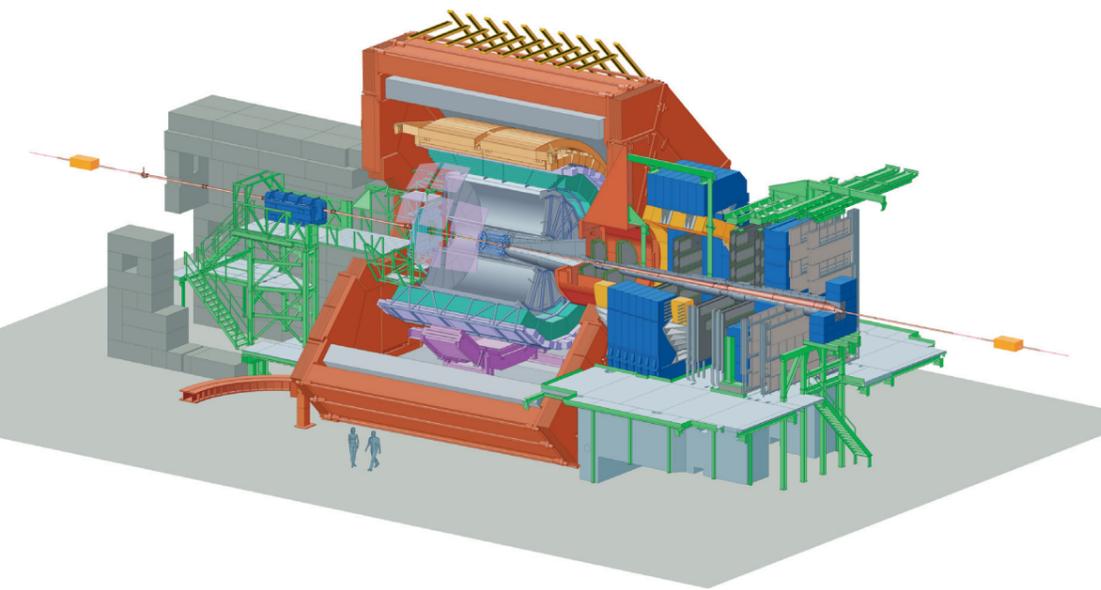


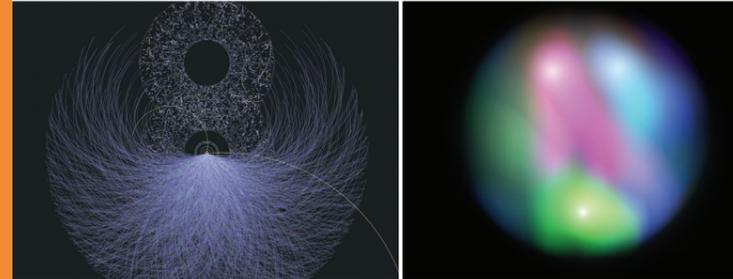
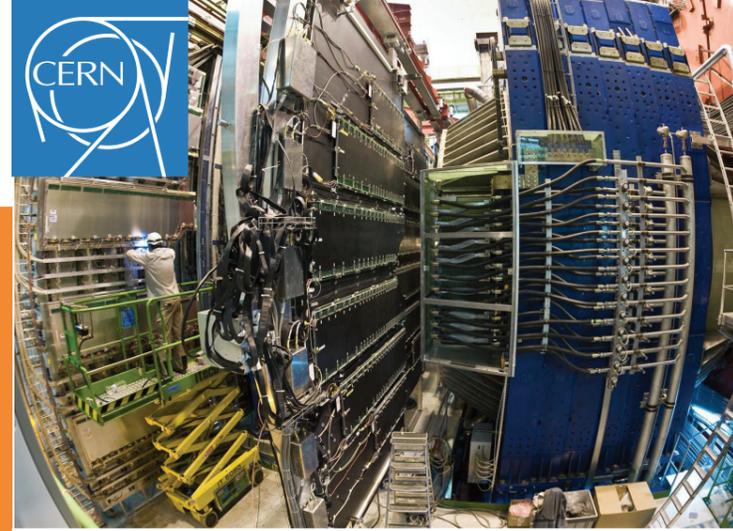
## Il rivelatore ALICE



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 105 istituti di ricerca dislocati in 30 paesi attraverso quattro continenti. Per costruire ed operare un esperimento di queste proporzioni è indispensabile poter disporre di un largo ventaglio di capacità tecniche.

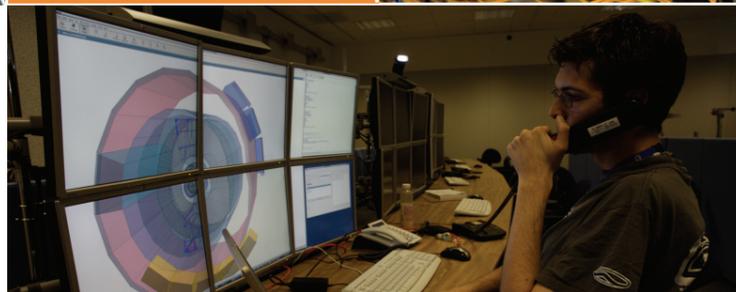


Foto:

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 Saba e CERN

## L'esperimento Alice

# 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 lo 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.



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

Gruppo Comunicazione, agosto 2008  
CERN-Brochure-2008-012-Ita



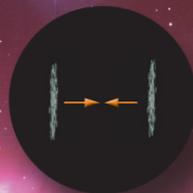


Atomo

Nucleo

Protone o Neutrone

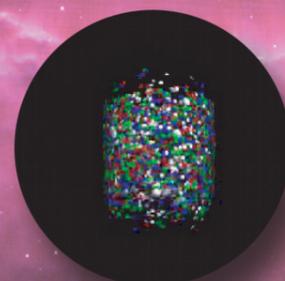
Due nuclei si avvicinano ad una velocità prossima a quella della luce (secondo la teoria della relatività di Einstein appaiono come dischi assottigliati).



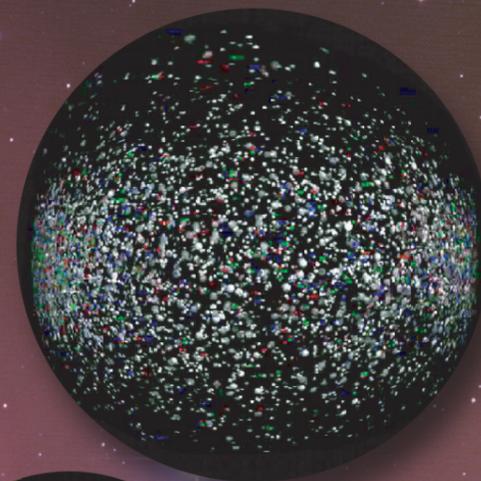
I nuclei si scontrano. La temperatura estrema generata nella collisione permette di rilasciare i quark (qui colorati in rosso, blu e verdi) e i gluoni.



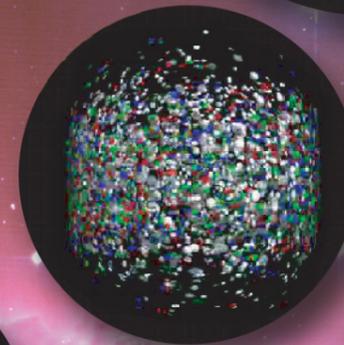
I quark e i gluoni cominciano a urtare fra loro, dando origine ad un sistema in equilibrio termico: il Plasma di Quark e Gluoni.



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



Il plasma si espande e si raffredda fino alla temperatura (~2 x 10<sup>12</sup> gradi) alla quale i quark e i gluoni si ricombinano a formare materia ordinaria, in un tempo dell'ordine di 10<sup>-23</sup> secondi dall'inizio della collisione.



## 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?)

## 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 fornire un'idea di come si comportasse la materia immediatamente dopo il Big Bang.



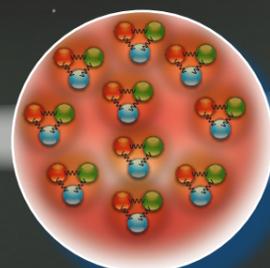
Big Bang

Temperatura  
Tempo



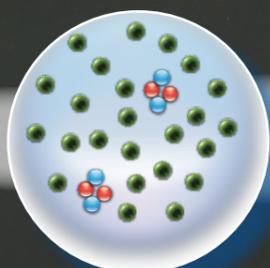
Plasma di Quark e Gluoni

< 10<sup>-5</sup> s



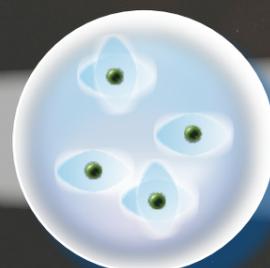
Formazione di protoni & neutroni

2 x 10<sup>12</sup> K  
4 x 10<sup>-5</sup> s



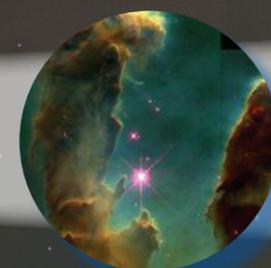
Formazione di nuclei a basso numero atomico

5 x 10<sup>9</sup> K  
3 min



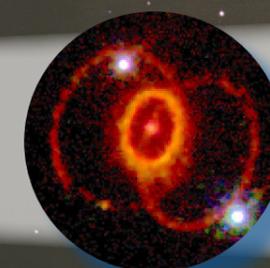
Formazione di atomi neutri

10<sup>3</sup> K  
380 000 anni



Stelle di prima generazione

25 K  
2 x 10<sup>8</sup> anni



Galassie, stelle di seconda generazione

< 25 K  
< 2 x 10<sup>8</sup> anni



Oggi

2.7 K  
13.5 miliardi di anni