

dai 6 ai  
99 anni

UN VIAGGIO  
TRA LE SCOPERTE SCIENTIFICHE  
CHE HANNO CAMBIATO  
L'UMANITÀ E LA SUA STORIA

# L'UNIVERSO SVELATO

**imparare**   
**sperimentando**  
mostra interattiva di esperimenti  
di fisica e scienze

“Imparare Sperimentando” è una mostra interattiva che propone un’ampia collezione di esperimenti di fisica e scienze in tutti gli ambiti dei fenomeni naturali. La mostra è organizzata dall’AIF - Associazione per l’Insegnamento della Fisica - Sezione di Pordenone. Lo scopo principale dell’iniziativa è quello di far conoscere la Fisica e le Scienze in generale. La mostra è nata sotto il segno dell’interattività al fine di attirare l’attenzione del pubblico ed in particolare dei giovani verso le discipline scientifiche e le ricadute che queste hanno nella vita di tutti i giorni. Perché no, anche per influire sulle loro scelte future.

**Pordenone**  
dal 9 febbraio al 2 marzo 2014  
**Ex convento di San Francesco**

dai 6 ai  
99 anni

UN VIAGGIO  
TRA LE SCOPERTE SCIENTIFICHE  
CHE HANNO CAMBIATO  
L'UMANITÀ E LA SUA STORIA

# L'UNIVERSO SVELATO

Speciali ringraziamenti vanno

**Agli Enti che sostengono l'iniziativa**

Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia  
Provincia di Pordenone  
Comune di Pordenone  
Fondazione Cassa di Risparmio di Udine e Pordenone

**insieme a**

Banca di Credito Cooperativo Pordenonese  
Noxor Sokem Group  
Decathlon  
Prosciutteria Fratelli Martin - Pordenone  
Tipografia Mascherin  
SME

**Agli Enti che hanno concesso il Patrocinio**

MIUR - Ufficio Scolastico Regionale di Trieste  
Università degli Studi di Trieste  
Università degli Studi di Udine  
Consiglio Nazionale delle Ricerche  
Istituto Nazionale Astrofisica  
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare  
Unindustria di Pordenone  
Polo Tecnologico di Pordenone Andrea Galvani  
Piccole e Medie Industrie di Pordenone

**Ai docenti relatori delle conferenze**

Roberto Battiston, Università degli Studi di Trento  
Massimo Pietroni, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare - Sezione di Padova  
Giovanni Battimelli, Università degli Studi "La Sapienza" di Roma  
Carlo Bernardini, Università degli Studi "La Sapienza" di Roma  
Lia Pancheri, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare - Laboratori Nazionali Frascati  
Renato Angelo Ricci, Università degli Studi di Padova

**Un ringraziamento particolare, inoltre, va a tutte le istituzioni,  
agli espositori e a tutti coloro che, in un modo o nell'altro,  
hanno preso parte all'iniziativa operando  
per la buona riuscita della stessa.**

# “Imparare Sperimentando”

è una mostra interattiva che propone un’ampia collezione di esperimenti di fisica e scienze in tutti gli ambiti dei fenomeni naturali. La mostra è organizzata dall’AIF - Associazione per l’Insegnamento della Fisica - Sezione di Pordenone. Lo scopo principale dell’iniziativa è quello di far conoscere la Fisica e le Scienze in generale. La mostra è nata sotto il segno dell’**interattività** al fine di attirare l’attenzione del pubblico ed in particolare dei giovani verso le discipline scientifiche e le ricadute che queste hanno nella vita di tutti i giorni. Perché no, anche per influire sulle loro scelte future.

**Il tema principale della nona edizione è la storia della Fisica del XX secolo, un viaggio che parte dalla scoperta dell’atomo, del nucleo e delle particelle elementari, pietre miliari della scienza che hanno cambiato e continuano ad influire sull’umanità e la sua storia.**

Imparare Sperimentando si propone di presentare tutti questi aspetti ed altro ancora anche attraverso la collaborazione di importanti enti nazionali ed internazionali del settore, presenti con diverse vetrine dedicate ai vari aspetti del tema. **In programma, con l’obiettivo di approfondire ulteriormente l’argomento, tre conferenze aperte al pubblico e alle scuole con la presenza di personalità note a livello internazionale.**



**Associazione  
per l’Insegnamento  
della Fisica**

Soggetto, senza scopo di lucro, qualificato presso il MIUR per la formazione. Il suo scopo è quello di migliorare e rivalutare l’insegnamento della Fisica e di contribuire ad elevare il livello della cultura scientifica in Italia.

**AIF Sezione di Pordenone  
Prof. Isidoro Sciarratta**  
Via D. Casella, 12  
33080 San Quirino (PN)  
Tel. 0434 918828  
Cell. 338 2337956  
[isidoro.sciarratta@alice.it](mailto:isidoro.sciarratta@alice.it)

# AdA: il primo collisore elettrone-positrone

di Danilo Babusci, LNF  
Responsabile Servizio Informazione e Documentazione Scientifica

00  
introduzione

**Il 5 dicembre scorso i Laboratori Nazionali di Frascati (LNF) dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) sono stati dichiarati Sito Storico della Società Europea di Fisica (EPS).**

Questo importante riconoscimento è stato conferito per la realizzazione di AdA (Anello di Accumulazione), il primo acceleratore di particelle e antiparticelle mai realizzato al mondo.

Intervento del presidente dell'INFN, Fernando Ferroni, durante la cerimonia.





AdA fu costruito a Frascati da un piccolo gruppo di giovani fisici e tecnici con alla guida il fisico teorico austriaco Bruno Touschek, il quale, nei primi mesi del 1960, aveva elaborato l'idea alla base della realizzazione dell'acceleratore. La sua idea rivoluzionaria consisteva nel far circolare all'interno dello stesso anello, e in direzioni opposte, due fasci di particelle (elettroni e positroni) dalle cui collisioni poter produrre nuove particelle. Eccetto per la diversa natura delle particelle utilizzate (protoni), questa è la stessa idea alla base del funzionamento dell'acceleratore LHC al CERN di Ginevra, recentemente assunto agli onori della cronaca per la scoperta del bosone di Higgs. AdA era essenzialmente un grande magnete curvante, del peso di 8,5 tonnellate, in grado di mantenere le particelle fino a 200 MeV su un'orbita circolare di 65 cm raggio. Entrambi i fasci viaggiavano all'interno di una ciambella in acciaio inox al cui interno la pressione era stata ridotta a  $10^{-10}$  Torr per minimizzare le interazioni con le molecole d'aria e avere una vita media dei fasci di alcune ore. Una cavità a radiofrequenza forniva un campo oscillante longitudinale a 147 MHz con una tensione di picco di 5 kV per compensare la perdita di energia dovuta all'emissione di radiazione di sincrotrone da parte delle particelle. Le prime particelle circolarono in AdA il 27 febbraio 1961. L'anno successivo AdA venne trasferita al LAL (Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire) di Orsay, in Francia, dove gli esperimenti potevano essere eseguiti con fasci di maggiore intensità. Qui, per la prima volta, furono osservate le collisioni e il cosiddetto "effetto Touschek" (la diminuzione della vita media del fascio con l'aumento della densità spaziale delle particelle). Questo risultato segnò l'inizio della sperimentazione nella fisica delle collisioni tra elettroni e positroni.

AdA ha avuto una breve vita scientifica ma rimane una pietra miliare nella storia della scienza: ha fornito ai fisici delle particelle elementari del tempo la prova definitiva della fattibilità dei collisori elettrone-positrone, ed è stato presto seguito da molti acceleratori funzionanti su principi simili, ma di maggiore intensità ed energia, in Francia, in Germania, negli Stati Uniti e in Unione Sovietica. Nel nostro paese, sempre ai LNF, AdA ha avuto come degni discendenti ADONE e DAFNE, rispettivamente nel 1969 e 1999, con quest'ultimo tuttora in funzione. Seguendo la strada tracciata da AdA, gli anelli di accumulazione elettrone-positrone sono diventati uno strumento fondamentale per indagare la struttura intima della materia a energie sempre maggiori.



# AdA: un'icona degli anni '60

di Danilo Babusci, LNF  
Responsabile Servizio Informazione e Documentazione Scientifica

00  
introduzione

## Intervista a Umberto Dosselli

Direttore dei Laboratori  
Nazionali di Frascati

Nei primi anni '60 il neonato Istituto Nazionale di Fisica Nucleare aveva da poco terminato, a Frascati, la costruzione dell'Elettrosincrotrone. Nello stesso periodo molti fisici delle alte energie, tra cui parecchi italiani si stavano spostando al CERN. I favolosi anni '60 sono stati un periodo d'oro anche per la fisica delle particelle che proprio qui in Italia, a Frascati, ha un importante punto di inizio che porta il nome della zia romana dello scienziato che l'ha ideato. Nel 1961 un gruppo di giovani ricercatori guidati dal fisico austriaco Bruno Touschek costruì l'Anello di Accumulazione (AdA) il prototipo dei futuri acceleratori in cui fasci di particelle si scontrano per originare nuove particelle. Dopo oltre mezzo secolo, nell'anno del Nobel per la Fisica a Englert e Higgs, reso possibile grazie alle scoperte ottenute a LHC, AdA è stata inserita tra i luoghi segnalati per il loro interesse storico dalla European Physical Society (EPS). Un riconoscimento che quest'importante istituzione conferisce a luoghi e, come in questo caso, macchine che abbiano avuto un ruolo particolarmente rilevante nella storia della fisica in Europa.



## I favolosi anni '60 cominciano a Frascati con un'idea che avrebbe rivoluzionato la fisica delle particelle. Che cosa accadde?

“Nei primi anni '60, a Frascati, era in funzione l'elettrosincrotrone, una macchina all'avanguardia per la ricerca a cui lavorava una promettente comunità di fisici e ingegneri, tra cui molti giovani. Ma l'elettrosincrotrone non era una macchina unica, ce n'erano di simili in altri laboratori nel mondo. Il progetto di AdA, invece, era completamente rivoluzionario. A concepirlo fu Bruno Touschek che immaginò una macchina circolare in cui accelerare, nello stesso anello e in senso opposto, due fasci di particelle e antiparticelle (elettroni e positroni), per poi farli scontrare e produrre, nelle collisioni, nuove particelle. I concetti innovativi erano due: l'idea di immettere le antiparticelle e l'idea di far circolare contemporaneamente, e in senso opposto due fasci, per poi farli scontrare. Ciò consentiva di accelerare contemporaneamente sia “il proiettile” (il fascio di antiparticelle) sia il “bersaglio” (il fascio di particelle) in modo da aumentare l'energia finale. Fino ad allora, tutti gli acceleratori, compreso l'elettrosincrotrone di Frascati, acceleravano il fascio per farlo scontrare con un bersaglio fermo.”

## AdA è un'icona della fisica delle particelle ma la sua vita scientifica è stata breve.

“AdA era l'esperimento, la sfida. Dimostrare che fosse possibile realizzare un prototipo in cui accelerare e far collidere fasci di particelle all'interno della stessa macchina e provare che avesse un vantaggio rispetto a un acceleratore lineare. Touschek la propose nel 1960, nel 1961 AdA era pronta e l'anno successivo fu trasferita in Francia ai Laboratori dell'Acceleratore Lineare di Orsay (LAL). Occorreva, infatti, testare la macchina a energie più elevate e i Laboratori di Orsay disponevano di un iniettore sufficientemente potente. La prova fu egregiamente superata. Grazie ad AdA i fisici avevano adesso a disposizione un modello di prototipo sulla cui base costruire i futuri acceleratori. Così a Frascati fu realizzato ADONE, il primo figlio di AdA, un anello per elettroni e positroni, con alta intensità di fascio e di energia, con cui si cercavano i quark e i dettagli delle particelle più pesanti.”



**AdA rimane una pietra miliare della storia della scienza perché è stata il capostipite di generazioni di acceleratori, tra cui anche il gigantesco LHC. Verso dove si sta muovendo la frontiera della fisica? Siamo alla ricerca di un nuovo prototipo di macchina per il futuro?**

“La scienza e la tecnologia degli acceleratori hanno raggiunto altissimi livelli di eccellenza sia nella ricerca fondamentale sia nelle sue applicazioni. Oggi nel mondo si contano circa 30.000 acceleratori che rappresentano ormai un importante strumento nel mondo della medicina e dell’industria. In ambito medico, ad esempio, sono oltre 75.000 i pazienti nel mondo che sono stati trattati con l’adroterapia, di questi 24.000 in Europa, e circa 11.000 gli acceleratori appositamente impiegati in questo settore. Quest’anno il Nobel per la fisica è stato assegnato a Englert e Higgs con esplicito riferimento alle scoperte ottenute a LHC dagli esperimenti ATLAS e CMS, che nel luglio 2012 avevano annunciato la scoperta del bosone di Higgs. Ma c’è una frontiera evidente a tutti con cui ci stiamo già confrontando: il gigantismo. Le dimensioni dei nostri acceleratori sono incredibili, LHC ha una circonferenza di 27 km e un peso di 38.000 tonnellate. Si tratta di un limite tecnologico e economico che la comunità scientifica ha ben presente, e su cui si sta lavorando in alcuni laboratori del mondo tra cui anche Frascati. La sfida oggi si articola su tre parole chiave: piccolo, preciso e potente. Ovvero inventare nuove tecniche che ci portino ad energie altissime in spazi molto più piccoli. La competizione è aperta.”





Umberto Dosselli  
Direttore dei Laboratori  
Nazionali di Frascati



# Ecco Gaia!

Dott. Mario G. Lattanzi

INAF-Osservatorio Astronomico di Torino

Responsabile Scientifico  
della partecipazione italiana in Gaia

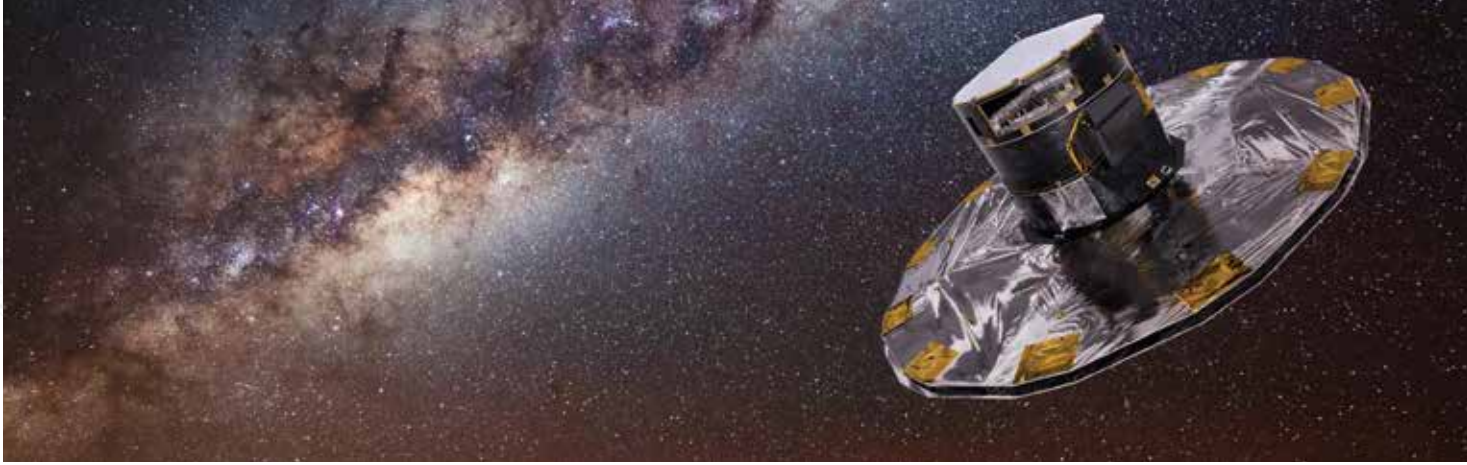
00  
introduzione

**L'avventura che rivoluzionerà la nostra conoscenza del cielo stellato è iniziata: Gaia, la nuova missione scientifica dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA), è stata lanciata con successo il 19 dicembre scorso alle 10:12 ora italiana dallo spaziorporto europeo di Kourou nella Guyana francese a bordo del lanciatore russo-Europeo Soyuz e, dopo un viaggio di 4 settimane, ha raggiunto la sua orbita operativa attorno al punto lagrangiano L2, quello esterno, del sistema Sole-Terra a 1,5 milioni di km da noi.**

Gaia è dedicata allo studio della composizione, formazione ed evoluzione della Via Lattea e per raggiungere questo ambizioso obiettivo misurerà posizione, velocità e colori per oltre un miliardo e mezzo di stelle, grossomodo un centesimo della popolazione stellare della nostra galassia: il più grande censimento stellare mai tentato dall'uomo. Infatti, Gaia è una macchina fantastica capace di censire in luce visibile tutti gli oggetti sulla volta celeste fino alla magnitudine 20, ovvero circa 400.000 volte più deboli di quelli visibili ad occhio nudo. Con questa sensibilità Gaia catturerà anche la luce di circa 500.000 quasars realizzando, per la prima volta nell'ottico, la più grande e profonda materializzazione del sistema di riferimento celeste di sempre, indispensabile per i futuri viaggi di sonde e navi verso lo spazio profondo.

Rispetto al suo predecessore, il satellite Hipparcos, questa nuova sonda astrometrica, che conferma e rafforza la leadership mondiale che l'Europa ha in questa branca delle scienze spaziali, sarà 200 volte più precisa, la sua survey 50.000 volte più profonda in luminosità ed il volume coperto almeno 1.000.000 di volte più grande.

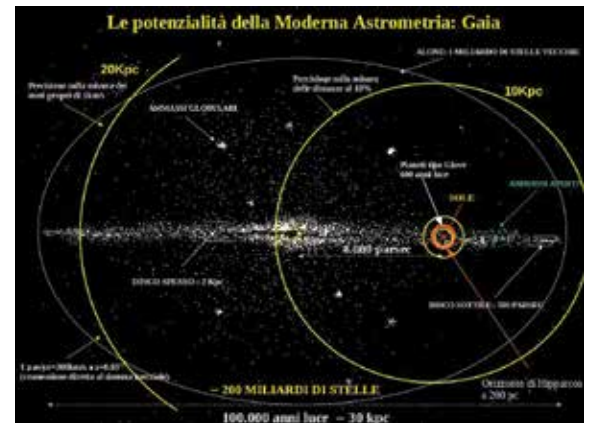
Un grande piano focale (il più grande a mosaico CCD mai sviluppato prima per lo spazio) che raccoglie luce contemporaneamente da due telescopi e da uno spettrografo è il cuore tecnologico della missione, tutto realizzato in Europa, che permetterà di raggiungere accuratezze impensabili anche solo fino a pochi anni fa. Combinando la tecnologia di bordo con un altrettanto complesso ed innovativo sistema di processamento ed analisi dati a terra, la posizione di ogni stella verrà misurata con una precisione angolare di 10 milionesimi di secondo d'arco (o 10  $\mu$ as). Per 'materializzare' questo dato possiamo dire che Gaia è in grado di ricostruire la direzione di arrivo dei fotoni con un'accuratezza angolare pari alle dimensioni di un'unghia umana sulla Luna vista dalla Terra! Alla fine dei suoi 5 anni di vita in orbita Gaia produrrà un'immensa mappa celeste multidimensionale, la prima costruita dall'uomo,



in grado di “guidarci” con precisione per gran parte della Via Lattea. Gaia potrà infatti estendere il suo orizzonte galattico fino al centro della Via Lattea, a comprendere i due bracci a spirale principali di Carina-Sagittario (verso l’interno) e di Perseo (verso l’esterno). La regione censita da Gaia contiene volumi di dimensione mai raggiunti per studiare il disco e l’alone vicino della Galassia.

Insieme all’informazione su posizione e velocità, Gaia, grazie alla sua capacità spettro-fotometrica, raccoglierà, per ogni stella, informazioni astrofisiche quali temperatura efficace, gravità superficiale e metallicità. Questi dati avranno la profondità e la precisione necessarie per investigare e risolvere le domande fondamentali alla base del caso scientifico di Gaia: 1) Quando si sono formate le stelle della Via Lattea? 2) Come e quando è stata assemblata la nostra Galassia? 3) A quanto ammonta e come è distribuita la componente oscura della sua massa? La quantità e l’accuratezza dei dati stellari acquisiti permetterà finalmente il confronto con le previsioni fornite dalle più sofisticate simulazioni cosmologiche per galassie massicce come la Via Lattea segnando l’inizio della Cosmologia locale. Ma gli stessi dati avranno un impatto enorme su tutte le branche dell’astrofisica spaziando dalla fisica delle stelle a quella dei sistemi extrasolari, fino a comprendere quella parte della fisica fondamentale che si occupa della gravitazione sperimentale.

Infatti, il modo con cui Gaia contribuisce alla ricerca e caratterizzazione dei pianeti extrasolari è innovativo. A differenza degli studi condotti fino ad ora, il censimento astrometrico non discrimina, nè per età, nè per composizione chimica o orientamento spaziale, nessuna delle stelle potenzialmente in grado di ospitare pianeti.



E questo è molto importante perché oggi la fisica della formazione dei sistemi planetari non è in grado di prevedere quali stelle possono essere anche 'soli' ovvero ospitare sistemi planetari. Il problema è 'osservativo' ed è affrontabile solo da strumenti in grado di eseguire censimenti completi proprio come Gaia che, con la sua sensibilità, riuscirà a scoprire e caratterizzare migliaia di pianeti rocciosi di tipo Nettuno, orbitanti nella zona di abitabilità delle nane rosse, entro un raggio di 25 pc (circa 80 anni luce). Certo, lontani per cercare di stabilire una comunicazione, ma pur sempre nel nostro vicinato galattico.

D'altra parte, non c'è bisogno di andare lontano per affrontare i problemi legati ai fondamenti della fisica. Grazie a Gaia, il Sistema Solare diventa un laboratorio privilegiato di fisica della gravitazione. All'accuratezza di Gaia infatti, la luce non si propaga più in linea retta ed il tempo non è più assoluto: i fotoni percorrono geodetiche ed il tempo fisico è solo quello dell'osservatore.... Siamo nel regno della Relatività Generale del Prof. Einstein, senza la quale non potremmo analizzare correttamente i dati di Gaia. Infatti, all'ordine del milionesimo di secondo d'arco devono essere considerati tutti i campi gravitazionali, inclusa la loro non stazionarietà, prodotti dalle masse di tutti i pianeti all'interno del Sistema Solare. Avremo allora più di 100 milioni di misure di deflessione angolare della luce per quello che si preannuncia come il più grande esperimento di relatività mai effettuato, una straordinaria ripetizione, quasi un secolo dopo, dell'esperimento eseguito nel 1919 da Dyson, Eddington e Davidson che fornì la prima prova della correttezza della relatività generale di Einstein. Chissà se Gaia ripeterà la conferma o se, invece, metterà in luce qualche piccola anomalia che potrebbe avere grandissimo impatto sulle teorie cosmologiche che su di essa si fondano!

**Insomma, Gaia sta all'astrofisica del XXI secolo come il Sole all'astrofisica stellare o la metrologia alla fisica: fissando le proprietà fondamentali delle stelle costituenti, fisserà quelle della stessa Via Lattea, coniugando quindi l'Astronomia alla Cosmologia Locale ed alla Fisica Fondamentale.**

Per far fronte all'enorme complessità dell'elaborazione dati, la comunità scientifica Europea si è organizzata dal 2006 all'interno di un Consorzio, il Data Processing and Analysis Consortium (DPAC), che vede la partecipazione attiva di 400 scienziati da ben 22 paesi europei. Grazie al convinto sostegno di ASI ed INAF che finanziano l'impegno, l'Italia è, con la Francia, il maggiore contributore al DPAC e vede la partecipazione degli Osservatori Astronomici e le Università di Bologna, Catania, Firenze, Napoli, Padova, Roma, Teramo e Torino. Il loro coinvolgimento è determinante per le parti più critiche della riduzione ed analisi dati: dal monitoraggio e calibrazione dello strumento astrometrico, alla determinazione di posizioni parallassi e moti propri; dalla preparazione delle spettrofotometriche standard per la calibrazione assoluta in flusso alla partecipazione nella catena di riduzione fotometrica, alla trattazione dei campi densi al calcolo dei parametri astrofisici; dalla ricerca di NEO a quella di nuovi esopianeti per finire con la caratterizzazione sistematica della variabilità stellare.

Il contributo Italiano include anche la partecipazione del CINECA, ovvero del principale centro nazionale di supercalcolo, che contribuisce all'analisi dei dati con il suo super computer IBM-Blue Gene Q.



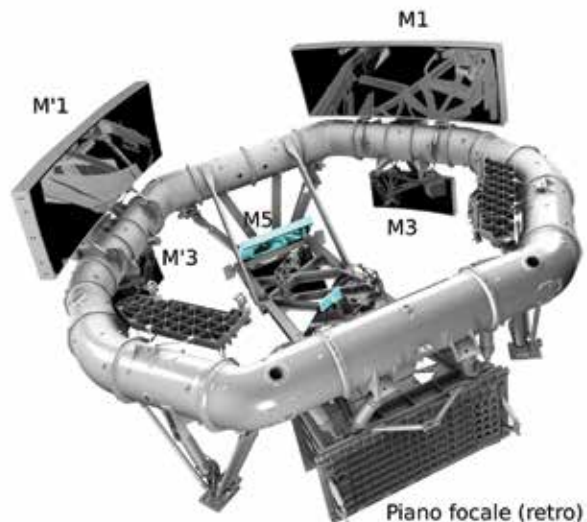
Nel futuro c'è

GAIA.

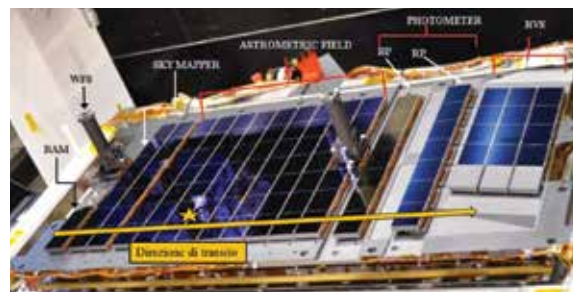
La comunità DPAC conta su ben 6 centri di elaborazione che formano il complesso Segmento di Terra Scientifico per il processamento dei dati (chiamati "Data Processing Centers" o DPC) collocati in Spagna, Francia, Gran Bretagna, Svizzera e Italia. Specifico contributo dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) all'ESA per Gaia, il Centro di Processamento Dati Italiano, con sede a Torino (DPC-T), ospiterà i sistemi appartenenti all'Astrometric Verification Unit, ovvero i sistemi che per il DPAC effettuano la verifica indipendente della catena di riduzione dati astrometrica ovvero del cuore della missione Gaia e dare quindi valore scientifico assoluto ai risultati prima del loro rilascio alla comunità scientifica mondiale. Il DPCT è l'unico sistema, con quello di Madrid, in grado di effettuare la calibrazione di posizioni, parallassi e moti propri dai dati di Gaia. Inoltre, a fine missione, ospiterà e potrà sfruttare, grazie all'utilizzo di uno dei più potenti sistemi di gestione dati sul mercato, l'Oracle EM 11g, il PetaByte della più grande banca dati per astronomia mai realizzata in Italia e una delle più grandi in Europa. La sua realizzazione è finanziata dall'ASI attraverso un contratto scientifico all'INAF-Osservatorio di Torino ed un contratto per l'infrastruttura HW e SW all'ALTEC di Torino.

Con questa enorme banca dati sarà come avere a disposizione uno strumento spaziale ma con la differenza che non si degraderà nel tempo ed il cui valore dipenderà solo dalla nostra capacità scientifica di "guardarci dentro": è l'enorme eredità della partecipazione in Gaia per gli astronomi e i tecnologi spaziali dei decenni a venire!

Da ultimo, ma non ultimo, parte strategica del sistema italiano per la scienza con Gaia, l'ASI Science Data Center (ASDC) si occuperà dell'archiviazione, gestione e distribuzione dei dati calibrati (ovvero le pubblicazioni intermedie ed il 'Catalogo finale Gaia') e dei sistemi software per il Data Mining così da aiutare la comunità scientifica nazionale a sfruttare al meglio quanto verrà prodotto dal satellite, massimizzando quindi il ritorno scientifico dell'investimento nazionale in Gaia.



Piano focale (retro)



# In programma tre conferenze aperte al pubblico e alle scuole

## La terra vista dallo spazio

*Prof. Roberto Battiston*  
Università degli Studi di Trento

Venerdì  
31 Gennaio  
2014

h 11.30

Auditorium  
Concordia  
Via Interna, 2  
Pordenone

**Un viaggio nel cosmo per vedere  
il nostro pianeta con gli occhi degli  
astronauti e delle sonde spaziali.**

Un pianeta vivo, colorato, mobile, misterioso,  
fragile, indimenticabile, in una parola meraviglioso.



## Tracce dall'universo oscuro

*Prof. Massimo Pietroni*  
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, sezione di Padova

Mercoledì  
19 Febbraio  
2014

h 11.30

Auditorium  
della Regione  
Via Roma, 2  
Pordenone

<< L'universo è composto per il 96% da forme di materia e energia ancora del tutto ignote, che convenzionalmente vengono chiamate materia oscura e energia oscura. Le prove della loro esistenza sono state raccolte poco a poco nel corso degli anni, grazie a un enorme progresso nelle tecniche di osservazione, che hanno convinto la gran parte della comunità scientifica. Oggi gli sforzi per comprendere la natura della parte oscura dell'Universo utilizzano le strategie più disparate: dalle osservazioni coi telescopi sulla Terra o su satelliti, a esperimenti compiuti agli acceleratori di particelle, nei laboratori sotterranei, nelle profondità marine o tra i ghiacci dell'Antartide. La materia e l'energia oscura pongono degli interrogativi fondamentali sulla nostra comprensione dell'universo e delle forze che ne regolano il funzionamento. La risposta a queste domande rappresenta una delle sfide più importanti per la Fisica contemporanea e potrebbe aprire le porte a una nuova rivoluzione scientifica.>>



## La fisica italiana del secondo Novecento: incontro con tre protagonisti

Mercoledì  
12 Marzo  
2014

h 11.00

Auditorium  
Concordia  
Via Interna, 2  
Pordenone

### Prof. Giovanni Battimelli

Università degli Studi di Roma

### Prof. emerito Carlo Bernardini

Università degli Studi di Roma

### Prof. emerito Renato Angelo Ricci

Università degli Studi di Padova

### Prof.ssa Lia Pancheri

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare  
Laboratori Nazionali di Frascati

Una discussione aperta con **Carlo Bernardini**,  
**Renato Angelo Ricci** e **Lia Pancheri**, dai ricordi personali  
sullo sviluppo della fisica fondamentale nel secondo dopoguerra  
alle questioni aperte al presente di politica della ricerca  
e di diffusione della cultura scientifica.

Conduce il dibattito il Prof. Giovanni Battimelli.



MAGNETIC DISCUSSION



# 01 Lo strumento di GAIA

a cura di Deborah Busonero,  
Mario Lattanzi e Alberto Riva

**INAF-OATo**  
INAF - Istituto Nazionale  
Astrofisica - Torino



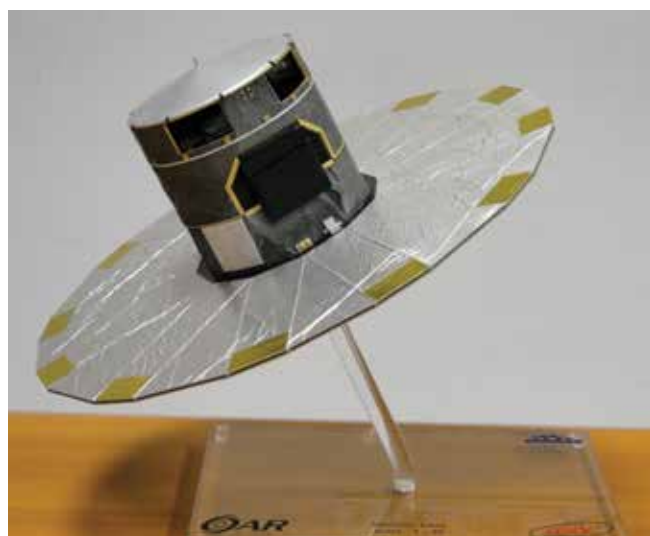
## Il modello qui esposto riproduce in scala il satellite Gaia.

Durante i previsti 5 anni di missione, Gaia osserverà sistematicamente l'intera volta celeste con un moto che ne consentirà più volte la scansione completa. Suo obiettivo è fornire misure accurate di ogni oggetto celeste che transiti nei suoi due campi di vista. Potrebbero essere quasi due miliardi quelli osservati mediamente 70 volte ciascuno, così da arrivare ad un totale di più di 150 miliardi di misure. La precisione della misura singola dovrà risultare contenuta in pochi milionesimi di secondo d'arco ( $\mu\text{as}$ )! Quasi come identificare la presenza di una mosca sulla Luna.

La configurazione ottica adottata e l'uso di rivelatori CCD per l'acquisizione di immagini ad una lunghezza d'onda che va dai 320 ai 1000 nanometri, quella della radiazione visibile, permetterà il raggiungimento di tale obiettivo. In sostanza Gaia percepirà il colore degli oggetti celesti che la circondano in modo simile a quello dei nostri occhi. In tutto questo è irrinunciabile che, per tutta la durata della missione, le modificazioni della struttura e degli specchi primari dovute a variazioni termiche e meccaniche restino confinate sempre al di sotto, rispettivamente, di 20 e 30 nanometri.

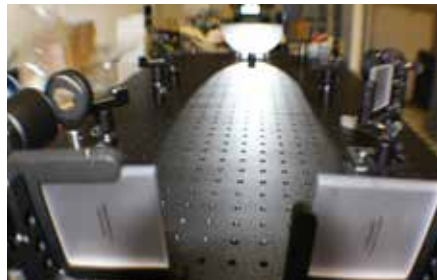
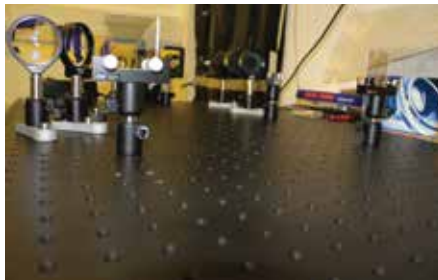
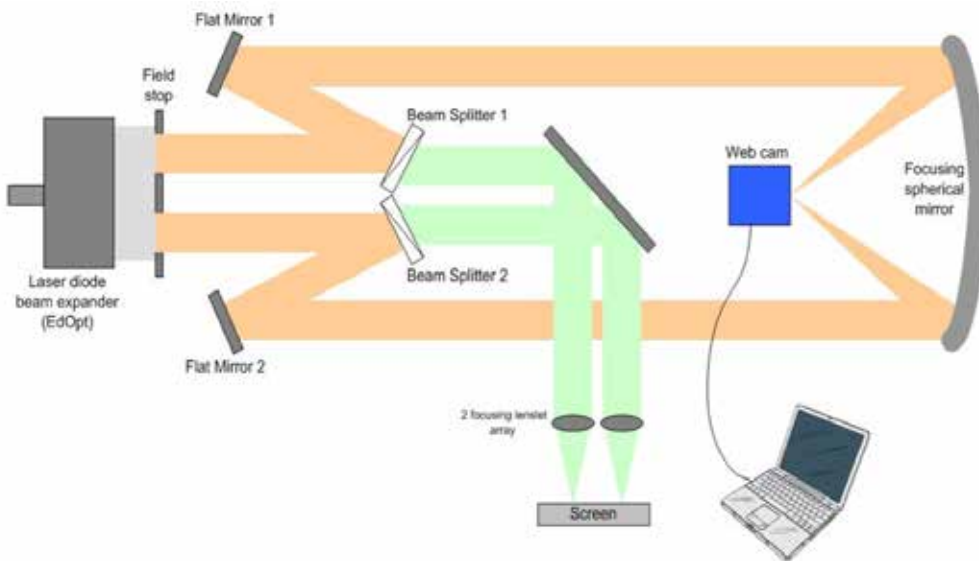
Il piano focale di Gaia (0,5 X 1 metro) è composto da più di 100 CCD (~ 1 Giga-pixel, per confronto il CCD di una macchina fotografica di rado supera qualche decina di megapixel), a costituire il più grande mosaico di CCD mai sviluppato prima nel campo della strumentazione spaziale. È suddiviso in 5 settori ciascuno con compiti precisi e diversi.

Il primo specializzato proprio nel compito di monitorare le eventuali fluttuazioni nell'allineamento delle ottiche. Il secondo, detto Sky Mapper, è costituito da due colonne di CCD, una per ogni campo di vista, che hanno la funzione di accorgersi dell'arrivo di oggetti celesti che verranno misurati subito dopo, nel terzo settore, il piano focale Astrometrico vero e proprio, dedicato alle misure di posizione. C'è poi una quarta zona dove due fotometri forniranno misure spettrofotometriche nel blu e nel rosso degli oggetti così da fornire anche informazioni sulla loro luminosità; infine gli spettrografi che collezionando spettri per una parte consistente degli oggetti stellari visti da Gaia consentiranno che, per questi, sia possibile determinare la velocità radiale, altra importante e difficile misura necessaria per comprendere la natura della nostra Galassia.

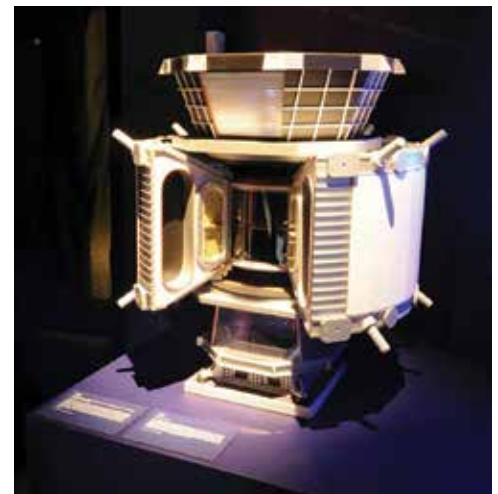




Il Mock-up è una riproduzione del principio di misura della unità BAM: il concetto ottico è basato su una coppia di fasci laser che producono un set di frange su un rivelatore CCD. Il principio di misura del BAM è basato sul monitoraggio della fase del set di frange. Attraverso un movimento di uno dei beamsplitter si produce un movimento artificiale di una stella nel cielo (rappresentata da uno spot laser) e un conseguente movimento proporzionale dell'interferogramma.



AMS-02 (Alpha Magnetic Spectrometer) è un rivelatore di particelle di nuova concezione, progettato per operare come modulo esterno della Stazione Spaziale Internazionale. Da questa posizione privilegiata AMS potrà studiare l'universo e le sue origini, cercando antimateria di origine primordiale e materia oscura attraverso misure di precisione della composizione e del flusso dei raggi cosmici, senza gli effetti di offuscamento causati dall'atmosfera. AMS contribuirà alla soluzione di interrogativi fondamentali, quali “da che cosa è costituita la massa invisibile dell'universo?” o “dove è finita l'antimateria prodotta nel big-bang?”.



Modello in scala 1:5 dell' Alpha Magnetic Spectrometer (AMS) installato sulla Stazione Spaziale Internazionale

# 04 Oscillatore e Ricevitore per onde corte di Righi

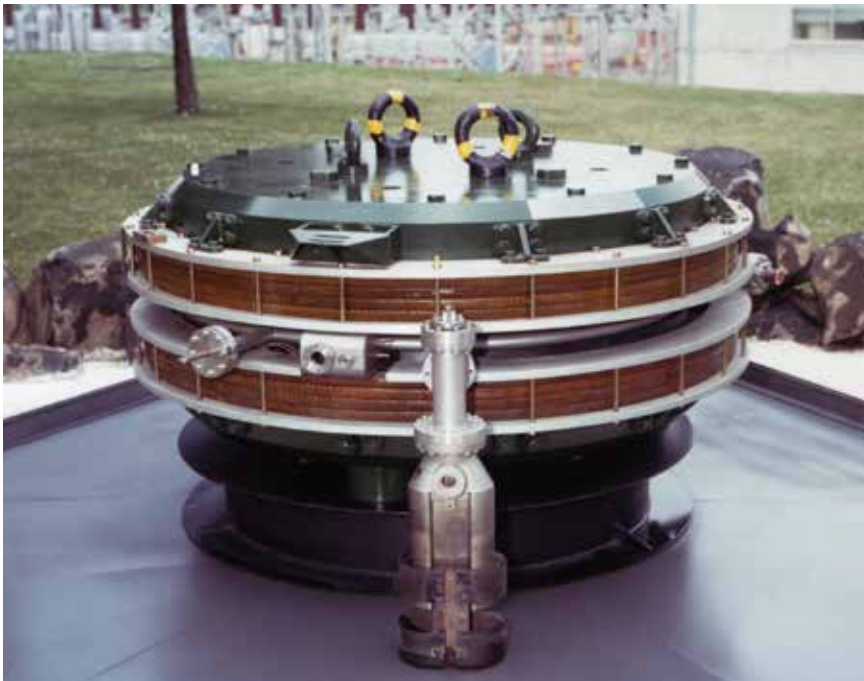
a cura di Gino Burello e Luigi De Biasi

Sul tavolo proponiamo una fedele ricostruzione di pezzi storici di grande importanza in quanto costituiscono la base per la fisica delle onde corte. Come è noto, si trattò di una tecnologia (quella dell'uso delle onde corte nelle radiotrasmissioni) che al momento (fine '800) non ebbe successo, ma che fu ripresa con grandi risultati dalla metà degli anni Venti.



**AdA è stato il primo acceleratore di particelle-antiparticelle mai costruito: in esso elettroni e positroni circolavano all'interno di un anello in direzioni opposte con eguale velocità, scontrandosi e trasformando tutta l'energia iniziale in nuove particelle.**

AdA venne costruito in Italia nel 1961 nei Laboratori dell'attuale INFN, allora CNEN di Frascati, da un piccolo team di fisici e ingegneri sotto la guida del fisico teorico Bruno Touschek. Il 27 febbraio circolarono i primi elettroni, e nel 1962 AdA venne trasferita nel Laboratoire de l'Accélérateur Lineaire di Orsay, dove si osservarono le prime collisioni e venne confermato il cosiddetto "effetto Touschek". La struttura di AdA consiste in una camera a vuoto del diametro di 160 cm, a forma di ciambella, all'interno di un magnete da 8,5 tonnellate in grado di far circolare nell'anello fasci di particelle con energia fino a 200 MeV. AdA, pur avendo avuto una breve vita scientifica, resta una pietra miliare nella storia della scienza. Come prototipo dei tanti anelli di accumulazione elettrone-positrone che seguirono, ha mostrato alla comunità della fisica delle particelle la concreta fattibilità delle macchine elettroni-positroni. Successivamente, acceleratori di particelle di maggiore intensità ed energia vennero costruiti in Francia, Germania, Stati Uniti, Unione Sovietica e in Italia, nei Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN con il successore di AdA, ADONE. La strada tracciata da AdA, dimostra che anelli di accumulazione di elettroni-positroni costituiscono un importante strumento per studiare la struttura intima della materia, confermando le aspettative di Bruno Touschek circa la rilevanza della fisica dei processi di elettrone-positrone in tutte le regioni di energia. A dicembre 2013, i Laboratori Nazionali di Frascati, dove AdA venne realizzato, sono stati proclamati Sito Storico dall'European Physical Society.



Modello (scala 1:1) di AdA  
(Anello di Accumulazione)

## Cavità accelerante a radiofrequenza (RF) dell'anello elettroni-positroni DAFNE, operativi dal 1997 presso i Laboratori Nazionali di Frascati dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare.

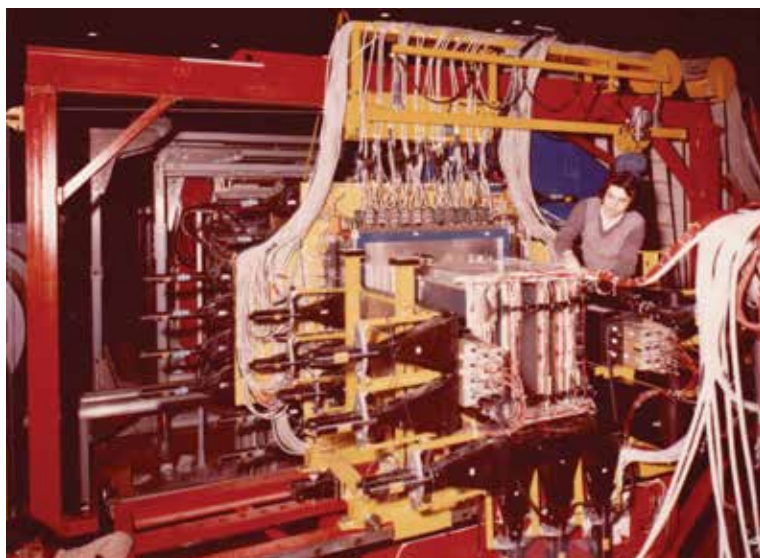
In un anello elettroni-positroni, le cavità RF hanno il compito di compensare, in ogni giro, le perdite di energia dei fasci dovute all'emissione di radiazioni di sincrotrone e quelle per effetto Joule causate dalle correnti elettriche indotte nella camera a vuoto. In questo modo l'energia dei fasci circolanti resta invariata nel tempo e il moto delle particelle segue orbite chiuse e stabili. Inoltre, i campi elettrici acceleranti eccitati all'interno delle cavità forniscono il focheggiamento longitudinale dei fasci, ovvero fanno sì che le particelle che temporaneamente acquisiscono un'energia leggermente diversa a quella nominale e/o perdono sincronismo, vengano riportate sull'orbita ottimale attraverso una piccola oscillazione smorzata (stabilità di fase).

Cavità Accelerante di DAFNE  
(prototipo in scala 1:1)



**Questo rivelatore, realizzato alla fine degli anni '70 presso i LNF, è uno dei moduli che componeva il rivelatore di vertice dell'esperimento FRAMM installato sull'acceleratore a protoni SPS del CERN. Si tratta di un rivelatore di particelle cariche costituito da una serie di fili (anodi) sottili, paralleli ed equidistanti tra loro, posti tra due piani conduttori (catodi). Il tutto si trova all'interno di una scatola contenente una particolare miscela gassosa.**

I piani catodici sono a potenziale negativo, mentre i fili sono a massa, per cui si crea tra loro un campo elettrico che cresce rapidamente in prossimità dei fili. Attraversando il rivelatore, una particella carica ionizza il gas e gli elettroni così prodotti, seguendo le linee di forza del campo, si muovono verso i fili. L'intenso campo elettrico in vicinanza del filo aumenta considerevolmente l'energia di questi elettroni, i quali, a loro volta, ionizzano il gas dando luogo a una valanga di elettroni che raggiunge il filo e genera un impulso elettrico che scorre nel filo stesso. Questo impulso, raccolto all'estremità del filo, ha un'ampiezza che dipende dalle proprietà del gas utilizzato, dalla tensione applicata e da proprietà geometriche quali, ad esempio, la distanza tra i fili, il loro diametro e la distanza tra il piano di fili e quello anodico. In particolari condizioni di funzionamento del rivelatore (modo proporzionale), l'ampiezza dell'impulso prodotto è una misura dell'energia persa dalla particella nell'attraversare la camera. Un'altra configurazione possibile è a camera tracciante, con i fili anodici che registrano soltanto l'avvenuto passaggio della particella. In questo caso, disponendo all'interno della camera più piani anodici, con differenti inclinazioni tra loro, è possibile ricostruire la traiettoria spaziale della particella.



Camera a fili per il rivelatore di vertice dell'esperimento FRAMM

Particolare del rivelatore FRAMM al CERN (1978)

**DAMA** è un esperimento dedicato allo studio della Materia Oscura dell'Universo e di molti altri processi rari. Gli apparati sperimentali che costituiscono DAMA sono collocati all'interno del Laboratorio Nazionale del Gran Sasso dell'INFN, sotto circa 1.400 m di roccia del massiccio del Gran Sasso, al riparo dal flusso di particelle radioattive (raggi cosmici) che "piovono" dallo spazio.

L'apparato sperimentale **DAMA/LIBRA** è realizzato da 25 cristalli scintillatori (per una massa totale di circa 250 kg) molto radiopuri. **DAMA/LIBRA** ha avuto un suo predecessore **DAMA/NaI**, che è rimasto operativo fino al 2002 ed è stato il primo esperimento al mondo dedicato alla rivelazione diretta di particelle di Materia Oscura dell'Universo.

I **cristalli scintillatori**, che costituiscono il cuore di **DAMA/LIBRA**, sono particolarmente adatti per questo tipo di esperimenti. Quando una tale particella interagisce con uno dei cristalli scintillatori, induce l'emissione di luce caratteristica, che può essere osservata.

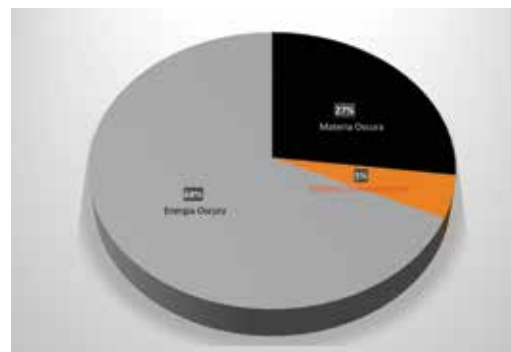
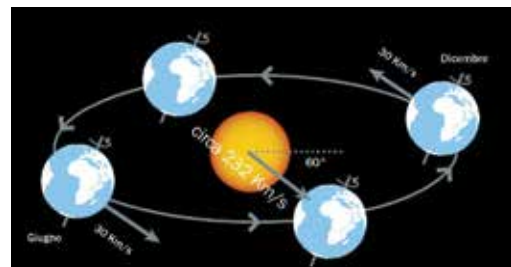
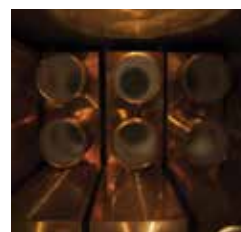
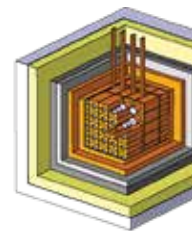
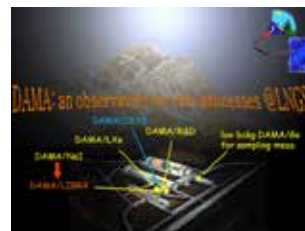
Il **Principio di rivelazione DAMA/LIBRA** è stato progettato e realizzato per identificare le particelle di Materia Oscura, grazie alla marcatura, cioè a una caratteristica identificazione, detta "della modulazione annuale". Infatti, poiché il Sole ruota attorno al nucleo galattico e la Terra ruota attorno al Sole, la Terra nel suo moto sperimenterà un "vento" di particelle di materia oscura, la cui intensità varierà ciclicamente durante l'anno.

Questo indurrà una variazione del numero di eventi raccolti con caratteristiche peculiari. **DAMA/NaI** e **DAMA/LIBRA**, su quattordici cicli annuali, hanno registrato (con elevato livello di significatività) una periodicità annuale che soddisfa contemporaneamente tutti i requisiti richiesti dalla marcatura: non si conoscono altri effetti che potrebbero produrre un segnale come quello registrato. I risultati di **DAMA/NaI** e **DAMA/LIBRA**, quindi, si basano su un lungo periodo di raccolta dati e su un gran numero di osservazioni sperimentali, per i quali attualmente non esistono altri dati con caratteristiche confrontabili.

**DAMA/LIBRA** sta continuando la raccolta dati per investigare ancora più a fondo tali particelle e la loro natura e anche per studiare le proprietà dell'alone galattico stesso. La prima fase di **DAMA/LIBRA** si è conclusa con un impressionante successo. Nel 2010, è stato effettuato un importante upgrade: **DAMA/LIBRA** è stato potenziato con un avanzato sviluppo tecnologico per permettergli sensibilità ancora più spinte. Attualmente è in presa dati in tale nuova configurazione.

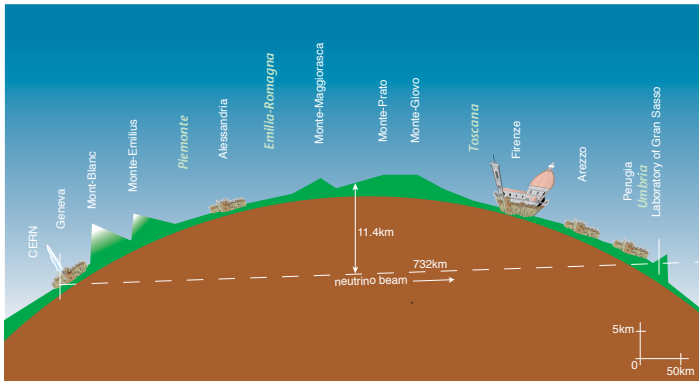
I **dati sperimentali** raccolti da **DAMA/NaI** e **DAMA/LIBRA** mostrano una chiara modulazione annuale, così come atteso per un segnale di particelle di Materia Oscura:

- Il periodo misurato è pari a  $(0.999 \pm 0.002)$  anni, compatibile con 1 anno, come atteso per un segnale di Materia Oscura
- La fase misurata è di  $(146 \pm 7)$  giorni che è compatibile con  $\sim 152.5$  giorni, come atteso per un segnale di Materia Oscura
- Tale modulazione è presente solo a bassa energia, nell'intervallo (2 - 6) keV e non in altre regioni energetiche, consistente con quanto atteso per un segnale di Materia Oscura
- L'ampiezza di tale modulazione, misurata nell'intervallo energetico (2 - 6) keV, è  $(0.0110 \pm 0.0012)$  cpd/kg/keV ( $9.2\sigma$  C.L.)
- Tale modulazione è presente solo per gli eventi di singolo hit, come atteso per un segnale di Materia Oscura

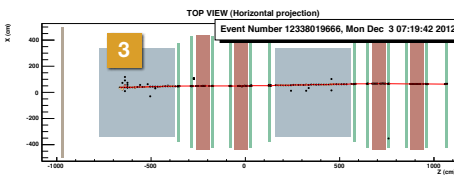
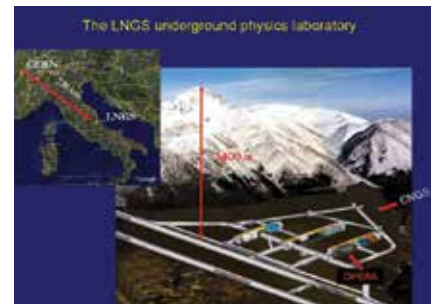


## «Fotografiamo» le interazioni dei neutrini con OPERA!

Un flusso artificiale di neutrini viene prodotto al Centre Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN), nei pressi di Ginevra, e diretto, attraverso la crosta terrestre, verso il Laboratorio Nazionale del Gran Sasso (LNGS) in Umbria. Il Laboratorio Nazionale del Gran Sasso è stato scavato sotto il massiccio del Gran Sasso, quindi sotto 1400 m di roccia. Si accede al laboratorio tramite un'uscita (riservata) dell'autostrada A24, la Teramo Roma. Il laboratorio ospita il rivelatore OPERA. I neutrini, in opportuni materiali che compongono il rivelatore OPERA, possono produrre segnali elettrici secondari abbastanza intensi da essere misurabili.

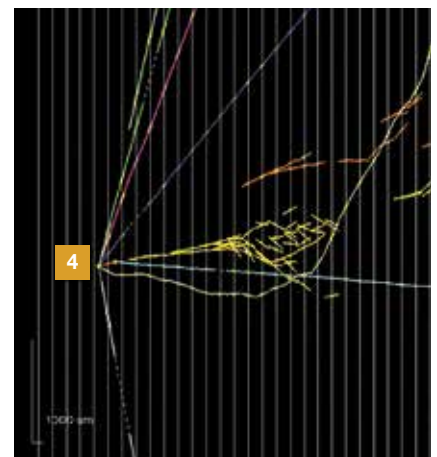


1. Prototipo in scala ridotta del rivelatore delle interazioni dei neutrini
2. Elettronica per l'elaborazione dei segnali elettrici
3. L'area grigia nella figura è composta da 75.000 "mattoni", ogni "mattoncino" pesa 8 kg ed è composto da 56 lastre di piombo e 57 lastre di emulsione fotografica.



Rappresentazione grafica dei segnali elettrici osservati nel rivelatore OPERA (il 3/12/2012 alle 07:19:42)

4. Le 57 lastre di emulsione fotografica vengono poi sviluppate e digitalizzate, singole immagini digitali vengono poi conglabate per ottenere un'unica rappresentazione grafica del punto di interazione del neutrino. Si ottengono così immagini come quella riportata a fianco: che rappresenta quindi la «foto» del punto di interazione di un neutrino!





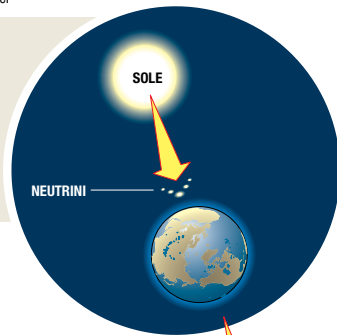
**Borexino è un progetto internazionale a leadership italiana, che coinvolge centri di ricerca di sei paesi diversi e circa 100 esperti, tra fisici, ingegneri e tecnici.**

## L'esperienza Borexino

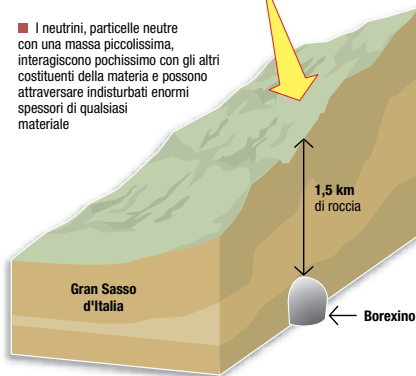


Borexino è un progetto internazionale a leadership italiana, che coinvolge centri di ricerca di sei paesi diversi e circa 100 esperti, tra fisici, ingegneri e tecnici

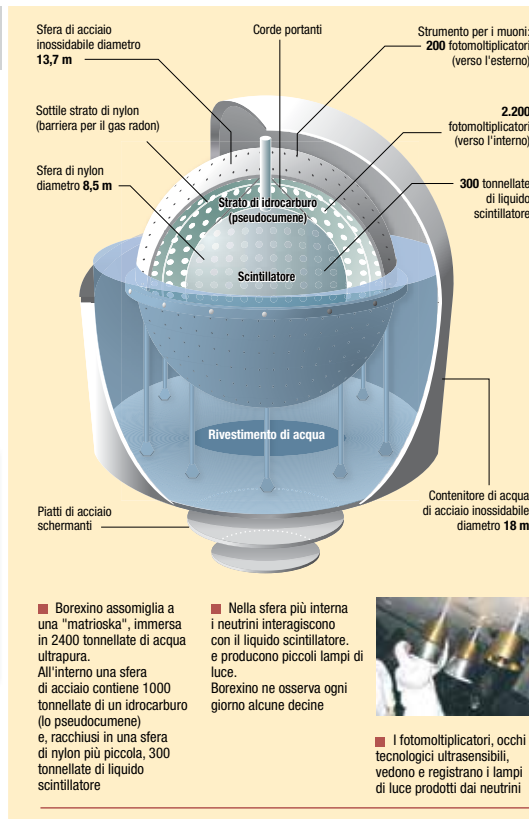
- La fusione termonucleare nel Sole produce in continuazione un'enorme quantità di neutrini che raggiungono la Terra: ne attraversano la punta di un dito 60 miliardi al secondo
- Borexino osserva i neutrini a bassa energia (inferiore a 1 MeV) prodotti sulla superficie del nucleo solare



- I neutrini, particelle neutre con una massa piccolissima, interagiscono pochissimo con gli altri costituenti della materia e possono attraversare indisturbati enormi spessori di qualsiasi materiale



- Per rivelarli sono necessari grandi apparati sperimentali sotterranei, dove i segnali prodotti da altre particelle provenienti dal cosmo e la radioattività ambientale siano schermati



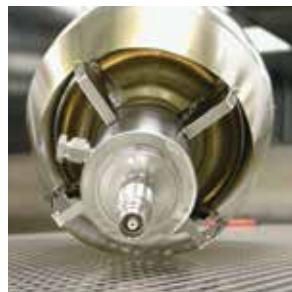
Labels in the diagram:

- Sfera di acciaio inossidabile diametro 13,7 m
- Sottile strato di nylon (barriera per il gas radon)
- Sfera di nylon diametro 8,5 m
- Strato di idrocarburo (pseudocumene)
- Scintillatore
- Rivestimento di acqua
- Piatti di acciaio schermanti
- Contenitore di acqua di acciaio inossidabile diametro 18 m
- Corde portanti
- Strumento per i muoni: 200 fotomoltiplicatori (verso l'esterno)
- 2.200 fotomoltiplicatori (verso l'interno)
- 300 tonnellate di liquido scintillatore

■ Borexino assomiglia a una "matrioska", immersa in 2400 tonnellate di acqua ultrapura. All'interno una sfera di acciaio contiene 1000 tonnellate di un idrocarburo (lo pseudocumene) e, racchiusi in una sfera di nylon più piccola, 300 tonnellate di liquido scintillatore

■ Nella sfera più interna i neutrini interagiscono con il liquido scintillatore, e producono piccoli lampi di luce. Borexino ne osserva ogni giorno alcune decine

■ I fotomoltiplicatori, occhi tecnologici ultrasensibili, vedono e registrano i lampi di luce prodotti dai neutrini



## XENON: vedere la luce della materia oscura

La Materia Oscura è uno dei grandi misteri dell'Universo. Solo il 4% dell'Universo è composto dalla materia ordinaria di cui siamo costituiti e che tutti noi vediamo. Il restante 96%, ovvero quasi tutto, è "oscuro". Recenti misure hanno dimostrato che circa il 27% dell'Universo è costituito da una forma sconosciuta di materia, mentre il 69% è formato dall'energia oscura. L'esistenza della Materia Oscura fu ipotizzata nei primi anni '30 dall'astronomo Zwicky che, dallo studio degli ammassi di galassie lontani, fu portato a concludere che nell'Universo mancava della massa (visibile). Solo negli anni '70 gli scienziati iniziarono ad esplorare questa discrepanza tra la massa visibile e quella attesa. Gli astronomi non sono riusciti a vedere direttamente la Materia Oscura poiché questa non emette radiazione elettromagnetica, tuttavia diverse evidenze sperimentali dimostrano la sua esistenza (la velocità di rotazione delle galassie, il lensing gravitazionale, la dinamica dell'urto tra due ammassi di galassie, etc...). Inoltre alcune estensioni del Modello Standard delle particelle elementari suggeriscono l'esistenza di nuove particelle, che potrebbero essere dei perfetti candidati per la Materia Oscura: le WIMPs (Weakly Interacting Massive Particles, particelle massive debolmente interagenti), particelle che interagiscono molto debolmente con la materia. Sebbene gran parte della comunità scientifica riconosca l'esistenza della Materia Oscura, un segnale chiaro della rivelazione di tale materia risulta ancora assente. Il progetto XENON per la ricerca di Materia Oscura, mira alla rivelazione diretta delle WIMPs con un rivelatore a ionizzazione, Time Projection Chamber (TPC), contenente Xenon ultrapuro in doppia fase (liquido e gassoso). La Collaborazione internazionale, che lavora al progetto fin dal 2003, utilizzando masse crescenti di Xenon, ha già realizzato l'esperimento XENON10, dal 2010 raccoglie dati con l'esperimento XENON100 ed è ora impegnata nella costruzione del rivelatore XENON1T, che impiegherà circa 3 tonnellate di Xenon, e sarà installato presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS).



Fig.1. Ricostruzione al computer del rivelatore XENON1T



Fig.2. Vista del criostato (esterno) e della TPC (interno).

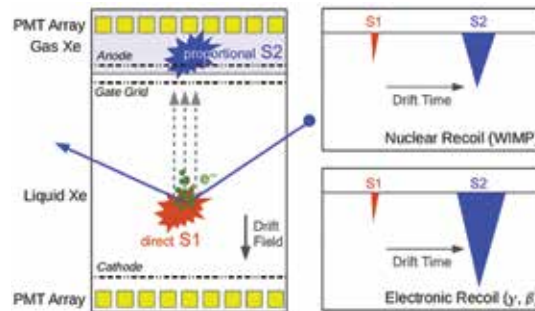


Fig.3. Schema di funzionamento del rivelatore XENON.

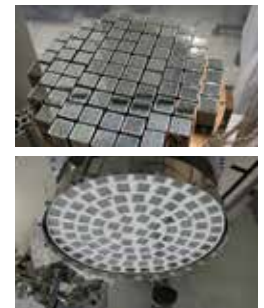


Fig.4. La griglia di PMT in basso  
Fig.5. La griglia di PMT in alto

La figura 1 mostra la ricostruzione al computer dell'esperimento XENON1T che entrerà in funzione agli inizi del 2015. Il cuore dell'esperimento è costituito da una TPC, un rivelatore di forma cilindrica, riempito di Xenon (liquido e gas), al cui interno è presente un intenso campo elettrico (anodo, parte superiore - potenziale positivo - catodo, parte inferiore - potenziale negativo) che fa muovere gli elettroni prodotti nell'interazione della WIMP con lo Xenon a velocità costante lungo tutto lo spazio a disposizione in direzione dell'anodo. Alle due estremità del rivelatore sono presenti due griglie di rivelatori di fotoni, i fotomoltiplicatori (PMT) che costituiscono uno degli elementi più importanti del rivelatore. Il rapporto dei due segnali permette la discriminazione tra gli eventi dovuti alla radioattività di fondo ed i segnali dovuti alla WIMP. Ad oggi, l'esperimento XENON100 ha dato uno dei risultati migliori nel campo della ricerca delle WIMP. Nel 2015, quando XENON1T comincerà a prendere dati, sarà il rivelatore più sensibile al mondo per la rivelazione diretta della Materia Oscura. L'esperimento XENON è costituito da una collaborazione largamente internazionale composto da circa 100 scienziati provenienti da tutto il mondo raggruppati in 16 gruppi di ricerca. Il principio di funzionamento è semplice ed è descritto nella Fig 3: quando una particella interagisce con lo Xenon, questa produce immediatamente luce che produce immediatamente un segnale, S1, sulla griglia di PMT in basso (Fig. 4), mentre gli elettroni sono trasportati verso l'alto dal campo elettrico dove, raggiunto lo Xenon gassoso, producono un secondo segnale, S2, rivelato sulla griglia di PMT in alto (Fig. 5).

## I due segnali, S1 ed S2, misurati nella TPC di XENON sono prodotti dalla rivelazione dei fotoni nei fotomoltiplicatori (PMT) che rappresentano, quindi, il cuore dell'esperimento.

### Cos'è un Fotomoltiplicatore?

In termini molto semplici, possiamo dire che un tubo fotomoltiplicatore (di solito denominato PMT da photomultiplier tube) può essere definito come un occhio elettronico in grado di captare ed amplificare un debole segnale di luce. In particolare il PMT trasforma una piccola quantità di luce in un segnale elettrico misurabile. Il fotomoltiplicatore (PMT) è racchiuso in un'ampolla di vetro, in cui è stato fatto il vuoto, ed è costituito da (Figura 1):

- **Fotocatodo:** materiale semitrasparente fotosensibile capace di emettere elettroni quando è colpito dalla luce (fotoni).
- **Ottica di ingresso:** insieme di elettrodi che producono un campo elettrico e che convogliano gli elettroni emessi dal fotocatodo sul primo elemento di una catena di elettrodi denominati dinodi.
- **Dinodi:** serie di elettrodi posti a tensione crescente capaci di provocare l'emissione di altri elettroni, detti elettroni secondari; ogni dinodo amplifica di 3-4 volte il numero degli elettroni.
- **Anodo:** l'ultimo elettrodo che raccoglie tutti gli elettroni creati nelle emissioni secondarie.

### Figura 1

Quando un fotone è rivelato da un fotomoltiplicatore accade, di fatto, che ad essere colpito dalla luce incidente è il fotocatodo ovvero un elettrodo rivestito di un sottilissimo strato di materiale fotosensibile capace di emettere elettroni grazie al cosiddetto effetto fotoelettrico. Il primo elettrone emesso per effetto fotoelettrico subisce poi una accelerazione dovuta al campo elettrico applicato al PMT tra il fotocatodo e l'anodo. La struttura interna del PMT, costituita da più elettrodi (dinodi), è progettata in maniera tale che ciascun elettrone emesso da un elettrodo sia fortemente accelerato e indirizzato verso l'elettrodo successivo provocando così l'emissione di più elettroni da esso. In questo modo si ha un fenomeno di moltiplicazione a valanga per il quale un singolo fotone che colpisce il fotocatodo genera moltissimi altri elettroni generando un processo di amplificazione a partire dal debole segnale di luce. In Figura 2 è mostrato il principio di funzionamento.

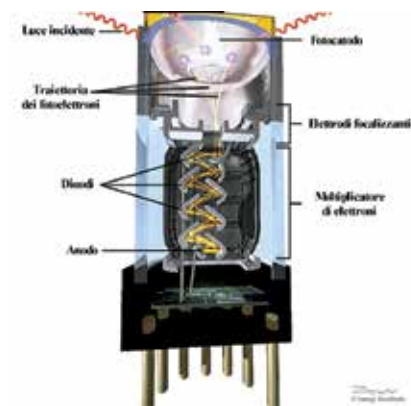


Figura 1

### Figura 2

I PMT sono in grado di amplificare 10 milioni di volte il numero di elettroni prodotti al fotocatodo. Al termine della sequenza di elettrodi gli elettroni colpiscono l'anodo, generando un rapido impulso elettrico misurabile. I fotomoltiplicatori utilizzati nell'esperimento XENON100 hanno la finestra di ingresso quadrata delle dimensioni di un pollice quadrato (figura 3). Date le dimensioni maggiori, nell'esperimento XENON1T i fotomoltiplicatori utilizzati saranno di tipo diverso, con una finestra circolare con un diametro di 3 pollici (figura 4).

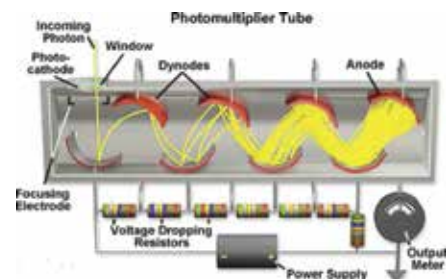


Figura 2

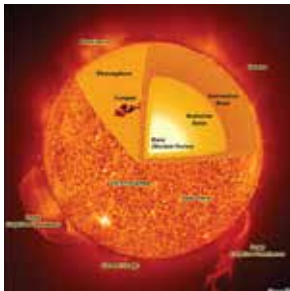


Figura 3

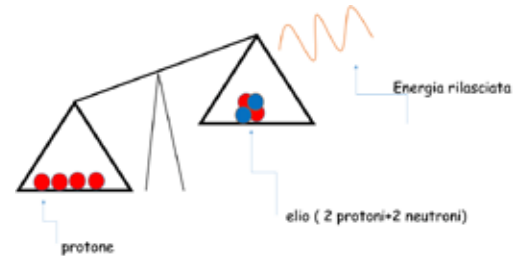


Figura 4

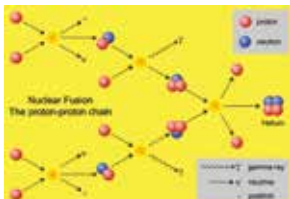
## Studiare le stelle andando sotto terra: l'esperimento LUNA ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso



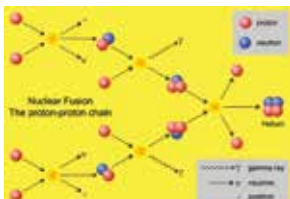
Le stelle producono energia e generano gli elementi attraverso reazioni nucleari. Se consideriamo ad esempio il nostro Sole la maggior parte dell'energia viene prodotta dal **ciclo di combustione dell'idrogeno** che avviene nel **core**.



Quattro protoni si trasformano in un nucleo di elio (2 protoni+2 neutroni) più leggero: la differenza di massa si trasforma in energia ( $E= mc^2$ ).

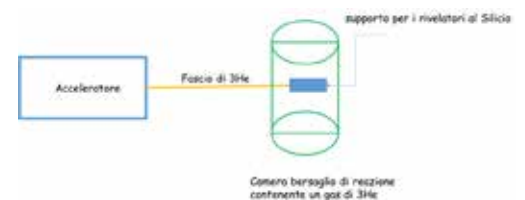


Più precisamente la trasformazione dei protoni in elio avviene attraverso una serie di reazioni nucleari di fusione: **la catena p-p**. Tra i prodotti finali ci sono anche i neutrini che possono essere rivelati dall'esperimento **BOREXINO**.



L'esperimento **LUNA** (Laboratory for Underground Nuclear Astrophysics) ha riprodotto in laboratorio la reazione  $3\text{He}+3\text{He}\rightarrow 2\text{p}+4\text{He}$  alle stesse energie a cui la reazione avviene nelle stelle.

Un fascio di nuclei di  $3\text{He}$  prodotto con l'**acceleratore** LUNA 50 kV installato nei Laboratori sotterranei del Gran Sasso è stato fatto incidere su un gas di nuclei di  $3\text{He}$  contenuto all'interno di una **camera bersaglio di reazione**. I prodotti finali della reazione (i 2 protoni) sono stati rivelati con i **rivelatori al silicio** posti all'interno della camera bersaglio di reazione.



Dal numero di protoni rivelati per ogni coppia di nuclei di  $3\text{He}$  interagenti si può risalire alla probabilità della reazione, **la sezione d'urto**. E' indispensabile fare questo esperimento in un **laboratorio sotterraneo** per ridurre al minimo il **rumore di fondo** poiché alle energie a cui la reazione avviene nelle stelle il **segnale atteso** (numero di protoni) è estremamente basso. Abbiamo rivelato **2 coppie di protoni al mese!!!**

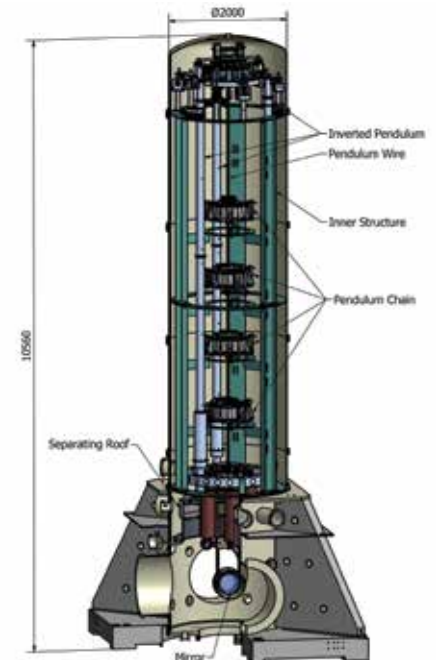
**Il nostro esperimento è importante per capire il funzionamento delle stelle e la loro evoluzione, la produzione di energia e di neutrini e la genesi degli elementi.**

## L'interferometro **Virgo**, con i suoi bracci di 3 km, adagiati sulla pianura, si propone di rivelare per la prima volta le **onde gravitazionali**, previste da Einstein quasi un secolo fa.

Queste onde sono emesse da violenti eventi astrofisici, quali esplosioni di supernovae e scontri di buchi neri; esse ci sveleranno aspetti sconosciuti dell'universo. Virgo si trova all'interno di **EGO** (European Gravitational Observatory): l'osservatorio costituito da **INFN** (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare) e **CNRS** (Centre National de la Recherche Scientifique) a **Cascina**, vicino a Pisa. **Virgo è stato ideato dall'INFN e dal Dipartimento di Fisica di Pisa**. Per rivelare le impercettibili **deformazioni dello Spazio-Tempo** prodotte dal passaggio delle **onde gravitazionali**, Virgo misura, mediante l'interferenza di fasci di luce laser, la stabilità delle distanze fra masse di test, poste a 3 km di distanza l'una dall'altra. Per misurare variazioni di distanza di meno di  $10^{-18}$  m (un millesimo del diametro di un protone) i fasci laser si propagano in due grandi tubi a ultra-alto vuoto lunghi 3 km e le masse di test (gli specchi su cui si riflettono i fasci laser) sono sospese a giganteschi ammortizzatori antisismici all'interno di campane da vuoto alte 11 metri.

### Interferometro laser

Il fascio di luce del laser viene diviso in due fasci perpendicolari da uno specchio semitrasparente, inclinato a  $45^\circ$ . I due fasci, rappresentati in rosso e in blu, riflessi dagli specchi terminali, si sovrappongono andando verso lo schermo. Parte dei fasci che si riflettono in punti diversi degli specchi, fanno cammini di lunghezza diversa, arrivando sullo schermo con fase diversa. Quindi in alcuni punti dello schermo i fasci provenienti dai due bracci sono in opposizione di fase, come nella figura, e si annullano a vicenda, dando luogo ad una fascia buia. In altri punti dello schermo sono in concordanza di fase, dando luogo ad una fascia illuminata. In uno dei bracci dell'interferometro è possibile aumentare la pressione dell'aria mediante una pompetta da sfigmomanometro; in tal modo aumenta l'indice di rifrazione dell'aria, quindi il "cammino ottico". Ciò è equivalente ad allontanare lo specchio terminale. Per questo motivo all'aumentare della pressione le frange d'interferenza si spostano lateralmente e ritornano indietro riportando l'aria alla pressione atmosferica. In Virgo si osserva ininterrottamente la figura di interferenza sullo schermo, per catturarne le pur minime variazioni, indotte dal passaggio di onde gravitazionali.



## Specchi e tecnologie per telescopi Cherenkov: verso le energie più alte

Lo specchio mostrato è stato realizzato da INAF, l'Osservatorio Astronomico di Brera in collaborazione con la ditta Media Lario Technologies S.p.A. a seguito di un programma di ricerca e sviluppo condotto nel 2008. Lo specchio è composto da due sottili fogli di vetro incurvati a temperatura ambiente. Tra le due pelli di vetro è posta una struttura a nido d'ape in alluminio. Questa tecnologia sfrutta la flessibilità, seppur contenuta, esibita dal vetro. È chiamata, cold shaping.

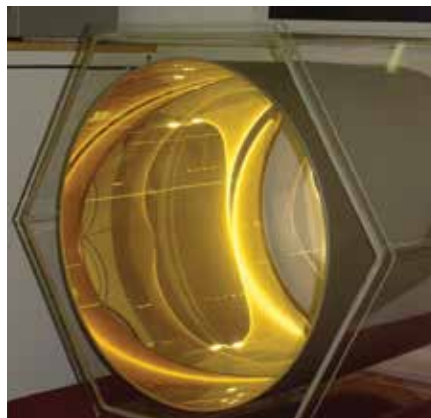
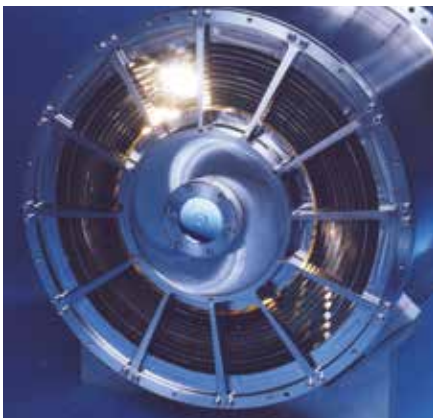
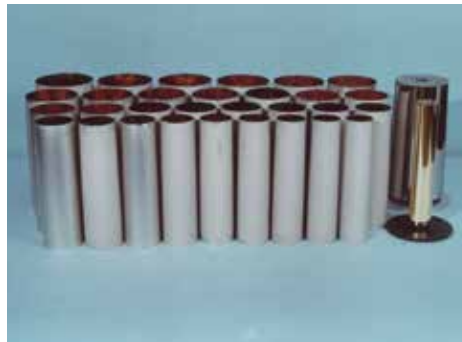
La tecnica realizzativa, innovativa ed unica al mondo, ha consentito la produzione di oltre 100 specchi come questo in meno di 6 mesi ora installati presso il telescopio Cherenkov MAGIC II. MAGIC II è situato sul vulcano Taburiente a 2.200 m sul livello del mare, presso l'Osservatorio di Roque de los Muchachos nell'Isola di La Palma, Isole Canarie. MAGIC II ha una superficie riflettente di 17 metri di diametro composta da ben 236 specchi. Questa tecnica verrà ora utilizzata per anche per realizzare le migliaia di specchi del Cherenkov Telescope Array Observatory.



## Specchi e tecnologie per telescopi in raggi X: dalla Terra allo Spazio

Lo specchio mostrato è stato realizzato da INAF, l'Osservatorio Astronomico di Brera in collaborazione con la ditta Media Lario Technologies S.p.A. a seguito di un programma di ricerca e sviluppo che trova le sue origini agli inizi degli anni '90. Lo specchio di forma pseudo-cilindrica è in realtà un doppio tronco di cono composto di due metà contigue che formano un angolo di pochi gradi. Longitudinalmente le due parti mostrano un profilo prima parabolico e poi iperbolico chiamato Wolter I.

Lo specchio è composto di Nickel (1 mm) ed Oro (0,1 milionesimi di millimetro) con una tecnica chiamata "replica per elettroformatura di Nickel". Questa consiste nel realizzare un rigido stampo in Alluminio che, seppur al negativo, presenta la stessa forma e qualità superficiale richiesta per lo specchio finale. La superficie superpulita dello stampo viene rivestita dal sottile strato di Oro evaporato e quindi immersa in una vasca di elettroformatura che darà vita alle pareti di Nickel. Infine, si raffredda lo stampo il quale, contraendosi, si stacca dallo specchio lasciando lo strato d'Oro su quest'ultimo. Lo stampo può essere riutilizzato per produrre una serie di specchi. Questa tecnica è stata negli anni applicata a svariati telescopi per raggi X su satelliti ASI (Agenzia Spaziale Italiana), ESA (European Space Agency) e NASA (National Aeronautics and Space Administration). Ricordiamo rispettivamente: Beppo-SAX (1996-2003), XMM-Newton (1999-ad oggi) e SWIFT-XRT (2004-ad oggi).



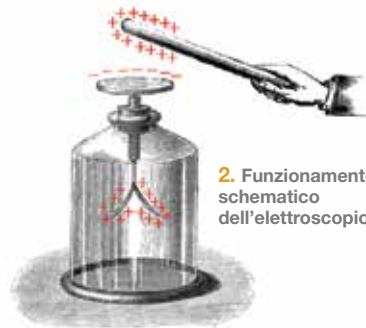
## Esperimento di Pacini sull'origine dei Raggi Cosmici

Grazie a studi compiuti nei primi anni del '900 fu possibile dimostrare che parte della radiazione naturale che si osserva sulla Terra era di natura extraterrestre: si scoprirono così i cosiddetti "raggi cosmici", particelle accelerate da buchi neri e resti di supernova a energie molto maggiori di quelle che riusciamo a produrre sulla Terra.

Le misure decisive furono compiute negli anni dal 1907 al 1912 soprattutto da Domenico Pacini, il quale nel mare antistante l'accademia navale di Livorno e poi nel lago di Bracciano dimostrò nel 1911 che la radioattività diminuiva sott'acqua, e dall'austriaco Victor Hess, il quale misurò che la radioattività aumentava con l'altitudine in un volo in mongolfiera. Per questa scoperta Hess vinse il premio Nobel nel 1936, due anni dopo la morte di Pacini. Abbiamo progettato un semplice ed economico apparato sperimentale per riprodurre l'esperimento decisivo di Pacini; l'esperimento è stato eseguito da due studenti di Fisica dell'Università di Siena.



1. Se gran parte della radioattività viene dall'alto, ci aspettiamo di misurare in quota una ionizzazione maggiore di quella al suolo, e sotto la superficie di un lago o del mare una ionizzazione minore. Queste due tecniche consentirono di risolvere un secolo fa il primo enigma legato ai raggi cosmici, identificando l'esistenza di una radiazione extraterrestre.



2. Funzionamento schematico dell'elettroscopio



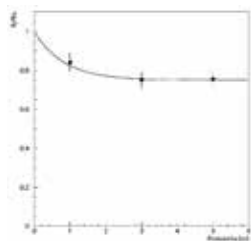
3. Un elettroscopio di Elster e Geitel degli inizi del ventesimo secolo. Questo strumento è composto da un elettroscopio attraverso il quale può essere pompato un flusso d'aria. Per gentilezza del Gabinetto di Fisica dell'Istituto Calasanzio di Empoli.



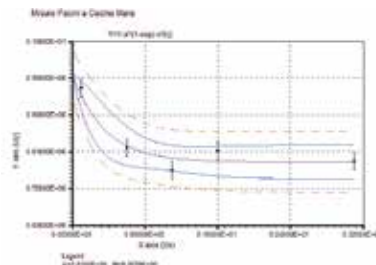
4. Il cacciatorpediniere "Fulmine" della Regia Marina fotografato durante la prima missione cui Pacini partecipò.



5. Le misure sulla piattaforma nell'invaso del Calcione



6a. Le misure di radioattività normalizzate alla misura in superficie, con sovrapposto l'andamento previsto dall'equazione 2.



6b. grafici delle misure fatte in mare (cecina) e in lago (calcione)



7. Attrezzatura utilizzata dai relatori

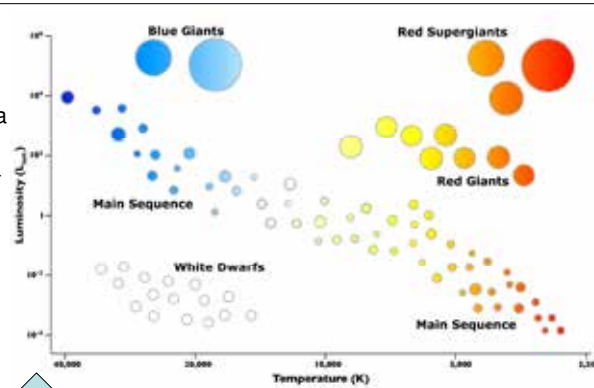


## Il diagramma di HR è la pietra miliare dello studio dell'evoluzione stellare.

Il diagramma di HR è la pietra miliare dello studio dell'evoluzione stellare.

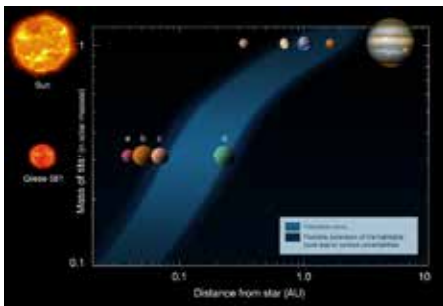
Nel grafico di luminosità e colore (temperatura), la maggior parte delle stelle occupa una regione chiamata "sequenza principale". Una stella passa in sequenza principale la maggior parte della sua vita.

Le stelle di sequenza principale più massicce del Sole sono luminose, calde e di colore blu; quelle meno massicce sono meno luminose, più fredde e di colore rosso.



**d: Perché ci interessa?**  
**r: Regione di abitabilità**

**d: Come lo ricaviamo?**  
**r: Osservatorio Virtuale**



Definizione: regione attorno a una stella in cui è possibile la presenza, su un eventuale pianeta, di **acqua liquida**.

La sua collocazione (distanza dalla stella) dipende dalle caratteristiche della stella, in particolare dalla sua temperatura.



L'Osservatorio Virtuale Europeo (EuroVO) ci permette di costruire il diagramma HR utilizzando i dati degli archivi.

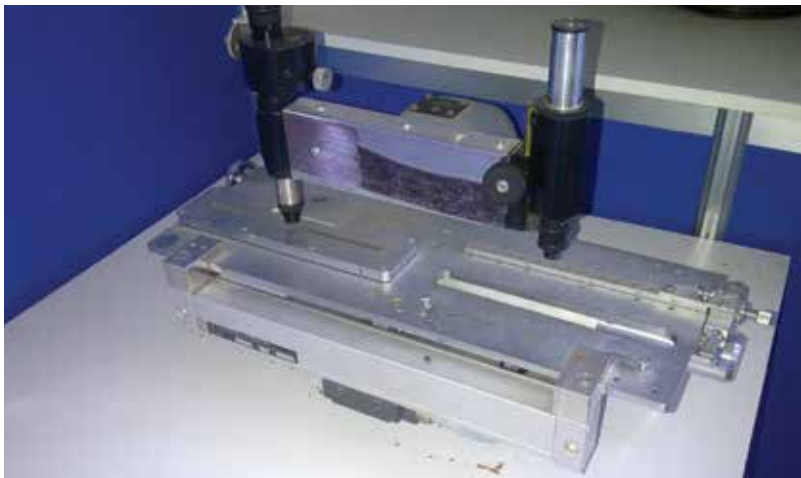
In particolare, il software Stellarium ci fornisce molte informazioni sulle stelle e gli altri oggetti celesti, tra cui luminosità e temperatura (colore).



Lo strumento è usato per misurare con alta precisione e accuratezza la distanza di due linee su un piano. Sfrutta il principio di Abbe applicato a una coppia di microscopi e consente di misurare distanze con precisione fino a due decimi di micrometro.

Tale è la precisione richiesta per individuare su una lastra fotografica quelle caratteristiche linee dello spettro di una stella, ognuna delle quali corrisponde a un elemento chimico e alla velocità rispetto all'osservatore dell'atmosfera stellare che lo contiene. Lo strumento è stato adoperato per molti anni da Margherita Hack, dai suoi allievi e da altri colleghi dell'Osservatorio Astronomico di Trieste. Tra i numerosi risultati scientifici ottenuti vi è la determinazione delle orbite di diverse stelle binarie, ovvero coppie di stelle molto vicine tra loro.

Lo schema di funzionamento si trova all'indirizzo: <http://www.vanotools.nl/infosite/pages/Meten/abbe-comparatieprincipe.html>





## Attività scientifica

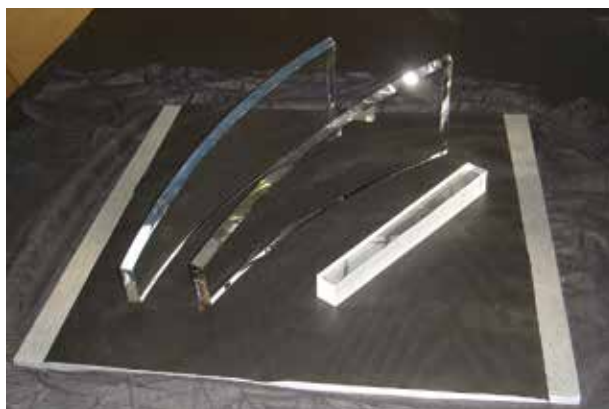
È stata professore ordinario di astronomia all'Università di Trieste dal 1964 al 1° novembre 1992, anno nel quale fu collocata "fuori ruolo" per anzianità. È stata la prima donna italiana a dirigere l'Osservatorio Astronomico di Trieste dal 1964 al 1987, portandolo a rinomanza internazionale. Membro delle più prestigiose società fisiche e astronomiche, Margherita Hack è stata anche direttore del Dipartimento di Astronomia dell'Università di Trieste dal 1985 al 1991 e dal 1994 al 1997. È stata un membro dell'Accademia Nazionale dei Lincei (socio nazionale nella classe di scienze fisiche matematiche e naturali; categoria seconda: astronomia, geodesia, geofisica e applicazioni; sezione A: Astronomia e applicazioni). Ha lavorato presso numerosi osservatori americani ed europei ed è stata per lungo tempo membro dei gruppi di lavoro dell'ESA e della NASA. In Italia, con un'intensa opera di promozione ha ottenuto che la comunità astronomica italiana espandesse la sua attività nell'utilizzo di vari satelliti giungendo ad un livello di rinomanza internazionale. Ha pubblicato numerosi lavori originali su riviste internazionali e numerosi libri sia divulgativi sia a livello universitario. Nel 1994 ha ricevuto la Targa Giuseppe Piazzi per la ricerca scientifica. Nel 1995 ha ricevuto il Premio Internazionale Cortina Ulisse per la divulgazione scientifica. Margherita Hack nel 1978 fondò la rivista bimensile L'Astronomia il cui primo numero vide la luce nel novembre del 1979; successivamente, insieme con Corrado Lamberti, diresse la rivista di divulgazione scientifica e di cultura astronomica Le Stelle.

(Wikipedia)



Questi cristalli provengono dal prototipo di rivelatore Cherenkov da installare nell'esperimento **E835** al **Fermi National Accelerator Laboratory ( FNAL )** a Batavia-Illinois.

Questo tipo di rivelatore **sfrutta l'effetto Cherenkov e la legge della rifrazione nei mezzi**. Per la teoria della relatività, nessuna particella può viaggiare a una velocità superiore a quella della luce nel vuoto ( circa  $c = 300.000 \text{ km/s}$  ). In un mezzo denso però, la velocità di propagazione della luce risulta più bassa di quella di propagazione nel vuoto, e in un mezzo con indice di rifrazione  $n$  sarà  $c/n$ . **Può avvenire che una particella superi la velocità di propagazione della luce nel mezzo. Se tale particella è carica elettricamente si verifica l'effetto Cherenkov e si assiste alla produzione di un cono d'onda di luce del tutto simile al cono di Mach per il suono ( il Bang degli aerei supersonici ) La particella subnucleare emette un cono di luce il cui angolo di emissione dipende dalla velocità della particella stessa .** Più una particella è veloce più l'angolo sarà ampio rispetto alla direzione della particella. Il raggio di curvatura dei cristalli è studiato in modo da intrappolare soltanto la luce delle particelle più veloci e lasciare uscire quella delle particelle più lente sfruttando la legge della rifrazione.



La **stazione S1** è una delle 6 costruite nell'ambito dell'esperimento Zeus installato ad **HERA**, un acceleratore che consentiva di studiare le interazioni protone-protone situato nel centro di ricerca tedesco **DESY** ad Amburgo e operative dal 1993 al 2000.

Queste stazioni costituivano il **Leading Proton Spectrometer LPS**, erano montate direttamente sul tubo a vuoto dell'acceleratore ad una distanza tra 20 mt. e 90 mt. dal vertice di interazione dei fasci al centro dell'esperimento ed erano equipaggiate con rivelatori a microstrips di silicio. I rivelatori hanno uno spessore di 300micron e portano ognuno 1.024 strips di lettura distanti tra loro 115 micron, sono montati su di un ibrido multistrato in Rame-INVVAR con identico coefficiente di dilatazione. La meccanica consentiva un accuratissimo posizionamento dei rivelatori molto prossimo al fascio di protoni la cui sezione ellissoidale corrisponde esattamente alla sagoma del fondo della camera a vuoto .

**Sfruttando la deflessione dovuta ai campi magnetici della linea di fascio, permetteva la misura dell'impulso dei protoni diffusi a piccolissimo angolo (cioè che hanno perso solo una piccola frazione della loro energia iniziale) e che deviavano la loro traiettoria di pochi milliradiani di grado dopo l'interazione allontanandosi di pochi mm dal fascio principale alla distanza citata. Un programma di analisi geometrica permetteva di ricostruire la traiettoria di ogni singola particella analizzando le coordinate di tutte le strips da essa attraversate.**

La posizione dei rivelatori era controllata e monitorata in tempo reale e durante le fasi di preparazione del fascio o in condizioni di instabilità l'insieme veniva estratto completamente per evitare il danneggiamento degli stessi. Si possono distinguere le 2 frange con cui veniva collegata al tubo a vuoto dell'acceleratore, il fondo sagomato della chiusura della camera a vuoto per i rivelatori, il pacco di rivelatori sostenuto dal braccio orizzontale, la slitta di posizionamento con tutte le regolazioni, le molle che contrastavano il vuoto sulla superficie della flangia di chiusura ...



"PARTICLES, PARTICLES, PARTICLES."



Strumenti utilizzati da Enrico Fermi e dai suoi collaboratori  
"I ragazzi di Via Panisperna" nelle ricerche di fisica nucleare del 1934.

Fra questi figurano:



1. Camera di ionizzazione e elettmetro di Edelmann accoppiato
2. Blocco di paraffina per rallentare i neutroni
3. Diodo acceleratore
4. Contatori Geiger
5. Pozzetto di piombo per schermare dalle radiazioni

# 24 Prima o dopo? Un secolo di Fisica italiana

a cura di Fabio Chiarello  
e del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR).

## I grandi personaggi ed eventi della Fisica del '900 si mettono in gioco

“Prima o Dopo?” è un gioco di carte semplice e veloce che permette di giocare con i grandi eventi che hanno caratterizzato la Fisica italiana del '900 incontrando i grandi personaggi che ne sono stati i protagonisti, da Guglielmo Marconi ad Enrico Fermi, da Ettore Majorana ad Emilio Segrè, giusto per citarne alcuni.

I partecipanti possono mettersi alla prova giocando in solitario, oppure possono sfidare altri concorrenti in avvincenti competizioni. In ogni caso dare un giusto ordine agli eventi non sarà facile, ed un pizzico di fortuna e di intuito saranno di grande aiuto. Chi si sente pronto per la sfida?



## Quanti anni ha Marte?

Scienziati del California Institute of Technology sono riusciti a stabilire l'età di una roccia del Pianeta rosso con una tecnica simile a quella utilizzata per le datazioni terrestri. I risultati, ottenuti grazie al rover Curiosity della NASA, in uno dei sei articoli pubblicati questa settimana su Science.

Prima di lanciare il rover Curiosity alla volta del Pianeta rosso, infatti, la NASA aveva chiesto a una selezione di scienziati di tutto il mondo di proporre possibili esperimenti da fare con la strumentazione già progettata dal MSL. Ken Farley aveva proposto di analizzare le rocce di Marte con tecniche simili a quelle utilizzate per le datazioni terrestri. L'idea era piaciuta, il progetto partito.

Ora sono arrivati i primi risultati, e con essi una prospettiva completamente nuova con cui guardare alla storia geologica di Marte. Le cui rocce possono essere studiate proprio come quelle nostrane: in particolare, con la tecnica potassio-argon. Si tratta di un metodo di datazione che consiste nella misura di quanto gas argon è contenuto in una roccia e nel calcolo del tempo di decadimento dell'elemento da cui il gas ha avuto origine, il potassio-40.

Il decadimento avviene in un intervallo conosciuto, pari a 1,3 miliardi di anni, quindi determinando la quantità di argon-40 in una roccia si può calcolare con buona approssimazione la sua età.

### Il verdetto:

**Marte ha da 3,86 a 4,56 miliardi di anni.**

O almeno una delle sue rocce: per avere una risposta completa bisognerà aspettare ulteriori risultati.



Ricostruzione artistica  
del rover Curiosity.  
Crediti: NASA/JPL-Caltech



Il suolo marziano  
in un'immagine del rover Curiosity  
Crediti: NASA/JPL-Caltech

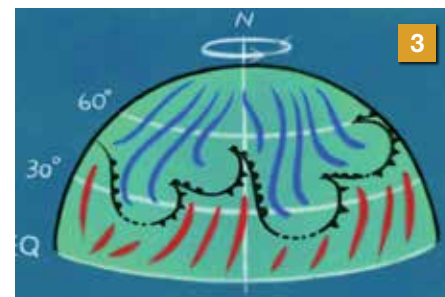
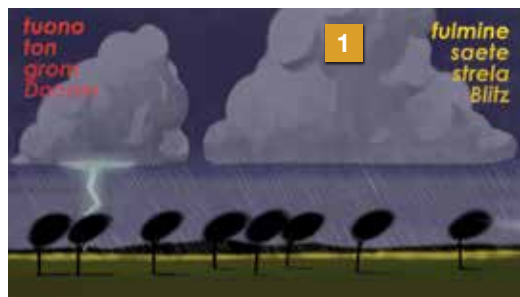




## Che cos'è la pioggia e come si forma? Perché è tanto importante nel ciclo naturale dell'acqua?

A queste domande cerca di rispondere **LE VOCI DELLA PIOGGIA**, un documentario realizzato dall'Osservatorio Meteo Regionale (OSMER) dell'ARPA Friuli Venezia Giulia in collaborazione con il Laboratorio Regionale di Educazione Ambientale (LaREA).

Il documentario è nato all'interno del progetto Meteurego, finanziato dalla Regione Friuli Venezia Giulia sulla base della L. 482/99 per la tutela delle lingue minoritarie. Per tale motivo il video è arricchito dalle testimonianze di alcune persone, realizzate nella loro lingua madre (italiano, friulano, sloveno, tedesco e loro varianti), puntando a valorizzare la grande variabilità linguistica del territorio, che ne rappresenta una peculiare caratteristica e ricchezza. Per quasi un anno una troupe coordinata dal regista Tommaso Lessio di Cinemazero di Pordenone, ha girato varie zone della regione per filmare diversi fenomeni meteorologici, per intervistare le persone residenti in quei luoghi, per narrare le tradizioni, i detti popolari, gli antichi saperi legati alla pioggia. LE VOCI DELLA PIOGGIA è un mixage efficace di riprese panoramiche, di animazioni e testimonianze, il tutto organizzato in un format dinamico composto da 10 capitoli di pochi minuti. La narrazione che ne emerge costituisce un utile supporto informativo e comunicativo, utilizzabile soprattutto come supporto didattico per le scuole.



1. Le voci della pioggia
2. I flussi umidi sul FVG
3. Come si formano le perturbazioni
4. Alluvione a Pordenone
5. Fiume Noncello in piena
6. La pioggia nelle tradizioni

## Osservare il cielo tramite le onde radio. La radioastronomia.

**Osservare il cielo ad occhio nudo, scoprirlo con il telescopio o riprenderlo con una macchina fotografica: con i nostri occhi possiamo ammirare l'Universo solo in una banda ristretta delle onde elettromagnetiche, quella della luce visibile. Unendo le tecnologie di ricezione radio a quelle dell'astronomia, un radiotelescopio consente di scoprire l'universo invisibile e il mondo della radioastronomia!**

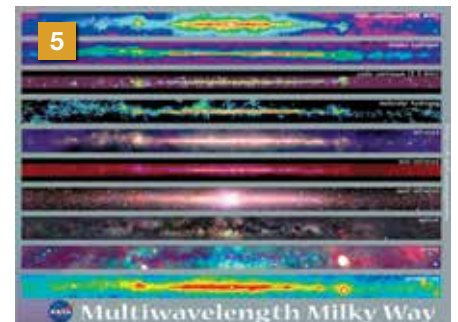
Gli oggetti che compongono l'Universo emettono molte onde elettromagnetiche a frequenze diverse che vengono, quasi tutte, filtrate dall'atmosfera terrestre. Le onde radio però passano indisturbate e possono essere catturate con i radiotelescopi. Questi strumenti sono composti da 3 parti principali:

**Antenna:** è l'amplificatore passivo che raccoglie le onde radio in arrivo dallo spazio. Se un radiotelescopio è sintonizzato su frequenze elevate, solitamente l'antenna ha una forma parabolica. Se invece il radiotelescopio registra frequenze basse (tipicamente inferiori al GHz) le antenne possono essere diverse: dipoli, Yagi, elicoidali, ecc.

**Montatura:** è la parte che si occupa dello spostamento dell'antenna e del puntamento delle radio sorgenti in cielo. Vista la grande dimensione delle antenne, la montatura deve essere molto stabile e resistere anche alle varie condizioni atmosferiche (ad esempio al vento forte). Inoltre la montatura deve essere molto precisa in quanto deve puntare le radiosorgenti ed inseguirle con precisione nel loro movimento apparente in cielo (causato dalla rotazione terrestre).

**Ricevitore:** progettato in funzione della banda di frequenza da ricevere e dal tipo di misura da effettuare, è, in pratica, la "radio" che un radiotelescopio utilizza per ricevere il segnale proveniente dall'Universo. Ha un compito molto delicato in quanto deve amplificare al massimo le onde radio mantenendo al minimo il rumore di fondo.

**Back-end:** è il sistema che acquisisce i segnali e ne esegue l'elaborazione. Generalmente è composto da uno o più computer che si differenziano in base al tipo di misurazione da effettuare e al risultato da ottenere.



1. Giove in luce visibile
2. Giove in onde radio
3. Galassia Centaurus A in luce visibile
4. Galassia Centaurus A in onde radio
5. Piano della Via Lattea visto in tutte le frequenze

## 1. Fulmine e Parafulmini

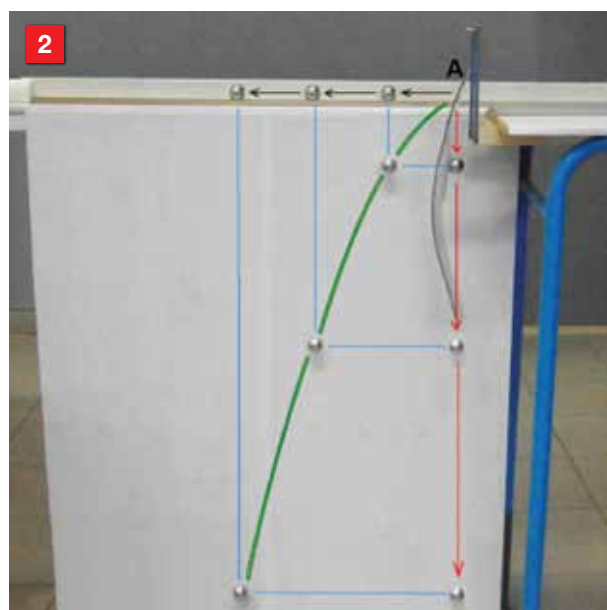
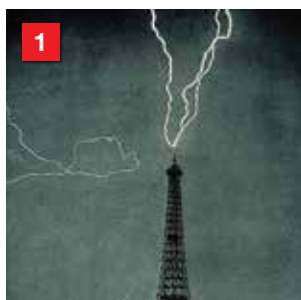
Il fulmine - chiamato anche saetta o folgore - è una scarica elettrica di grandi dimensioni che avviene nell'atmosfera e che si instaura fra due corpi con una elevata differenza di potenziale elettrico. I fulmini più facilmente osservabili sono quelli fra una nuvola e il suolo, ma sono comuni anche scariche fra due nuvole o all'interno di una stessa nuvola. Inoltre qualsiasi oggetto sospeso nell'atmosfera può innescare un fulmine; si sono osservati infatti fulmini tra una nuvola e un aeroplano, e tra un aeroplano e il suolo; più rari quelli che partono dal suolo e vanno verso le nuvole. Il parafulmine è un dispositivo atto ad attrarre e disperdere le scariche elettriche atmosferiche. Venne inventato da Benjamin Franklin, fisico americano, e fu applicato per la prima volta con successo a Parigi il 10 maggio 1752.

## 2. Moto parabolico

L'esperimento mostra che il moto parabolico di un corpo, che si muove senza vincoli in prossimità della superficie terrestre, può essere scomposto in due moti più semplici:

- un moto orizzontale uniforme
- un moto verticale uniformemente vario.

L'obiettivo principale dell'esperimento è quello di rendere visibile tale scomposizione. Ciò che si vedrà è che 3 sferette, lanciate simultaneamente su 3 guide distinte e inizialmente parallele, seguiranno 3 traiettorie che, a partire dal punto di caduta A faranno trovare le 3 sferette ai vertici di un rettangolo in ogni istante della caduta. Tale configurazione rettangolare sarà rilevabile mediante una foto scattata, anche con un telefono cellulare, alle 3 sferette durante la caduta.



### 3. Propagazione del suono in una canna aperta

Cosa succede quando l'onda sonora, cioè l'onda di compressione longitudinale presente nel mezzo, che assumeremo essere aria, raggiunge in un certo istante l'estremo di una canna aperta?

In prossimità dell'estremità della canna le molecole dell'aria ora sono libere di oscillare longitudinalmente, cioè parallelamente alla direzione di propagazione dell'onda:

- si crea un ventre nell'ampiezza dell'onda longitudinale, analogamente a quanto accade all'estremo libero di una corda;
- per quel che concerne la pressione, invece, essa è vincolata ad assumere, per continuità, il valore della pressione atmosferica presente appena all'esterno della canna. La presenza della estremità aperta produce in questo caso un nodo e l'onda di pressione viene riflessa con una inversione di fase.

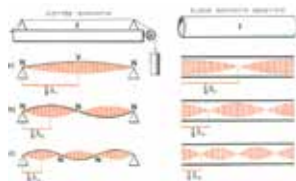
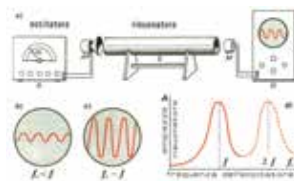
Riassumendo, esattamente come nelle corde, la presenza di "vincoli" fisici impone

- la nascita di onde riflesse che interagendo con l'onda della sorgente determinano la formazione di onde stazionarie;
- la formazione di nodi o di ventri di pressione nelle estremità delle canne (aperte e chiuse). Questo determina la nascita di condizioni di quantizzazione sulle possibili lunghezze d'onda stazionarie della canna. Le condizioni di quantizzazione ricavate per la corda, che riportiamo per comodità nella tabella seguente, valgono anche per i tubi sonori a patto di considerare l'estremo vincolato della corda come l'estremo di un tubo aperto e l'estremo libero della corda come l'estremo chiuso di un tubo sonoro.

### 4. Mirascope

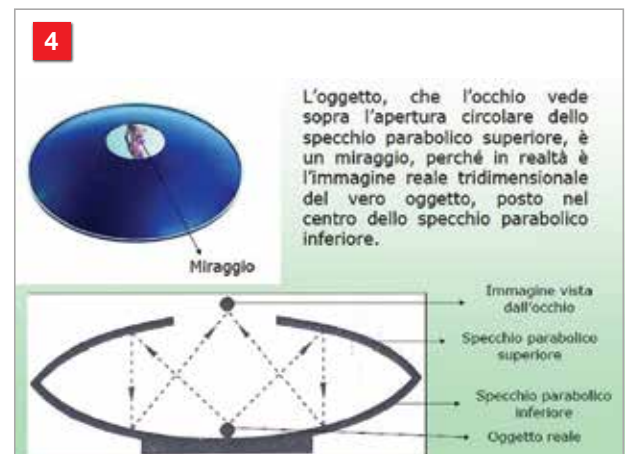
Utilizzando gli specchi parabolici è possibile creare un miraggio. Il "mirascope" è un contenitore giocattolo che produce l'immagine reale di un oggetto, con l'illusione ottica che esso sia sospeso nel foro del coperchio mentre in realtà si trova sul fondo. La scatola è costituita di due specchi parabolici uguali e sovrapposti, ciascuno dei quali ha il fuoco più o meno nel vertice dell'altro. Sul fondo dello

specchio inferiore sta l'oggetto, mentre lo specchio superiore ha un foro attraverso il quale si può guardare nell'interno. Quando si guarda attraverso questo foro il raggio luminoso compie due riflessioni prima di colpire l'oggetto e quindi ne forma un'immagine reale del tutto simile all'originale.



Nella tabella L indica sia la lunghezza della corda con la lunghezza della canna:

tipo di vincolo	lunghezza d'onda "permessa"
corda con estremi fissi (canna aperta ad entrambe le estremità)	$\lambda = \frac{2L}{k}$ con $k = 1, 2, \dots$
corda con estremi liberi (canna chiusa ad entrambe le estremità)	$\lambda = \frac{2L}{k}$ con $k = 1, 2, \dots$
corda con un estremo fisso ed un estremo libero (canna chiusa ad una sola estremità)	$\lambda = \frac{4L}{2k+1}$ con $k = 0, 1, 2, \dots$



## 5. Il giroscopio

Il giroscopio è un dispositivo fisico rotante che, per effetto della legge di conservazione del momento angolare, tende a mantenere il suo asse di rotazione orientato in una direzione fissa. Essenzialmente è costituito da un rotore a forma di toroide che ruota intorno al suo asse, quando il rotore è in rotazione il suo asse tende a mantenersi parallelo a sé stesso e ad opporsi ad ogni tentativo di cambiare il suo orientamento. Questo meccanismo fu inventato nel 1852 dal fisico Jean Bernard Léon Foucault nell'ambito dei suoi studi sulla rotazione terrestre. Se un giroscopio è installato su una sospensione cardanica che permette alla ruota di orientarsi liberamente nelle tre direzioni dello spazio, il suo asse si manterrà orientato nella stessa direzione anche se il supporto cambia orientamento. L'effetto giroscopico è presente come effetto collaterale in tutti i dispositivi in rapida rotazione quali i volani e gli hard disk per computer e deve essere tenuto in considerazione nella progettazione.

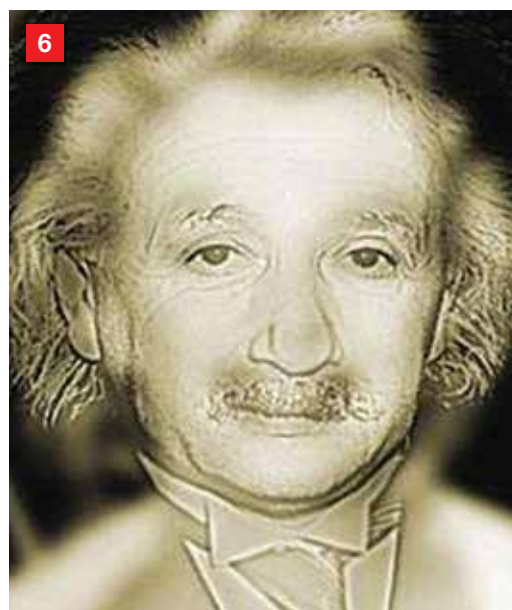
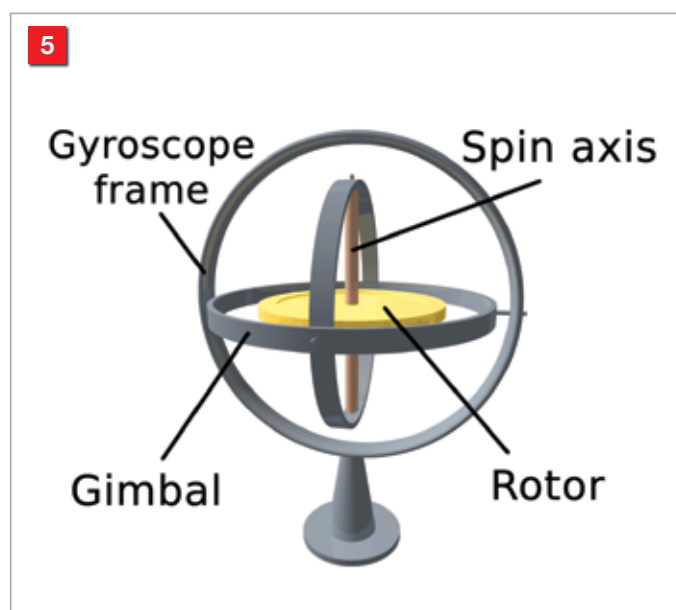
Un giroscopio mostra una serie di fenomeni, tra cui la precessione e la nutazione.

## 6. Illusioni ottiche

Una illusione ottica è una qualsiasi illusione che inganna l'apparato visivo umano, facendogli percepire qualcosa che non è presente o facendogli percepire in modo scorretto qualcosa che nella realtà si presenta diversamente. Le illusioni ottiche possono manifestarsi naturalmente o essere dimostrate da specifici trucchi visuali che mostrano particolari assunzioni del sistema percettivo umano.

**Siete proprio sicuri che questo sia Einstein?**

**Provate a guardarlo da 15 passi di distanza e ne riparliamo**



# Saluto autorità



Imparare Sperimentando è un'iniziativa che ha il pregio di perseguire un progetto educativo dedicato al mondo della fisica e delle scienze, coinvolgendo giovani e adulti. Un vero e proprio viaggio tra le scoperte scientifiche che hanno cambiato l'umanità e la sua storia, finalizzato a consolidare una cultura diffusa rispetto a tematiche fondamentali per la nostra società e soprattutto per il nostro futuro. Un'opportunità per comprendere direttamente le ricadute delle discipline scientifiche nella vita quotidiana di ognuno di noi. Contemporaneamente una valida occasione per sensibilizzarci sull'importanza delle scienze nella definizione delle prossime strategie complessive generali e individuare stili di vita più sostenibili. Ma soprattutto un messaggio per stimolare l'interesse e l'apprezzamento verso la ricerca scientifica, favorendo una crescita di questa disciplina nel nostro paese e incoraggiando le giovani generazioni a perseguire questi percorsi formativi, determinanti per il nostro futuro.



---

## Sergio Bolzonello

Vicepresidente e assessore alle attività produttive, commercio, cooperazione, risorse agricole e forestali della Regione FVG



Gli agi e le comodità in cui oggi ci fregiamo di vivere, sono il risultato di un processo di ricerca e sviluppo cui le scienze hanno concorso con grande merito. Questo perché la ricerca e la sperimentazione sono stati, da sempre, un'intima necessità della razza umana, costantemente impegnata nell'affermazione della sua superiorità e nella ricerca dell'elisir di lunga vita. Quello che noi oggi abbiamo è dunque merito di chi ha avuto passione della curiosità e tensione al miglioramento, che sono qualità non necessariamente presenti in ogni individuo.

“Imparare Sperimentando” ha il pregio - oltre che di preparare ogni anno una rassegna magistralmente organizzata - di solleticare il desiderio di conoscere, di portare all'attenzione di tutti la scienza, e di farlo stimolando la curiosità e non obbligando alla lettura di formule astruse. “Imparare Sperimentando” infatti è l'incarnazione della scienza che ognuno di noi vorrebbe studiare sui banchi di scuola: divertente, interattiva, partecipata, radicata alla realtà, attuale. Inoltre corrisponde ad una necessità tutta giovane di “giocare” con un argomento adulto. La scienza è una cosa seria, lo sappiamo, ma è anche vero che è una materia che ben si presta a liberare l'inventiva, la fantasia, il genio. Ecco qual è il merito di questa ormai nota manifestazione: dare una veste interessantissima ad una materia che, spesso, sui banchi di scuola non suscita esattamente grandi emozioni.

Ringrazio e mi complimento dunque con l'Associazione per l'Insegnamento della Fisica e, in particolare, con il professor Sciarratta per l'iniziativa che arricchisce l'offerta culturale della nostra provincia diventando, anno dopo anno, punto di riferimento imperdibile per appassionati o semplici curiosi. Un modo diverso ed efficace di usare il cervello, alla portata di tutti, grandi e piccini, esperti e neofiti.



---

## Alessandro Ciriani

Presidente  
della Provincia  
di Pordenone





“Imparare sperimentando” è una rassegna che si propone di diffondere la conoscenza della fisica e della scienza con un linguaggio semplice e coinvolgente, di taglio divulgativo, destinato a docenti, studenti, ma anche ad un pubblico eterogeneo per età ed interessi.

L'edizione di quest'anno si preannuncia particolarmente interessante in quanto dedicata alla storia della fisica del XX secolo; dalla scoperta dell'atomo alle particelle elementari. Andando a ritroso con la memoria non sono stati, però, meno attraenti i temi trattati nelle precedenti edizioni: dall'energia con le sue trasformazioni ed implicazioni agli esperimenti sui fenomeni fisici e naturali; dai segreti dell'universo alla conquista dello spazio, dall'acqua alle nanotecnologie. Tematiche complesse ed impegnative, dunque, rese fruibili a tutti attraverso la divulgazione, la sperimentazione, l'interattività e la testimonianza.

Nel riconoscere ed apprezzare l'impegno e la passione dei promotori, l'augurio è che questa nona edizione di “Imparare sperimentando” possa continuare a creare stimoli e curiosità per la scienza e a ricevere i consensi che merita.



---

**Claudio Cattaruzza**

Assessore alla Cultura  
del Comune di Pordenone



Essere giunti alla nona edizione di questo evento, testimonia la bontà dell'idea di partenza di coloro che l'hanno voluta, confortata dal grande successo decretato dal gradimento dei numerosissimi visitatori. Imparare sperimentando riassume compiutamente nel titolo il progetto e le finalità dell'Associazione per l'Insegnamento della Fisica: unire in un tutt'uno la teoria e la concretezza della dimostrazione, ponendo in tale modo le basi per un serio e valido approccio alla conoscenza, soprattutto da parte delle giovani generazioni. La Banca di Credito Cooperativo Pordenonese è lieta di sostenere ancora una volta questa iniziativa che nell'edizione del 2014 vedrà sviluppato un tema che certamente andrà a soddisfare le attese degli appassionati, che l'hanno sin qui seguita e apprezzata, e non mancherà di suscitare curiosità e interesse in coloro che, per la prima volta, si avvicineranno a questo ramo del sapere umano.



---

**Gianfranco Pilosio**

Il Direttore Generale

**Pietro Roman**

Il Presidente

---

In uno scenario economico complesso come quello attuale, la Fondazione Crup continua ad investire nell'istruzione e nella ricerca, fonti di innovazione e strumenti di ripresa della nostra società. Per questo affianca progetti quali Imparare Sperimentando, mostra interattiva di attività ed esperimenti, nata 11 anni fa per il mondo delle scuole ed attestatasi ben presto come appuntamento di interesse per l'intera comunità. Progetto che punta ad educare alla scienza e alla fisica attraverso un metodo nuovo, pratico ed istruttivo, capace di esprimere anche le teorie più complesse con un linguaggio semplice, alla portata di tutti. Grazie alla collaborazione con enti nazionali ed internazionali del settore, l'iniziativa si è dimostrata in grado di favorire un dialogo costruttivo con i giovani ed anche con i non addetti ai lavori su alcune tematiche scientifiche che altrimenti, non appartenendo al quotidiano, difficilmente verrebbero approfondite. Esprimo l'auspicio che i nostri giovani attraverso l'attività di ricerca di cui hanno fatto esperienza possano essere agevolati nel loro percorso di formazione e di crescita personale e professionale. Un vivo apprezzamento, infine, a quanti hanno concorso negli anni a rendere significativo questo appuntamento e continuano a mantenere viva la passione per la scienza e la ricerca.



---

**Lionello D'Agostini**

Il Presidente

dai 6 ai  
99 anni

UN VIAGGIO  
TRA LE SCOPERTE SCIENTIFICHE  
CHE HANNO CAMBIATO  
L'UMANITÀ E LA SUA STORIA

# L'UNIVERSO SVELATO

## Ringraziamenti

### Espositori

ARPA FVG - OSMER, Osservatorio Meteorologico Regionale  
ASI - Agenzia Spaziale Italiana  
CNR - Consiglio Nazionale delle Ricerche  
CNRS - Centre national de la recherche scientifique  
EGO - European Gravitational Observatory - VIRGO  
INAF - Istituto Nazionale Astrofisica  
INAF - Istituto Nazionale Astrofisica - Brera  
INAF - Istituto Nazionale Astrofisica - Roma  
INAF - Istituto Nazionale Astrofisica - Torino  
INAF - Istituto Nazionale Astrofisica - Trieste  
INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare  
INFN - Laboratori Nazionali di Frascati  
INFN - Laboratori Nazionali del Gran Sasso  
INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Torino  
INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Pisa  
Italian LEGO Users Group  
Museo di Fisica - Università degli Studi "La Sapienza" di Roma  
PrimaLuceLab  
Università di Siena  
Università di Trieste  
Università di Udine  
Archivio Attualfoto di Trieste  
Gino Burello  
Conrad Boehm  
Luigi De Biasi

### Un ringraziamento particolare a

Servizio di Informazione e Documentazione  
Scientifica dei Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN

Servizio di Informazione e Documentazione  
Scientifica dei Laboratori Nazionali  
del Gran Sasso dell'INFN

### Esperti in sala

Paola Anziché  
Alessandro Bertolin  
Filippo Bradaschia  
Deborah Busonero  
Mariateresa Crosta  
Giulia Iafrate  
Mario Gai  
Alberto Garfagnini  
Alessandra Guglielmini  
Mario Lattanzi  
Michele Maris  
Roberto Morbidelli  
Stefano Porro  
Massimo Ramella  
Alberto Riva  
Marica Sarasso

### Collaboratori

Michele Bedin  
Enrico Davanzo  
Silvia De Giudici  
Carlo Donno  
Anna Maria Faggio  
Marco Magris  
Luca Mucibello  
Luca Picco  
Andrea Raffin  
Valentina Sciarratta  
Maria Luisa Scillia  
Riccardo Zarli  
Rodolfo Zarli  
Sabran Zarli

### e ancora al prezioso contributo di

Ida Cavallo  
Giorgio De Biasi  
Adriano Morassut  
Luigi Ret  
Renato Zamuner  
Fioreria "La Ginestra" di Malnisio  
...

### Comunicazione

[www.representa.it](http://www.representa.it)

### Riprese video e produzione DVD

[www.4frame.it](http://www.4frame.it)

### Assistenza tecnica audiovisivi

JPS TECH

### A cura di

Isidoro Sciarratta



## Ex convento di San Francesco

**ingresso gratuito**

**Via della Motta**

dal lunedì al sabato 9.00 - 13.00  
martedì, venerdì e sabato 15.00 - 18.00  
domenica orario unico 15.00 - 19.00

[www.impararesperimentando.it](http://www.impararesperimentando.it)



### AIF Sezione di Pordenone

**Prof. Isidoro Sciarratta**  
Via D. Casella, 12 33080 San Quirino (PN)  
Tel. 0434 918828 Cell. 338 2337956  
isidoro.sciarratta@alice.it

evento organizzato da:



Sezione di Pordenone

con il contributo di:



Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia



Provincia di Pordenone



Comune di Pordenone

con il supporto di:



e di:



con il patrocinio di:



Ministero della Pubblica Istruzione

