustrazioni di Glast (pp. 7, 11), ILC (pp. 28-29) e dell'esperimento di Oersted (pp. 36-37) sono stati realizzati da InternoseiDesign (Massimo Ciafrei, Francesca Cuicchio) ©Infn.

Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte della rivista può essere riprodotta, rielaborata o diffusa senza autorizzazione scritta dell'Infn, proprietario della rivista.

Per contattarci

InfN-presidenza

00186 Roma – Piazza dei Caprettari, 70

www.Infn.it

comunicazione@presid.Infn.it

Tutti i numeri di Asimmetrie
possono essere scaricati dal sito
www.infn.it/indexit.php

Nel prossimo numero

**Arrivano i neutrini
dal Cern al Gran Sasso**

**2000 metri sotto il mare
per afferrare i neutrini**

La lunga caccia al neutrino

