

# ATOMO indivisibile?

Domande e  
certezze nella scienza



I ragazzi di via Panisperna:  
Oscar D'Agostino, Emilio  
Segrè, Edoardo Amaldi,  
Franco Rasetti, Enrico Fermi

“Lavoravamo molto intensamente sulla radioattività indotta da neutroni e i risultati non avevano alcun senso. Un giorno, mentre mi recavo in laboratorio, mi venne in mente di studiare cosa sarebbe successo collocando del piombo davanti alla sorgente di neutroni. Contrariamente al mio solito, impiegai molto tempo a lavorare con precisione al tornio il pezzo di piombo; ero chiaramente scontento di qualche cosa e cercavo ogni scusa possibile per ritardare il momento di mettere il piombo al suo posto. A un certo punto dissi a me stesso: ‘No, qui non voglio un pezzo di piombo; quello che voglio è un pezzo di paraffina’. Fu proprio così, senza preavvertimenti né ragionamento conscio. Immediatamente presi un pezzo di paraffina qualunque e lo posi lì dove avrei dovuto mettere il pezzo di piombo”

Edoardo Amaldi ricorda così quei giorni eccitanti:

“Il risultato fu chiaro: l'assorbente di paraffina non diminuiva l'attività ma (anche se di poco) la incrementava. Fermi ci chiamò tutti e disse: ‘Questo fatto avviene, presumibilmente, grazie all'idrogeno contenuto nella paraffina; se una piccola quantità di paraffina dà comunque un risultato evidente, proviamo a vedere cosa succede con una quantità maggiore’. L'esperimento venne immediatamente realizzato prima con la paraffina e poi con l'acqua. I risultati furono sbalorditivi: l'attività dell'argento era centinaia di volte superiore a quella che ottenevamo in precedenza!”

# UN NUCLEO “DIVISIBILE”

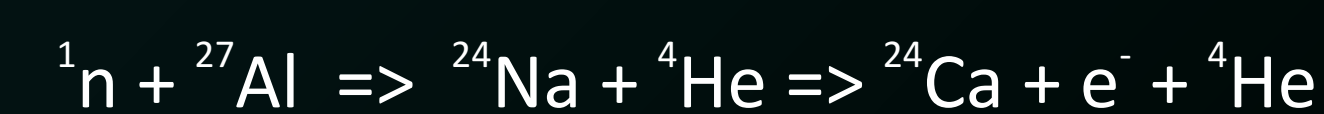
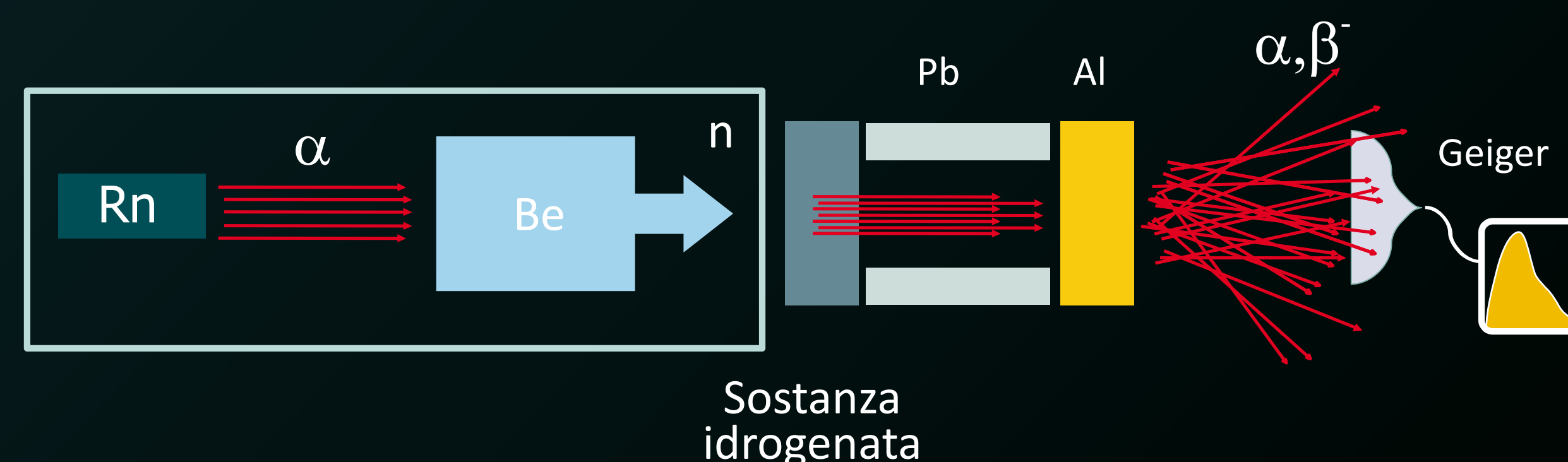
La scoperta e la spiegazione del processo di fissione nucleare hanno una lunga genesi. La scoperta dei chimici Hahn e Strassman – il bombardamento con neutroni divideva l'atomo di Uranio quasi a metà, producendo due elementi più leggeri - sono il frutto di anni di esperimenti in cui si cominciò a sfruttare attivamente la particella scoperta nel 1932: il neutrone.

Incuriosito dai risultati sulla radioattività ottenuti a Parigi dai coniugi Joliot-Curie, Enrico Fermi a partire dal 1934 cercava di riprodurre a Roma gli stessi esperimenti, indagando un gran numero di elementi della tavola periodica.



Otto Hans e Fritz Strassman

## La scoperta di Fermi



Nell'apparato sperimentale di Fermi, una sorgente di neutroni veniva posta su un tavolo, e direzionata verso una sostanza bersaglio. Successivamente con un contatore Geiger posto in un'altra stanza era possibile misurare l'attività radioattiva comparsa nel materiale.



# ENERGIA DALLE STELLE

La prima moderna intuizione del principio energetico delle stelle fu dell'astronomo Arthur Eddington.

Vari scienziati prima di lui avevano cercato di far luce su un argomento in primo piano nell'astrofisica del tempo: qual è la fonte di energia che ha consentito al Sole e a tutte le altre stelle di brillare per miliardi di anni? L'energia gravitazionale ad esempio consentirebbe al Sole di "funzionare" soltanto per 20 milioni di anni, cioè molto meno dell'età geologica della Terra.

I nuclei risultanti delle reazioni di fusione nucleare sono più leggeri della somma dei nuclei di partenza. La differenza di massa viene convertita in energia secondo la celeberrima relazione di Einstein  $E=mc^2$ . Bethe in seguito dettagliò questa intuizione arrivando ad individuare precisamente la catena di reazioni che producono nel centro delle stelle il Carbonio e gli altri elementi importanti per lo sviluppo della vita.

La comprensione di questi fenomeni apre una prospettiva affascinante: riprodurre in laboratorio prima e per la produzione diffusa di energia poi un processo analogo. Questo è ciò che si fa nei grandi centri di ricerca della fusione nucleare (come il JET) dove il gas di isotopi di idrogeno viene "confinato" a temperature di centinaia di milioni di gradi.

"C'è energia sufficiente nel sole per mantenere la sua emissione di radiazione per 15 miliardi di anni. [...] È stato inoltre dimostrato che la massa del nucleo di elio è inferiore alla somma delle masse delle 4 particelle nucleari che lo compongono. Nel processo di sintesi [fusione] vi è un difetto di massa di circa una parte su 120. [...] Se [anche solo] il 5% della massa di una stella consistesse all'inizio di atomi di idrogeno i quali venissero gradualmente combinati per formare elementi più complessi, l'energia totale liberata sarebbe più che sufficiente e non avremmo bisogno di cercare ulteriormente la sorgente di energia delle stelle".

Dall'intervento di  
Arthur Eddington  
alla British Association for the  
Advancement of  
Science, 1920

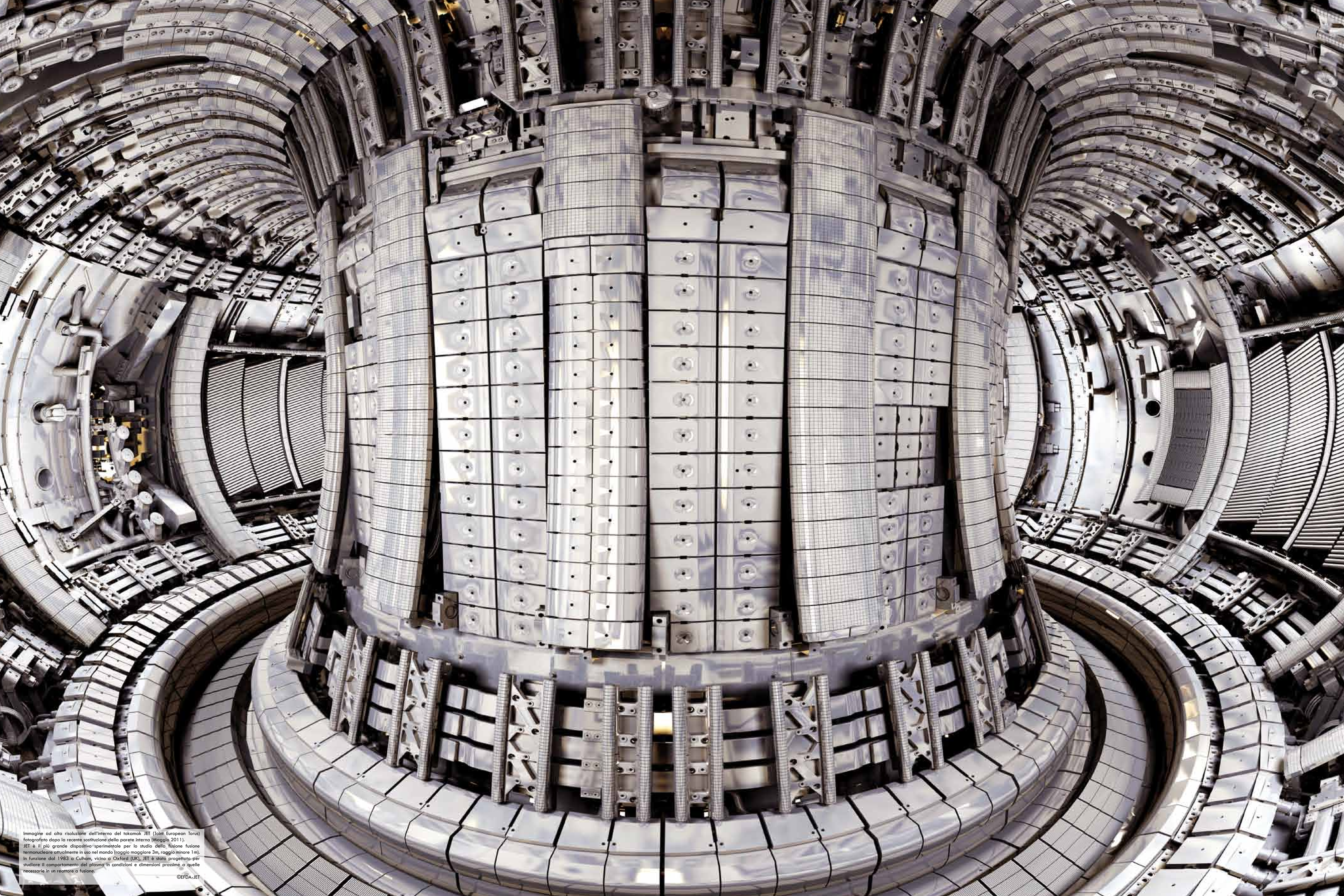


Immagine ad alta risoluzione dell'interno del tokamak JET (Joint European Torus) fotografata dopo la recente sostituzione della parete interna (Maggio 2011). JET è il più grande dispositivo sperimentale per lo studio della fusione termonucleare attualmente in uso nel mondo (raggio maggiore 3m, raggio minore 1m). In funzione dal 1983 a Culham, vicino a Oxford (UK), JET è stato progettato per studiare il comportamento del plasma in condizioni e dimensioni prossime a quelle necessarie in un reattore a fusione.



“Anche se il progresso scientifico condurrà un giorno a una teoria della costituzione degli atomi chimici, per quanto importante tale conoscenza potrà essere per la generale filosofia della materia, essa porterà piccole differenze alla chimica. Gli atomi chimici saranno sempre i blocchi della costruzione chimica”.

Friedrich August Kekulé

## UNIRSI SENZA FONDERSI

Questa frase, scritta a metà Ottocento da uno dei padri della chimica organica, è risultata profetica: infatti ancora oggi la particella elementare per il chimico è l'atomo nel suo insieme. Ma allora come i chimici hanno tratto vantaggio dalle osservazioni di Rutherford per approfondire la conoscenza della struttura delle molecole?

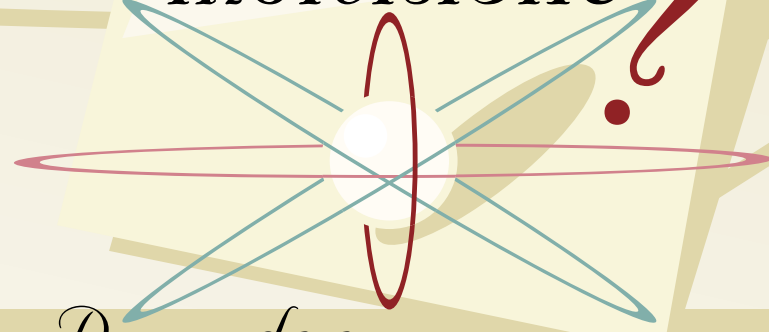
Una delle domande a cui la chimica ha cercato di rispondere è “perché e come gli atomi si legano tra di loro per costituire le molecole?”. Sappiamo, per esempio, che quando due atomi di idrogeno e un atomo di ossigeno si uniscono a formare una molecola d'acqua, i tre atomi non si fondono a livello nucleare e rimangono tre realtà distinte. Eppure sono davvero legati tra di loro, al punto che oggi possiamo “vedere” la loro posizione nello spazio con una precisa geometria.

Il fatto che, secondo il modello di Rutherford-Bohr, gli elettroni occupassero una porzione di spazio chiaramente distinta dal nucleo non appariva priva di conseguenze. Nel tempo e soprattutto grazie al lavoro di due giganti della chimica, gli americani Gilbert N. Lewis e Linus C. Pauling, si arrivò a comprendere come il legame che permette agli atomi di unirsi senza fondersi si realizza grazie alla condivisione di alcuni elettroni. Nelle molecole i nuclei atomici non si sovrappongono ma si posizionano a una distanza definita, detta “di legame”, il che permette ad alcuni dei rispettivi elettroni di occupare una stessa porzione dello spazio internucleare “cementando” così l'unione tra atomi diversi.

# DIFFRATTOMETRO A RAGGI X

112010

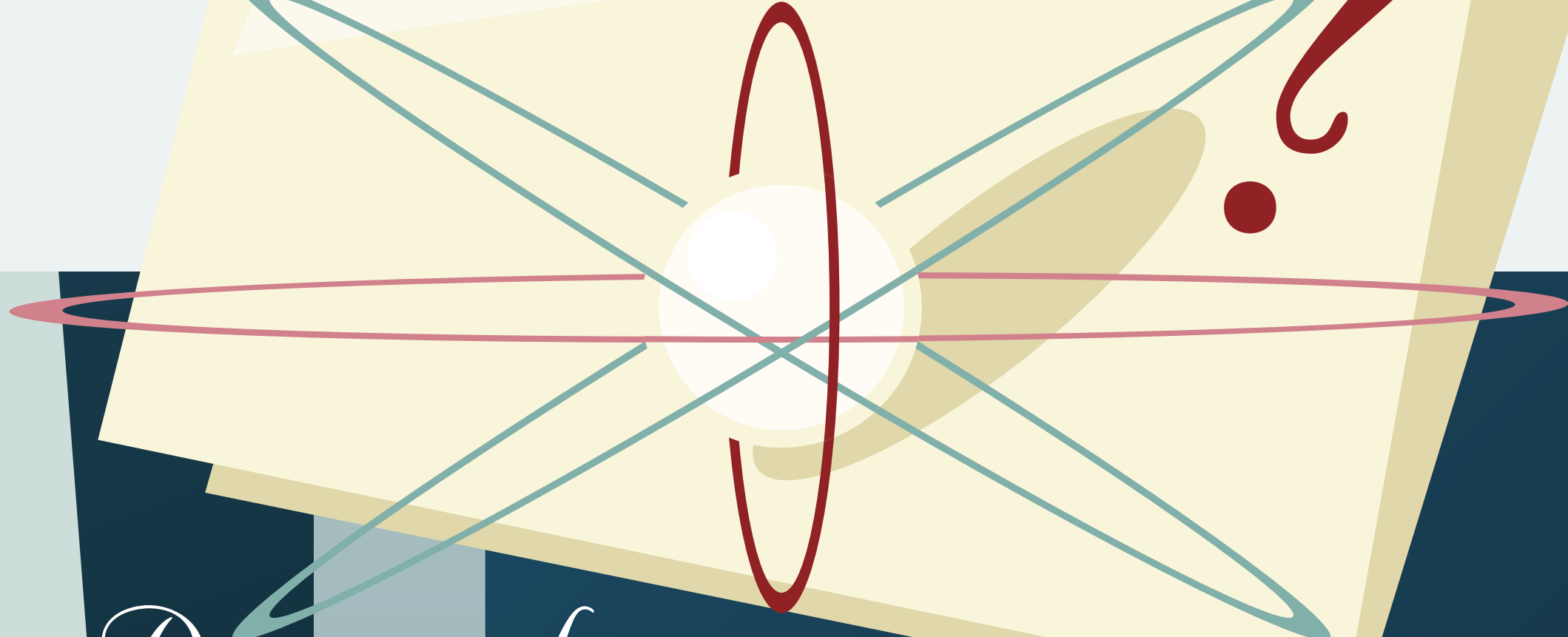
**ATOMO**  
*indivisibile?*



*Domande e  
certezze nella scienza*



# ATOMO *indivisibile?*



*Domande e  
certezze nella scienza*

# LA RICERCA DI STRUTTURE

## **Dove sono gli atomi all'interno di una sostanza?**

L'esatta posizione degli atomi all'interno di un composto chimico si può conoscere grazie alla tecnica della diffrazione di raggi X.

Dall'analisi dei picchi di diffrazione si ricavano la conformazione molecolare della sostanza studiata, cioè la disposizione relativa degli atomi all'interno della molecola la sua struttura cristallina cioè la disposizione dei suoi atomi nello spazio

## **Perché gli atomi si legano tra loro ?**

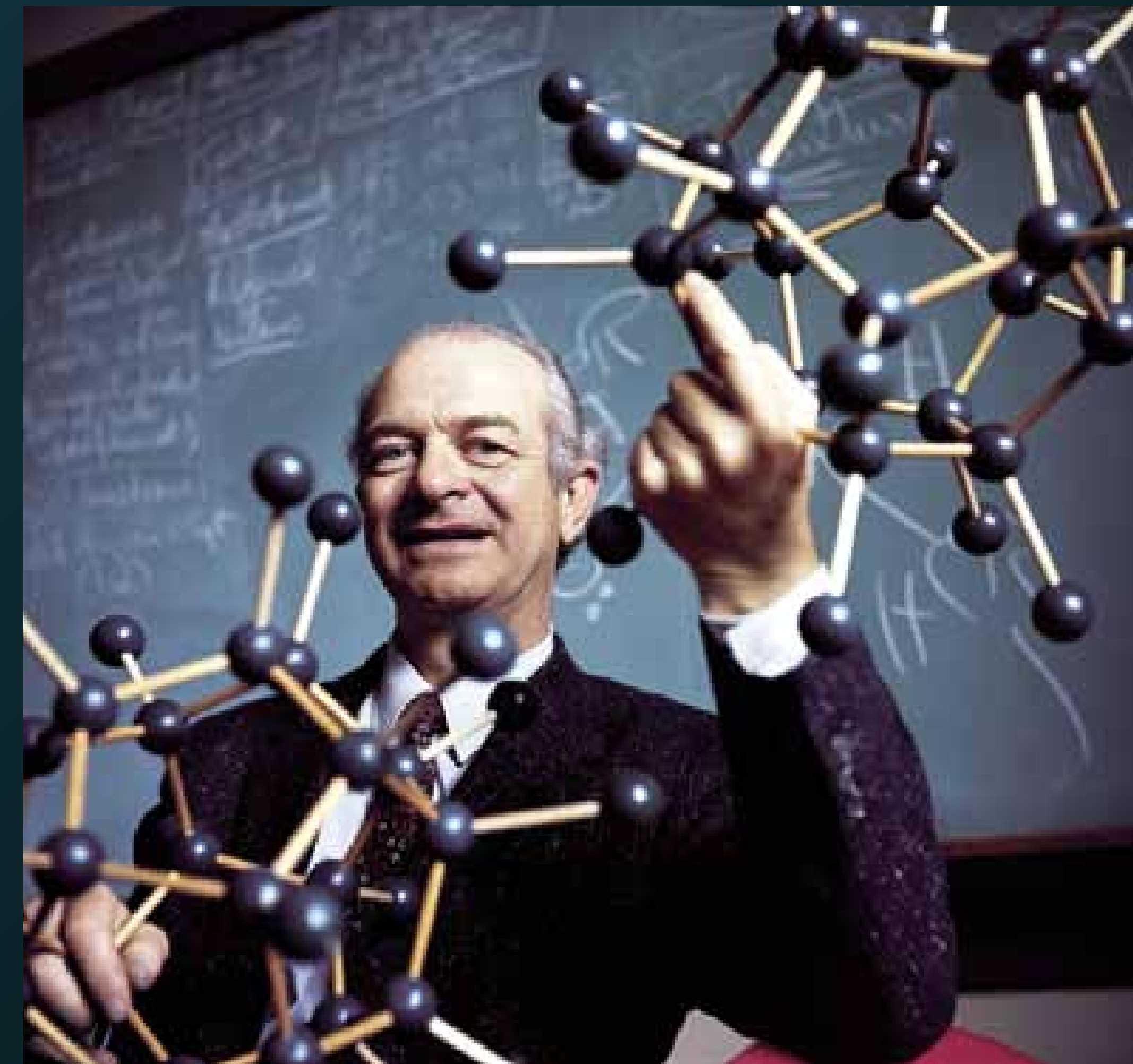
Gli atomi si legano tra loro perché il composto risultante è più stabile, cioè ha energia inferiore. La formazione di un legame chimico, infatti, avviene con una diminuzione dell'energia totale del sistema. Minore è l'energia di una sostanza, maggiore è la sua stabilità

## **E in che modo si legano?**

Dopo la scoperta di Rutherford tanti scienziati hanno dedicato la loro vita a rispondere a questa domanda. Tra questi spiccano per ingegno e produttività G. N. Lewis e L. Pauling.

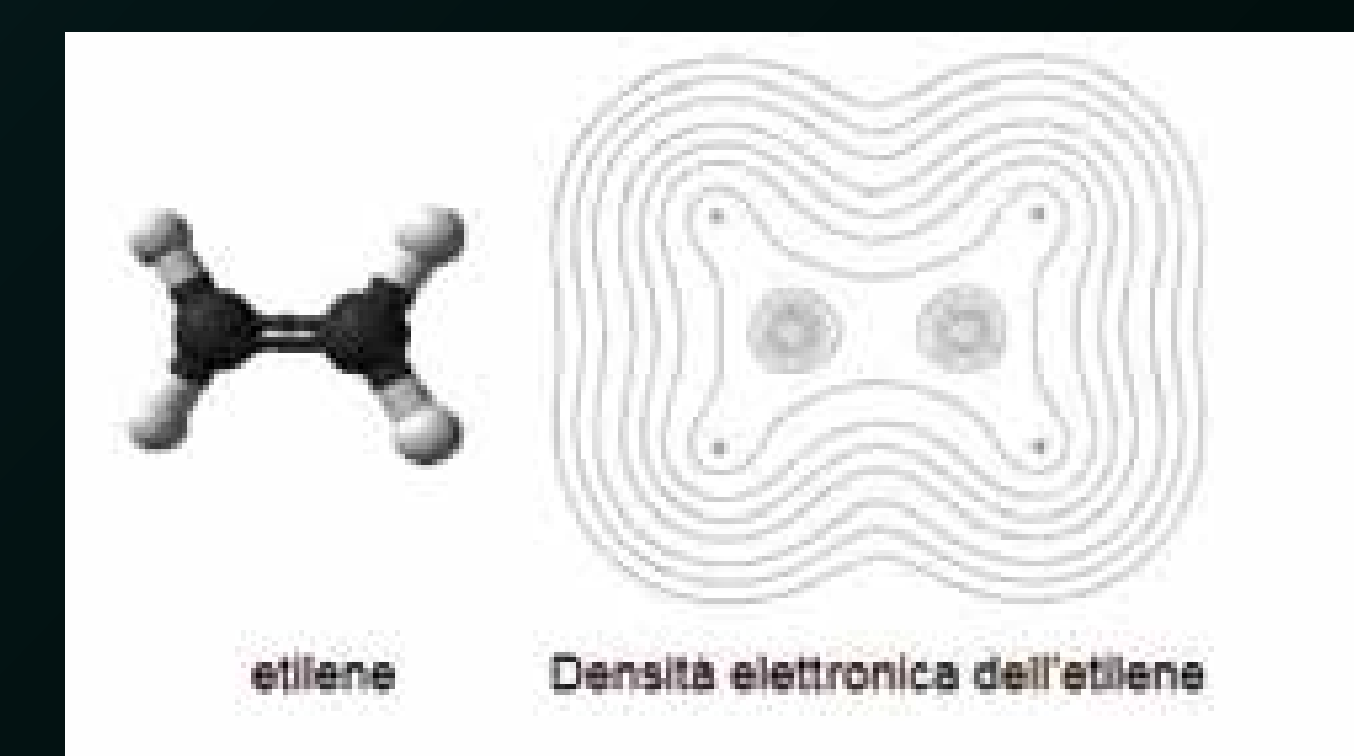
Gli elettroni, responsabili della formazione dei legami chimici, occupano una regione di spazio molto estesa all'interno di una sostanza. Per questo è più corretto parlare di distribuzione della densità di elettroni piuttosto che di posizione degli elettroni.

La formazione di un legame chimico tra due atomi ha luogo attraverso l'interazione di due elettroni situati sui due atomi: si forma una coppia elettronica di legame. Lo studio della distribuzione della densità elettronica in una molecola consente di razionalizzare e visualizzare la natura dei diversi legami chimici.



*«Lo scienziato inglese Eddington una volta disse che lo studio del mondo fisico, e io aggiungerei del mondo biologico, è la ricerca di strutture e non di sostanze».*

(Linus Carl Pauling, premio Nobel per la Chimica nel 1954 e per la Pace nel 1962: da una lezione tenuta al Caltech nel 1957)



Uno dei modi più semplici di visualizzare la densità elettronica consiste nell'utilizzo di mappe di contorni; ogni contorno ha lo stesso valore di densità elettronica e questa aumenta man mano che ci si avvicina al nucleo. Qui l'esempio della molecola di etilene



# indivisibile

«... nella scoperta dei neutroni lenti hanno giocato un ruolo sostanziale sia alcune situazioni casuali, sia la profondità e l'intuito di un grande intelletto. Quando noi chiedemmo a Fermi perché avesse usato un cuneo di paraffina e non di piombo, egli sorrise e con aria beffarda articolò: "C.I.F." (Con Intuito Fenomenale). Se il lettore [...] si facesse l'idea che Fermi fosse immodesto, sbaglierebbe di grosso. Egli era un uomo diretto, molto semplice e modesto, tuttavia cosciente delle proprie capacità. [...] quando quel famoso giorno [...] con incredibile chiarezza ci spiegò l'effetto della paraffina, introducendo così il concetto del rallentamento dei neutroni, ci disse con assoluta sincerità: "Che cosa stupida aver scoperto questo fenomeno casualmente senza averlo potuto prevedere"».

*Edoardo Amaldi*



# IL DESIDERIO DI ANDARE OLTRE

---

La certezza raggiunta da Rutherford, Bohr e i loro successori sulla struttura atomica e nucleare ha consentito numerose applicazioni. Tuttavia, gli scienziati non si sono fermati e sono andati oltre.

Da una parte, infatti, le scoperte che hanno gettato nuova luce sui costituenti della materia, hanno condotto naturalmente a nuove domande sulla natura delle particelle; domande alle quali non abbiamo ancora finito di rispondere.

Dall'altra, vi è nell'uomo un insopprimibile desiderio di andare oltre e di non accontentarsi del punto cui si è giunti.

Ciò ha portato dapprima alla formulazione del cosiddetto "Modello Standard", che riconduce in un quadro unico le particelle elementari e le interazioni fra di esse; e infine alla realizzazione del grande acceleratore LHC, frontiera attuale dello studio del mondo subatomico.

*Domande e  
certezze nella scienza*

La ricerca sulla struttura profonda della materia è stata possibile grazie ad alcune geniali intuizioni, alla capacità sintetica di alcuni teorici e allo sviluppo di adeguati apparati per produrre, rivelare e misurare particelle. Due strumenti hanno caratterizzato fin dai primi passi questa ricerca.

## IL CONTATORE GEIGER

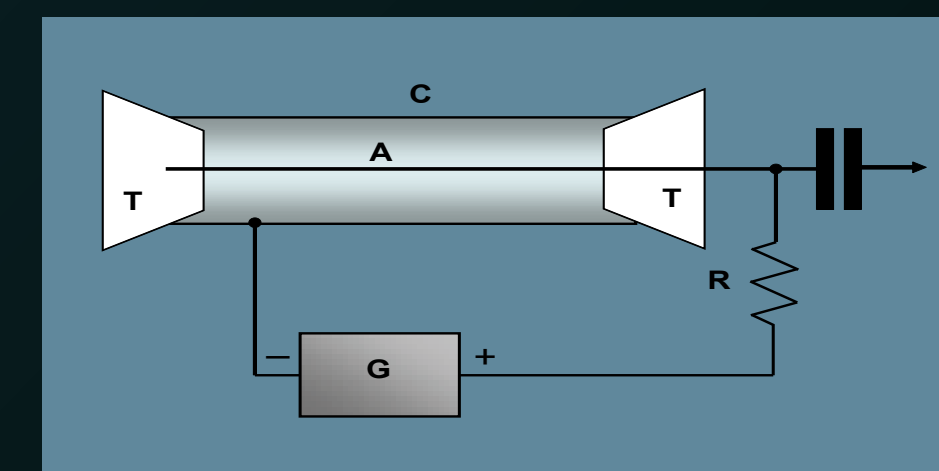
È uno strumento utilizzato per misurare radiazioni di tipo ionizzante. Fu inventato da Geiger nel 1913.

È costituito da un cilindro conduttore (C), chiuso alle due estremità da tappi isolanti (T) che sostengono un filo metallico (A) con funzione di anodo. Nel cilindro (che funge da catodo) è contenuto un gas a bassa pressione. Mediante un generatore (G) viene applicata una elevata differenza di potenziale (fino a 1000 V) tra il catodo e l'anodo. Quando una particella ionizzante attraversa il gas, interagisce con le sue molecole generan-

do numerose coppie ione-elettrone. I nuovi ioni, accelerati dal campo elettrico ionizzano altre molecole con un effetto a valanga. Gli elettroni così generati vengono catturati dall'anodo e danno luogo a una corrente. Il passaggio di una particella viene perciò rivelato come variazione di tensione ai capi della resistenza (per esempio come segnale acustico). A causa del processo di ionizzazione a valanga, viene persa qualsiasi informazione sull'energia della particella incidente ma viene rivelata solo la frequenza del passaggio delle particelle.



Modello di  
contatore  
Geiger  
(Cortesia Elitalia  
Srl Milano)



Modello di Camera a nebbia

## LA CAMERA A NEBBIA

La camera a nebbia, ideata da Charles T. R. Wilson nel 1899 e perfezionata nel 1912, è un rivelatore di particelle a sensibilità continua, cioè in grado di mostrare il passaggio di particelle senza interruzioni.

Il meccanismo che consente il funzionamento della camera è la creazione di un volume sensibile colmato con vapori di alcool sovrasaturato. Nella parte superiore è presente un contenitore che fornisce la riserva di alcool necessaria per un funzionamento prolungato; al di sotto vengono posti dei panetti di ghiaccio secco, necessari per creare un forte gradiente di temperatura. In tal modo l'alcool che evapora dal contenitore superiore, scen-

dendo verso il fondo, viene a trovarsi a una temperatura inferiore al suo punto di ebollizione; la bassa densità del vapore, tuttavia, impedisce all'alcool di condensare prima di arrivare sul fondo. Nel momento in cui una particella attraversa il volume sensibile, essa rilascia energia nel mezzo provocando la ionizzazione di alcune molecole di alcool.

Queste molecole ionizzate fungono da nuclei di aggregazione per il resto dell'alcool, generando una fila di goccioline lungo la traiettoria della particella. Illuminando questa scia con un fascio di luce radente è possibile farla risaltare rispetto al fondo, rivelando così il passaggio della particella.





Negli anni del dopoguerra i fisici scoprirono l'esistenza di un gran numero di particelle. Il quadro che si stava svelando era molto più complesso di quello con cui era stata interpretata la tavola di Mendeleev, utilizzando solo protoni, elettroni e neutroni.

Si iniziò a distinguere le particelle in base ai "numeri quantici", che indicano le loro caratteristiche intrinseche (massa, carica ...); la parola "quantici" fa riferimento al fatto che in meccanica quantistica essi possono assumere solo certi valori. Occorreva però un nuovo passo avanti di comprensione.

Fu Murray Gell-Mann che, in due momenti, riuscì a capire come mettere assieme i tasselli del puzzle. Nel 1961 intuì un modo, la "via dell'ottetto", per interpretare i numeri quantici secondo un criterio di simmetria. Tale via prevedeva l'esistenza di una nuova particella, la  $\Omega$ , vista sperimentalmente solo due anni dopo. Nel 1964 reinterpretò lo stesso schema in modo ancora più semplice, proponendo come costituenti delle altre particelle entità mai osservate prima, che chiamò "quark". L'evidenza diretta della loro esistenza venne nel 1968 dall'acceleratore SLAC (California), dove venivano condotti esperimenti simili a quello di Rutherford, ma con energia degli elettroni-proiettili immensamente superiore.

Quello che poteva apparire come uno stratagemma puramente matematico divenne invece uno degli elementi fondamentali della fisica delle particelle. La simmetria, del cui ruolo Gell-Mann ha avuto solo la prima intuizione, è divenuta in modo molto più profondo il criterio fondante di tutte le teorie odierne.



# SULLA FRONTIERA

Dopo l'intuizione e le conferme sperimentali dell'esistenza dei tre *quark up, down e strange*, ne sono stati scoperti, dal 1974 al 1995, altri tre: *charm, bottom e top*. Ma soprattutto da allora si è compresa sempre più l'importanza delle interazioni fra i costituenti fondamentali della materia, più ancora che i costituenti stessi.

Le interazioni vengono oggi viste come "mediate" dallo scambio di altre particelle. Come avvengono questi scambi è regolato in modo profondo da leggi di simmetria, raccolte in quello che viene chiamato "Modello Standard" delle interazioni fondamentali. Tale modello permette di descrivere il comportamento delle particelle elementari fino alla precisione di una parte su centomila e ha permesso di predire fenomeni poi effettivamente osservati.

L'unico tassello ancora mancante è il "bosone" di Higgs, che è stato introdotto nel modello per spiegare l'esistenza della massa delle particelle. Ma anche la sua scoperta non chiuderebbe la domanda profonda del perché il "Modello Standard" sia fatto in questo modo.

Perché esistono sei quark che si comportano come tre famiglie identiche, solo con masse diverse?

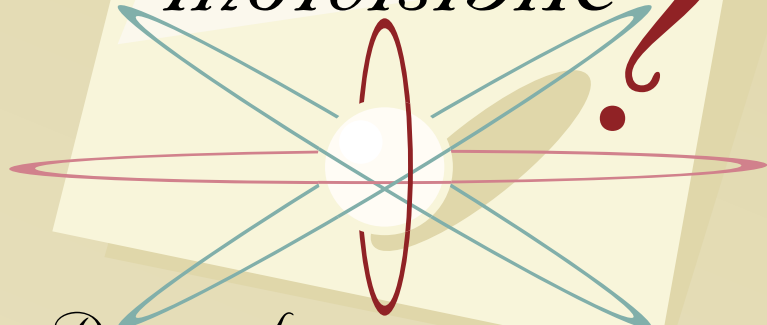
Qual è il posto giusto della forza di gravità in tutto questo?

Se i nostri esperimenti fossero fatti a energie ancora più alte funzionerebbe tutto ancora così come abbiamo capito?

E molte altre ancora...

Esistono tanti modelli che cercano di ipotizzare delle risposte a questi interrogativi; ma per capire quale sia quella giusta è necessario avere un appiglio su qualcosa di nuovo, che non sia già descritto dal "Modello Standard". Per questo esiste LHC...

**ATOMO**  
*indivisibile?*



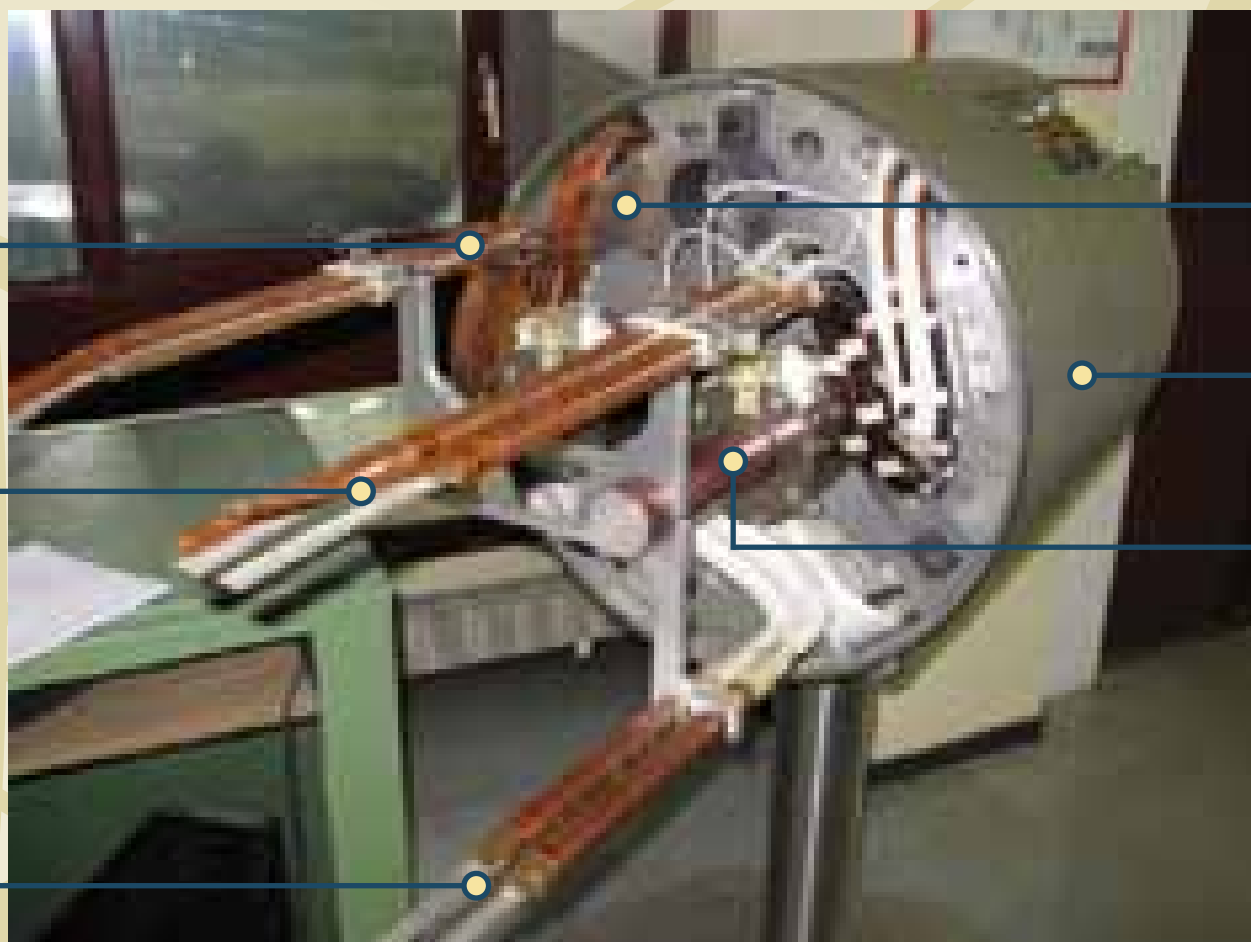
*Domande e  
certezze nella scienza*

# MODELLO DI ESTREMITÀ DI UN MAGNETE SUPERCONDUTTORE LHC

Questo modello rappresenta una copia esatta dell'estremità di un magnete dipolo superconduttore di LHC. Tra le estremità si trova il corpo centrale, ossia il magnete vero e proprio (si veda la fetta che rappresenta la sezione interna). Da entrambi i lati emergono le tre coppie di Bus Bars che conducono i 13.000 A di corrente dentro e tra i magneti. Da una parte si vede che sono formate a "omega" per permettere le contrazioni termiche di quasi 5 cm che si accumulano quando il magnete si raffredda da 20°C a -271°C. Dall'altra si osservano le connessioni interne tra i cavi e i due tubi a vuoto dove scorrono le particelle.

Le bobine superconduttrici si avvolgono, dentro il magnete, per la lunghezza di quasi 15 m attorno a questi tubi a vuoto. I due "occhiali" lunghi circa 10 cm attorno ai tubi a vuoto sono dei piccoli magneti di correzione, anch'essi superconduttori.

Coppie di Bus Bars da 13.000 A (cavi superconduttori ultrastabilizzati che connettono i magneti tra loro), fatte a "omega" o "Lira"



Tubo in cui si forma l'elio superfluido (-271°C)

Cilindro esterno in acciaio austenitico che serra il magnete e racchiude l'elio superfluido

Uno dei due tubi a vuoto in cui circolano le particelle

**Modello di estremità  
di un magnete  
superconduttore LHC**

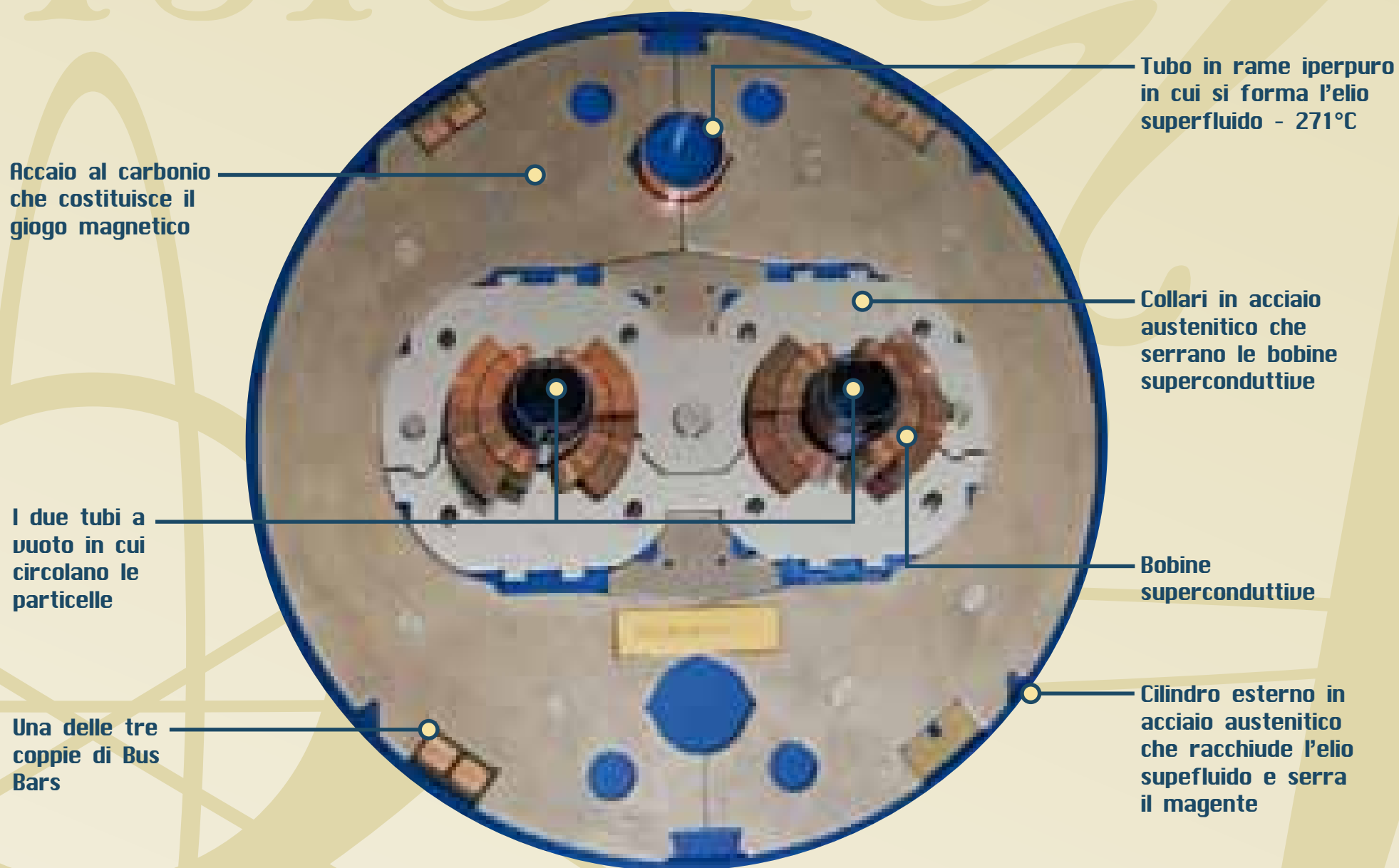
*(cortesia CERN, Ginevra)*

**ATOMO**  
*indivisibile?*



# SEZIONE INTERNA DI MAGNETE DIPOLO SUPERCONDUTTORE DI LHC

Questa sezione è in scala 1:1 e tutti i materiali sono rigorosamente originali. I fori in basso nel giogo magnetico non hanno una particolare funzione ma sono fatti per rispettare la simmetria con i fori in alto. La pressione sulle bobine è enorme, circa 800 atmosfere, con una forza di 300 tonnellate per metro di lunghezza: i collari e il cilindro esterno contrastano questa forza e impediscono alla bobina movimenti di oltre 10  $\mu\text{m}$ . Il campo magnetico nel tubo a vuoto dove circolano le particelle è di circa 8,3 Tesla, ovvero circa centomila volte il campo magnetico terrestre e circa 5 volte più potente dei normali elettromagneti.



**Sezione interna di  
magnete dipolo  
superconduttore LHC**

(cortesia CERN, Ginevra)

**ATOMO**  
*indivisibile?*



# CAVI SUPERCONDUTTORI LHC

I cavi superconduttori di LHC sono delle piattine larghe 15 mm e spesse 1,5 mm. Sono composti da 28 o 26 fili di circa 1 mm di diametro. Ciascun filo è a sua volta composto di 6.000 o 8.000 filamenti sottilissimi della lega Nb-Ti (niobio-titanio), immersi in una matrice di rame molto puro. In LHC ci sono circa 2.000 milioni di km di filamenti di Nb-Ti (7 andate e ritorno Terra-Sole!) per comporre gli oltre 7.000 km di cavo superconduttore da 13.000 A. Queste enormi correnti sono trasportate in un campo magnetico di circa 8 Tesla e senza dissipazione di energia (se non quella per mantenere il freddo nel magnete).



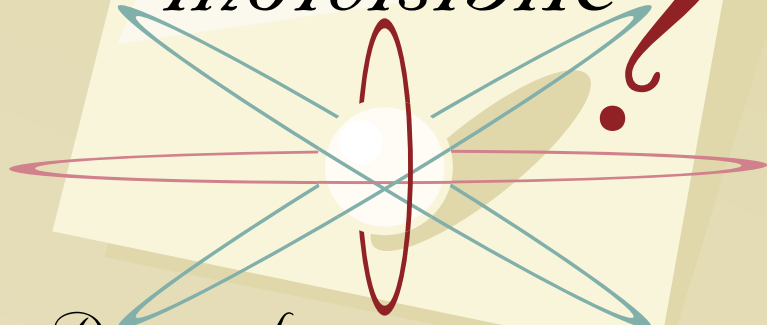
Filo superconduttore  
cui a un estremo e'  
stato tolto il rame  
per evidenziare  
i filamenti  
superconduttivi

Cavo superconduttore LHC

**Cavi superconduttori  
LHC**

(cortesia CERN, Ginevra)

**ATOMO**  
*indivisibile?*



*Domande e  
certezze nella scienza*

# BOBINA SINGOLA DI MAGNETE SUPERCONDUTTORE LHC

Bobina superconduttiva: modello lungo 1 m. Otto bobine di questo tipo, lunghe quasi 15 m, sono assemblate insieme per formare il magnete dipolo (doppio) di LHC. Si noti la forma a sella di cavallo delle “teste”, necessaria per liberare lo spazio per far entrare il tubo a vuoto e quindi i fasci di particelle. Nel 90% dei casi la superconduttività si perde nelle teste proprio per la forma speciale che ne rende difficile il controllo meccanico (bastano 1-10  $\mu\text{m}$  di spostamento con attrito per perdere la superconduttività).

Particelle che  
entrano nel  
magnete



Testa della bobina, a sella per  
la circolazione delle particelle



**Bobina singola  
di magnete  
superconduttore LHC**  
(cortesia CERN, Ginevra)

**ATOMO**  
*indivisibile?*

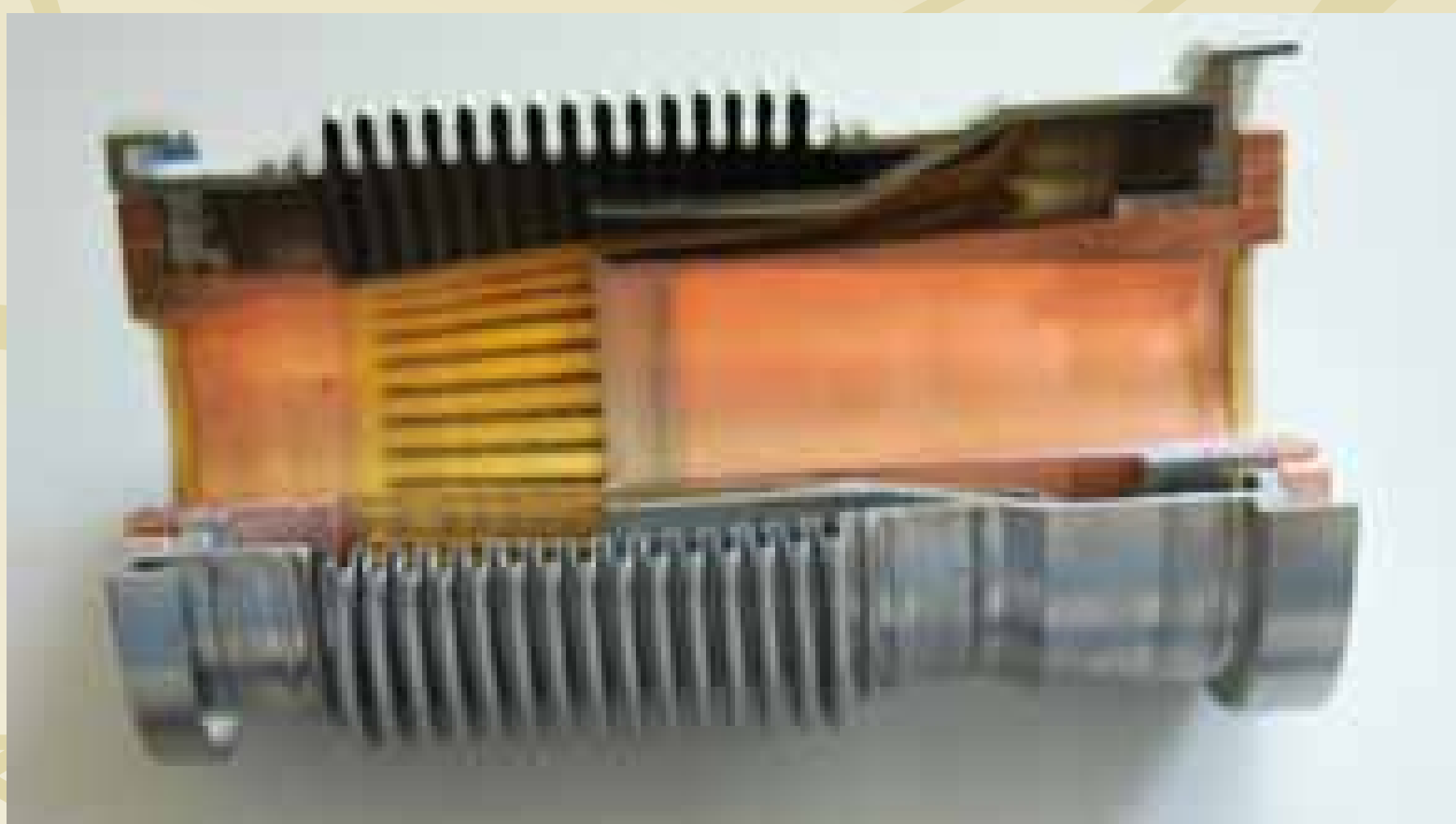


# SEZIONE DEI CONTATTI SCORREVOLI LHC

Le connessioni dei vari tubi tra i magneti devono essere tutte a soffiutto, per compensare le contrazioni termiche di 4,5 cm per magnete (ma i soffiutti devono resistere a forze di implosione notevoli). Nel tubo a vuoto LHC i fasci di particelle generano delle correnti “immagine” a frequenza altissima, 40 MHz.

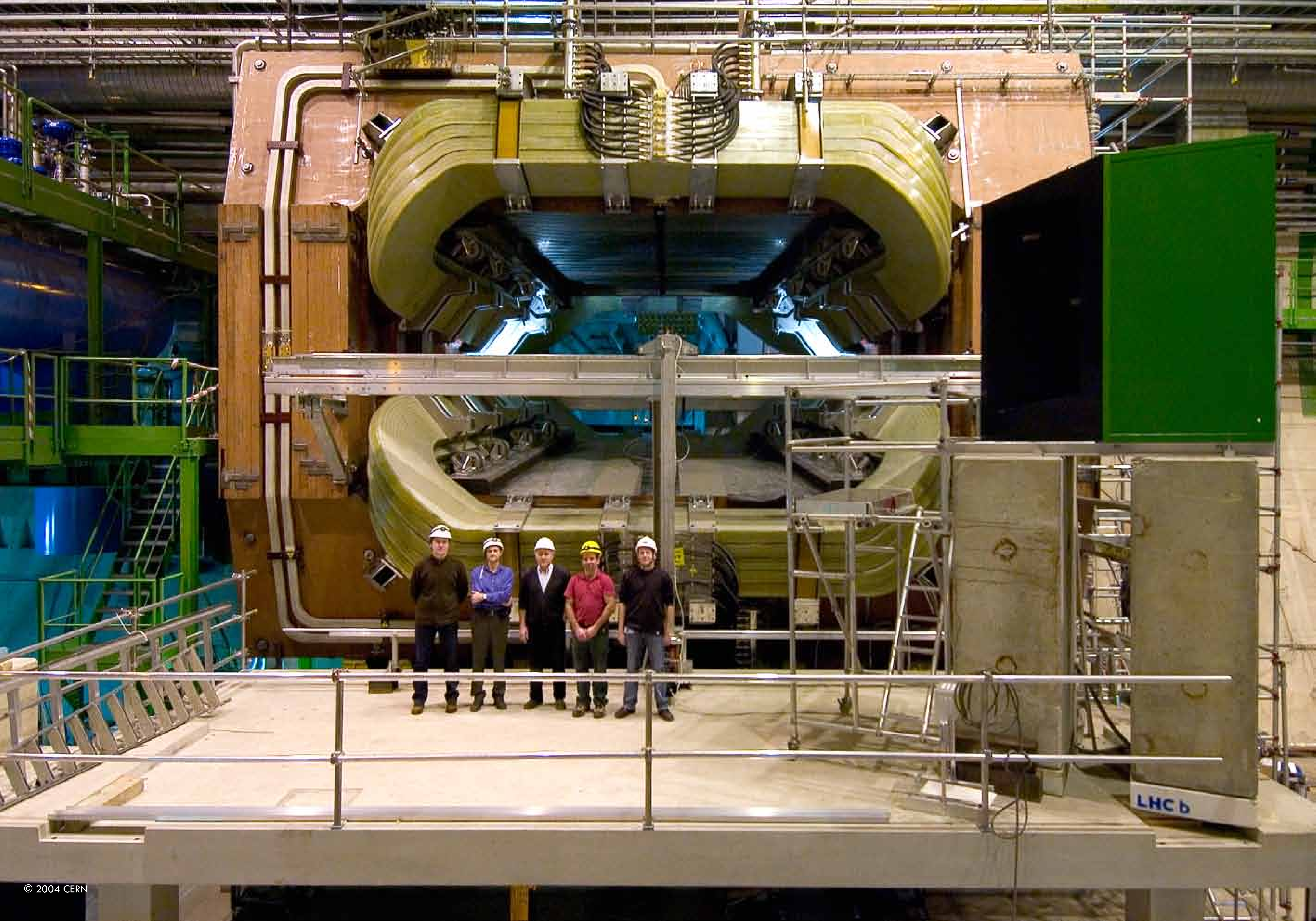
Per questo i tubi sono ricoperti di rame puro: per limitare le dissipazioni di queste correnti immagine.

Ma occorre raccordare i tubi con dei contatti elettrici scorrevoli (proprio per seguire le contrazioni termiche), realizzati dalle dita dorate che si vedono nella sezione, per permettere alle correnti di “scorrere” con resistenza trascurabile. Se i 4.000 contatti di cui è equipaggiato LHC non funzionassero, i fasci di particelle perderebbero la stabilità a causa della reazione delle correnti immagine.

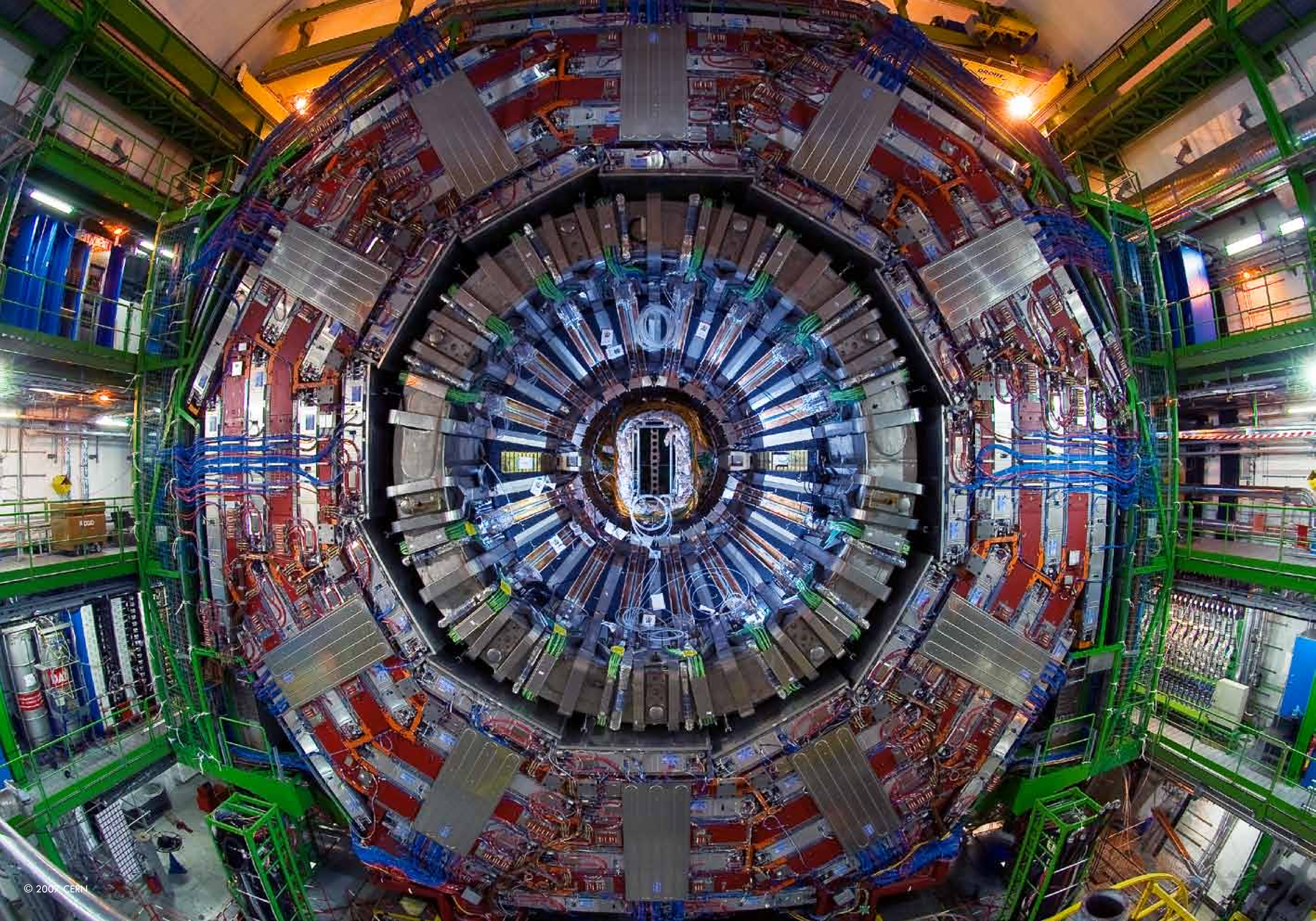


**Sezione dei contatti  
scorrevoli LHC**  
(cortesia CERN, Ginevra)











# UN AGO IN UN PAGLIAIO

Per scoprire il “bosone” di Higgs o altre particelle che svelino nuovi aspetti della materia e delle interazioni, è necessario raggiungere energie molto elevate. La celebre formula di Einstein  $E=mc^2$  dice che con più energia possiamo ottenere più massa; bisogna allora accumulare in un punto abbastanza energia da poterla trasformare in particelle: perciò altre particelle più leggere vengono accelerate e fatte collidere fra di loro. Da questi scontri non si ottengono solo pezzi dei proiettili iniziali, ma particelle diverse: un po' come se lanciando delle fragole una contro l'altra si ottenesse non solo una marmellata, ma pesche, mele, arance...

Il grande e sofisticato strumento oggi a disposizione per questo è LHC (Large Hadron Collider), costruito al CERN di Ginevra. In LHC protoni o nuclei di piombo vengono accelerati lungo un tunnel di 27 km tramite campi elettrici generati da dispositivi detti cavità a radiofrequenza. In questo percorso vengono mantenuti in orbita da un forte campo magnetico, generato da magneti superconduttori. L'energia così accumulata nei fasci di protoni è enorme: la stessa liberata dall'esplosione di 77 kg di dinamite.

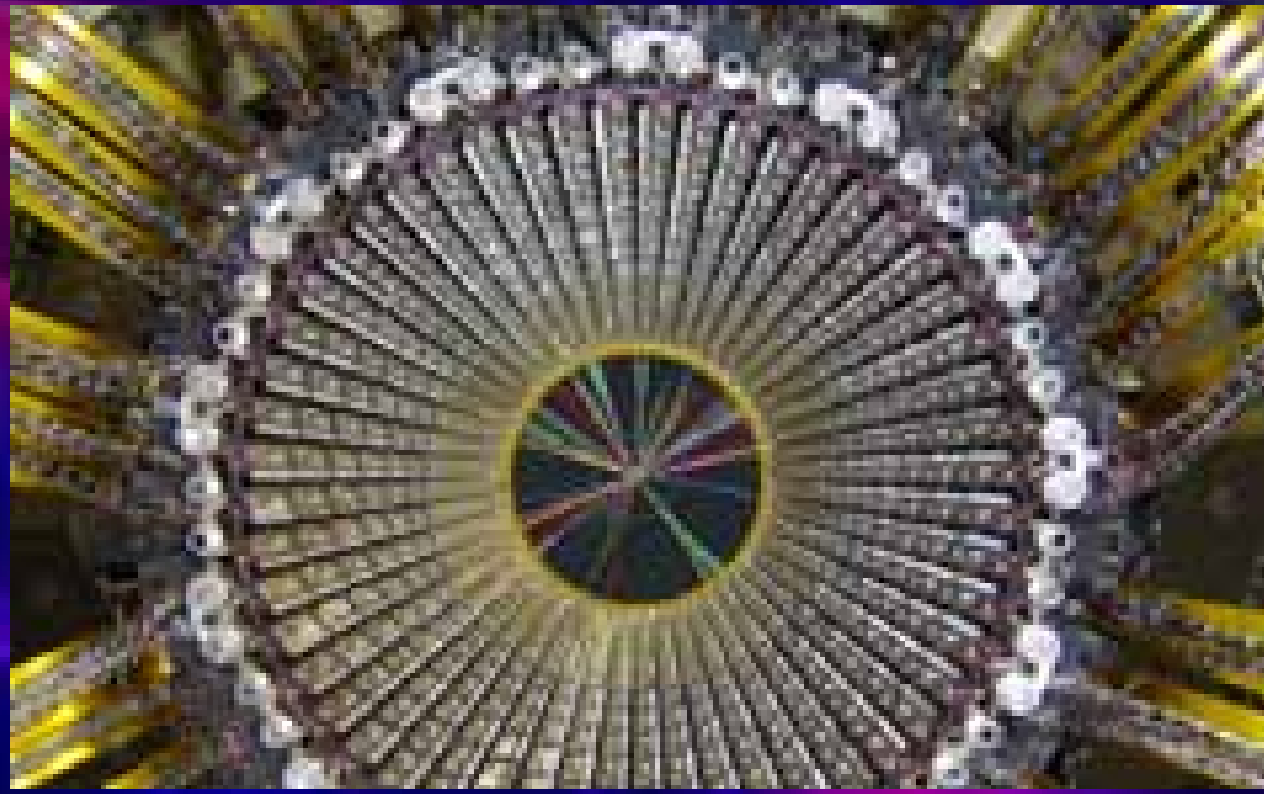
In quattro punti dell'anello i protoni vengono fatti collidere all'interno di apparati sperimentali (ALICE, ATLAS, CMS, LHCb) che permettono di rivelare le particelle prodotte in un miliardo di interazioni al secondo. Tra queste occorre selezionare i pochi eventi al giorno interessanti. L'impresa è titanica e richiede una vasta collaborazione internazionale. Vi partecipano più di 10.000 scienziati da tutto il mondo, ciascuno impegnato in aspetti anche molto particolari ma tutti necessari al raggiungimento del risultato finale.

Il grande sforzo tecnologico per realizzare e far funzionare l'acceleratore e analizzare la gigantesca mole di dati registrati a ogni istante non sono però sufficienti: la sfida è arrivare a fare affermazioni chiare sul mondo che stiamo esplorando. Fino a scoprire qualcosa di inaspettato, magari una “nuova fisica”.

# L'Esperimento ATLAS al CERN

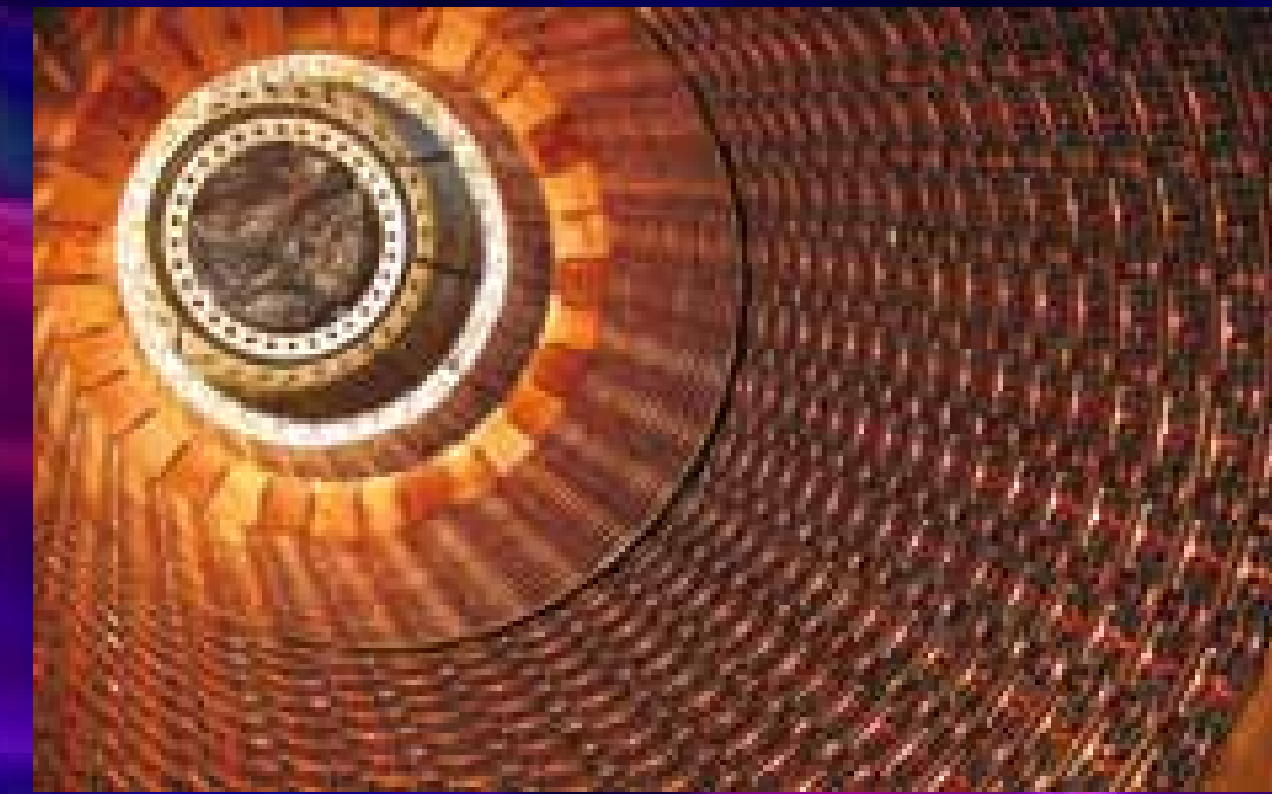
## *Alla scoperta dei segreti dell'Universo*

ATLAS è un esperimento di fisica delle particelle al Large Hadron Collider al CERN. La collaborazione è formata da 3000 fisici di 174 istituti da 38 paesi di tutto il mondo (2011).



### Tracciatore

Rivela le tracce cariche e ne misura l'impulso.



### Calorimetri

Misurano l'energia delle particelle.



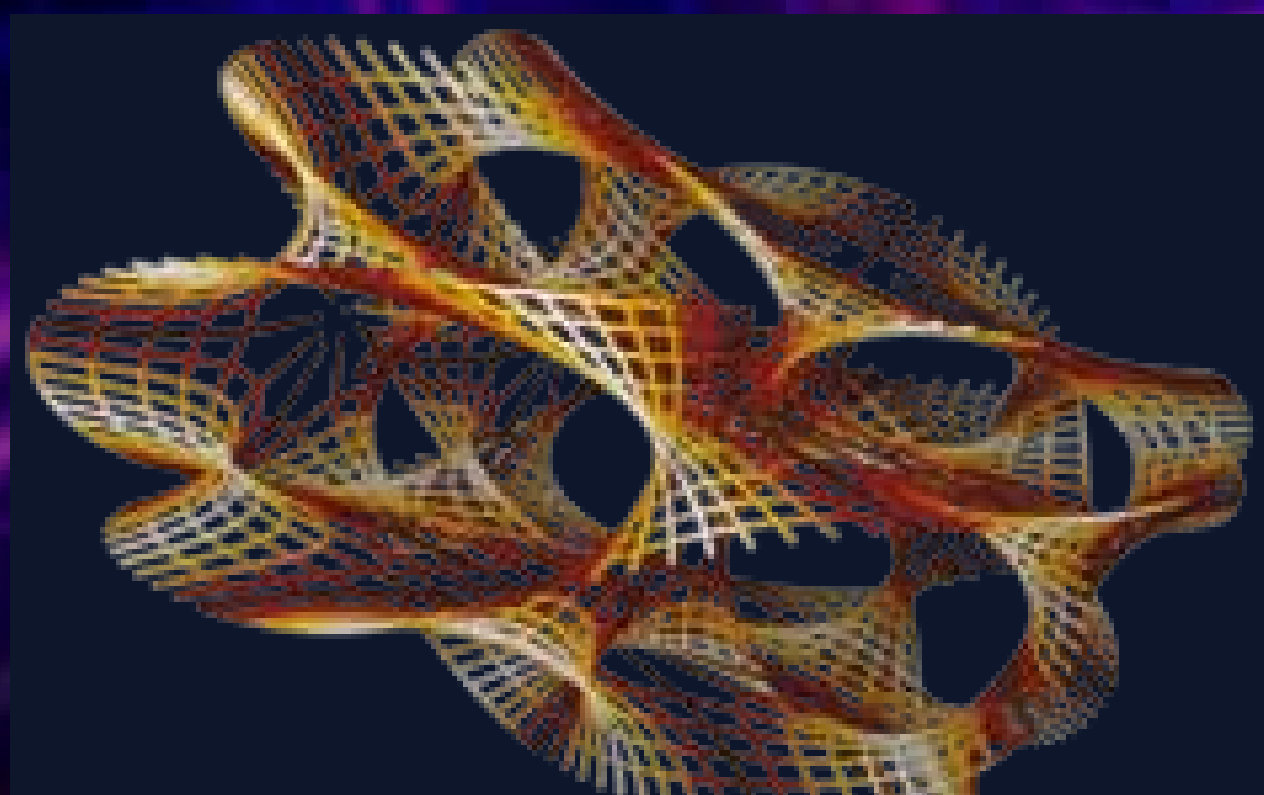
### Rivelatori per muoni e magneti

Identificano i muoni e misurano il loro impulso.



### Trigger, acquisizione dati e computing

Da un'immensa quantità di dati seleziona gli eventi che saranno analizzati dai fisici di ATLAS in ogni parte del mondo.



### L'ignoto

ATLAS spinge la fisica sperimentale verso nuovi territori. L'attesa è per la scoperta di qualcosa di completamente sconosciuto: nuovi processi e particelle che potrebbero cambiare la nostra comprensione dell'energia e della materia. ATLAS raccoglierà informazioni sulle forze fondamentali che hanno dato forma al nostro Universo sin dall'inizio del tempo. Alcune possibili ipotesi su questo ignoto sono: la materia oscura, le dimensioni extra dello spazio e la teoria delle stringhe.



### Qual è l'origine della Massa?

Due dei più grandi misteri sono come le particelle acquisiscano massa e come la massa e l'energia siano collegate. Per spiegare questi misteri, alcune teorie prevedono l'esistenza di una nuova particella: il bosone di Higgs. Se questa particella esiste, ATLAS la scoprirà permettendo di svelare un importante aspetto dell'origine della massa.



La partecipazione italiana, coordinata e finanziata dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, è composta da circa 240 fisici ed ingegneri, tra cui molti dottorandi e giovani ricercatori. I ricercatori italiani hanno contribuito fin dall'inizio alla progettazione e alla realizzazione dell'esperimento e oggi partecipano attivamente all'analisi dei dati.

