

CZĄSTKI I KOSMOS

**czyli o oddziaływaniach
elementarnych i historii Wszechświata**

JESTEŚMY W PUNKCIE ZWROTNYM ...

Głębsze zrozumienie zjawisk fizycznych od dawna wykracza poza naszą codzienną intuicję.

Często wymaga skomplikowanego aparatu matematycznego.

Z drugiej strony, badanie granic wiedzy kształtuje nasze poglądy, naszą kulturę i naszą cywilizację.

Kontynuacja badań prowadzonych na przestrzeni wieków

(fizyka oddziaływań elementarnych wczoraj, dziś i jutro)

Fascynująca ciągłość i ewolucja treści badań w czasie

U podstaw milowych kroków w rozwoju cywilizacji i kultury, np.

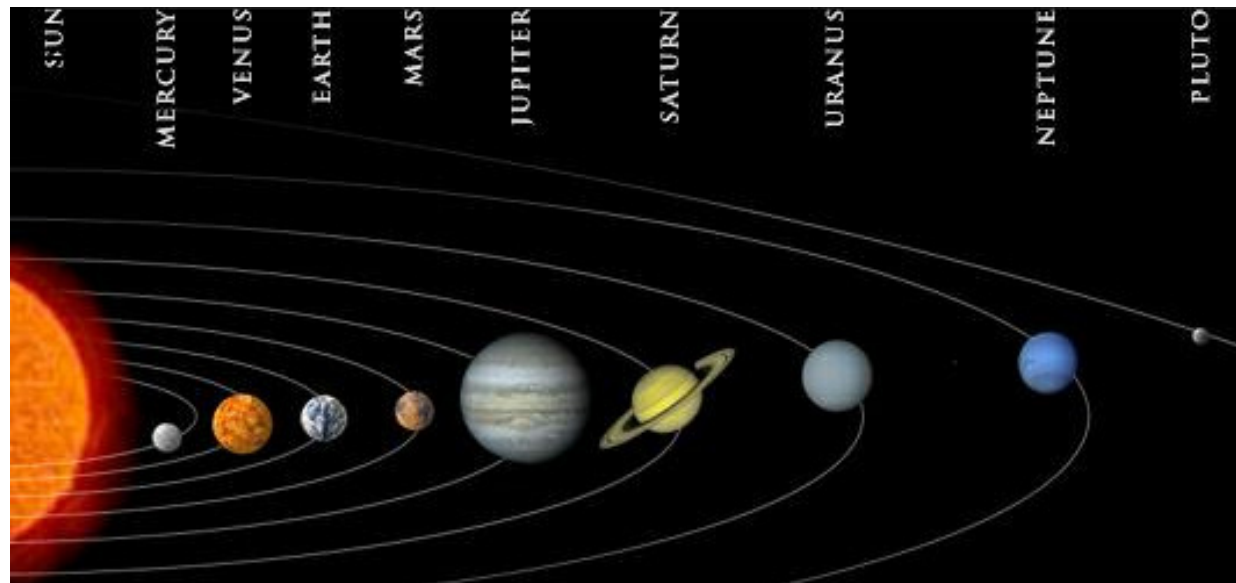
- heliocentryczna struktura naszego układu planetarnego,
- struktura atomowa materii,
- wykorzystanie fal elektromagnetycznych itd. itd.)

Protoplasta wielu innych działów fizyki.

Oddziaływania elementarne

Izaak Newton (1643 - 1727)
wybitny fizyk i matematyk,
pionier w badaniu oddziaływań elementarnych

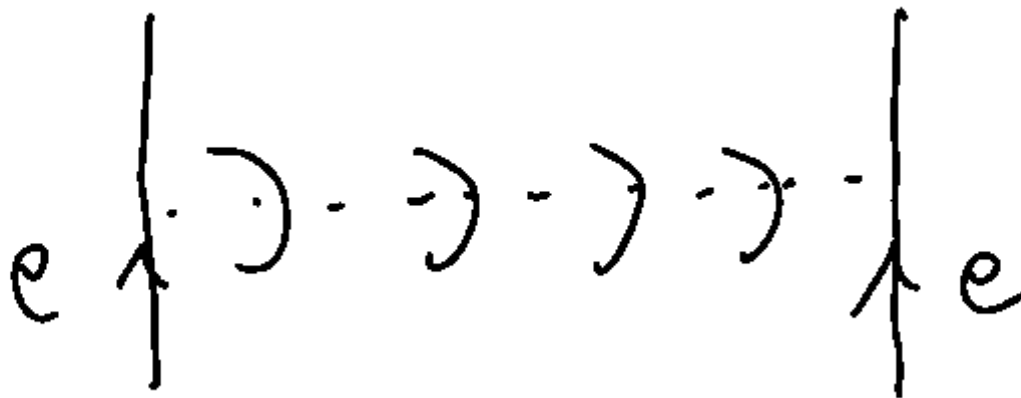
- skodyfikował oddziaływania grawitacyjne poprzez sformułowanie prawa powszechnego ciążenia



Michael Faraday (1791 - 1858)

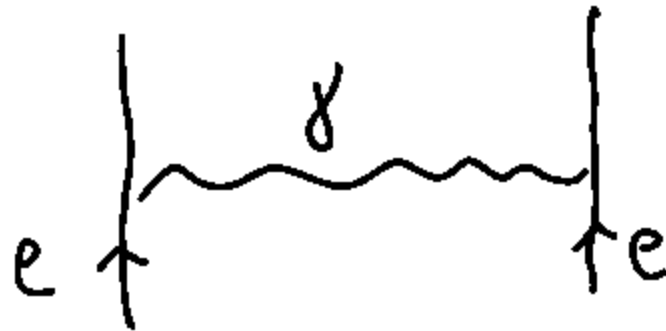
James Maxwell (1831 - 1879)

- odkrycie drugich, po grawitacyjnych, oddziaływań elementarnych, oddziaływań elektromagnetycznych; pojęcie pola elektromagnetycznego przenoszącego oddziaływanie między np. elektronami



Albert Einstein (1879 -1955)

- hipoteza fotonu (1905)

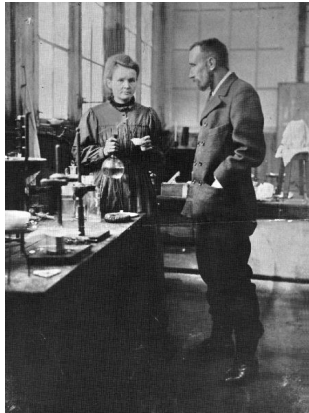


**Pola i cząstki, oddziaływania i materia -
różny opis tej samej rzeczywistości fizycznej:
oddziaływania zachodzą przez wymianę cząstek!**

Nowy rozdział w fizyce oddziaływań elementarnych

- **odkrycie promieniotwórczości naturalnej**

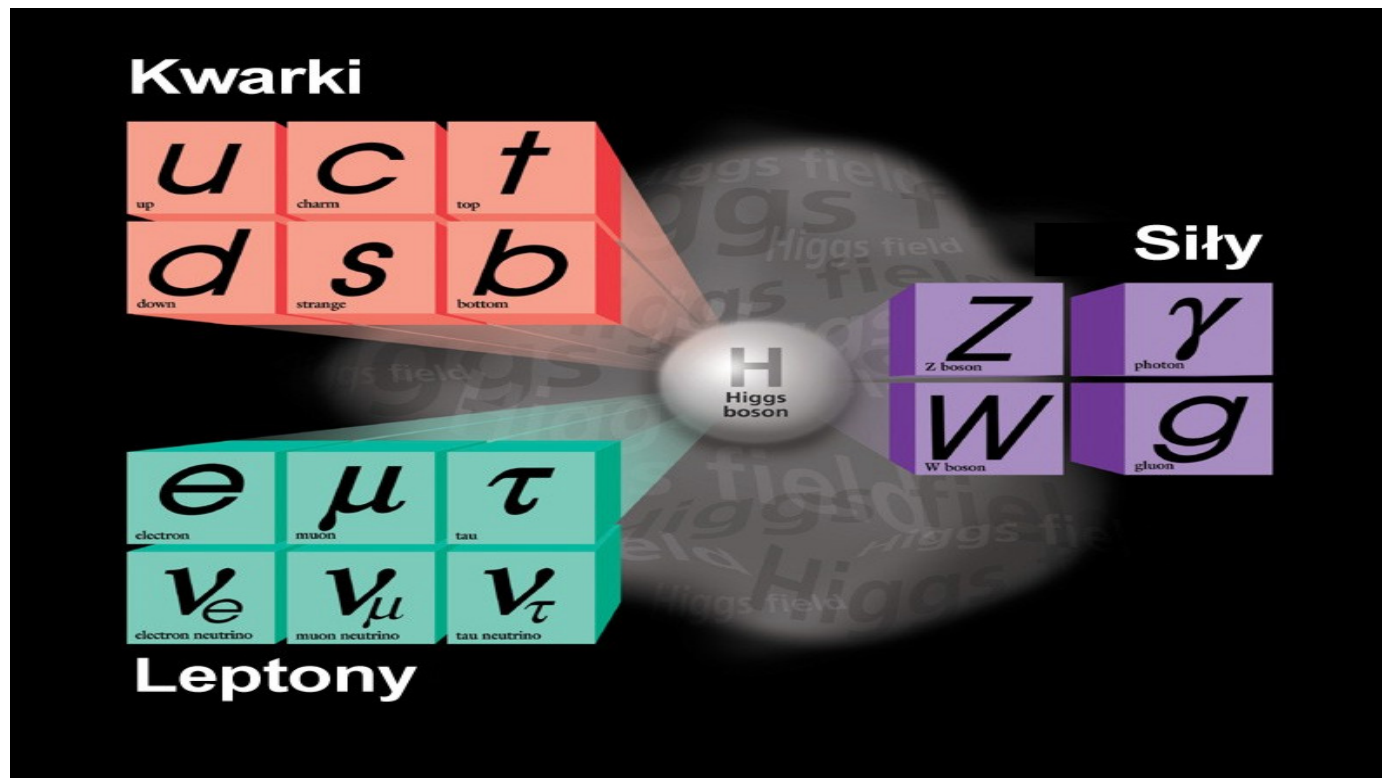
przez Henriego Becquerela, Marię Skłodowską-Curie i Piotra Curie - przełom XIX i XX wieku



Rozpad α - **oddziaływania silne**

Rozpad β - **oddziaływania słabe**

Rozdział otwarty przez Becquerela i małżeństwo Curie zostaje zamknięty (prawie) w końcu XX wieku dzięki powstaniu teorii oddziaływań elementarnych, zwanej **Modelem Standardowym**



C
E
R
N

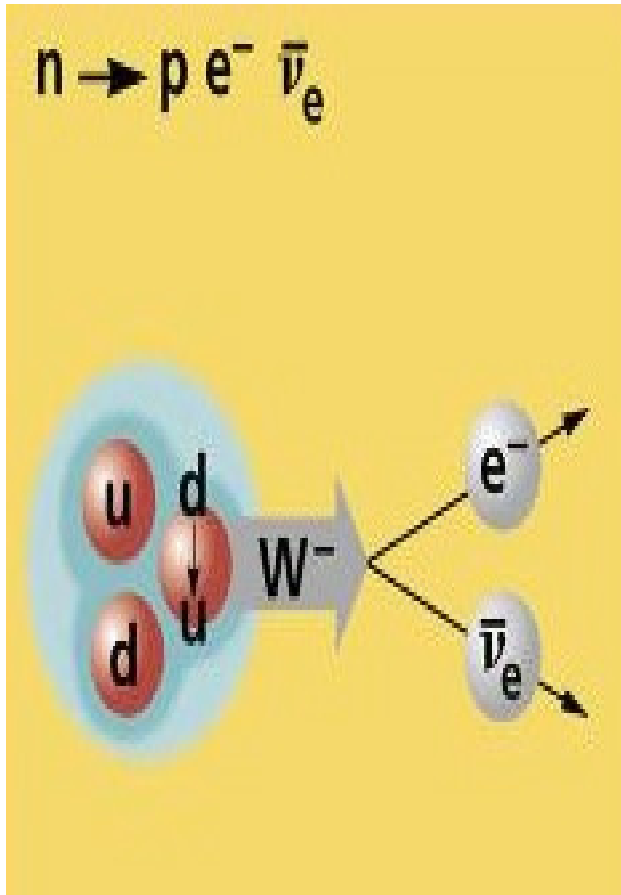
Formalizm matematyczny Modelu Standardowego to kwantowa teoria pola

Na Model Standardowy składają się:

- **chromodynamika kwantowa – teoria oddziaływań silnych**
- **teoria elektroslaba – zunifikowana teoria oddziaływań słabych i elektromagnetycznych**

**Fundamentalną rolę w teorii odgrywają
symetrie przyrody – ścisłe i naruszone**

W ramach Modelu Standardowego zostaje ostatecznie zrozumiany rozpad promieniotwórczy β ; jest on ściśle powiązany z oddziaływaniami elektromagnetycznymi



Analogia do wymiany fotonu; różnica polega na tym, że cząstki W są bardzo ciężkie.

Próżnia nie jest próżnią - jest w niej pole Higgsa i oddziaływanie z nim jest źródłem masy W ; foton nie oddziałuje z polem Higgsa.

Model Standardowy wyjaśnia także pochodzenie masy elementarnych fermionów, np. elektronu: jej źródłem jest również oddziaływanie z polem Higgsa

Mechanizm ten jako pierwotne źródło masy w przyrodzie jest ostatnim elementem Modelu Standardowego, który czeka na potwierdzenie doświadczalne

Pamiętamy, że

Newton wprowadził pojęcie masy m

(Einstein: energii spoczynkowej $E = mc^2$)

przez podanie drugiej zasady dynamiki:

masa to wielkość ^{$E = mc$} charakteryzująca bezwładność ciała przy zmianie jego ruchu.

ale pozostało pytanie:

Skąd pochodzi masa np. elektronu?

Największa zagadka w „problemie masy” od czasów Newtona.

PIĄTA SIŁA? ODDZIAŁYWANIE Z POLEM HIGGSA?

Odpowiedź w doświadczeniach w Europejskim Laboratorium Fizyki Cząstek (CERN) w Genewie, gdzie jest budowany nowy akcelerator cząstek, zwany Large Hadron Collider (LHC)?



Czy Model Standardowy może być teorią wszystkiego?

Mało prawdopodobne...

Choć poprawnie opisuje wszystkie dotychczasowe doświadczenia laboratoryjne, to jednak jego struktura dostarcza silnych argumentów teoretycznych za istnieniem głębszej teorii.

Argumentów empirycznych dostarcza kosmologia!

Zrozumienie mechanizmu generacji masy cząstek w doświadczeniach w LHC będzie pomostem do głębszej teorii, której dobrym przybliżeniem jest Model Standardowy

Punkt zwrotny – fizyka powyżej skali masy bozonów W i Z jest na razie dobrze “ukryta” - dlatego oczekujemy na doświadczenia w LHC z tak wielkim zainteresowaniem

Oddziaływania elementarne i historia Wszechświata

PARADOKSALNY ZWIĄZEK?

Skale odległości:

- **struktura materii poznana do** **10^{-18} m**
(jedna miliardowa miliardowej metra)
- **rozmiar Wszechświata** **10^{25} m**

Podstawowy fakt empiryczny:

Wszechświat rozszerza się.

Kiedyś był bardzo mały i bardzo gorący.

Obecne w nim cząstki zderzały się z ogromnymi energiami.

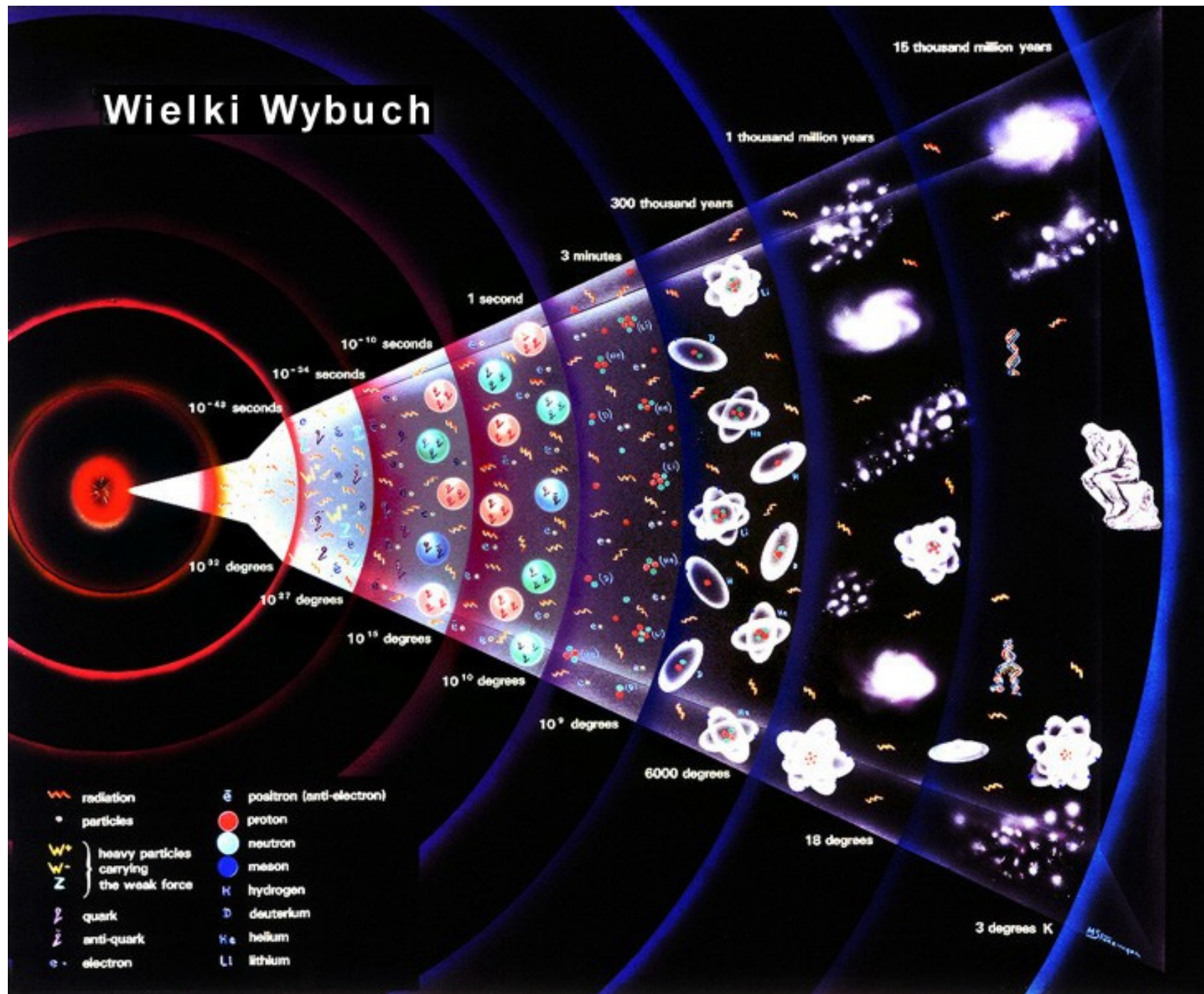
Zachodzące procesy były konsekwencją praw rządzących fizyką oddziaływań elementarnych!

Wielki Wybuch – chwila, w której Wszechświat stał się bardzo gorący i zaczął stygnąć na skutek rozszerzania się.

Po jednej sekundzie zaczęły tworzyć się pierwiastki (nukleosynteza) –
typowa energia zderzeń cząstek była wtedy rzędu masy protonu, a więc charakterystyczna dla fizyki jądrowej.

Po 400 000 latach powstały atomy (rekombinacja) -
typowa energia zderzeń była wtedy rzędu kilku elektronowoltów.

Wielki Wybuch

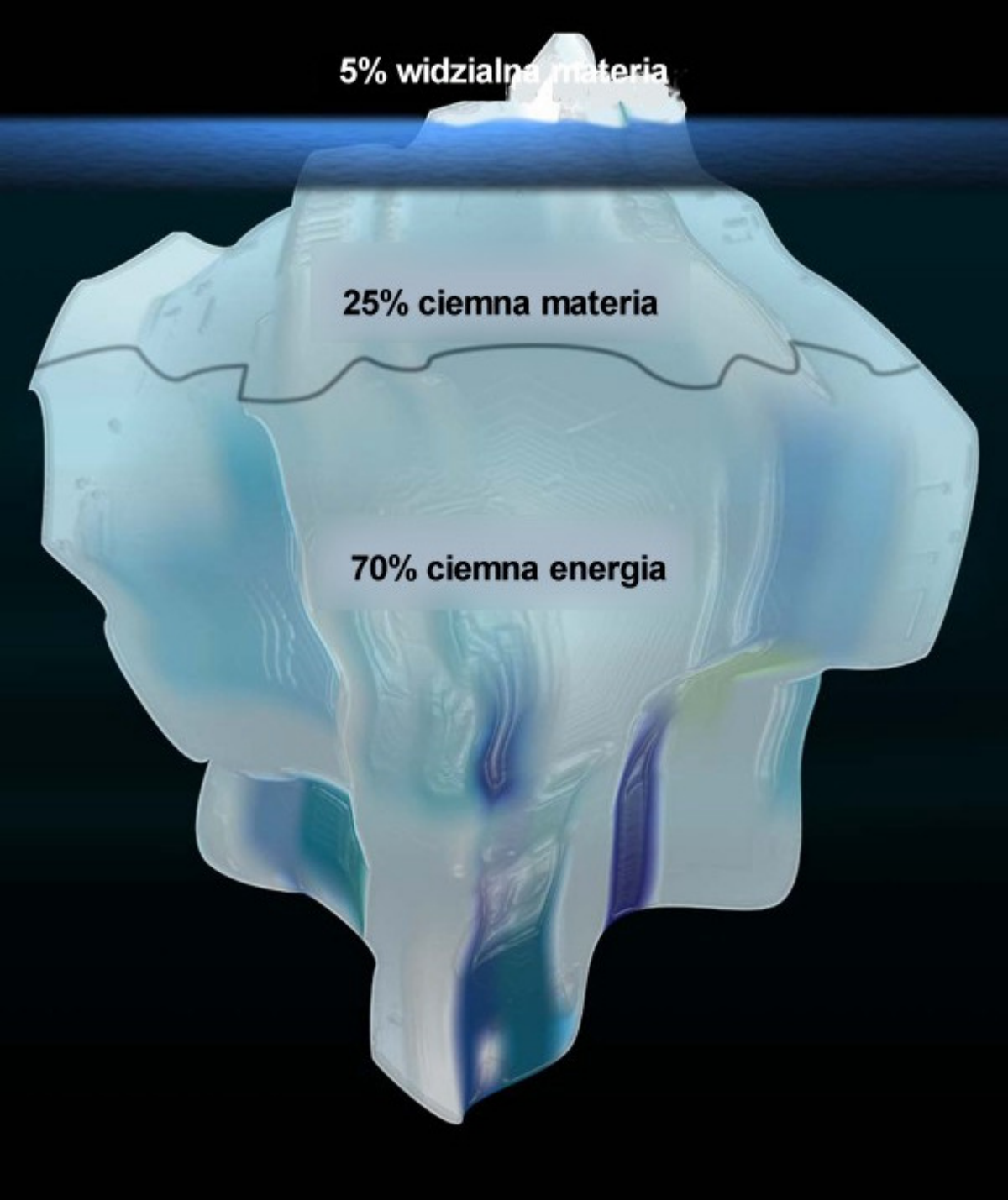


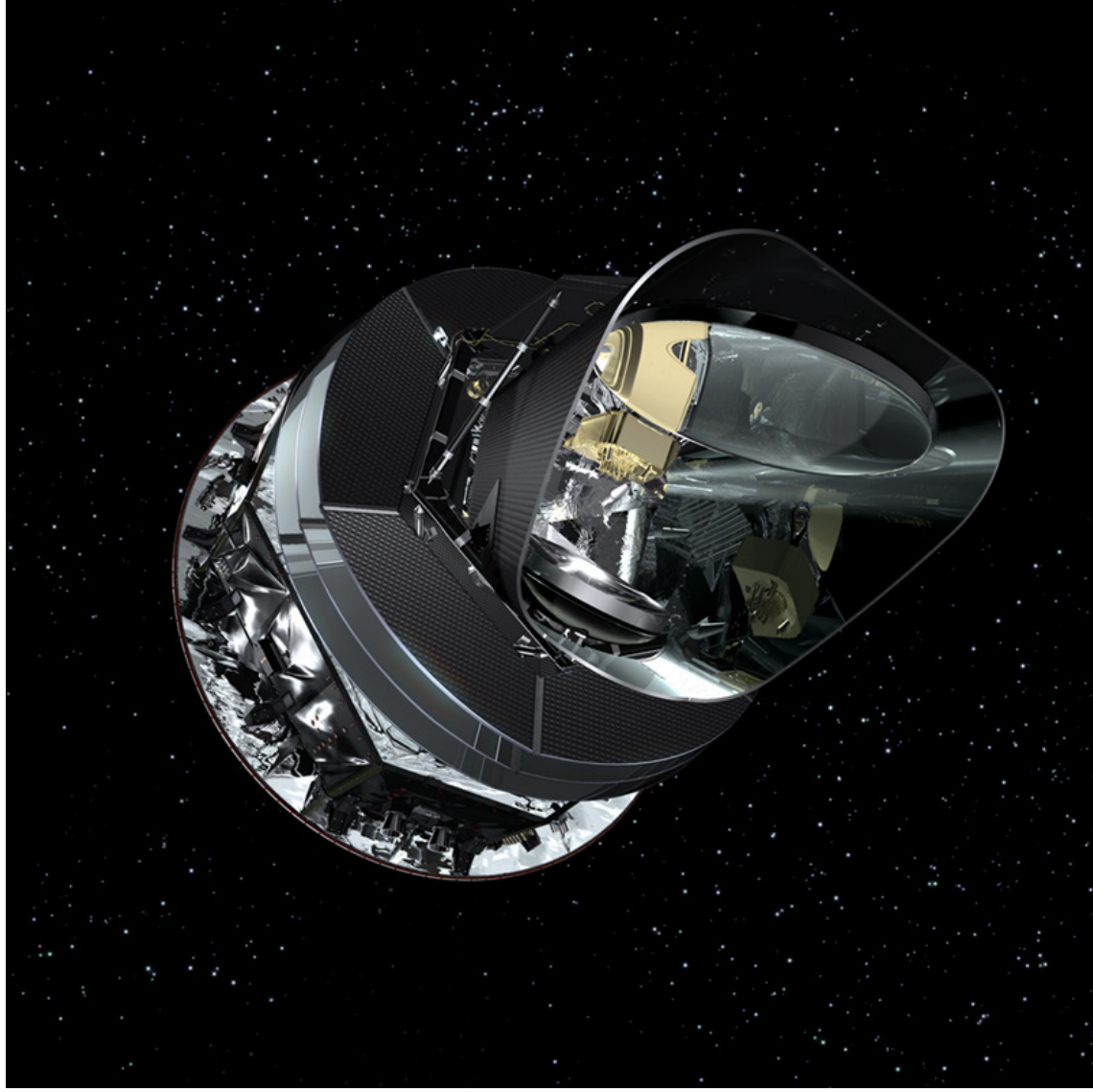
Maksymalne energie zderzeń osiągnięte dotychczas w CERN-ie były typowe dla zderzeń cząstek we Wszechświecie w czasie **jednej miliardowej części sekundy po Wielkim Wybuchu.**

Wszystkie zjawiska, które zaszły we Wszechświecie po tej chwili dają się zrozumieć dzięki istniejącej teorii oddziaływań elementarnych - Modelowi Standardowemu!

Obserwacje Wszechświata wskazują jednak, że bardzo ważne zjawiska nie dają się wyjaśnić w ramach Modelu Standardowego i musiały zajść wcześniej niż jedna miliardowa część sekundy:

- znikła wtedy antymateria,**
- ustalony został zaskakujący skład materii (energii) Wszechświata, w którym znana materia stanowi jedynie 5% całkowitej energii a reszta jest czymś nieznanym.**



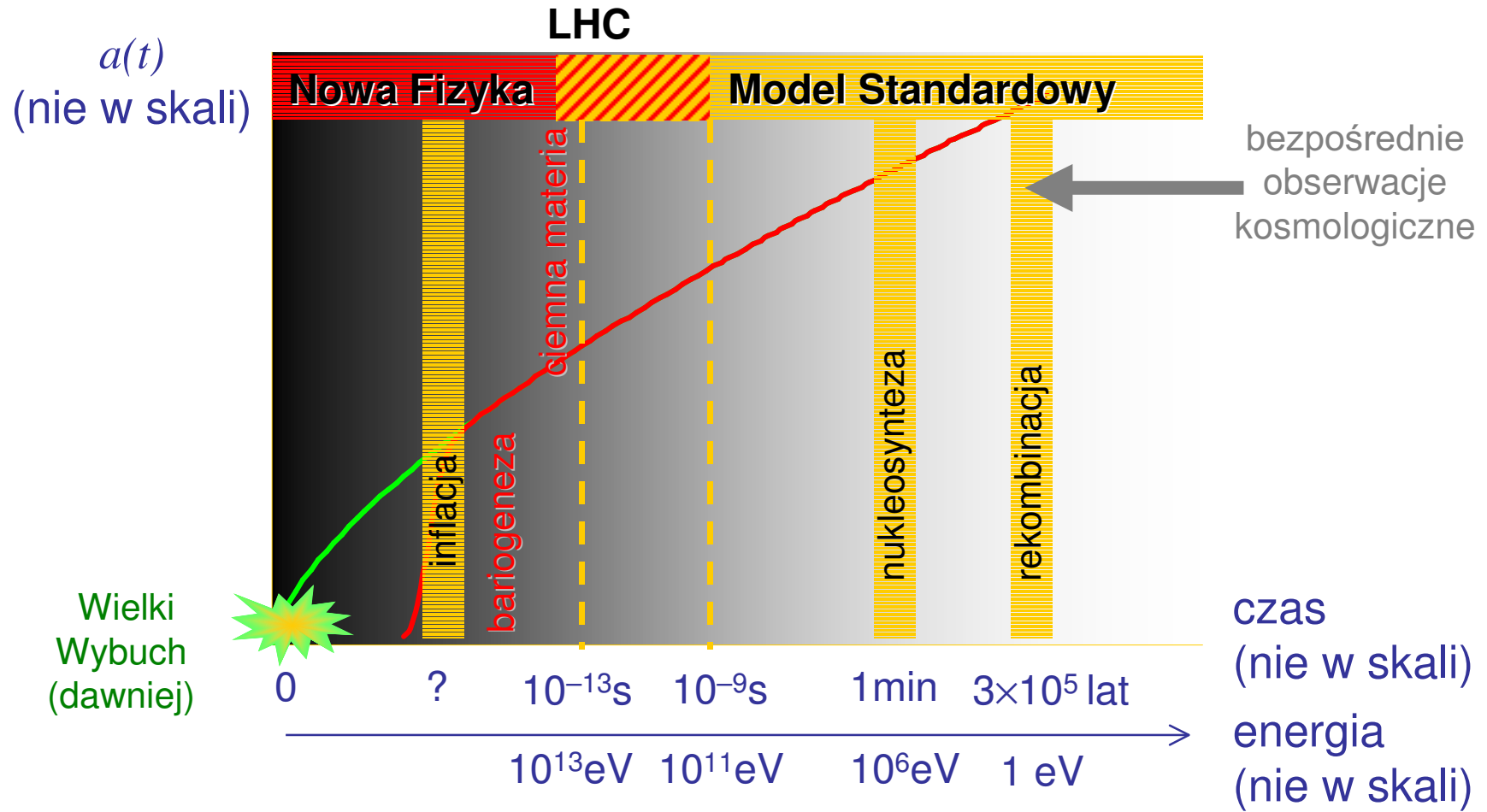


Potrzebna jest więc głębsza teoria oddziaływań elementarnych, która wyjaśni te zagadki!

W LHC zderzać się będą cząstki z energiami typowymi dla zderzeń cząstek we Wszechświecie zachodzącymi w czasie jednej dziesięciotysięcznej z jednej miliardowej części sekundy po Wielkim Wybuchu.

Są bardzo silne argumenty teoretyczne za tym, że właśnie w tym czasie ustalony został skład materii we Wszechświecie.

Cząstki i kosmologia



CEL EKSPERYMENTÓW W LHC

- odkrycie pola Higgsa,
- odkrycie nowego rodzaju materii, o której istnieniu wiemy na razie tylko pośrednio z obserwacji Wszechświata.

Jednocześnie, będzie to krok w kierunku rozszerzenia istniejącej teorii oddziaływań elementarnych na zjawiska zachodzące przy jeszcze większych energiach, a więc na odległościach mniejszych niż jedna miliardowa miliardowej części metra.

WIEK XXI

KOLEJNY (PO STU LATACH) NOWY ROZDZIAŁ

W FIZYCE ODDZIAŁYWAŃ ELEMENTARNYCH?