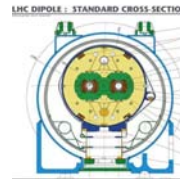


Przyszłe eksperymenty

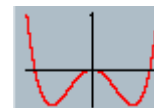


czyli
polowanie na

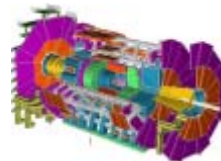
bozon Higgsa, Supersymetrię,
Dodatkowe Wymiary,
plazmę kwarkowo-gluonową,
złamanie symetrii CP,
właściwości neutrin
i inne...



Co to jest LHC?



Po co budujemy LHC?



ATLAS, LHCb, ALICE, ICARUS

Large Hadron Collider

- ✘ zderzacz p-p (Pb-Pb)
- ✘ Wewnątrz tunelu LEPu w CERNie
- ✘ 1232 nadrzeprowadzące magnesy
w $T=1.9\text{ K}$

(największy kriogeniczny system świata)

- ✘ Zderzenia co 25 ns
→ obserwacja rzadkich procesów

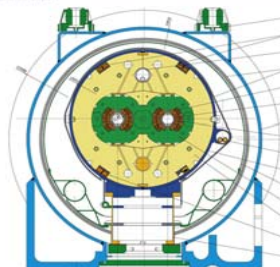
Rekordowe:

- ✘ Energia (14 TeV)
- ✘ Częstość zderzeń
- ✘ Koszt: ≈ 4 mld CHF
- ✘ Rozmiar/złożoność eksperymentów:
 - Ⓢ ok. 2 x większe niż obecne eksperymenty
 - Ⓢ 10 x bardziej złożone
- ✘ Ludzie: 4000 fizyków

1.X.2004



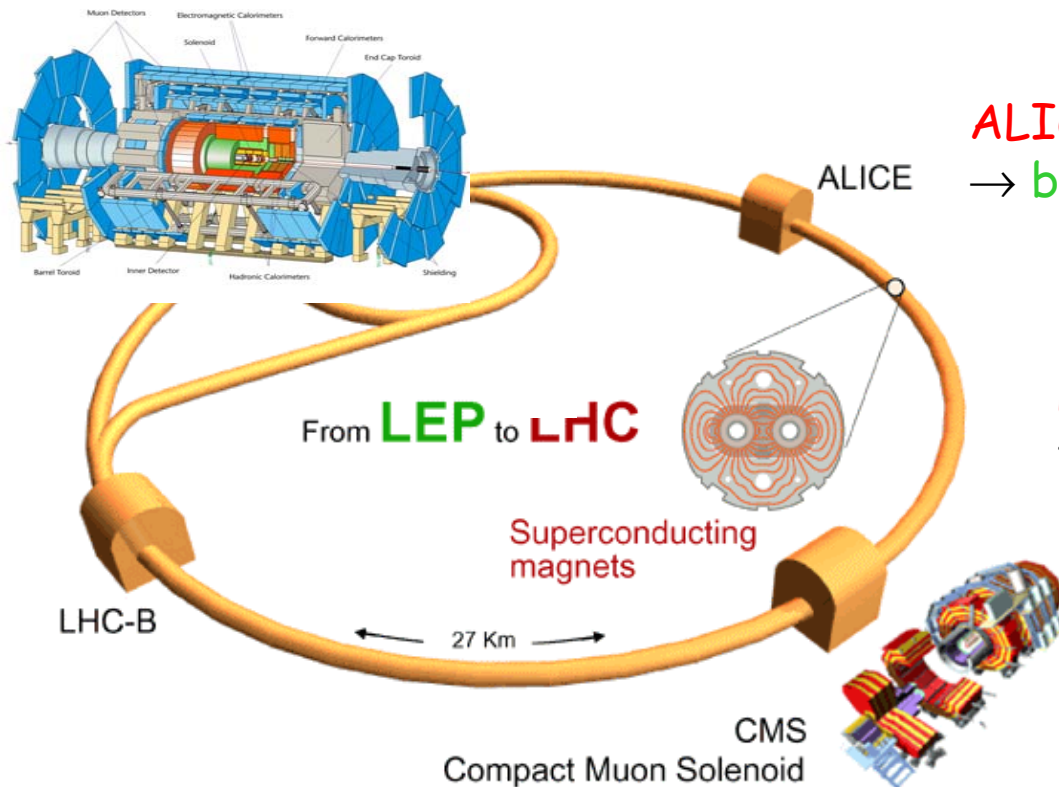
LHC DIPOLE : STANDARD CROSS-SECTION



Eksperymenty LHC

ATLAS, CMS - eksperymenty pp ogólnego zastosowania

Poszukiwania Higgsa, SUSY i zjawisk niezwykłych



ALICE - eksperyment ciężkich jonów
→ badania plazmy kwarkowo-gluonowej

LHCb - eksperymenty pp dedykowane
fizyce kwarków b i łamaniu CP

zagadka asymetrii między
materią i antymaterią - LHCb

Bozon Higgosa

✘ Model Standardowy wytestowany z wielką precyzją ale brakuje wyjaśnienia **mas cząstek**

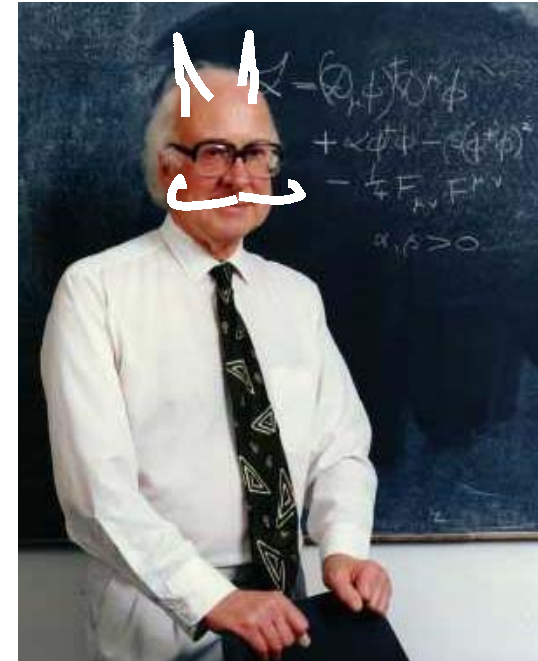
The Standard Model 4

Fermions						Bosons	
Quarks			Leptons			Force carriers	
u up	c charm	t top	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	γ photon	Z Z boson
d down	s strange	b bottom	e electron	μ muon	τ tau	W W boson	g gluon
						Higgs* boson	

Source: AAAS *Yet to be confirmed

mechanizm Higgosa nadaje masę cząstkom poprzez oddziaływanie z polem Higgosa.

Konsekwencja: nowa cząstka - bozon Higgosa - jako przejaw tego pola



Ale:

⇒ jeszcze go nie znaleziono (słaby sygnał z LEPu -rok 2000)

⇒ potrzeba maszyny by odkryć/wykluczyć bozon Higgosa

**Tylko 1 bozon Higgosa w
1,000,000,000,000 zderzeniach!**



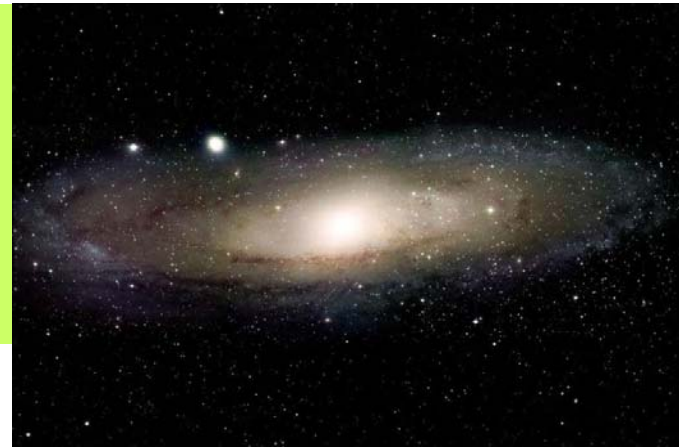
1.X.2004

SUperSYmetria

Symetria pomiędzy fermionami (materia) a bozonami (siły)
Przewiduje istnienie czastek supersymetrycznych $p \leftrightarrow \tilde{p}$

Motywacja:

- Rozwiązuje problem energii próżni
- Daje kandydata na Ciemna Materie (neutralino)



Ale jak dotąd nie ma eksperymentalnej ewidencji dla SUSY:

Albo SUSY nie istnieje

ALBO

m_{SUSY} duża ($\gg 100 \text{ GeV}$) \rightarrow nie osiągalna na obecnych maszynach

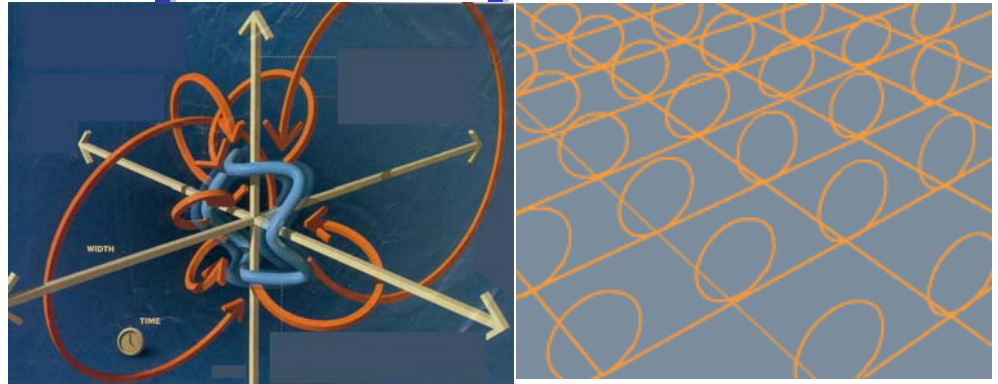


LHC

Teoria Dodatkowych Wymiarów

✘ Q: Dlaczego grawitacja jest taka słaba w porównaniu z innymi oddziaływaniami?

A: Nie jest, ale jej siła 'wyływa' do innych wymiarów!



✘ Powrót do idei Einsteina - oddziaływania tłumaczone przez geometrię czasoprzestrzeni

✘ Jedna z najbardziej obiecujących dróg do Teorii Ostatecznej

✘ produkcja miniaturowych czarnych dziur i grawitonów



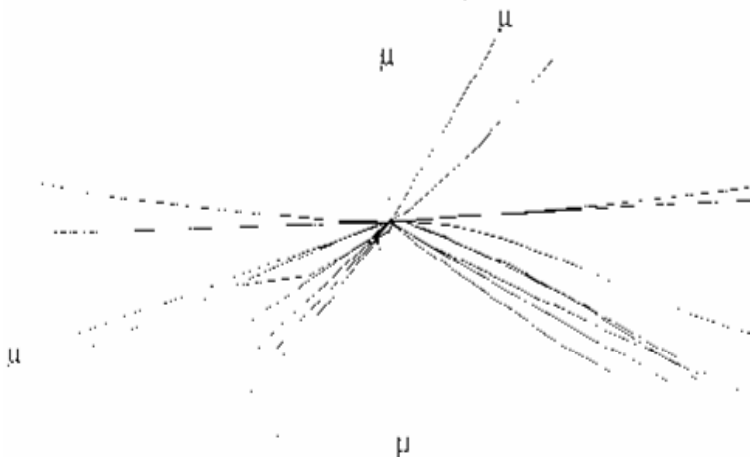
LHC

Główne trudności - typowe dla LHC

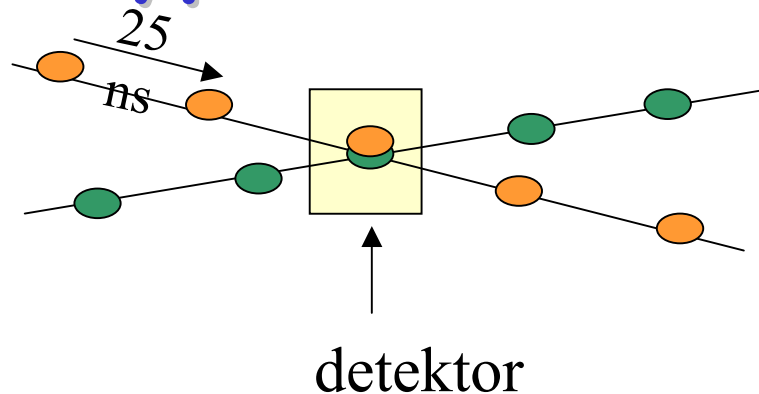
30 minimum bias events + $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4\mu$



all charged particles with $|\eta| < 2.5$



reconstructed tracks with $p_t > 2.0$ GeV



- ✘ Miliard (10^9) oddziaływań /sek. Protony pogrupowane w pęczki zderzają się co **25 ns** dając ok. **~1400 naładowanych cząstek**

w ciągu 25 ns światło przebywa ok. 7 m

- ✘ potrzebne są szybkie detektory
- ✘ o wysokiej granulacji
- ✘ odporne na radiację
- ✘ potrzebny sprawny system obróbki danych (1000 TB/rok = ok. 220 000 DVD)

Długość : ~ 46 m
Średnica : ~ 25 m
Waga : ~ 7 000 ton

System mionowy

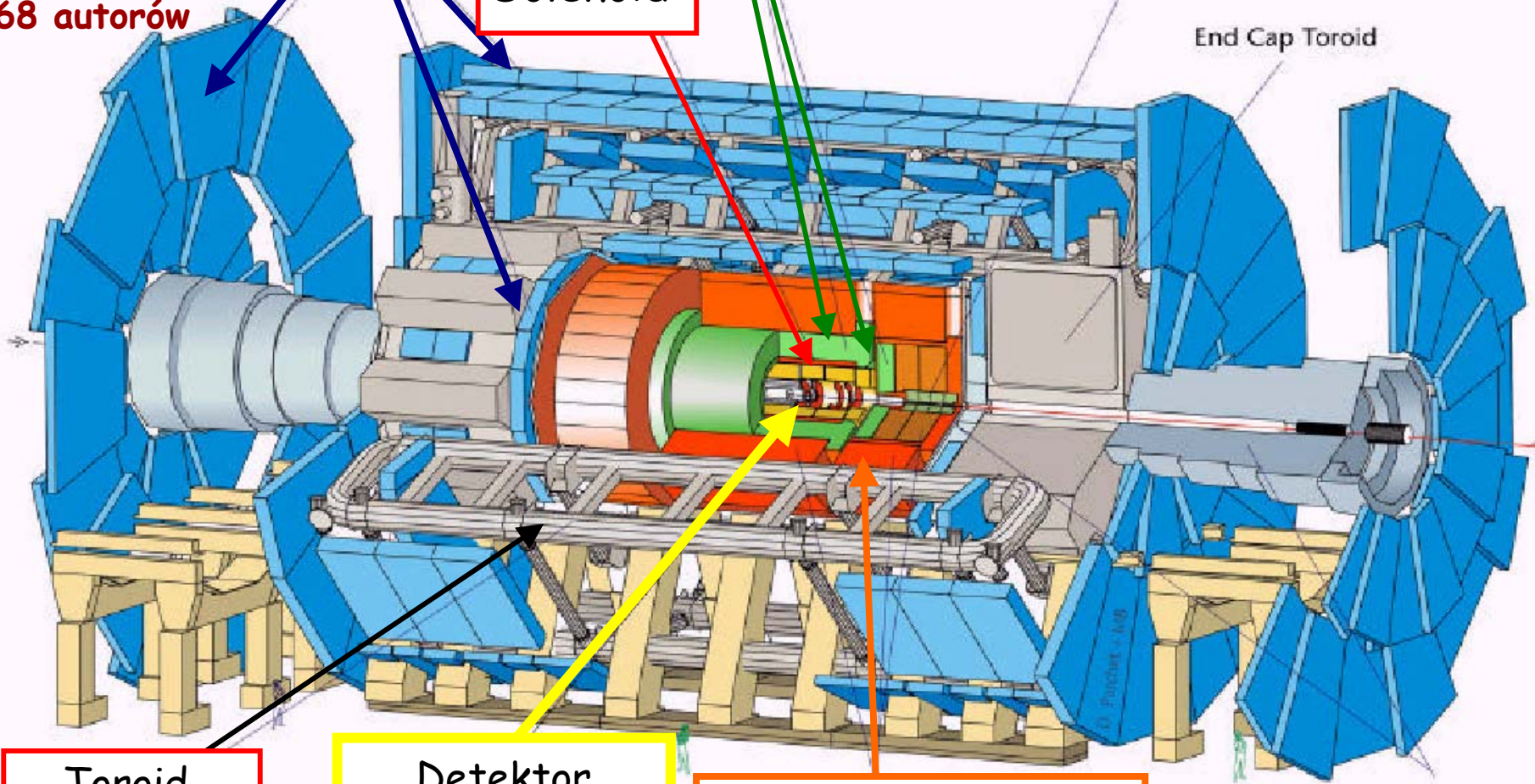
Kalorymetr EM

Solenoid

Forward Calorimeters

End Cap Toroid

149 instytutów
1568 autorów



Toroid

Detektor Wewnętrzny

Kalorymetr hadronowy

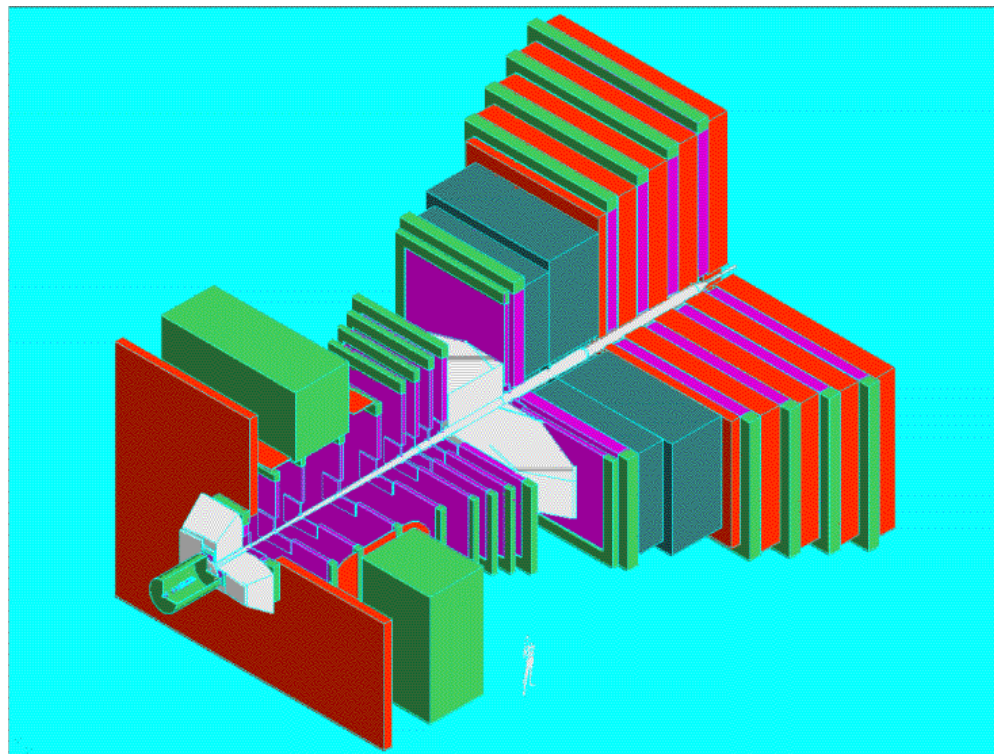
Shielding

1.X.2004

wkład IFJ



Wciąż nie wiemy dlaczego we Wszechświecie jest więcej materii niż antymaterii. Odpowiedzi na to pytanie mogą udzielić badania mezonów B, w ich rozpadach widać **asymetrię między materią i antymaterią**. Zjawisko to jest bardzo słabe i jego badanie wymaga obserwacji bardzo wielu przypadków

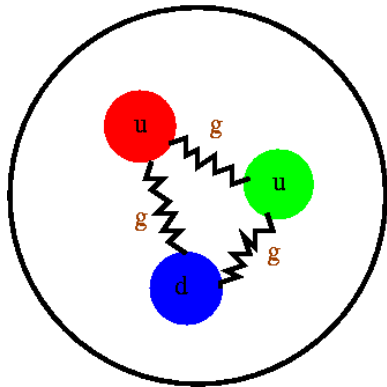


Uwolnić kwarki i gluony - eksperyment ALICE

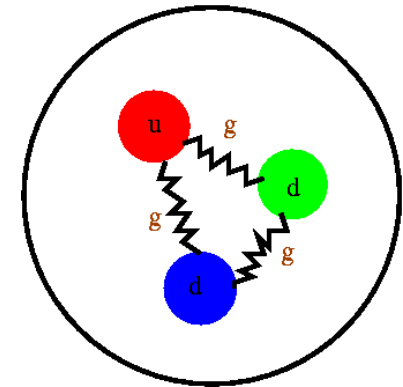
Kwark – elementarny składnik materii

Gluon – „klej” – nośnik oddziaływania

Kwarki zawsze występują trójkami lub parami, tworząc „zwykłe” cząstki



proton

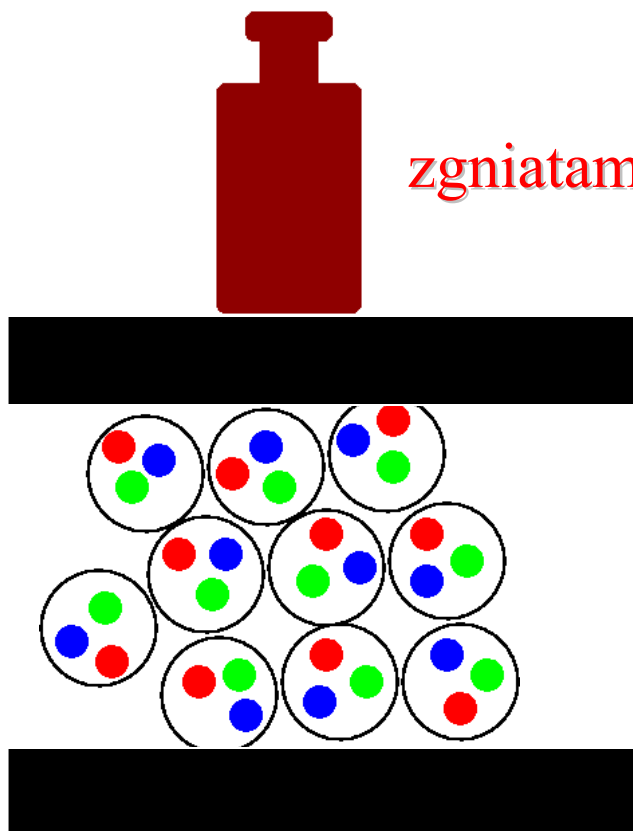


neutron

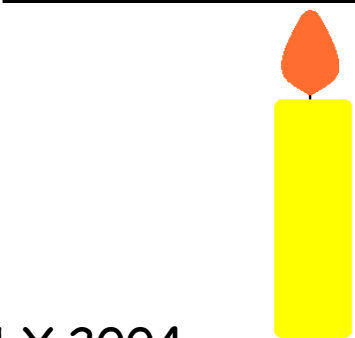
Czy można otrzymać stan, w którym kwarki i gluony będą zachowywały się jak cząstki swobodne?

TAK!

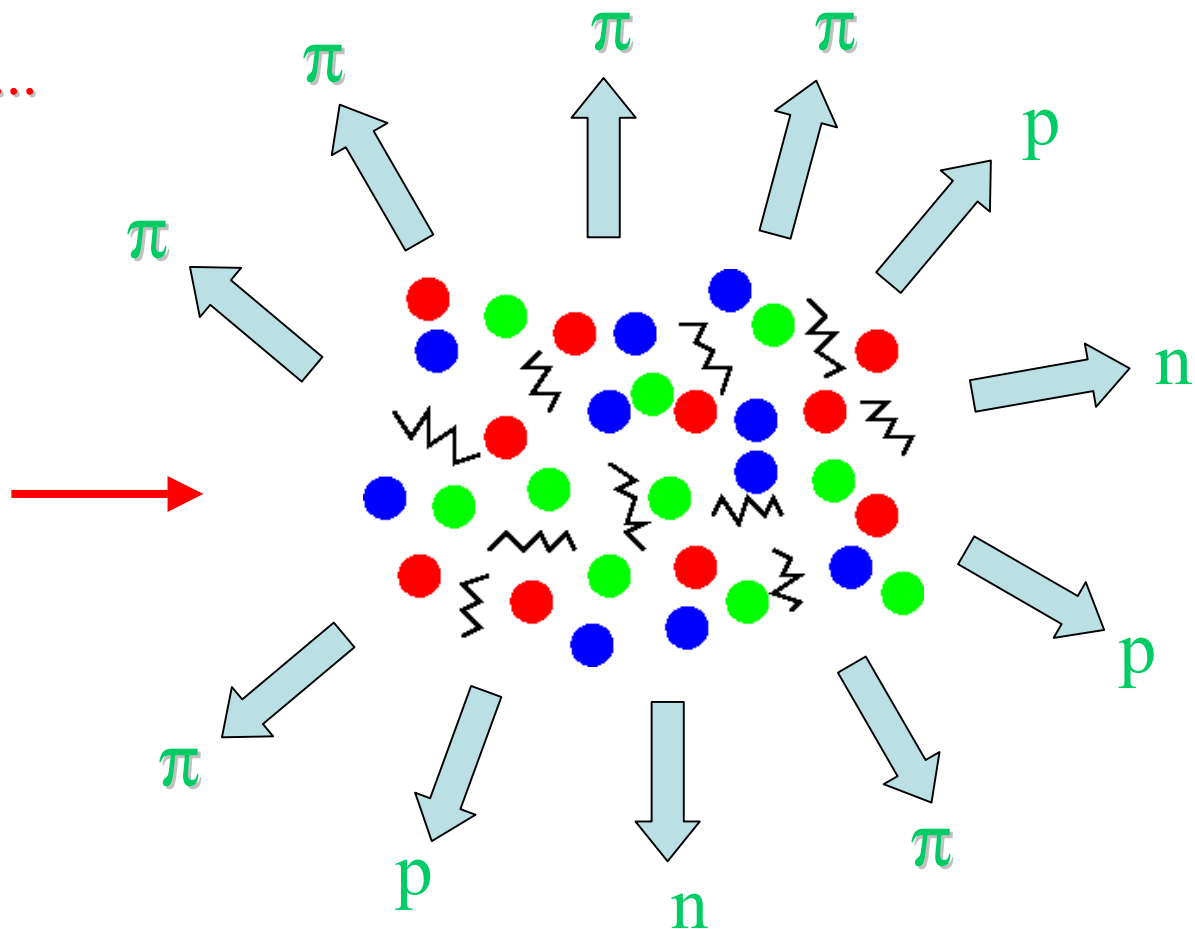
Przepis na kwarkowo-gluonową „zupę”



zgniatamy...

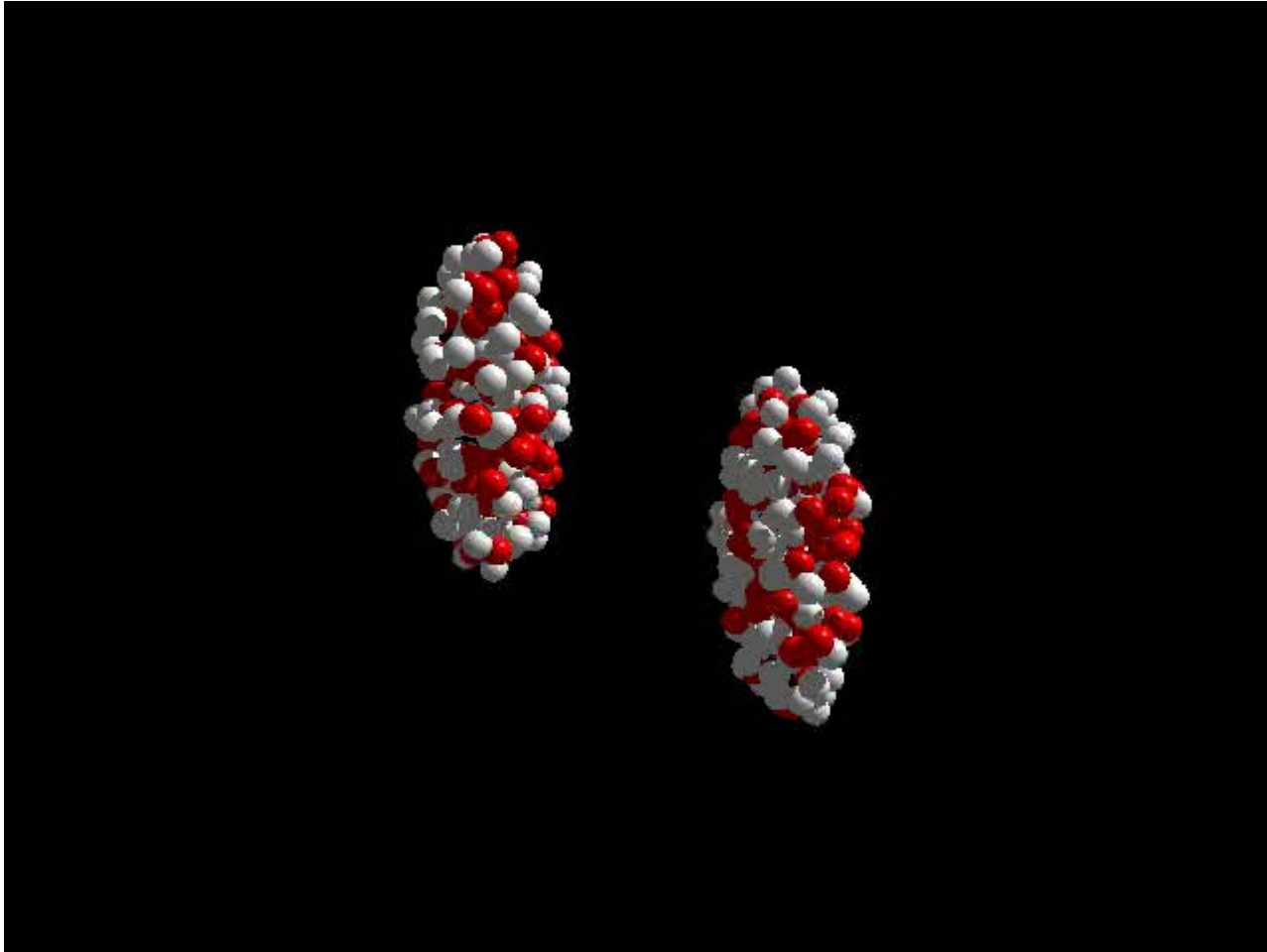


... i podgrzewamy



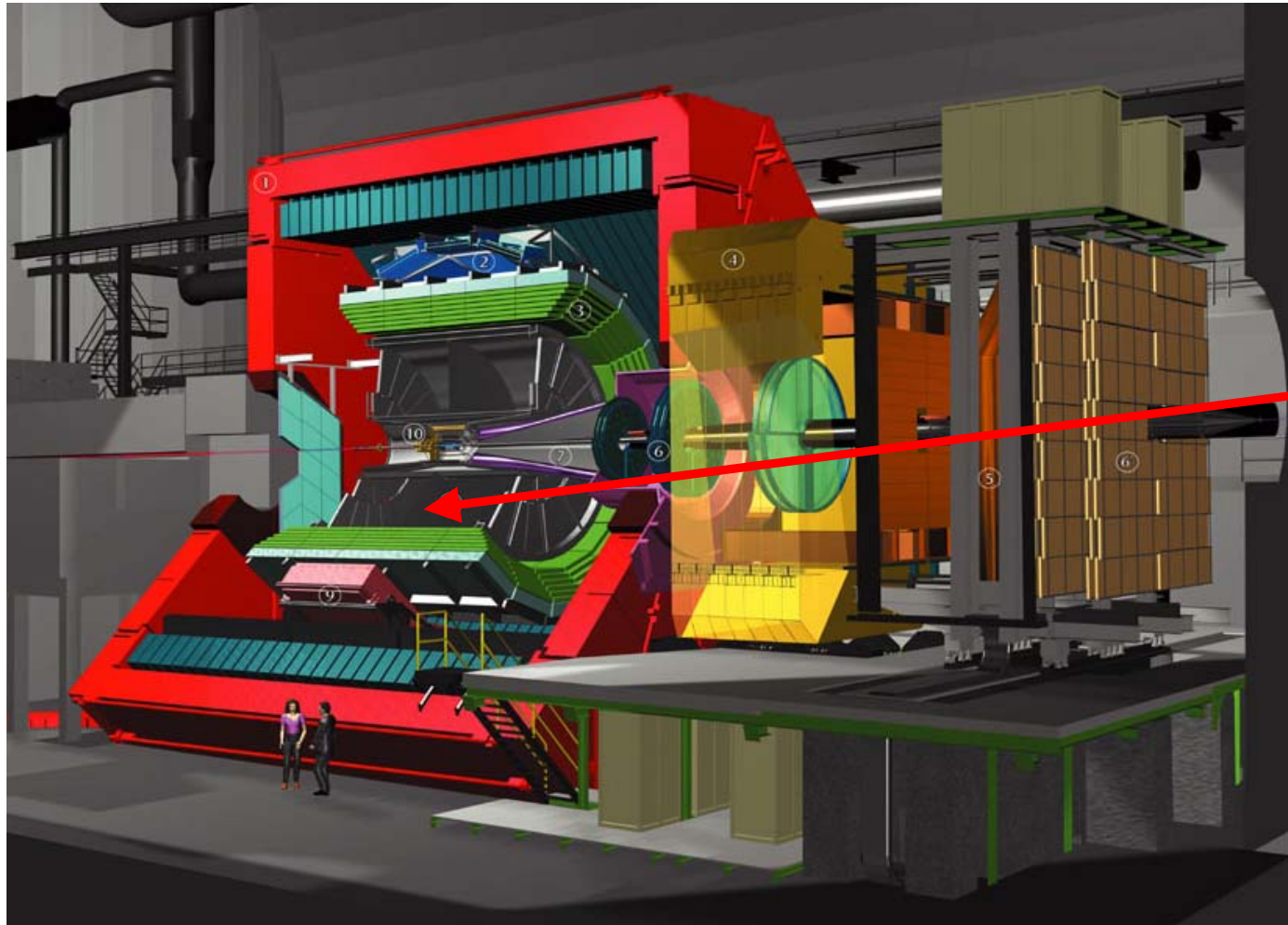
plazma kwarkowo-gluonowa

Zderzamy jądra atomowe przy wysokiej energii



Rejestrujemy i badamy wyprodukowane cząstki

A oto aparatura służąca do tego celu

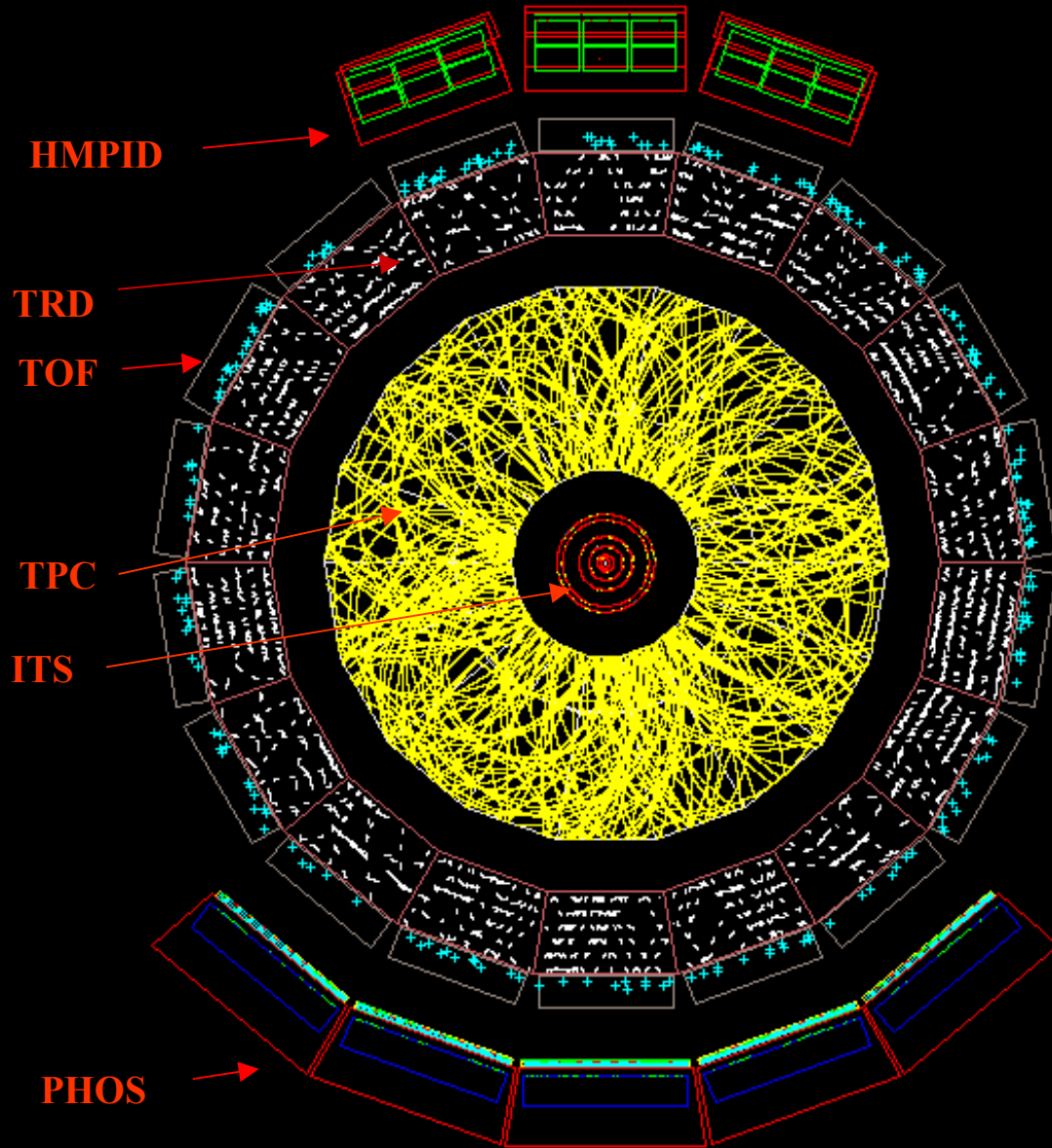


77 instytucji
28 krajów

Nr 8 – TPC
„nasz” detektor

Symulacje, rekonstrukcja, analiza danych testowych, zakupy elektroniki
1.X.2004

Symulacja komputerowa zderzenia Pb+Pb

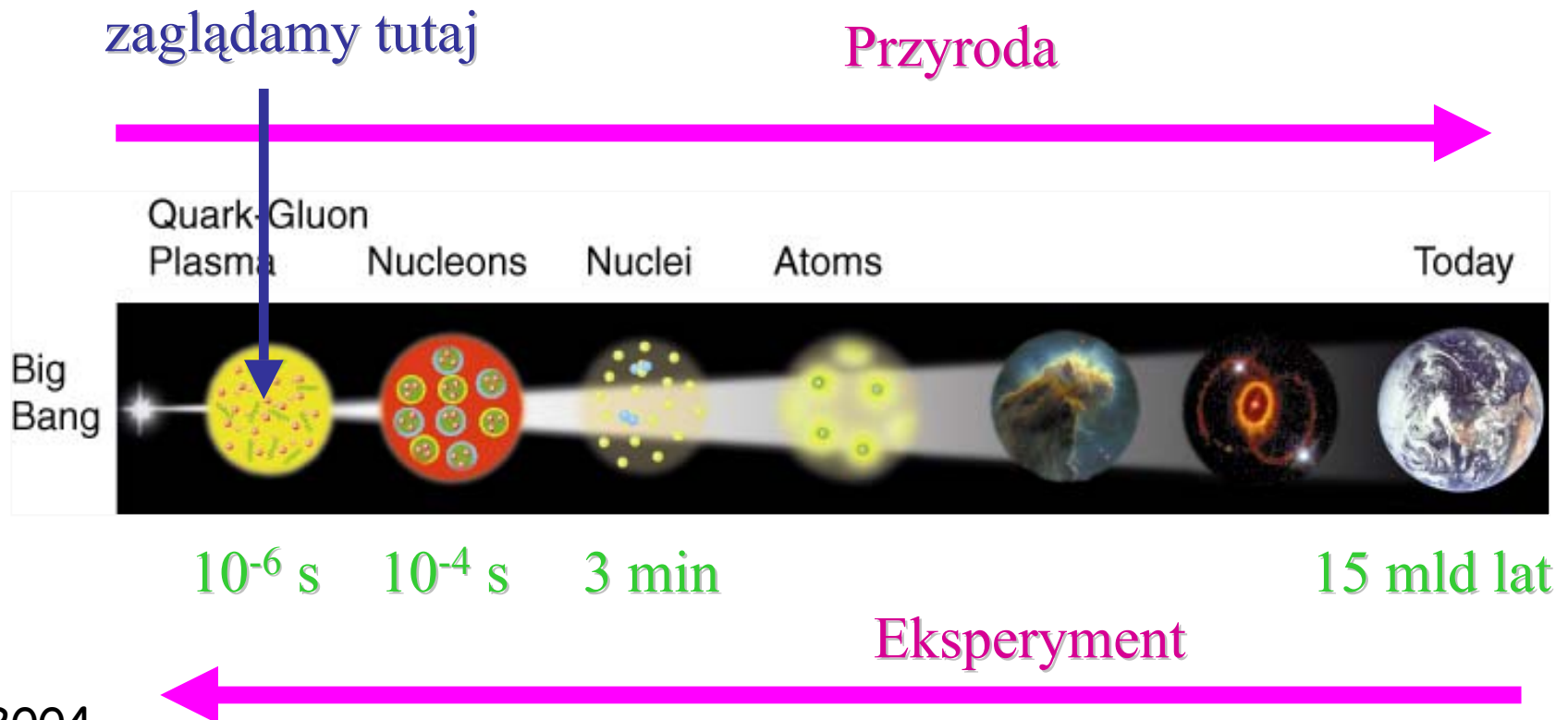


niewielki fragment
przypadku Pb+Pb
(1/45)

spodziewamy się
ok. 85000
wyprodukowanych
cząstek

Po co to robimy?

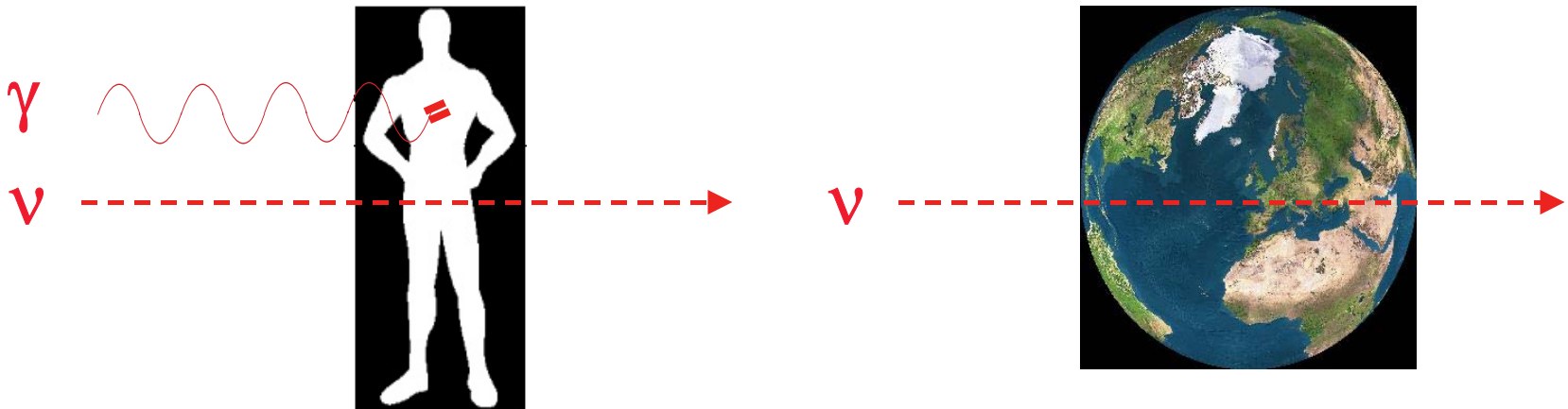
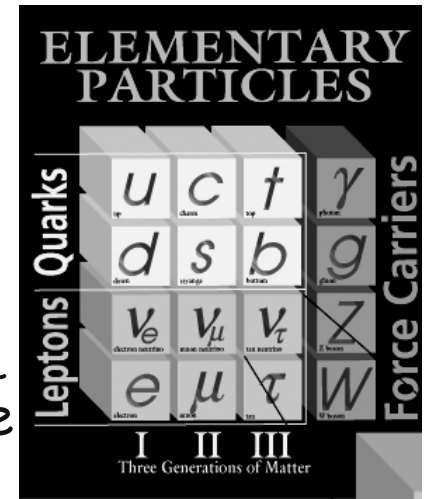
- Badamy właściwości oddziaływań silnych, odpowiedzialnych między innymi za trwałość jader atomowych (dlatego się nie rozpadamy)
- Możemy badać wczesne stadia ewolucji Wszechświata



Badania neutrin: czym są neutrina?

Elementarnymi cząstkami materii, które:

- występują w trzech rodzajach, które wzajemnie w siebie przechodzą (oscylują), więc posiadają masę
- ta masa jest tak mała, że na razie nie potrafimy jej bezpośrednio zmierzyć
- oddziałują z materią niezwykle słabo, więc docierają do Ziemi z najdalszych zakątków Kosmosu, a niektóre „pamiętają” jego początki

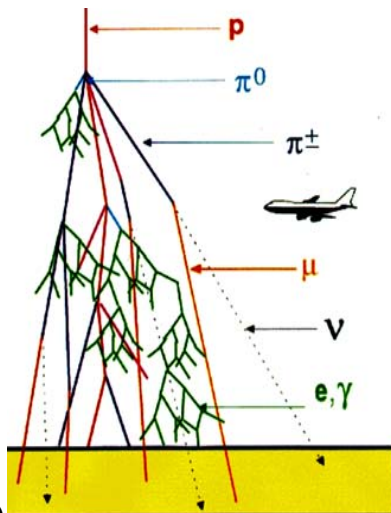


Badania neutrin: skąd się biorą neutrina?

- ✘ Większość neutrin obserwowanych na Ziemi to neutrina słoneczne



- ✘ z kaskad promieniowania kosmicznego w atmosferze



- ✘ z procesów kosmicznych, na przykład neutrina pochodzące z wybuchu Supernowej 1987A w Wielkim Obłoku Magellana w odległości 150000 lat świetlnych
- ✘ z Big Bangu - szacuje się, że jest ich ok. $300/\text{cm}^3$ przestrzeni, ale ich energia jest bardzo mała (drugie po fotonach pod względem czestosci wystepowania)

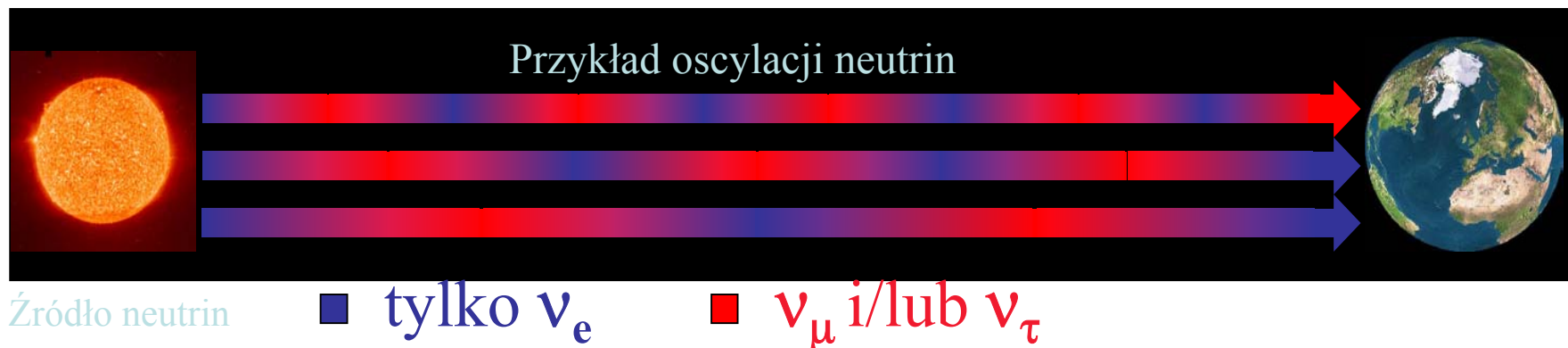


- ✘ z reaktorów jądrowych

✘ Ze sztucznie wytwarzanych wiązek neutrinowych w oparciu o przyspieszane w akceleratorach wiązki protonowe

Badania neutrin: oscylacje, eksperymenty

Oscylacje neutrin: neutrino określonego zapachu po przebyciu pewnej drogi zamienia się w neutrino innego zapachu. W latach 1998-2004 eksperymenty SuperKamiokande (Japonia), K2K (Japonia), SNO (Kanada) i KamLAND (Japonia) wykazały, że oscylacje neutrin występują w przyrodzie.



Tematyka neutrinowa znajduje się w awangardzie współczesnych badań w dziedzinie fizyki cząstek, bo panuje przekonanie, że neutrina otwierają drzwi poza teorię standardową

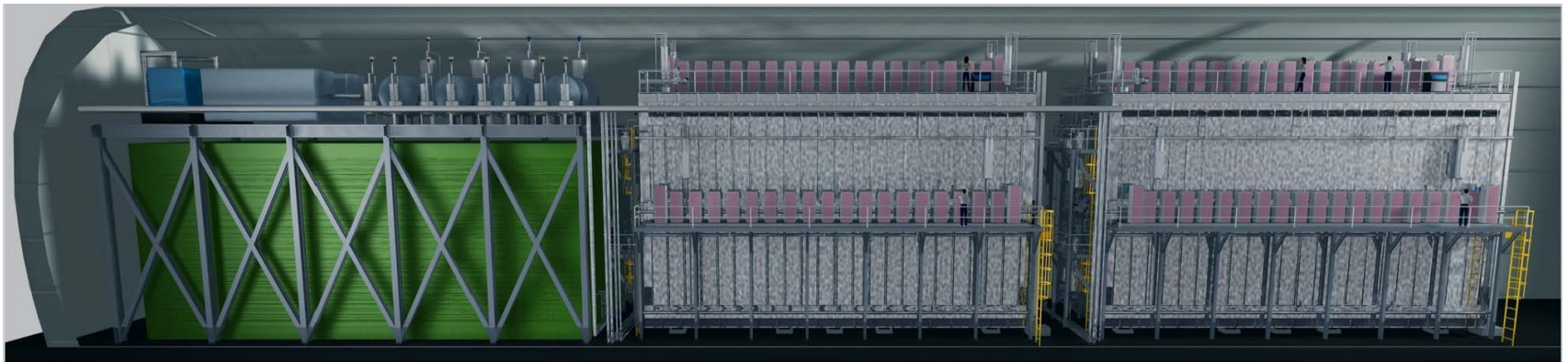
Niedawno rozpoczęło badania lub jest w trakcie przygotowań szereg eksperymentów dla neutrin słonecznych, kosmicznych, reaktorowych, atmosferycznych i akceleratorowych: Antares, Borexino, KamLand, AMANDA, ICECUBE, NESTOR, MiniBooNE, K2K, MINOS, OPERA, ICARUS, NOvA

Badania neutrin: program CNGS, eksperyment ICARUS

Program **CNGS** - badanie oscylacji akceleratorowych neutrin mionowych i neutrin taonowych na drodze wiązki z **CERN**-u do laboratorium w **Gran Sasso** (732 km)



Eksperyment **ICARUS** - duża grupa polskich fizyków z Katowic, Krakowa, Warszawy i Wrocławia uczestniczy w eksperymencie ICARUS



Docelowy detektor: 10 wielkich komór TPC wypełnionych ciekłym argonem o całkowitej masie ciekłego argonu - 3000 ton i całkowitej długości - 70 metrów

Podsumowanie



- ✗ **LHC**: wielki zderzacz pp i Pb-Pb. Start : 2007
- ✗ Cztery duże eksperymenty:
 - ⊙ **ATLAS, CMS**
 - ⊙ **LHCb**
 - ⊙ **ALICE**
- ✗ Program fizyczny: bozon Higgsa, Supersymetria, łamanie symetrii materia/antymateria, plazma kwarkowo-gluonowa
- ✗ Bardzo trudne środowisko: spiętrzenie zdarzeń, radiacja
- ✗ ATLAS - nowatorski, kosztowny, detektor o wysokiej jakości
- ✗ LHCb - poszukiwanie źródeł asymetrii materia-antymateria
- ✗ ALICE - detektor do badania plazmy kwarkowo-gluonowej
- ✗ **ICARUS** - badanie właściwości **neutrin** dzięki wiązce do Gran Sasso

1.X.2004