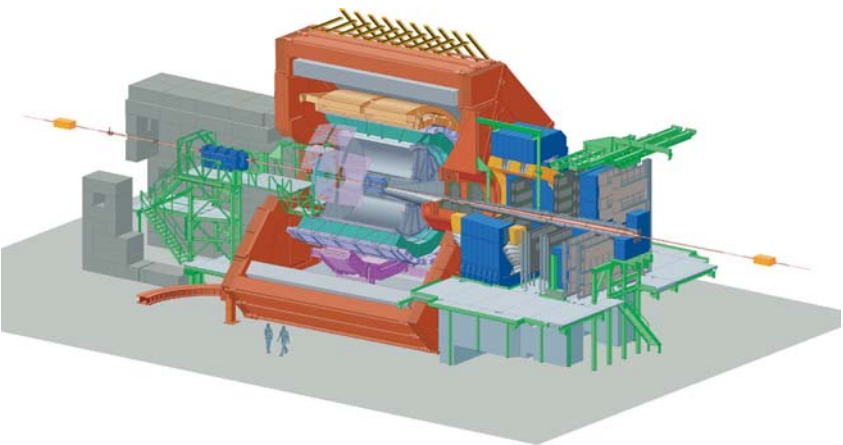
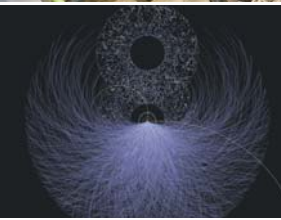
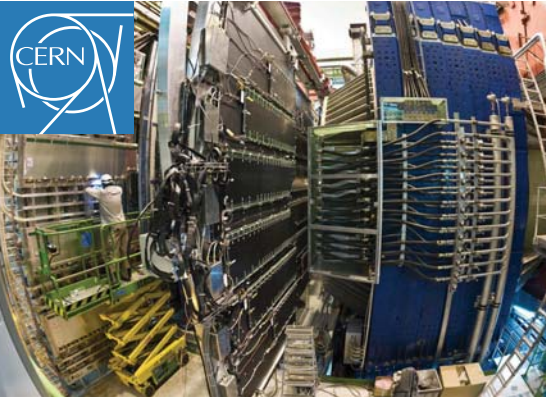


## Detektor



Ważący 10000 ton, wysoki na 16 metrów i długi na 26 metrów detektor ALICE jest wielkim i skomplikowanym urządzeniem składającym się z 18 sub-detektorów do rejestracji i identyfikacji dziesiątek tysięcy cząstek produkowanych w każdym zderzeniu ciężkich jonów. Aby zarejestrować do 8000 zderzeń na sekundę, detektor ALICE zbudowany jest z użyciem najnowocześniejszych technologii:

- wysoce precyzyjnych układów dla detekcji cząstek;
- ultra-zminiaturyzowanych układów dla przetwarzania sygnałów elektronicznych;
- wykorzystania ogólnosiwiatowych zasobów komputerowych dla analizy danych (Grid).



## Współpraca międzynarodowa



ALICE skupia ponad 1000 współpracowników, w tym około 200 studentów na studiach magisterskich, ze 105 instytutów fizyki z 30 krajów świata. Dla zbudowania i obsługi tak dużego eksperymentu wymagana jest wielka różnorodność kwalifikacji.



Zdjęcia:  
Okładka, galaktyka: NASA, ESA, CXC, i JPL-Caltech  
Tło: T.A. Rector (NOAO/AURA/NSF) i Hubble Heritage Team (STScI/AURA/NASA)  
Środek, gwiazda: J. Hester i P. Scowen (Arizona State University), NASA/ESA/STScI  
Środek, galaktyka: Christopher Burrows, NASA/ESA/STScI  
Środek, struktura atomowa: André-Pierre Olivier  
ALICE, elementy detektora: Antonio Saba i CERN



# ALICE

## Eksperyment ALICE

Podróż do początku Wszechświata ....

Co dzieje się z materią gdy jest podgrzana do temperatury 100000 razy wyższej niż temperatura we wnętrzu Słońca?

Dlaczego protony i neutrony ważą 100 razy więcej niż kwarki, z których są zbudowane?

Czy kwarki mogą być uwolnione z wnętrza protonu lub neutronu?

ALICE będzie poszukiwać odpowiedzi na te pytania, używając niezwykłych możliwości dostarczonych przez LHC.

CERN, Europejska Organizacja Badań Jądrowych, została założona w 1954 roku. Stała się ona pierwszorzędym przykładem międzynarodowej współpracy, zrzeszając obecnie 20 krajów członkowskich. Zlokalizowana jest przy granicy francusko-szwajcarskiej, w pobliżu Genewy, i jest największym w świecie laboratorium fizyki cząstek.





Atom

Jądro

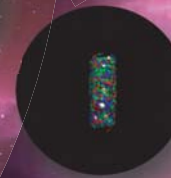
Proton lub neutron

Tysiące nowych cząstek powstałych w ten sposób lecą w stronę układu detekcyjnego (symulacja: H. Weber, model UrQMD (Ultrarelativistic Quantum Molecular Dynamics), Frankfurt).

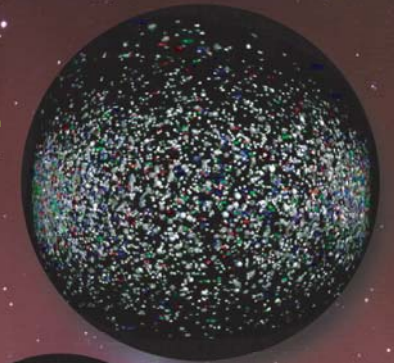
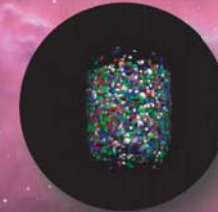
Dwa ciężkie jądra zблиżają się do siebie z prędkością bliższą prędkości światła. Zgodnie z teorią względności Einsteina mają one postać bardzo cienkich krążków.



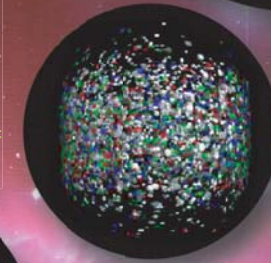
Jądra zderzają się i bardzo wysoka temperatura uwalnia kwarki (czerwone, niebieskie i zielone) i gluony.



Kwarki i gluony zderzają się między sobą wytwarzając termicznie zrównoważony układ: plazmę kwarkowo-gluonową.



Plazma rozpręży się i schładza to temperatury ( $\sim 2 \times 10^{12}$  stopni), w której kwarki i gluony przegrupowują się tworząc zwykłą materię, w ciągu zaledwie  $10^{-23}$  sekundy od momentu zderzenia.



## Oddziaływanie silne

Zwykła materia złożona jest z atomów, z których każdy składa się z jądra otoczonego chmurą elektronów. Jądra składają się z protonów i neutronów, które z kolei składają się z kwarków. Według naszego dzisiejszego stanu wiedzy kwarki wydają się być elementarnymi składnikami materii.

Kwarki związane są ze sobą w protonach i neutronach przez siłę znaną jako oddziaływanie silne, zachodzące za pośrednictwem wymiany cząstek - nośników siły, zwanych gluonami. Silne oddziaływanie jest także odpowiedzialne za wiązanie protonów i neutronów w jądrach atomowych.

Chociaż obecnie wiele już rozumiemy z fizyki oddziaływań silnych, dwie bardzo podstawowe kwestie pozostają nierozwiązane: źródło uwięzienia i mechanizm powstawania masy. Przypuszcza się, że obie wynikają ze sposobu modyfikacji własności próżni przez silne oddziaływanie.

## Uwięzienie

Zaden kwark nie został zaobserwowany jako cząstka swobodna: kwarki, podobnie jak gluony, wydają się być trwale związane między sobą wewnątrz cząstek złożonych, takich jak protony i neutrony. To nazywa się uwięzieniem. Szczegółowy mechanizm, który je wywołuje, pozostaje nieznanym.

## Powstawanie masy

Wiadomo, że protony i neutrony zbudowane są z trzech kwarków, ale sumując masy tych kwarków otrzymuje się .... zaledwie ok. 1% masy protonu czy neutronu. Skąd pochodzi pozostałe 99%?

Czy mechanizm, który więzi kwarki w protonach i neutronach, jest także odpowiedzialny za powstawanie przeważającej części masy zwykłej materii?

## Swobodne kwarki i gluony

Współczesna teoria oddziaływania silnego (zwana Chromodynamiką Kwantową) przewiduje, że przy bardzo wysokich temperaturach i bardzo wielkich gęstościach kwarki i gluony nie powinny być już związane wewnątrz cząstek złożonych. Powinny one istnieć jako cząstki swobodne w nowym stanie materii, zwanym plazmą kwarkowo-gluonową.

Takie przejście powinno zajść gdy temperatura przekroczy wartość krytyczną, ocenianą na ok. 2000 miliardów stopni, ...około 100000 razy wyższą niż temperatura jądra Słońca! Takie temperatury nie istniały w przyrodzie od narodzin Wszechświata. Sądzymy, że w czasie kilku milionowych części sekundy po Wielkim Wybuchu temperatura przewyższała wartość krytyczną i cały Wszechświat znajdował się w stanie plazmy kwarkowo-gluonowej.

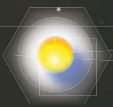
## Powrót do początku

Czy ten scenariusz może być badany doświadczalnie? Czy takie ekstremalne warunki mogą być odtworzone w laboratorium?

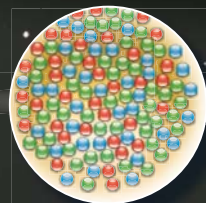
Przez wywołanie czołowych zderzeń ciężkich jąder (takich jak jądra atomów ołowiu), przyspieszonych w LHC do prędkości bliskiej prędkości światła, powinniśmy otrzymać - chociaż w bardzo małej objętości, bliskiej rozmiarom jądra i na krótką chwilę, kropelkę takiej pierwotnej materii i obserwować jak powraca ona do stanu zwykłej materii poprzez rozprężenie i schłodzenie.

Przez badanie takich zderzeń na LHC, uczestnicy eksperymentu ALICE powinni uzyskać możliwość wglębnienia się w fizykę uwięzienia, sondowania własności próżni i mechanizmu powstawania masy w oddziaływaniach silnych, oraz zbadania jak zachowywała się materia bezpośrednio po Wielkim Wybuchu.

T czas Wszechświata

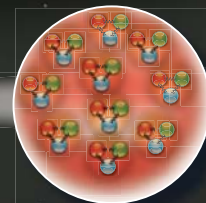


Temperatura  
Czas



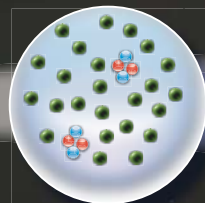
Plazma kwarkowo-gluonowa

$< 10^{-5}$  s



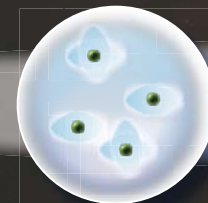
Powstawanie protonów i neutronów

$2 \times 10^{12}$  K  
 $4 \times 10^{-5}$  s



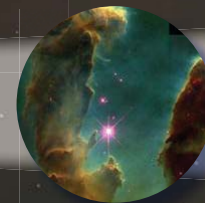
Powstawanie lekkich jąder

$5 \times 10^8$  K  
3 min



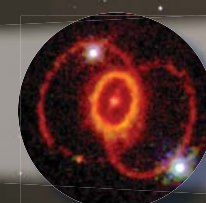
Powstawanie neutralnych atomów

$10^3$  K  
380 000 lat



Powstawanie pierwszych gwiazd

25 K  
 $2 \times 10^8$  lat



Galaktyki i drugie pokolenie gwiazd (Rozprzestrzenianie się ciężkich pierwiastków)

$< 25$  K  
 $> 2 \times 10^8$  lat



Dzień dzisiejszy

2.7 K  
13.7 miliardów lat