

ALICE

L'esperimento Alice

Un viaggio verso l'origine dell'Universo...

Cosa accade alla materia quando viene riscaldata ad una temperatura 100 000 volte più alta di quella presente al centro del Sole?

Perché la massa di un protone è 100 volte superiore a quella dei quark che lo compongono?

È possibile liberare i quark contenuti all'interno dei protoni?

L'esperimento ALICE cerca di rispondere a queste domande usando le straordinarie possibilità offerte dall'LHC (Large Hadron Collider), l'acceleratore di particelle più grande (27 km di circonferenza) e più potente del mondo...

Il CERN, Organizzazione Europea per la Ricerca Nucleare, è stato fondato nel 1954 ed è diventato un modello di collaborazione internazionale. Situato sul confine franco-svizzero presso Ginevra, è il laboratorio di fisica delle particelle più grande del mondo. L'organizzazione conta attualmente 20 stati membri.





Interazione forte

La materia ordinaria è fatta di atomi, ognuno dei quali è formato da un nucleo circondato da una nuvola di elettroni. I nuclei sono costituiti da protoni e neutroni, a loro volta costituiti da quark. Per quanto ne sappiamo oggi, i quark sembrano essere costituenti elementari.

I quark vengono trattenuti all'interno di protoni e neutroni da una forza nota sotto il nome di "Interazione Forte", dovuta allo scambio di particelle chiamate gluoni. L'interazione forte è anche responsabile per il legame tra protoni e neutroni all'interno del nucleo atomico.

Sebbene la fisica dell'Interazione Forte sia oggi in buona parte compresa, restano da elucidare due fenomeni fondamentali: il confinamento ed il meccanismo di generazione della massa. Si ritiene che entrambi abbiano a che fare con modifiche delle proprietà del vuoto dovute all'azione dell'Interazione Forte.

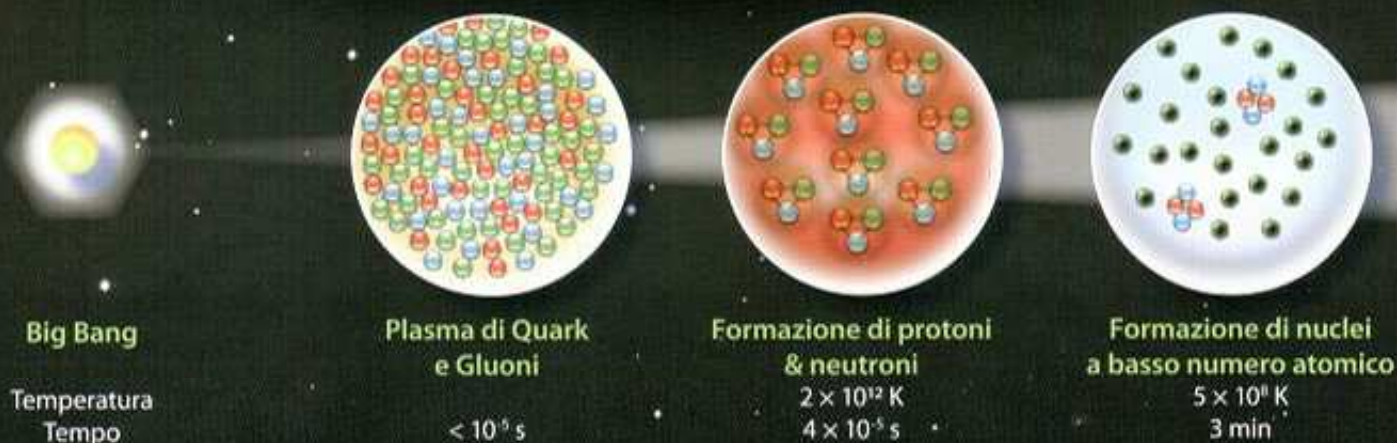
Confinamento

Non si è mai riusciti ad osservare un quark isolato: i quark, così come i gluoni, sembrano essere permanentemente legati fra loro e confinati dentro particelle composite, come i protoni e i neutroni. Il meccanismo esatto all'origine di questo fenomeno – chiamato confinamento – rimane sconosciuto.

Generazione della massa

Si sa che i protoni, così come i neutroni, sono costituiti da tre quark. Sommando però i valori delle masse dei tre quark si arriva appena all'1% circa della massa di un protone o di un neutrone. Da dove viene il restante 99%?

Il meccanismo che confina i quark all'interno di protoni e neutroni sarebbe quindi anche responsabile della generazione della maggior parte della massa dei costituenti del nucleo (e quindi, visto che la massa degli atomi è essenzialmente concentrata nei nuclei, della maggior parte della massa della materia ordinaria?)



Due nuclei si avvicinano ad una velocità prossima a quella della luce (secondo la teoria della relatività di Einstein appaiono come dischi assottigliati).



I nuclei si scontrano. La temperatura estrema generata nella collisione permette di rilasciare i quark (qui colorati in rosso, blu e verdi) e i gluoni.



Le migliaia di particelle create nella collisione si muovono verso i sistemi di rivelazione. (Simulazione: H. Weber, UrQMD, Francoforte).



I quark e i gluoni cominciano a urtare fra loro, dando origine ad un sistema in equilibrio termico: il Plasma di Quark e Gluoni.



Il plasma si espande e si raffredda fino alla temperatura ($\sim 2 \times 10^{12}$ gradi) alla quale i quark e i gluoni si ricombinano a formare materia ordinaria, in un tempo dell'ordine di 10^{-23} secondi dall'inizio della collisione.



Liberi tutti

La teoria delle interazioni forti (chiamata Cromo-Dinamica Quantistica, QCD) predice che in condizioni estreme di densità e temperatura la materia passi ad un nuovo stato, chiamato Plasma di Quark e Gluoni (QGP), in cui i quark e i gluoni - normalmente confinati all'interno di particelle composte come protoni e neutroni - siano liberati.

Tale transizione dovrebbe aver luogo quando la temperatura eccede un valore critico per il deconfinamento, che è stimato essere dell'ordine di 2000 miliardi di gradi. Per incontrare temperature così elevate (circa 100 000 volte più alte di quelle raggiungibili al centro del Sole) bisogna risalire ai primi istanti di vita dell'Universo. Si pensa che la temperatura sia stata al di sopra del valore critico per il deconfinamento solo per pochi milionesimi di secondo immediatamente dopo il Big Bang, e che l'Universo fosse allora effettivamente in uno stato di Plasma di Quark e Gluoni.

Ritorno alle origini

È possibile studiare sperimentalmente tale scenario? È possibile ricreare in laboratorio tali condizioni estreme?

Tramite collisioni frontali di nuclei pesanti (ad esempio nuclei di piombo) accelerati nell'LHC a velocità prossime a quella della luce dovrebbe essere possibile formare (seppure su un volume minimo, confrontabile con quello di un nucleo atomico, e per un istante infinitesimo) delle "gocce" di tale materia primordiale ed osservarle mentre, espandendosi e raffreddandosi, si trasformano nuovamente in materia ordinaria.

Studiando questi eventi prodotti all'LHC, ALICE dovrebbe essere in grado di esplorare in profondità la fisica del confinamento, di sondare le proprietà del vuoto, di elucidare il meccanismo di generazione della massa nell'interazione forte, e di fornirci un'idea di come si comportasse la materia immediatamente dopo il Big Bang.



Formazione di atomi neutri
10⁸ K
380 000 anni



Stelle di prima generazione
25 K
 2×10^6 anni

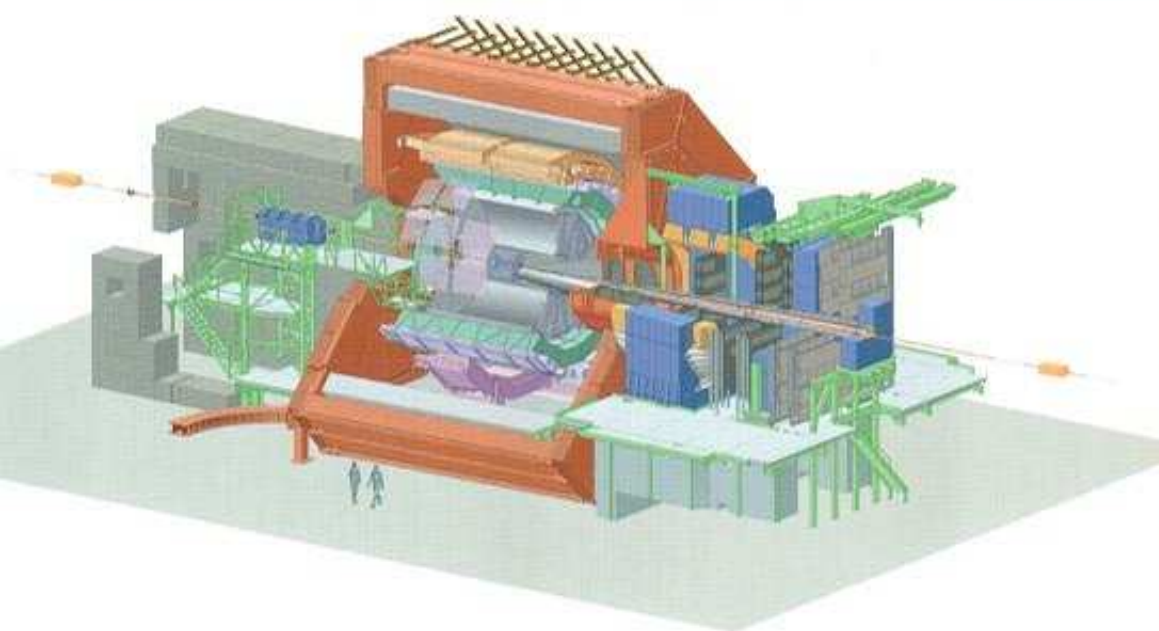


Galassie, stelle di seconda generazione
< 25 K
< 2×10^8 anni



Oggi
2.7 K
13.5 miliardi di anni

Il rivelatore ALICE



ALICE è un esperimento gigantesco (16 m di altezza e larghezza, 26 m di lunghezza) composto da 18 sotto-sistemi, in grado di rivelare le decine di migliaia di particelle prodotte in ogni collisione, registrando fino a 8000 eventi di collisione ogni secondo.

ALICE utilizza tecnologie di punta:

- sistemi ad alta precisione per la rivelazione ed il tracciamento delle particelle;
- sistemi ultra-miniaturizzati per processare i segnali elettronici;
- risorse di calcolo distribuite su scala mondiale per l'analisi dei dati (progetto Grid).

Una collaborazione internazionale



ALICE conta più di 1000 collaboratori (di cui circa 200 studenti post-laurea), provenienti da 116 istituti di ricerca dislocati in 33 paesi attraverso quattro continenti. Per costruire ed operare un esperimento di queste proporzioni è indispensabile poter disporre di un largo ventaglio di capacità tecniche.

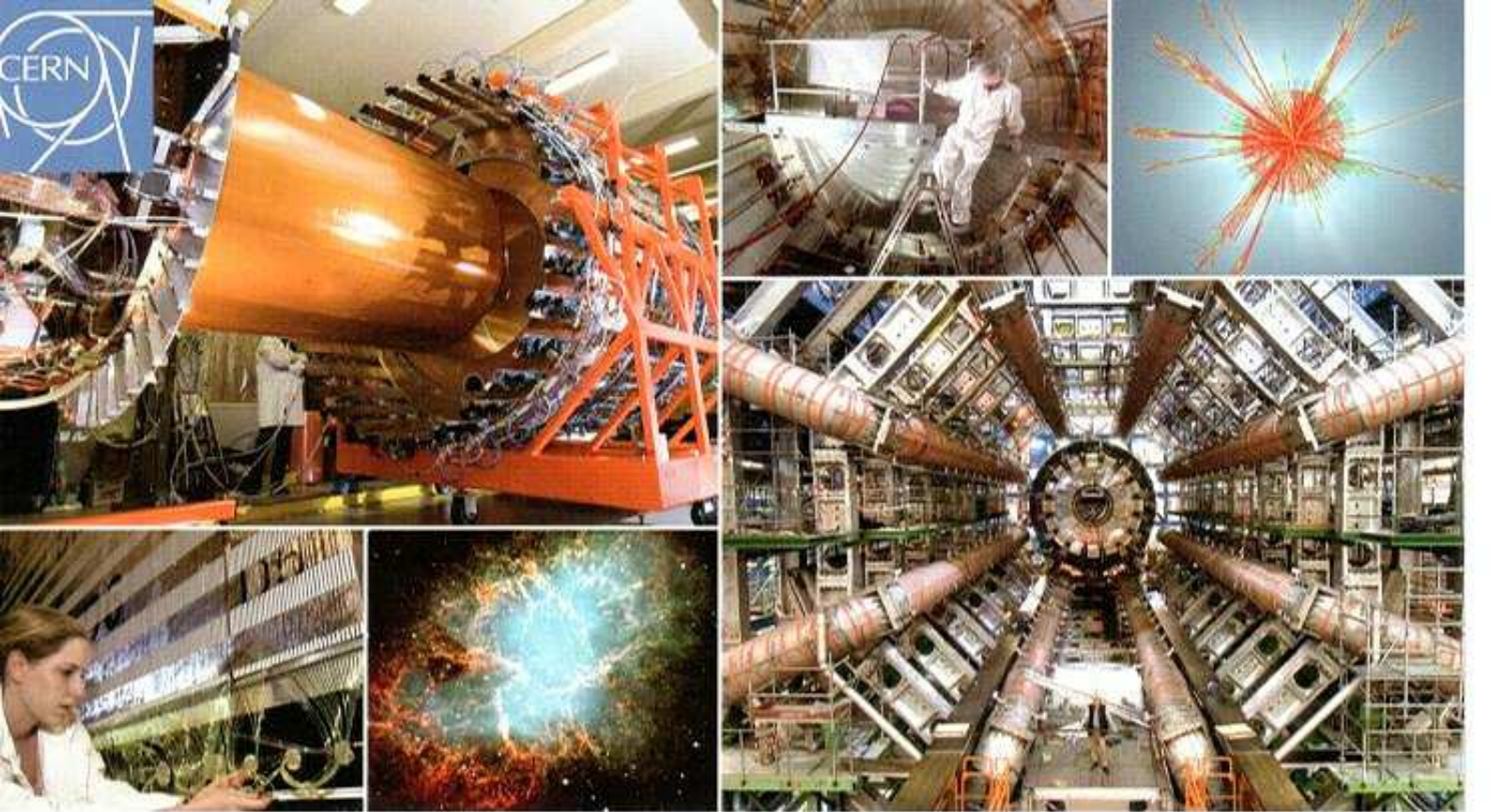


CERN
Organizzazione Europea per la
Ricerca Nucleare
CH-1211 Ginevra 23

Gruppo Comunicazione, dicembre 2010
CERN-Brochure-2010-007-Ita

Foto:
Copertina
Galassia: NASA, ESA, CXC e JPL-Caltech
Pagina centrale
Sfondo: T.A. Rector (NOAO/AURA/NSF) e Hubble
Heritage Team (STScI/AURA/NASA)
Stelle: J. Hester e P. Scowen (Arizona State University), NASA/ESA/STScI
Galassia: Christopher Burrows, NASA/ESA/STScI
Struttura atomica: André-Pierre Olivier
Foto di ALICE: Antonio Sabo e CERN





ATLAS

L'esperimento ATLAS

ATLAS è uno dei quattro principali esperimenti al Large Hadron Collider del CERN. La sua missione è quella di spingersi ad esplorare l'energia, la materia, lo spazio e il tempo oltre i confini finora conosciuti.

ATLAS è stato progettato per scoprire le ragioni per cui il nostro Universo è come ci appare oggi. Per assolvere questo compito dovrà addentrarsi nella materia come nessun esperimento ha mai fatto prima investigando nuovi processi fondamentali.

Svelare i segreti della natura attraverso lo studio delle collisioni fra particelle all'interno di ATLAS è una sfida scientifica e tecnologica senza precedenti. Migliaia di scienziati provenienti da 38 paesi del mondo intero collaborano all'esperimento ATLAS. Il rivelatore che essi hanno costruito è non soltanto estremamente complesso ma anche enorme, considerato che si tratta del più grande apparato mai costruito per la fisica delle particelle.





Il rivelatore ATLAS ha quattro componenti principali:

ATLAS e LHC

ATLAS rivela le spettacolari collisioni fra coppie di protoni la cui energia massima sarà pari a 14 TeV in totale. I protoni sono accelerati fino a queste energie elevatissime dal Large Hadron Collider (LHC), un acceleratore situato in un tunnel sotterraneo di 27 km di circonferenza. LHC impiega un grande numero di magneti superconduttori per guidare e focalizzare i protoni in fasci che percorrono incessantemente l'anello. L'ambizioso programma di ricerca di ATLAS chiarirà molte questioni sull'origine della materia e sulle forze fondamentali che la governano.

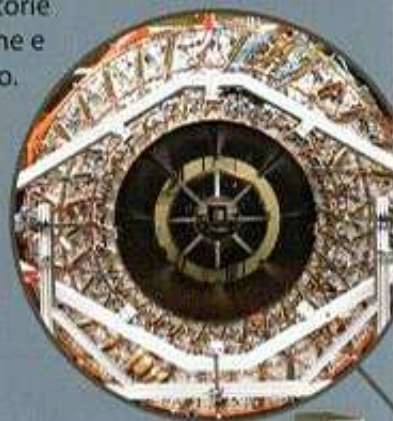
Le collisioni fra particelle

Con i suoi 46 m di lunghezza e 25 m di altezza, ATLAS è il più grande e uno dei più complessi rivelatori di particelle mai costruito. Le collisioni fra protoni che avvengono all'interno dell'apparato lasciano frammenti che riveleranno nuove particelle e nuovi processi nel cuore della materia.

Gli strati concentrici di cui è composto il rivelatore misurano l'energia della maggior parte delle particelle, cariche e neutre, e ricostruiscono le traiettorie di quelle cariche. La curvatura della traiettoria nel campo magnetico permette di determinare l'impulso e il segno della carica elettrica delle particelle. Su 1000 milioni di collisioni ogni secondo, solo una manciata ha caratteristiche interessanti per la ricerca di fenomeni nuovi. Il sistema di trigger seleziona questi eventi e li registra, evitando così l'accumulazione di enormi quantità di informazioni non necessarie.

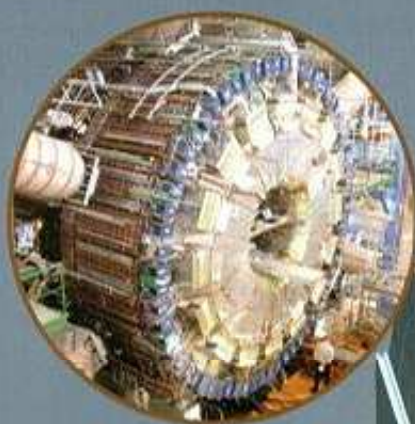
Rivelatore interno

Ricostruisce le traiettorie delle particelle cariche e misura il loro impulso.



Calorimetri

Misurano le energie delle particelle.



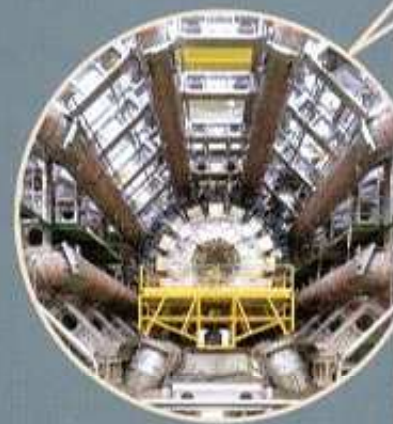
Spettrometro per muoni

Identifica i muoni e ne misura l'impulso.



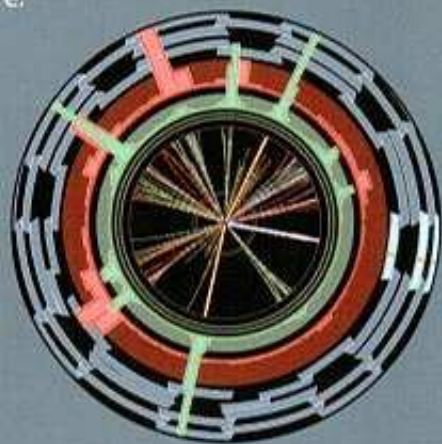
Magneti

Curvano le traiettorie delle particelle cariche per poterne misurare l'impulso. Il magnete solenoidale circonda il rivelatore interno. Le componenti del magnete toroidale sono indicate dalle frecce.



fisica di ATLAS

Le particelle che emergono da una collisione lasciano tracce e depositano energia nel rivelatore. Questa è la rappresentazione grafica di una collisione nel rivelatore.

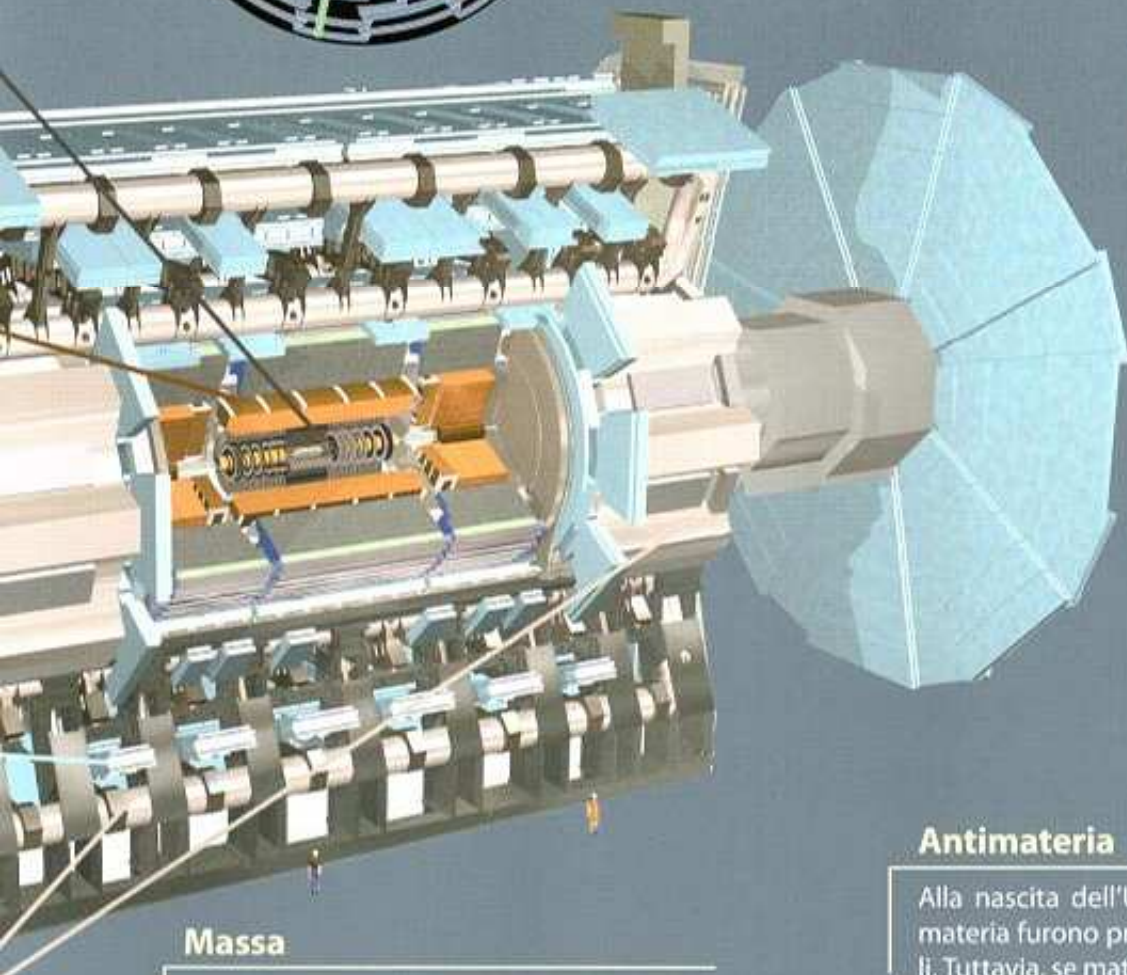


Il mistero

ATLAS spinge la fisica sperimentale in territori nuovi e inesplorati. L'entusiasmo più grande sarà certamente suscitato dalle sorprese più inattese, ovvero la scoperta di nuovi processi e nuove particelle che cambieranno la nostra comprensione della materia, dell'energia e delle forze fondamentali che hanno fatto evolvere l'Universo fin dalla sua nascita. Ad esempio, esistono ulteriori dimensioni dello spazio-tempo, oppure i mini buchi neri?

Materia oscura

LHC riprodurrà le condizioni dell'Universo immediatamente dopo il Big Bang, per capire in che modo si è evoluto in quello che osserviamo oggi. In particolare, LHC studierà i motivi per cui l'Universo è composto in maniera predominante da un tipo di materia finora sconosciuta, chiamata materia oscura. Quest'ultima potrebbe essere costituita da nuove particelle: in questo caso, ATLAS dovrebbe osservarle e contribuire a chiarire il mistero.



Massa

Perché le particelle fondamentali possiedono tutte delle masse differenti? Due dei principali misteri della fisica sono il meccanismo con cui le particelle acquisiscono massa e la relazione fra massa ed energia. Per spiegare questi meccanismi, le teorie moderne prevedono l'esistenza di una nuova particella: il bosone di Higgs. Se questa particella esiste, ATLAS sarà in grado di scoprirla fornendo così un contributo fondamentale alla comprensione del mistero.

Antimateria

Alla nascita dell'Universo, materia e antimateria furono prodotte in quantità uguali. Tuttavia, se materia e antimateria fossero esattamente l'immagine speculare l'una dell'altra, si sarebbero completamente annichilate in un lampo di energia. Perché invece una parte della materia è sopravvissuta e ha dato origine alle galassie, al sistema solare, al nostro pianeta e a noi stessi? ATLAS cercherà di capirlo, studiando le sottili differenze fra materia e antimateria.

Il mondo di ATLAS

La collaborazione ATLAS è formata da 3000 scienziati provenienti da 174 Università e Laboratori appartenenti a 38 paesi distribuiti su tutti i continenti popolati della Terra. I fasci di protoni di LHC si sono scontrati per la prima volta al centro di ATLAS nel 2009. Nei prossimi 10-15 anni, una immensa mole di dati sarà raccolta e quindi analizzata nelle Università e Laboratori di tutto il mondo.

Scienziati e ingegneri vengono da tutto il mondo per lavorare in ATLAS (a destra).



Inserimento del magnete superconduttore solenoidale nel criostato centrale del calorimetro elettromagnetico (sotto).



La sala di controllo, dove i fisici di vari istituti tengono sotto controllo il funzionamento dell'esperimento (a sinistra).



L'immensa collaborazione internazionale di ATLAS è un'eccezionale organizzazione di ricerca in fisica delle particelle. Il lavoro è suddiviso in vari progetti, ai quali gruppi di lavoro più piccoli possono apportare contributi sostanziali. I vari elementi del rivelatore sono arrivati al CERN, nei pressi di Ginevra, da ogni parte del mondo, per essere tutti integrati nel gigantesco apparato sperimentale.



Membri della squadra che assembla il rivelatore a pixel che ricostruisce precisamente le tracce delle particelle cariche (a sinistra).

I rivelatori di muoni sono stati costruiti in dieci paesi diversi prima di essere installati in ATLAS (sotto).

Assemblaggio del rivelatore interno di traccia (microstrips) a semiconduttore (a sinistra).



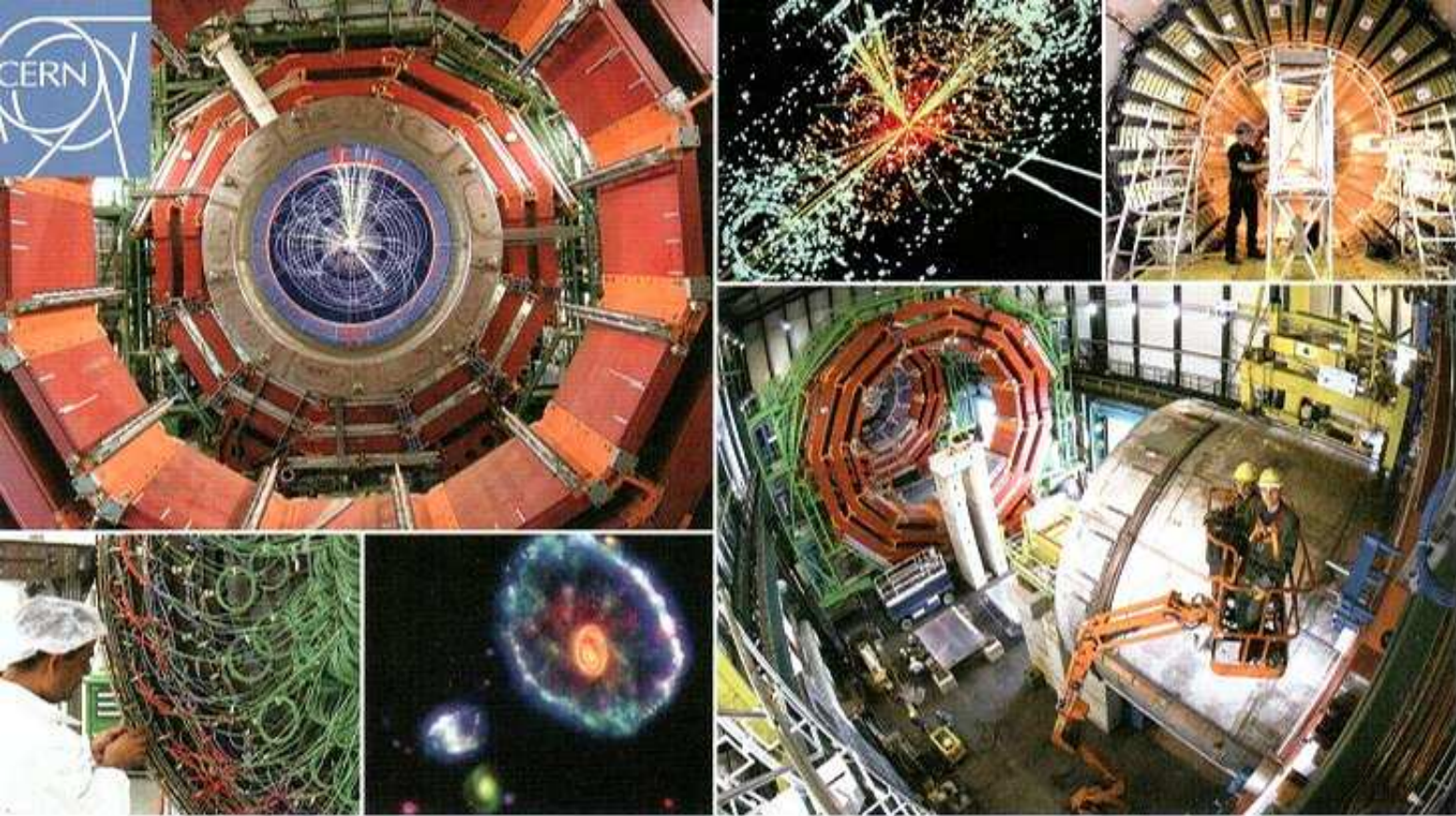
CERN
Organizzazione Europea per la
Ricerca Nucleare
CH-1211 Ginevra, Svizzera

Scienziati e studenti in ogni parte del mondo utilizzeranno l'immensa mole di dati generati dalle collisioni fra protoni per affrontare una grande varietà di temi di ricerca. Circa 1000 studenti stanno partecipando ad ATLAS, contribuendo in particolare alla raccolta e all'analisi dei dati.

Gruppo Comunicazione, agosto 2010
CERN-Brochure-2010-008-ita

Il sito web di ATLAS contiene ulteriori informazioni sull'organizzazione, il rivelatore, la fisica, LHC, le Università e gruppi di ricerca che vi partecipano.





CMS

L'esperimento "Compact Muon Solenoid"

Protoni e ioni pesanti collidono ad energie mai ottenute prima nel centro di CMS

Per ricreare

In laboratorio le condizioni che erano presenti una frazione di miliardesimo di secondo dopo il Big-Bang

Per cercare

nuove particelle come il bosone di Higgs, le particelle supersimmetriche e il gravitone, e anche nuovi fenomeni quali i mini buchi neri e nuovi stati in cui la materia è molto densa e calda

Per capire

- perché il mondo è come è
- perché alcune particelle sono più pesanti di altre
- di cosa è fatta la materia oscura dell'Universo
- se lo spazio ha più di tre dimensioni
- le proprietà della materia nei primi istanti di vita dell'Universo quando era molto densa e calda
- se e come possiamo fare ulteriori progressi verso una teoria unificata in grado di spiegare tutti i fenomeni fisici

Solo i risultati degli esperimenti possono rivelare le leggi fondamentali della Natura. CMS è uno di questi esperimenti.



Il rivelatore e i ricercatori

CMS è un apparato tecnologicamente avanzato che comprende molti rivelatori, ciascuno progettato per realizzare un compito specifico. Tutti insieme questi rivelatori permettono ai ricercatori di CMS di identificare e misurare precisamente l'energia e la quantità di moto di tutte le particelle prodotte nelle collisioni dell'LHC (Large Hadron Collider - Grande Collisore per Adroni) del CERN.



Calorimetro Elettromagnetico

È costituito da circa 80'000 cristalli scintillanti di tungstato di piombo ($PbWO_4$) e serve a misurare con precisione l'energia di elettroni e fotoni. Un rivelatore a sensori di silicio serve a migliorare l'identificazione delle particelle nella parte in avanti.



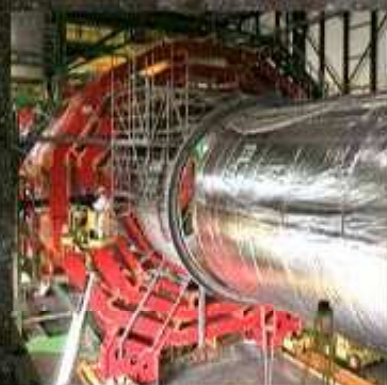
Calorimetro Adronico

È costituito da strati di materiale denso (ottone o acciaio) alternati con strati di scintillatore plastico o fibre di quarzo e serve a misurare l'energia degli adroni, particelle costituite da quarks: protoni, neutroni, pioni, kaoni...



Rivelatore per Muoni

Per identificare i muoni (particelle analoghe agli elettroni ma più pesanti), e per misurarne l'energia, CMS usa tre tipi di rivelatori: tubi a deriva, camere a strisce catodiche e camere a piani resistivi.



Tracciatore

sensori di silicio ad alta segmentazione (a strisce e a pixel) permettono di ricostruire tracce di particelle cariche e di misurarne l'impulso. Questi sensori servono anche a misurare la posizione in cui si disintegrano particelle instabili che hanno vita media lunga.

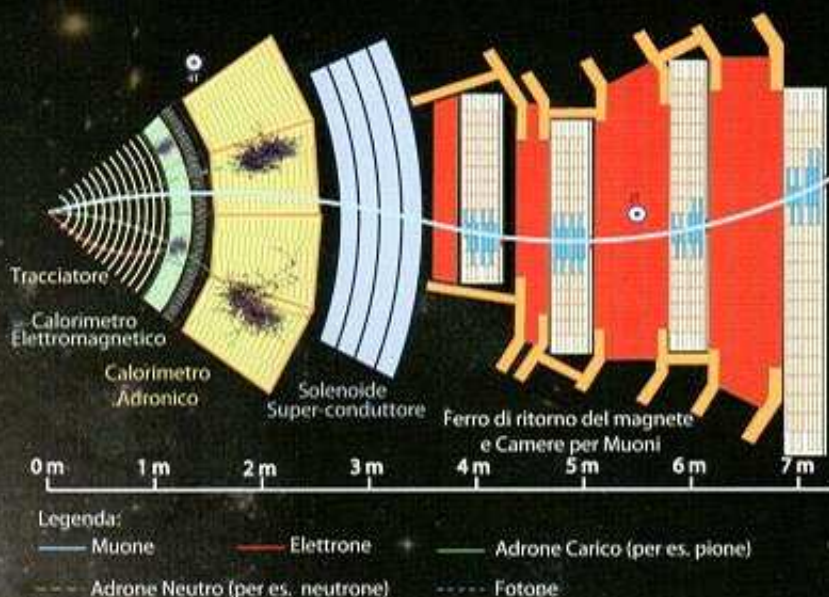


Solenoid superconduttore

Nella bobina superconduttrice di niobio-titanio di 13 metri di lunghezza e 6 metri di diametro, raffreddata a -270°C , passa una corrente di 20'000 Ampere. La bobina genera un campo magnetico di 4 Tesla, 100'000 volte più forte del campo magnetico terrestre. Questo campo magnetico fa curvare le particelle cariche, permettendo così di distinguerle e di misurarne l'impulso.

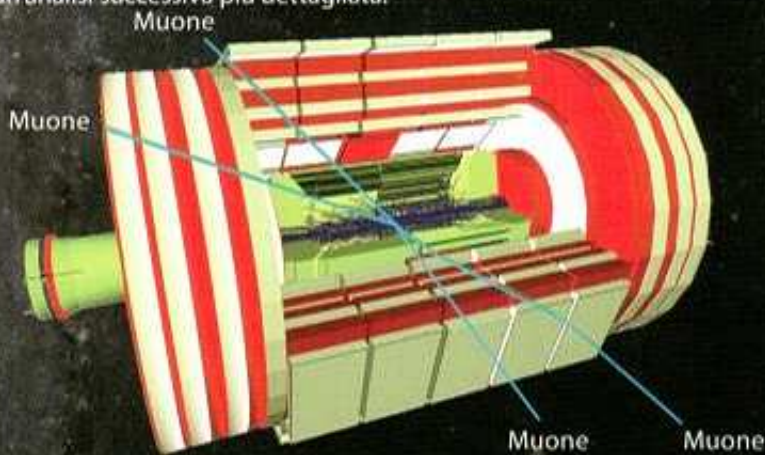
Identificazione delle particelle (Pattern Recognition)

Le nuove particelle che si cercano in CMS sono per lo più instabili e si disintegrano rapidamente in altre particelle più leggere, più stabili e già note. Quando attraversano CMS, le particelle rilasciano nei vari rivelatori dei segnali caratteristici che permettono di identificarle. Così si può dedurre la presenza o meno di un'eventuale nuova particella.

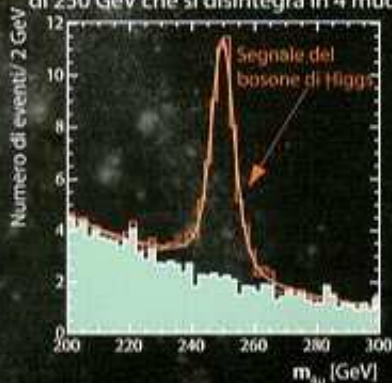


Sistema elettronico di accettazione degli eventi ("Trigger")

Per produrre un numero sufficiente di particelle rare, come il bosone di Higgs, i pacchetti di particelle dell'LHC si scontrano 40 milioni di volte al secondo. I segnali caratteristici delle particelle sono analizzati da un sistema elettronico velocissimo che permette di accettare solo quegli eventi che con buona probabilità contengono indicazioni di nuova fisica (circa 100 eventi al secondo), come ad esempio la particella di Higgs che si disintegra in 4 muoni nella figura qui sotto. In questo modo si riduce la quantità di eventi acquisiti ad un livello tale da permetterne la memorizzazione per un'analisi successiva più dettagliata.



Simulazione di un bosone di Higgs di 250 GeV che si disintegra in 4 muoni



Analisi dei Dati

I fisici di tutto il mondo usano tecniche informatiche ultramoderne (come ad esempio la rete Grid) per selezionare gli eventi interessanti tra i milioni di eventi acquisiti da CMS e produrre grafici come questo a sinistra (relativo ad eventi simulati al computer). Questi grafici potrebbero indicare la presenza di nuove particelle o nuovi fenomeni.

L'esperimento CMS è un rivelatore costituito da 100 milioni di singoli elementi attivi, ciascuno dei quali contribuisce alla ricerca di segnali di nuove particelle e nuovi fenomeni al ritmo di 40 milioni di volte al secondo. E' uno degli strumenti scientifici più complessi e precisi mai costruiti. E' situato a 100 metri di profondità vicino al paese francese di Cessy, al confine con la regione di Ginevra in Svizzera. Resterà in funzione per più di dieci anni.



Dimensioni
14 000 tonnellate di peso
21 metri di lunghezza
15 metri di diametro

L'imponente mole di CMS cela al suo interno un'elevatissima complessità. Un tecnico assembla i componenti del tracciatore usando fili da 5 micron.



CMS è diviso in varie sezioni, pesanti fra 200 e 2000 tonnellate. Questi elementi vengono calati nella caverna prima di essere montati nella loro posizione definitiva.



Un'avventura mondiale Per risolvere alcuni dei misteri dell'Universo è necessario il coinvolgimento di scienziati, ingegneri e studenti di varie discipline. I diversi elementi di CMS sono stati realizzati in vari istituti ed industrie in tutto il mondo e poi trasportati al CERN per il montaggio finale. Anche l'analisi dei dati sarà un'impresa mondiale ed ha motivato innovazioni importanti nel settore informatico come la Grid.



Un ricercatore ed uno studente del Dottorato di Ricerca lavorano insieme per connettere e collaudare l'elettronica di lettura di CMS.



Alcuni collaboratori riuniti nella sala di montaggio per festeggiare il completamento della costruzione di CMS nella sua versione iniziale.

CERN
Organizzazione Europea per la Ricerca
Nucleare
CH-1211 Ginevra, Svizzera

Gruppo Comunicazione,
febbraio 2010
CERN-Brochure-2009-002-ita

La collaborazione CMS
38 paesi, 183 istituti di ricerca
Più di 2500 scienziati, fra cui circa 600 studenti

Per saperne di più su CMS visitate il nostro sito: <http://cms.cern.ch>





LHC

The **L**arge **H**adron **C**ollider

Unique

CERN is home to the world's biggest and most powerful particle accelerator—the 27-km LHC.

Scientific

What we learn there will take us to a deeper understanding of the Universe.

Insight

The results are eagerly anticipated by particle physicists everywhere and could open up new fields of scientific endeavour.

The LHC

A machine to accelerate two beams of particles in opposite directions to more than 99.9% the speed of light. Smashing the beams together creates showers of new particles for physicists to study.

CERN, the European Organization for Nuclear Research, was founded in 1954. It has become a prime example of international collaboration, with currently 20 Member States. It is the biggest particle physics laboratory in the world, and sits astride the Franco-Swiss border near Geneva.



LHC >>> the world's



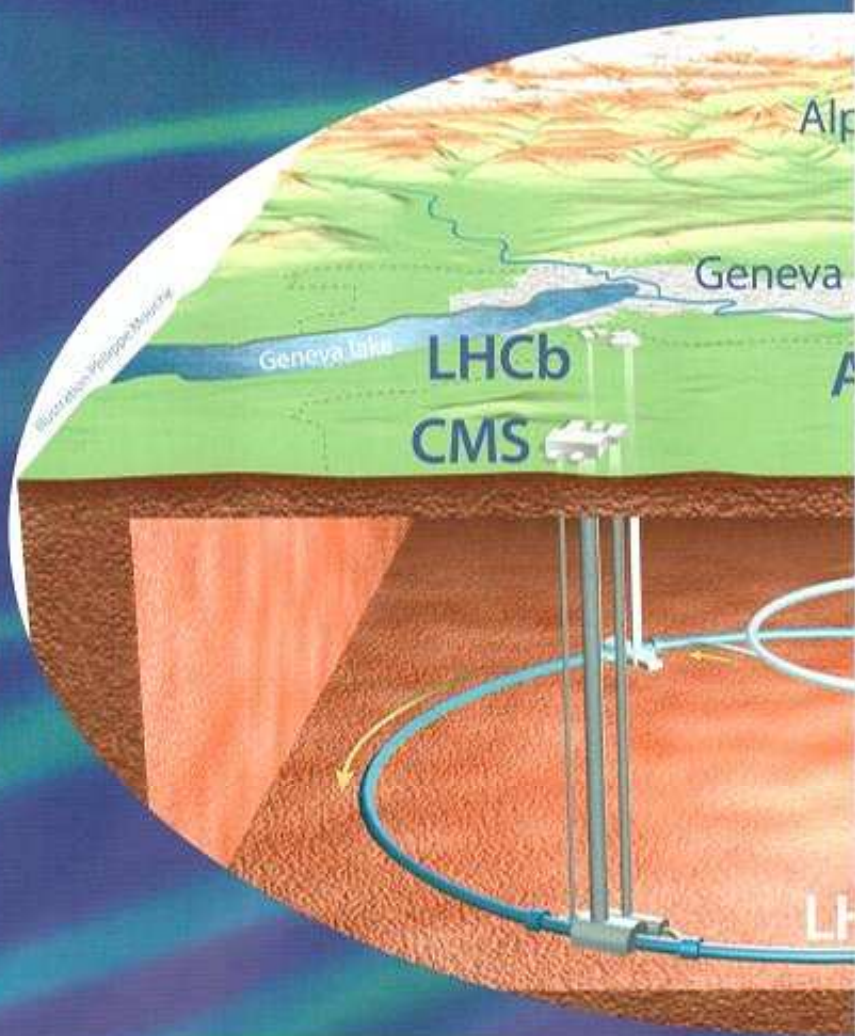
Where is it?

The LHC is installed in a tunnel 27 km in circumference, buried 50-150 m below ground. Located between the Jura mountain range in France and Lake Geneva in Switzerland, the tunnel was built in the 1980s for the previous big accelerator, the Large Electron-Positron collider (LEP).

What does it do?

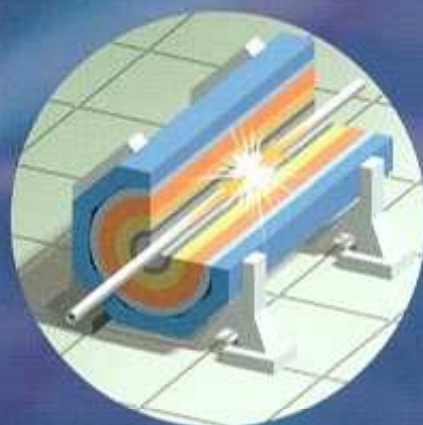
The LHC produces head-on collisions between two beams of particles of the same kind, either protons or lead ions. The beams are created in CERN's chain of accelerators and then injected into the LHC, where they travel through a vacuum comparable to outer space. Superconducting magnets operating at extremely low temperatures guide the beams around the ring. Each beam will ultimately consist of nearly 3000 bunches of particles, each bunch containing as many as 100 billion particles. The particles are so tiny that the chance of any two colliding is very small. When the bunches cross, there will be only about 20 collisions among 200 billion particles. However, bunches will cross about 30 million times per second, so the LHC will generate up to 600 million collisions per second.

At near light-speed, a proton in the LHC makes 11 245 turns every second. A beam might circulate for 10 hours, travelling more than 10 billion kilometres—far enough to get to the planet Neptune and back again.

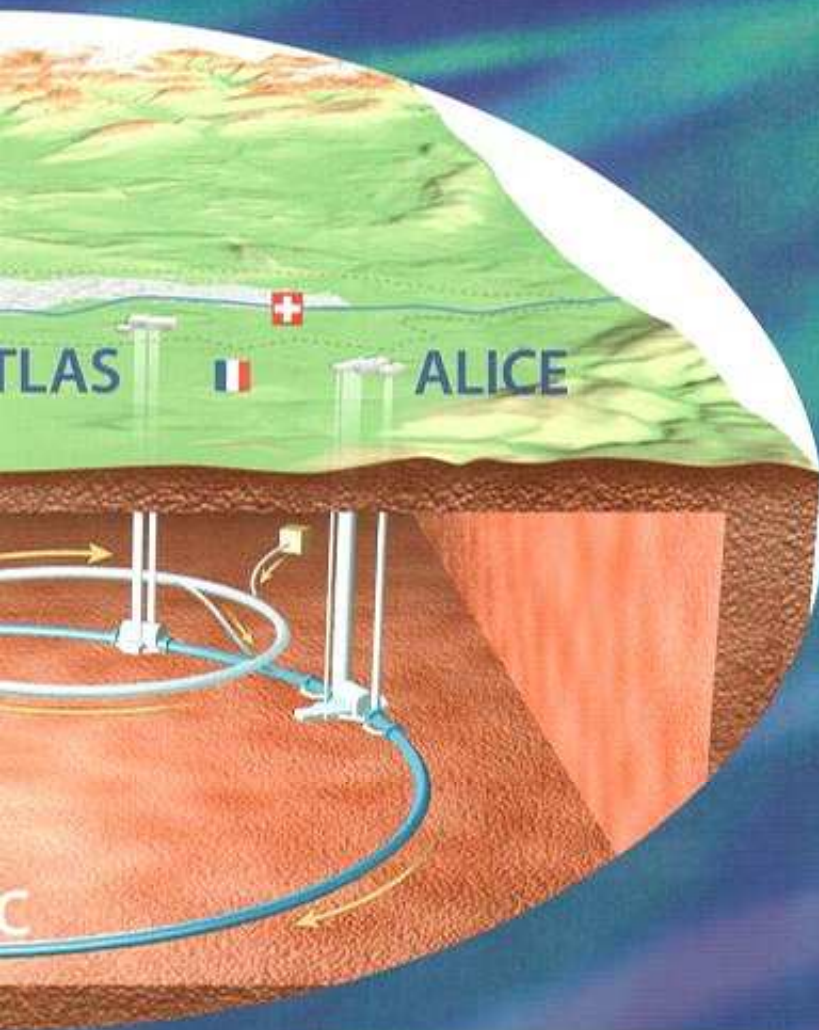


What is it for?

The LHC provides collisions at the highest energies ever observed in laboratory conditions and physicists are eager to see what they will reveal. Four huge detectors—ALICE, ATLAS, CMS and LHCb—observe the collisions so that the physicists can explore new territory in matter, energy, space, and time.



most powerful accelerator



How does it work?

After reaching an energy of 0.45 TeV in CERN's accelerator chain, the beams are injected into the LHC ring, where they make millions of circuits. On each circuit, the beams receive an additional impulse from an electric field contained in special cavities, until they reach the final energy of 7 TeV. To control beams at such high energies, the LHC uses some 1800 superconducting magnet systems. These electromagnets are built from superconducting materials.

At low temperatures they can conduct electricity without resistance and so can create much stronger magnetic fields than ordinary electromagnets. The LHC's niobium-titanium magnets operate at a temperature of only

1.9 K (-271°C).

The strength of a magnetic field is measured in units called tesla. At maximum energy the LHC will operate at about 8 tesla, whereas ordinary "warm" magnets can achieve a maximum field of about 2 tesla.

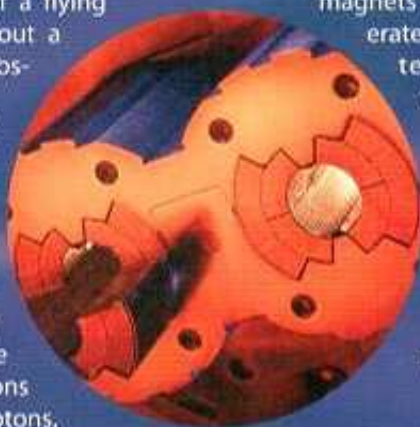
If the LHC used ordinary "warm" magnets instead of superconductors, the ring would have to be at least 120 km in circumference to achieve the same collision energy and it would consume 40 times more electricity.

How powerful?

The LHC is a machine for concentrating energy into a very small space. Particle energies in the LHC are measured in tera-electronvolts (TeV). 1 TeV is roughly the energy of a flying mosquito, but a proton is about a trillion times smaller than a mosquito.

Each proton flying round the LHC will ultimately have an energy of 7 TeV, so when two protons collide the collision energy will be 14 TeV. Lead ions have many protons, and together they give an even greater energy: the lead ion beams will have a collision energy of 1150 TeV.

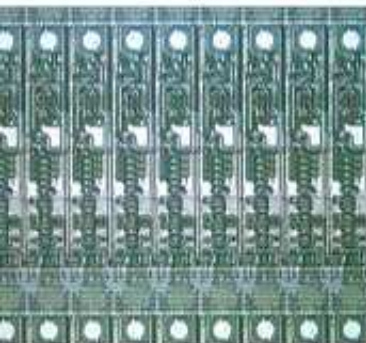
At full power, each beam will be about as energetic as a car travelling at 1600 kph. The energy stored in the magnets would be enough to melt 50 tonnes of copper.



A world-wide network of computers to analyse an enormous amount of data



CERN has developed new networking technology called the Grid. This links tens of thousands of computers worldwide to create a vast global computing resource for the LHC experiments.



The LHC experiments generate an enormous amount of data. Each year the data will be enough to fill a stack of CDs 20 km tall.



An international effort, the Sun never sets on the LHC project



Acting for its Member States, CERN has invested CHF6 billion in the LHC. This covers the accelerator, computing, and manpower, as well as CERN's contribution to the experiments. However, the LHC is a world project, and about 10% of the accelerator material cost is being contributed by other countries.

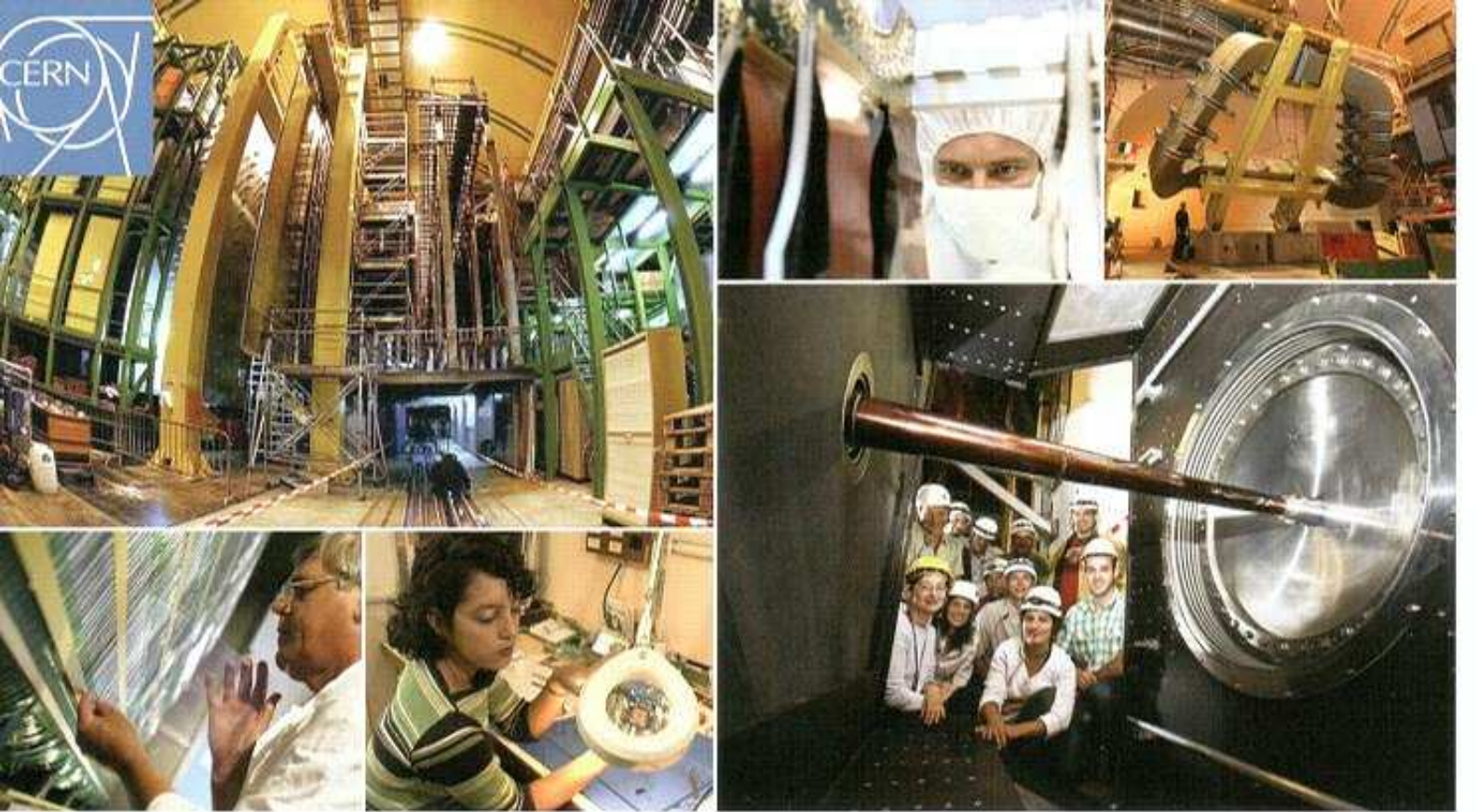
More than 10 000 scientists and engineers from around 500 academic institutes and industrial companies worldwide are contributing to the LHC project. Equipment has been built in many European countries, and in others such as Canada, India, Japan, Russia and the US.



CERN
European Organization for Nuclear
Research
CH-1211 Geneva 23

Communication Group, July 2010
CERN-Brochure-2010-006-Eng





LHCb

The **L**arge **H**adron **C**ollider **b**eauty experiment

13,7 miliardi di anni fa, l'Universo cominciò con un'esplosione. Concentrata in uno spazio infinitamente piccolo, l'energia si coagulò in quantità uguali di materia e antimateria.

Al CERN, il Large Hadron Collider (LHC) accelera due fasci di protoni a velocità prossime a quella della luce, e li porta a collidere in quattro punti. Quando i fasci collidono, si ricreano le condizioni esistenti solo pochi momenti dopo il Big Bang. Ciò avviene anche nel cuore del rivelatore LHCb.

L'esperienza LHCb

Benvenuti in uno strano mondo governato dalle leggi della fisica quantistica. Qui le particelle appaiono e scompaiono repentinamente, aprendo così la porta a nuove scoperte e lasciando intravedere i primi istanti di vita dell'Universo.

LHCb
LHCb



Un mistero cosmico...

Quando materia e antimateria entrano in contatto, il risultato è drammatico. Nello spazio di un istante, svaniscono entrambe, distruggendosi a vicenda e lasciandosi dietro un lampo di energia.

Questa relazione esplosiva solleva alcune domande intriganti. Per esempio, se la materia e l'antimateria sono state create in quantità uguali durante il Big Bang, perché ci troviamo a vivere in un Universo fatto solo di materia? Forse è intervenuto un qualche meccanismo ancora sconosciuto che ha impedito alla materia di annichilarsi completamente con l'antimateria?

... una bellissima soluzione

LHCb è stato progettato per studiare le minuscole differenze tra materia e antimateria usando particelle conosciute come quark "beauty" (bellezza, in inglese). Anche se questi quark non sono presenti nel nostro Universo oggi, lo erano pochi istanti dopo il Big Bang. Le collisioni che avverranno all'interno di LHCb ne produrranno vari miliardi, insieme ai corrispondenti anti-quark.

Studiando con precisione mai raggiunta finora la piccola differenza nel decadimento del quark beauty e del suo anti quark, LHCb contribuisce a far luce su uno dei misteri più fondamentali dell'Universo.

Installato in un'ampia caverna, 100 metri sottoterra, ogni strato di LHCb è progettato per identificare e misurare un determinato aspetto delle particelle che emergono dalle collisioni.

Piuttosto che partire in tutte le direzioni, i quark beauty formati nella collisione tra i fasci di protoni viaggiano vicino alla linea di fascio. Questa loro caratteristica determina l'architettura del rivelatore: LHCb si sviluppa linearmente su una lunghezza di circa 20 metri ed i suoi sottorivelatori sono disposti uno dopo l'altro come libri su uno scaffale.

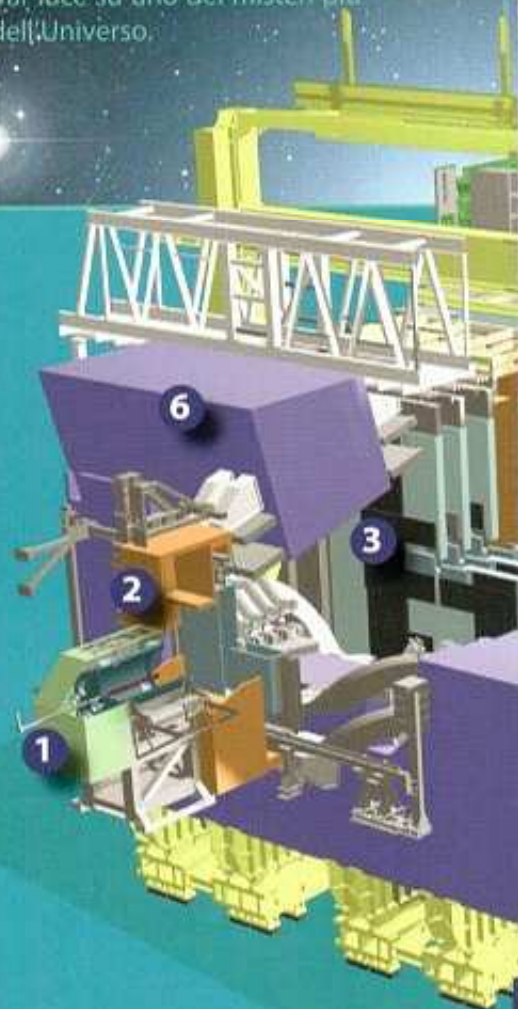
1) Il localizzatore di vertici misura la distanza tra il punto di collisione e il punto in cui i quark beauty decadono, il tutto con la precisione di un centesimo di millimetro.



2) I due rivelatori Cherenkov misurano i coni di luce prodotti quando le particelle cariche viaggiano ad una velocità maggiore di quella della luce nella densa miscela di gas del rivelatore. In questo modo si può risalire alla velocità della particella.



3) I tracciatori registrano le posizioni delle particelle cariche che attraversano il rivelatore. In seguito i computer ricostruiscono le traiettorie esatte.



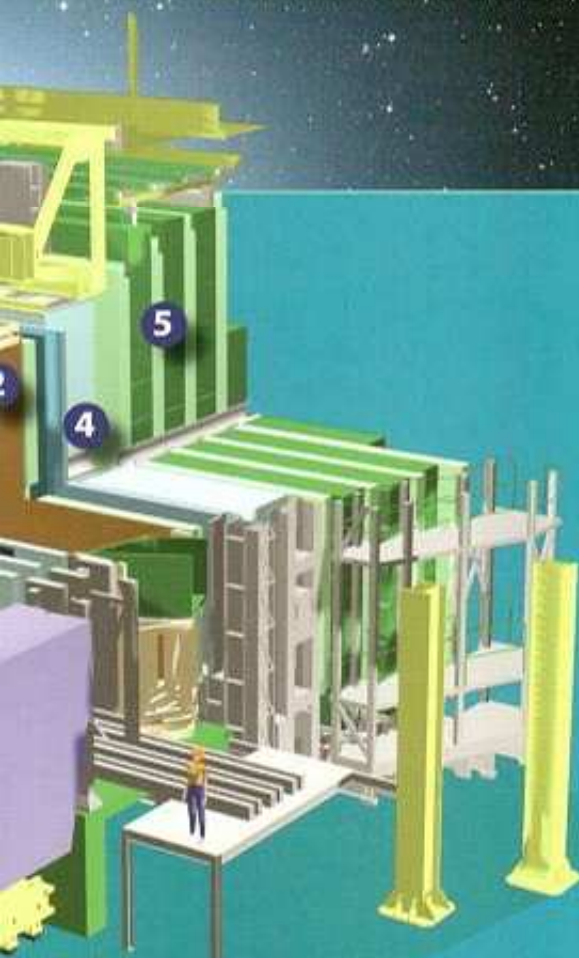
La fisica con i pinguini

Gli sfuggenti quark beauty esistono in LHCb solo per infinitesime frazioni di secondo (un milionesimo di milionesimo di secondo!), prima di decadere in particelle più leggere. Tuttavia, questo minuscolo intervallo di tempo è sufficiente perché i quark siano soggetti a sottili effetti quantistici, per esempio i cosiddetti "penguin loops" (diagrammi a pinguino, in inglese), chiamati così perché il diagramma che descrive queste interazioni tra particelle fa pensare alla forma di un pinguino.

I diagrammi a pinguino rappresentano un particolare effetto quantistico grazie al quale particelle virtuali che per la loro massa

elevata non potrebbero essere prodotte in quel processo, possono essere create per un tempo infinitesimale prendendo energia dal vuoto. Tali particelle virtuali possono influenzare il comportamento dei quark beauty, lasciando così tracce di informazione sulle loro proprietà.

LHCb è alla ricerca di segnali provenienti da una nuova famiglia di particelle che potrebbe costituire parte della materia oscura che pervade l'Universo. Questa misteriosa materia fa ruotare le galassie più velocemente e provoca deviazioni della luce provenienti dalle stelle.



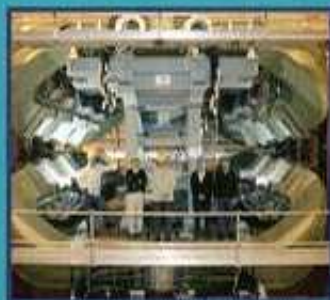
4) I calorimetri
determinano l'energia delle particelle.



5) Il sistema dei rivelatori di muoni
registra il passaggio dei muoni, particelle molto simili ad elettroni pesanti che sono molto spesso presenti nello stadio finale del decadimento dei quark beauty



6) Il magnete
curva le traiettorie delle particelle cariche distinguendo così quali sono cariche positivamente e quali negativamente. La curvatura permette inoltre di calcolare l'impulso delle particelle.



Pensare in fretta

Del 10 milioni di collisioni di protoni ogni secondo, LHCb registrerà l'informazione proveniente da appena 2000.

Il compito di scegliere le collisioni più interessanti è svolto da un cosiddetto "trigger" elettronico che opera una velocissima analisi dei segnali provenienti da alcuni sottorivelatori. In appena 4 milionesimi di secondo il trigger deve prendere una decisione, altrimenti i dati sono persi.

Questo è solo un primo aspetto delle sfide che deve sostenere il sistema informatico di LHCb. La quantità di informazione registrata a pieno regime è sufficiente a riempire 300 CD ogni ora. I dati provenienti dall'esperimento vengono distribuiti una rete di 100 centri informatici distribuiti nel mondo intero. Decine di migliaia di computer analizzano i dati simultaneamente su un sistema informatico globale chiamato "Griglia" (Grid).



Unendo le forze

LHCb è una collaborazione veramente internazionale. Circa 700 scienziati da circa 50 diverse università e laboratori in 15 paesi sono coinvolti nel progetto con il supporto di diverse centinaia di tecnici e ingegneri. Molte parti del rivelatore sono state concepite e costruite in posti lontani dal CERN.

Malgrado una delicatezza straordinaria (uno spillo che cade sarebbe sufficiente a danneggiare i delicatissimi circuiti del rivelatore di vertice), il rivelatore è stato trasportato senza danni dall'Inghilterra (1300 km di strada).



A causa della sua estrema fragilità, uno dei rivelatori Cherenkov ha dovuto viaggiare sugli 8 km che separano il sito principale del CERN da quello dell'esperimento a passo di lumaca.



Il componente più grande e più pesante è il magnete da 1600 tonnellate, costruito pezzo per pezzo sottoterra.

Fondato nel 1954, il CERN, l'Organizzazione Europea per la Ricerca Nucleare, è oggi un modello di collaborazione internazionale, con 20 Stati membri. A cavallo della frontiera franco-svizzera alla periferia di Ginevra, il CERN è il più grande laboratorio di fisica delle particelle al mondo.

CERN
Organizzazione Europea per la Ricerca Nucleare
CH-1211 Ginevra 23

Per saperne di più su questo straordinario esperimento e le sue scoperte, visitate:

<http://cern.ch/lhcb-public>

Gruppo Comunicazione, Settembre 2009
CERN-Brochure-2009-007-Ita



Photos: CERN Photo Service