

# ATLAS

La mappatura dei segreti dell'universo

**ATLAS in numeri**

100m profondità del tunnel

7000t peso del rivelatore ATLAS

27km circonferenza del tunnel LHC

3000km lunghezza dei cavi e delle fibre all'interno del rivelatore ATLAS

1 miliardo numero di collisioni protone-protone ogni secondo

10 miliardi di km distanza percorsa da un fascio nell'anello LHC, pari al doppio della distanza Terra-Nettuno

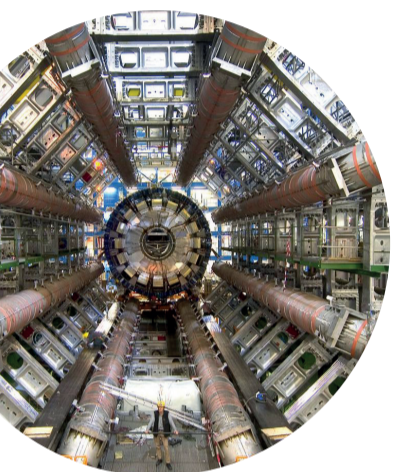
13TeV (tera-elettronvolt) massima energia possibile di una collisione protone-protone all'interno del rivelatore ATLAS

46m lunghezza 25m diametro: Dimensioni ATLAS

2808 numero massimo di pacchetti di protoni all'interno di ciascun fascio

120 miliardi numero di protoni all'interno di ciascun fascio

11,245 giri al secondo fatti nell'anello LHC da un protone del fascio



## L'Esperimento

ATLAS è uno dei **quattro maggiori esperimenti** del Large Hadron Collider al CERN. È un esperimento plurivalente di fisica delle particelle, condotto da una collaborazione internazionale e, insieme al CMS, destinato a sfruttare a pieno il potenziale di scoperta e l'ampio spettro di opportunità fisiche che LHC fornisce.

L'esplorazione scientifica di ATLAS utilizza misure di precisione per allargare i margini della conoscenza cercando le risposte a **domande fondamentali** come: Quali sono i costituenti fondamentali della materia? Quali sono le forze fondamentali della natura? C'è una simmetria più grande alla base del nostro universo?

I fisici di ATLAS testano le predizioni del **Modello Standard**, che incorpora la nostra conoscenza attuale sui costituenti fondamentali della materia e su come interagiscono. Questi studi possono portare a scoperte rivoluzionarie, come quella del bosone di Higgs, fenomeni fisici non previsti dal Modello Standard e all'elaborazione di nuove teorie per meglio descrivere il nostro universo.

Gli anni che seguiranno saranno eccitanti, con ATLAS che porta la fisica sperimentale in **territori inesplorati** - magari con nuovi processi e particelle che potrebbero cambiare la nostra comprensione dell'energia e della materia.

## La Fisica

ATLAS esplora diverse tematiche fisiche, con l'idea di base di migliorare la nostra comprensione dei costituenti fondamentali della materia. Alcune delle **domande chiave** a cui ATLAS si interessa sono:

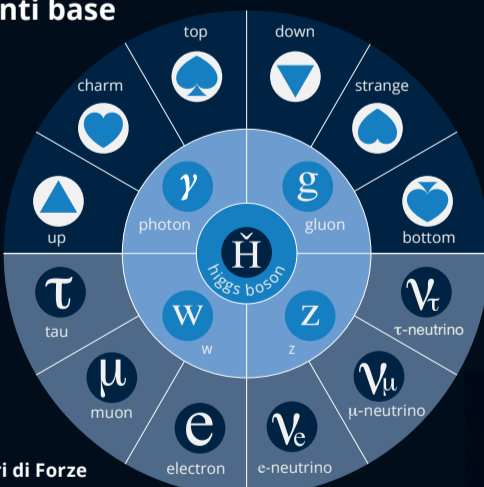
### Quali sono i costituenti base della materia?

Il Modello Standard descrive tutte le particelle subatomiche elementari sperimentalmente osservate nell'universo. ATLAS studia queste particelle e ne cerca altre per determinare se le particelle che conosciamo siano effettivamente elementari o se sono composte da altre più fondamentali.

FERMIONI - Materia

BOSONI - Trasportatori di Forza

Quark Leptoni Bosoni di Gauge Bosone di Higgs



## La Collaborazione

La collaborazione ATLAS comprende **3000** ricercatori provenienti da più di **180** enti, che rappresentano **38** paesi da tutti i continenti. Questa è una delle più grandi imprese collaborative mai intraprese nella scienza. Quasi **1200** dottorandi sono coinvolti nello sviluppo del rivelatore, nella raccolta e nell'analisi dei dati. La collaborazione dipende dagli sforzi di innumerevoli ingegneri, tecnici e personale amministrativo.

La struttura organizzativa di ATLAS prevede un coordinatore eletto dalla collaborazione e squadre autogestite e il coinvolgimento diretto dei membri nel processo decisionale. Gli scienziati solitamente lavorano in piccoli gruppi, scegliendo le aree di ricerca e le misure che più li interessano. I risultati sono condivisi da tutti i membri della collaborazione e sono oggetto di rigorose revisioni e processi di controllo prima di essere resi pubblici. Il successo della collaborazione è spinto dalla dedizione dei singoli fisici e dalla prospettiva di eccitanti nuovi risultati che possono essere raggiunti solo mediante un lavoro compiuto e coerente.

L'unico modo per realizzare un tale impegnativo progetto, con le necessarie risorse intellettuali e finanziarie e massimizzando i risultati scientifici, è attraverso una collaborazione internazionale. La collaborazione ATLAS è finanziata tramite le agenzie di ricerca dei paesi membri, dal CERN e dalle università partecipanti.

## Il bosone di Higgs

Nel 1964, tre gruppi di fisici proposero separatamente un meccanismo per spiegare come i portatori dell'interazione nucleare debole - i bosoni W e Z - acquistano massa. La loro soluzione (il meccanismo BEH) implicava l'esistenza di una particella, ora denominata bosone di Higgs.

Il 4 luglio 2012, gli esperimenti del CERN ATLAS e CMS annunciarono di avere separatamente osservato una nuova particella, conforme al bosone di Higgs. François Englert e Peter Higgs furono premiati con il premio Nobel per la fisica nel 2013.

Ulteriori studi hanno mostrato che il bosone di Higgs interagisce sia con i bosoni che con i fermioni, supportando la predizione del modello standard secondo la quale tutte le particelle elementari acquisiscono massa mediante il campo di Higgs. Il bosone di Higgs è ora utilizzato dai fisici come strumento per cercare fenomeni dovuti a nuova fisica nelle collisioni ad alta energia dell'LHC.

### Com'era l'universo primordiale e come si evolverà?

Le collisioni protone-protone e quelle di ioni pesanti prodotte da LHC ricostruiscono le condizioni immediatamente seguenti al Big Bang, quando l'universo era governato dalla fisica delle particelle ad alta energia e successivamente da una zuppa primordiale di quark e gluoni, e consentono ad ATLAS di studiare problematiche fondamentali come il campo di Higgs o la Materia Oscura.

### Che cos'è la "Materia Oscura"?

Misure astronomiche supportano l'esistenza di materia che non può essere vista direttamente. ATLAS può osservare questa "materia oscura" cercando l'energia e la quantità di moto mancanti nelle collisioni protone-protone.

### Cos'è successo all'antimateria?

Cercando eventuali squilibri nella produzione di materia e antimateria, si cerca di capire perché il nostro universo appare costituito solo da materia.

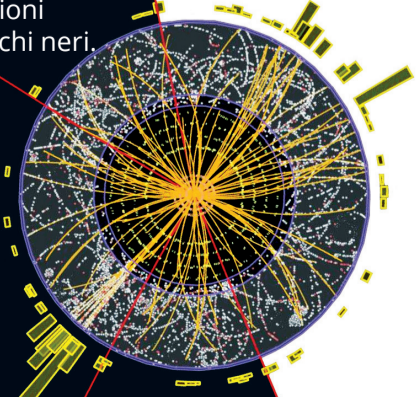
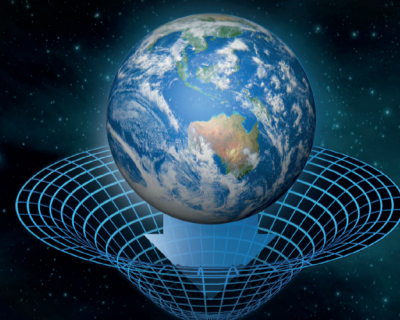
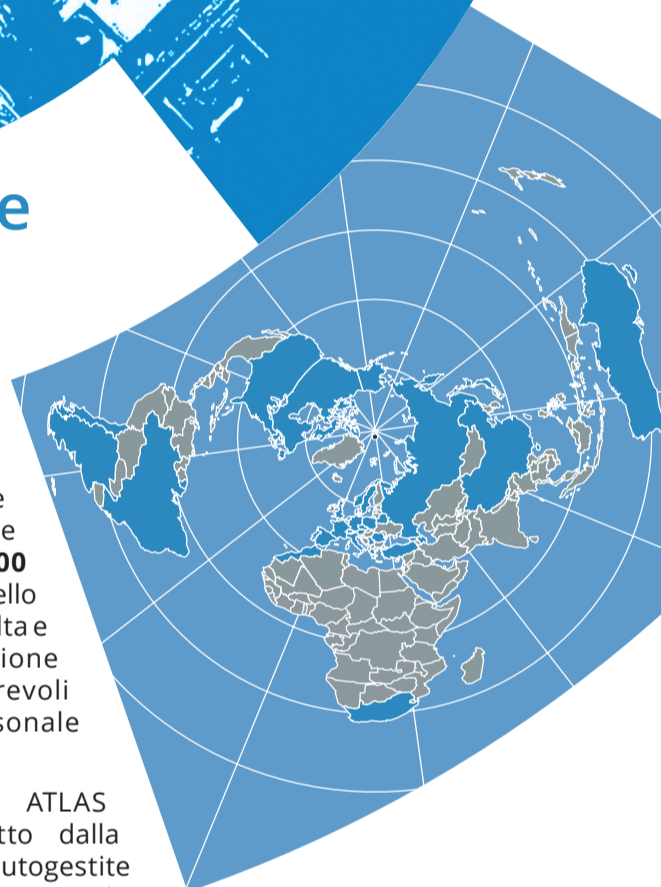
### Cosa c'entra la gravità?

La gravità è estremamente debole se confrontata alle altre forze su scala microscopica. Per spiegare la differenza cerchiamo di mettere in luce fenomeni fuori dall'ordinario, quali dimensioni supplementari, gravitoni e microscopici buchi neri.

### Qualcos'altro?

Forse l'aspetto più esaltante del programma di fisica di ATLAS è l'abilità di esplorare e scoprire nuovi fenomeni dietro le esistenti predizioni teoriche: la ricerca dell'ignoto.

ATLAS EXPERIMENT



# Il rivelatore ATLAS

ATLAS è il più grande rivelatore mai costruito per un collisore di particelle. Lungo 46m e con un diametro di 25m, è situato in una caverna a circa **100m di profondità**.

Il rivelatore è formato da sei differenti sottosistemi avvolti in strati concentrici intorno al punto di collisione per registrare la traiettoria, la quantità di moto e l'energia delle particelle, dando la possibilità di identificarle e misurarle singolarmente. Un enorme sistema magnetico piega i percorsi delle particelle cariche così che la loro quantità di moto possa essere misurata il più precisamente possibile.

Fasci di particelle che viaggiano a energie fino a 7 milioni di miliardi di elettronvolts nell'anello LHC, o fino al **99.9999991%** della velocità della luce, collidono al centro del rivelatore ATLAS, producendo nuove particelle che schizzano dal punto di collisione in ogni direzione.

Oltre un miliardo di interazioni tra particelle avvengono nel rivelatore ATLAS ogni secondo, un tasso pari a quello di 20 chiamate telefoniche simultanee fatte da ogni persona sulla Terra.

Solo una collisione su un milione è segnalata come potenzialmente interessante ed è registrata per ulteriori studi.

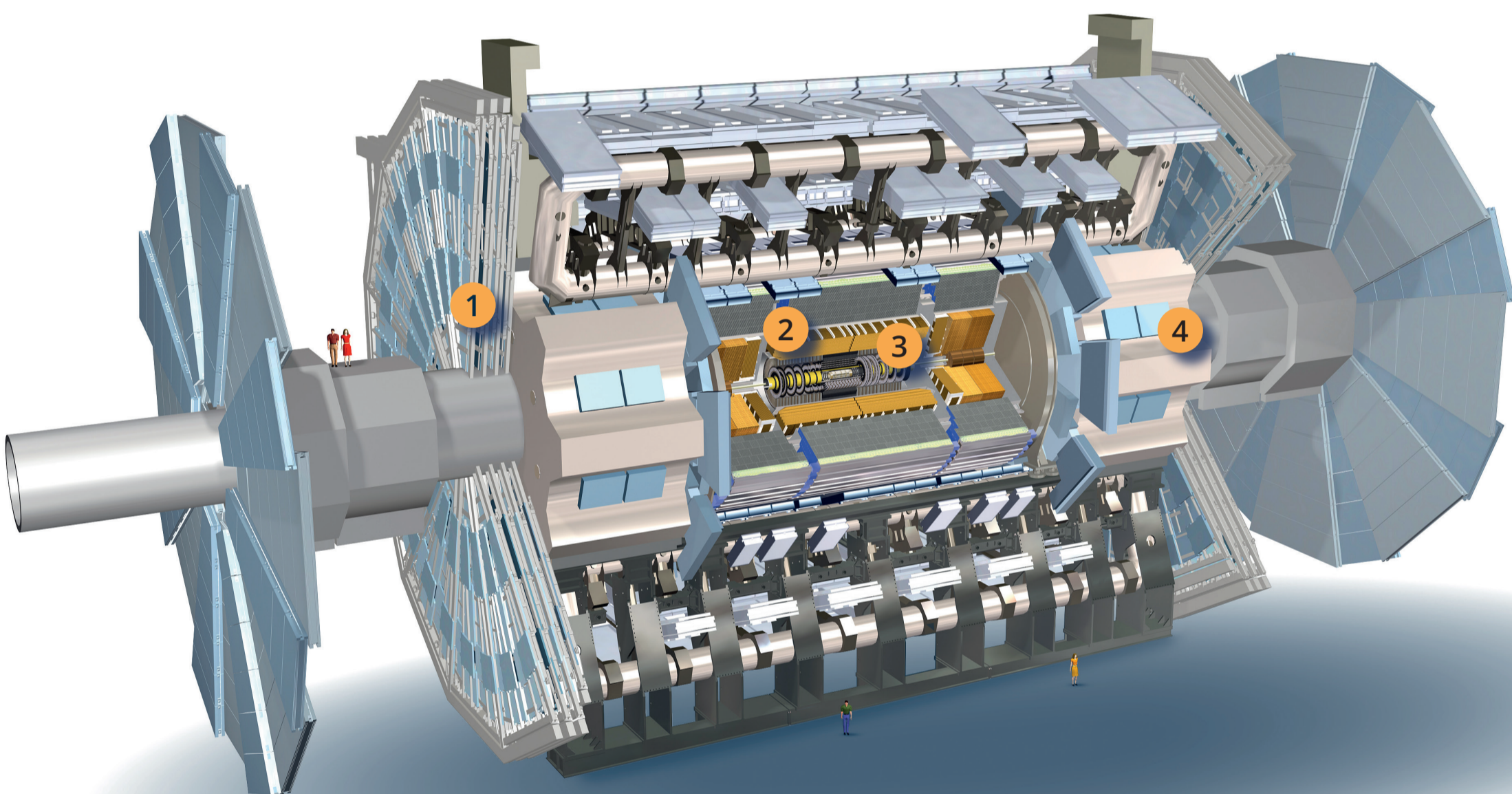
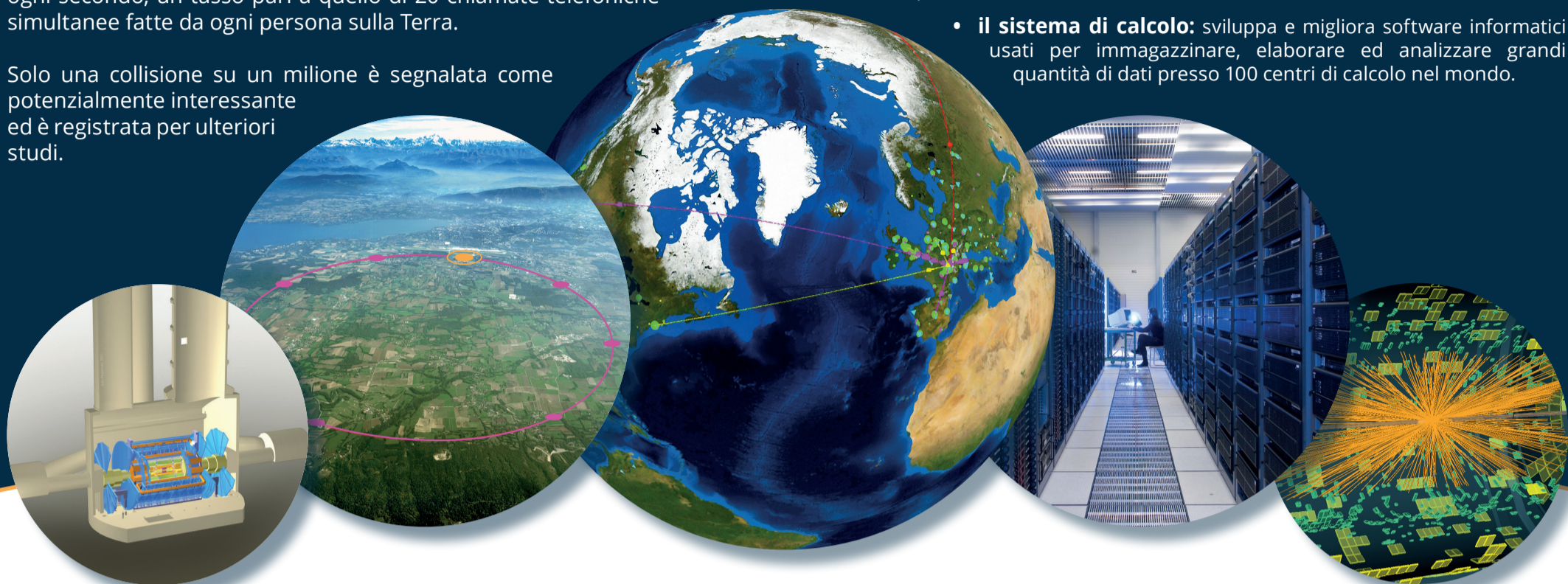
Il rivelatore traccia ed identifica particelle per investigare un'ampia porzione della fisica, dallo studio del bosone di Higgs e del quark top, alla ricerca di ulteriori dimensioni e di particelle che potrebbero costituire la materia oscura.

Le **quattro maggiori** componenti del rivelatore ATLAS sono:

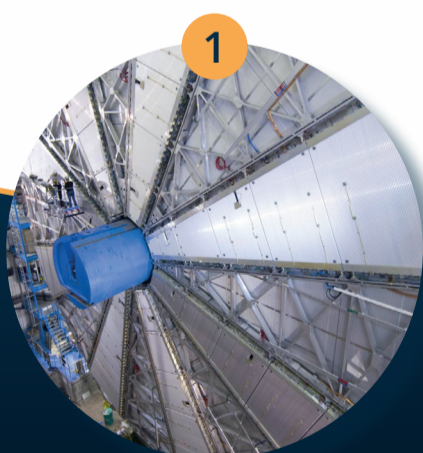
- il **Rivelatore Interno**: misura il momento di ogni particella carica
- il **Calorimetro**: misura l'energia delle particelle neutre e cariche
- lo **Spettrometro di Muoni**: identifica i muoni e ne misura il momento
- il **Sistema di Magneti**: fa curvare la traiettoria di ogni particella carica per permetterne la misura del momento

Alle componenti del rivelatore si aggiungono:

- il **trigger e sistema di acquisizione dati**: sistema informatico specializzato su più livelli, che seleziona eventi fisici con determinate caratteristiche
- il **sistema di calcolo**: sviluppa e migliora software informatici usati per immagazzinare, elaborare ed analizzare grandi quantità di dati presso 100 centri di calcolo nel mondo.

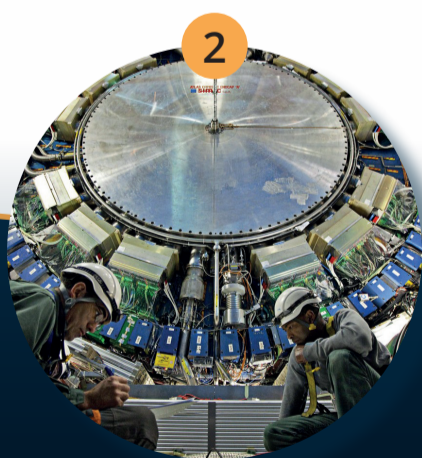


## I quattro principali componenti del rivelatore



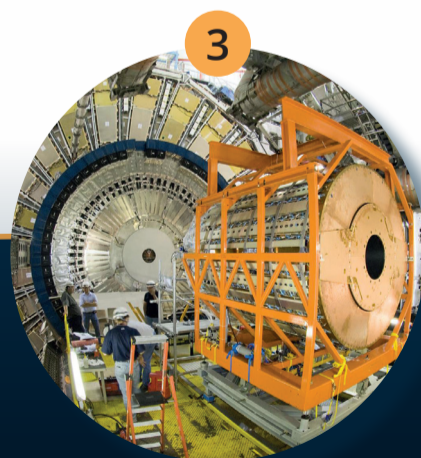
### Lo Spettrometro per Muoni

identifica i muoni e ne misura la quantità di moto



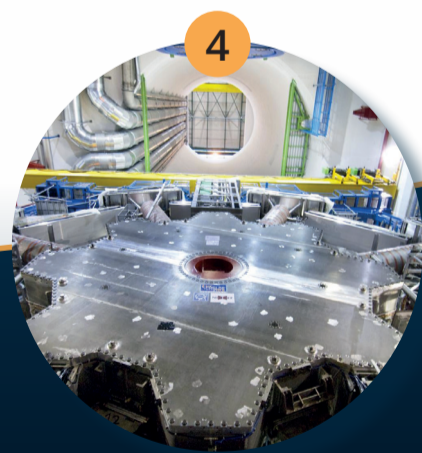
### Il Calorimetro

misura l'energia delle particelle neutre e cariche



### Il Rivelatore Interno

misura la quantità di moto di ciascuna particella carica



### Il Sistema Magnetico

curva la traiettoria di ciascuna particella carica per permetterne la misura della quantità di moto

## Ricadute tecnologiche

La ricerca delle risposte alle domande fondamentali riguardo le proprietà della materia e le forze della natura necessita di ricerche e sviluppi di punta, che spesso portano a innovazioni tecnologiche. Ecco alcuni esempi di come le conoscenze di ATLAS e le innovazioni tecnologiche sono state applicate alla vita di ogni giorno:



### Immagazzinamento di energia magnetica super-conduttrice

La conoscenza di ATLAS sulla fabbricazione di bobine super-conduttrici potrebbe portare alla creazione di sistemi di immagazzinamento d'energia ad alte prestazioni.

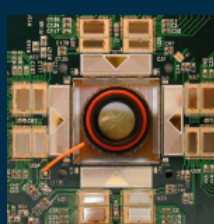
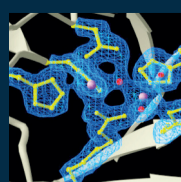
### Adroterapia

Sensori al diamante prodotti per l'upgrade del rivelatore ATLAS sono utilizzati per monitorare i fasci nell'adroterapia, i quali sono più efficaci dei raggi X o dei fasci elettronici nell'eliminare tumori risparmiando i tessuti sani intorno.



### Diagnostica medica per immagini

I sensori 3D al silicio sviluppati per l'upgrade di ATLAS rendono possibile la visualizzazione dei raggi X con una migliore risoluzione. Gran parte delle tecniche di diagnostica medica per immagini necessitano la rivelazione di fotoni in diversi intervalli energetici.

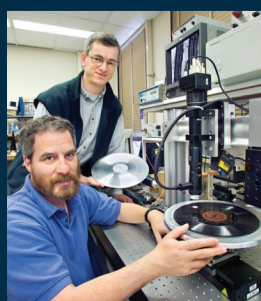
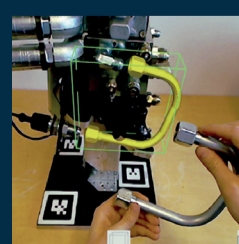


### Progetto retina

Basato sulla tecnologia del rivelatore a microtracce al silicio usato da ATLAS, è stato sviluppato un sistema di registrazione di attività neuronale su larga scala. Gli esperimenti sono in grado di capire come i sistemi neuronali viventi elaborino e codifichino le informazioni. Questo potrebbe un giorno portare allo sviluppo di una vista artificiale per i ciechi.

### Realtà aumentata

ATLAS sta studiando tecnologie innovative per il riconoscimento di forme, fondamentale nelle applicazioni di realtà aumentata, per permettere al personale coinvolto in delicate operazioni di manutenzione, di visualizzare virtualmente le procedure di lavoro, minimizzando il tempo di intervento e il rischio di errori. Questa tecnologia ha diverse applicazioni industriali.



### Riproduzione di suoni

I metodi di elaborazione di immagini ottiche usati per misurare e allineare ognuno dei 16000 rivelatori in silicio del tracciatore di ATLAS, possono essere applicati per misurare precisamente la forma delle scanalature in dispositivi meccanici di registrazione del suono quali dischi fonografici e cilindri di registrazione. Questa tecnologia è stata sviluppata per essere utilizzata negli archivi e nelle raccolte di registrazioni per ripristinare e preservare esemplari delicati o danneggiati e registrazioni storiche di suoni.