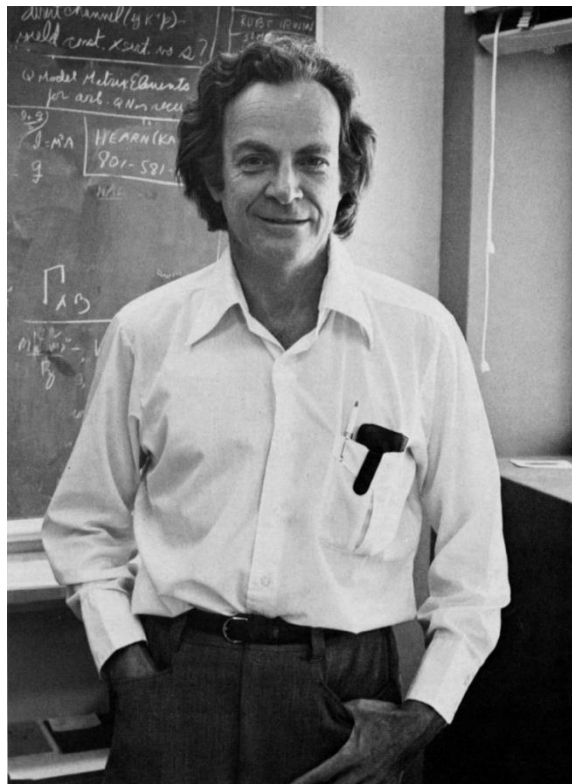


Model Standardowy cząstek elementarnych - współczesna wersja atomizmu

Stanisław Mrówczyński

Narodowe Centrum Badań Jądrowych, Warszawa

Najważniejsze zdanie z całości naszej wiedzy

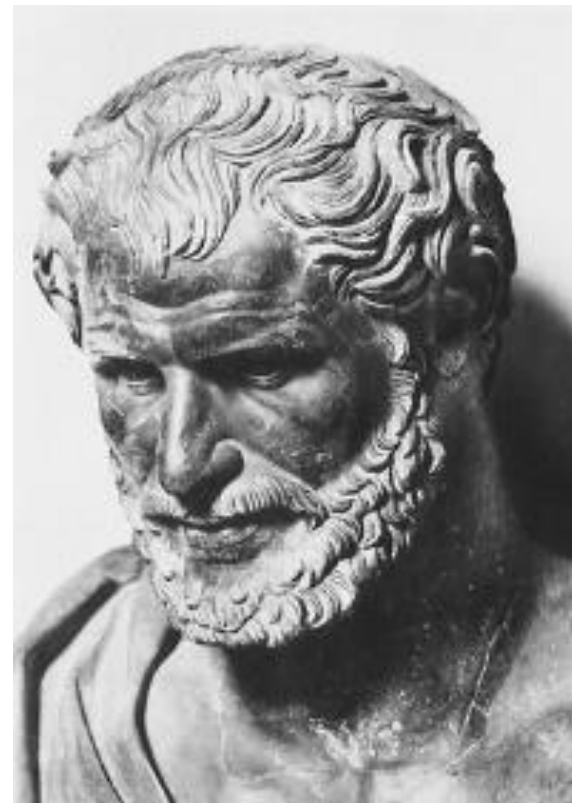


*Świat zbudowany
jest z atomów.*

Richard Feynman (1908-1988)

Zaczęło się w starożytnej Grecji

*Całą przyrodę tworzą
niepodzielne atomy.*



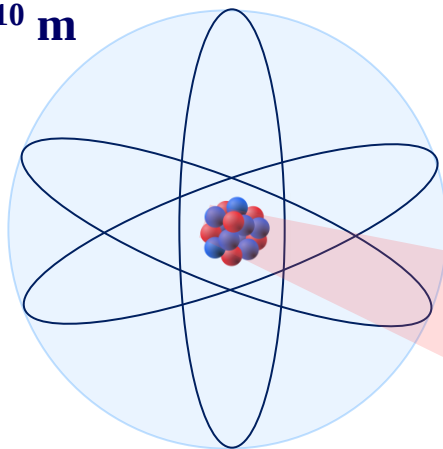
Demokryt z Abdery (ok. 460 - 370 p.n.e.)

Atomistyczna hipoteza

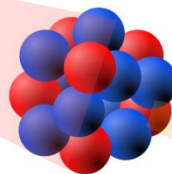
*Złożone struktury tworzone
są przez elementarne składniki.*

Struktura materii

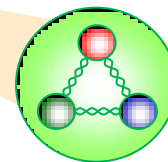
atom
 $\sim 10^{-10}$ m



jądro atomowe
 $\sim 10^{-14}$ m



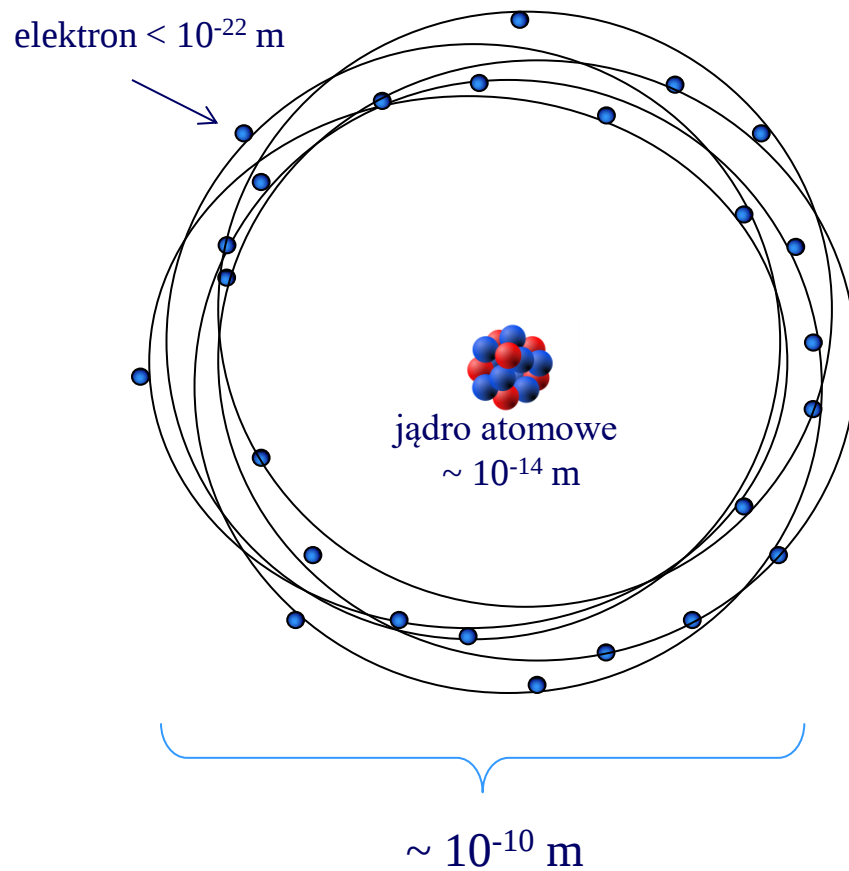
nukleon
 $\sim 10^{-15}$ m



kwark $< 10^{-19}$ m

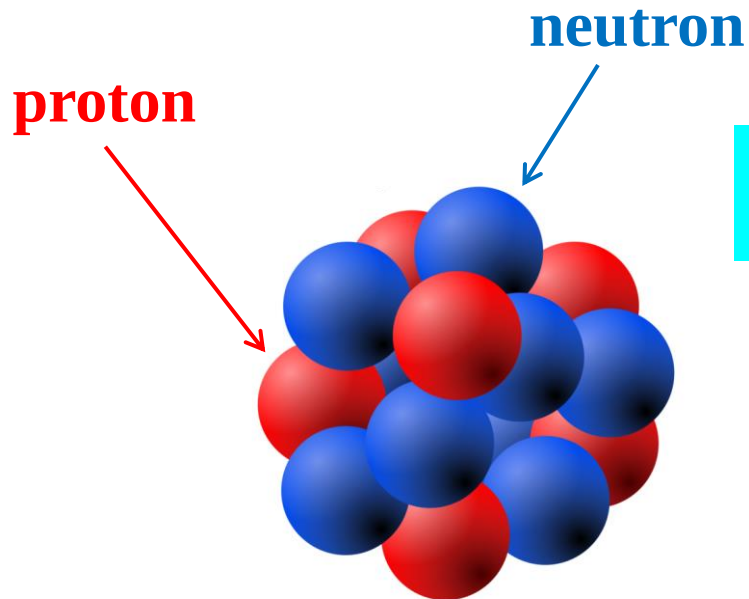


Atom



Atom jest elektrycznie neutralny

Jądro atomowe



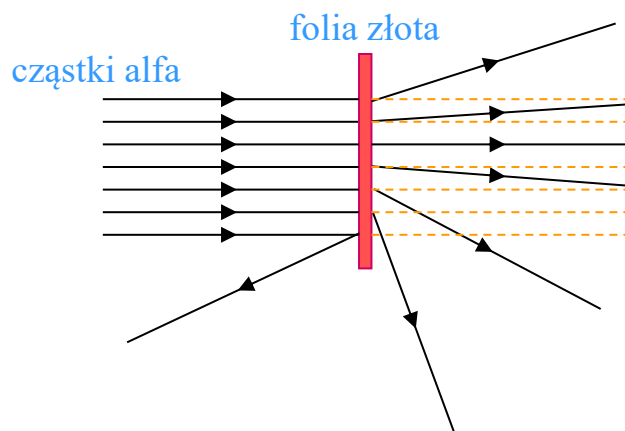
liczba protonów w jądrze jest równa
liczbie elektronów w atomie

Triumf atomizmu

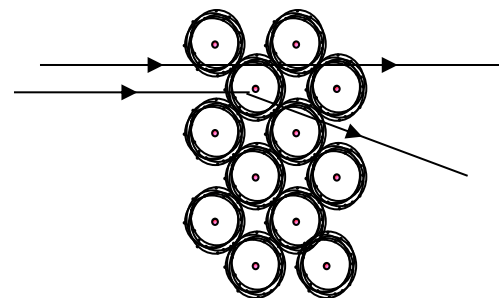
*Cała otaczająca nas materia, występująca
w najprzeróżniejszych formach, zbudowana
jest z trzech zaledwie składników:
elektronów, protonów i neutronów.*

Poznanawanie przez zderzanie

Doświadczenie Geigera-Marsdena 1909



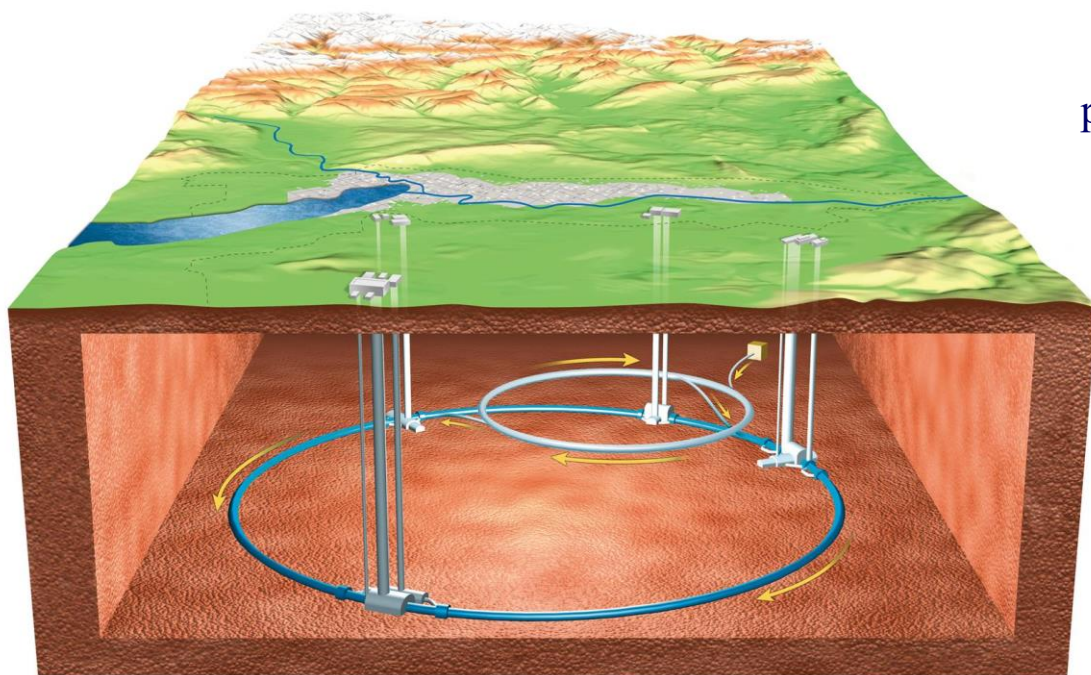
Atomowa struktura materii



Akcelerator

LHC - Wielki Zderzacz Hadronów

Największe urządzenie badawcze zbudowane przez człowieka



LHC przyspiesza dwie
przeciwbieżne wiązki
protonów każdą do energii 7 TeV
(prędkości 0.99999999 c)

koszt budowy ~ 17 mld zł

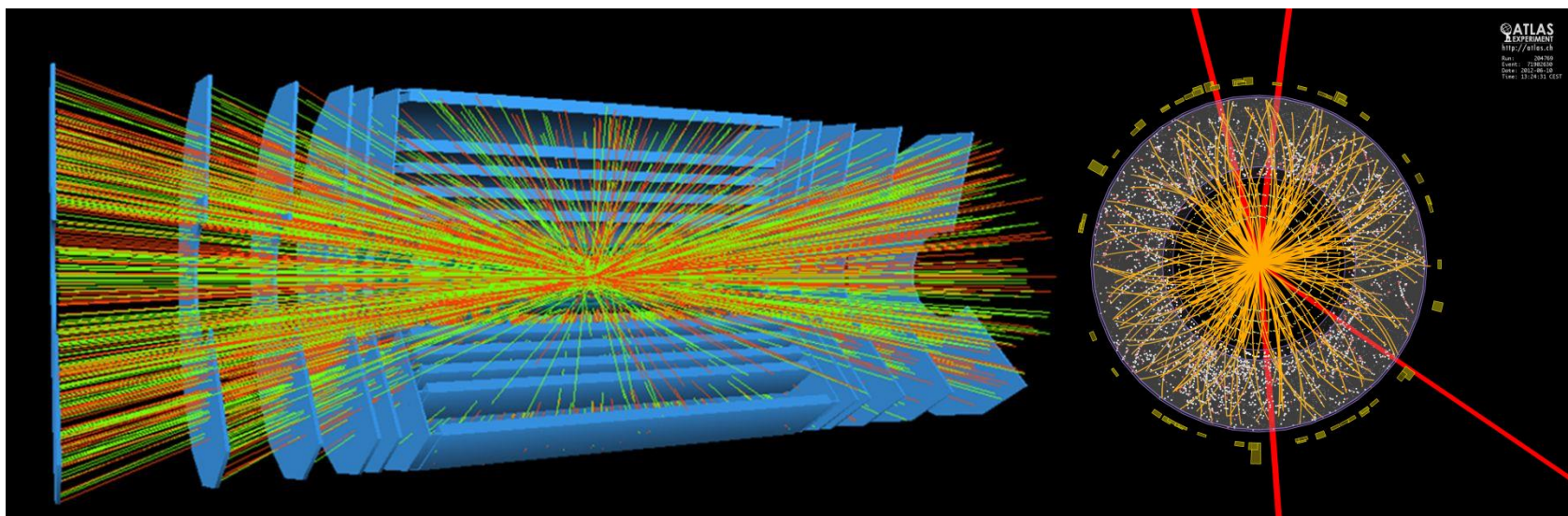
LHC - Wielki Zderzacz Hadronów

Długość tunelu 27 km



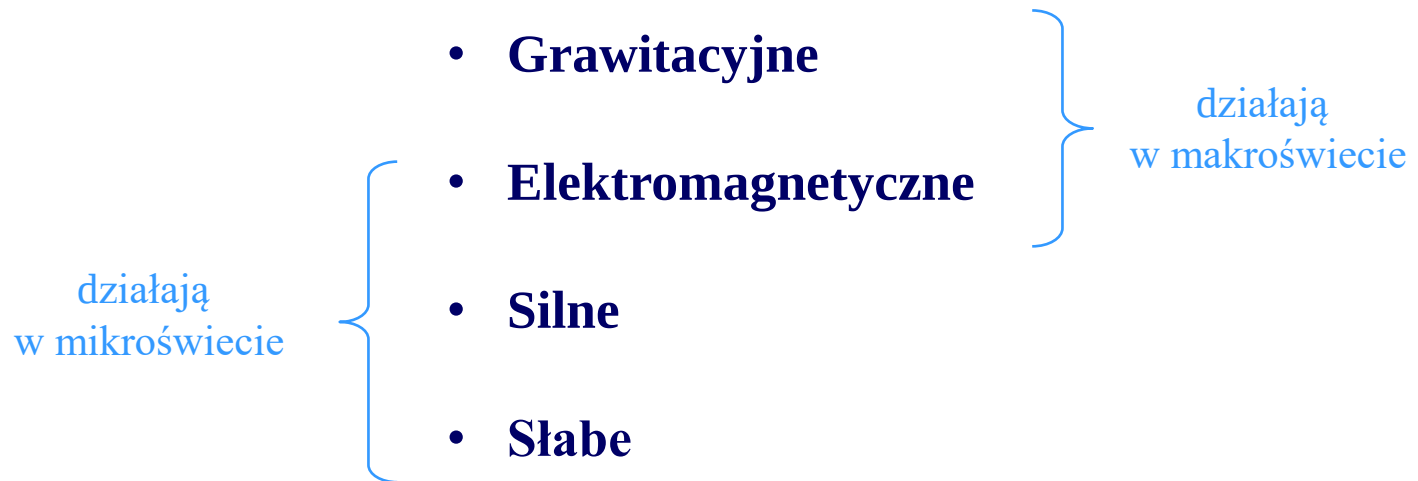
1600 nadprzewodzących
magnesów kieruje wiązkami

LHC - Wielki Zderzacz Hadronów

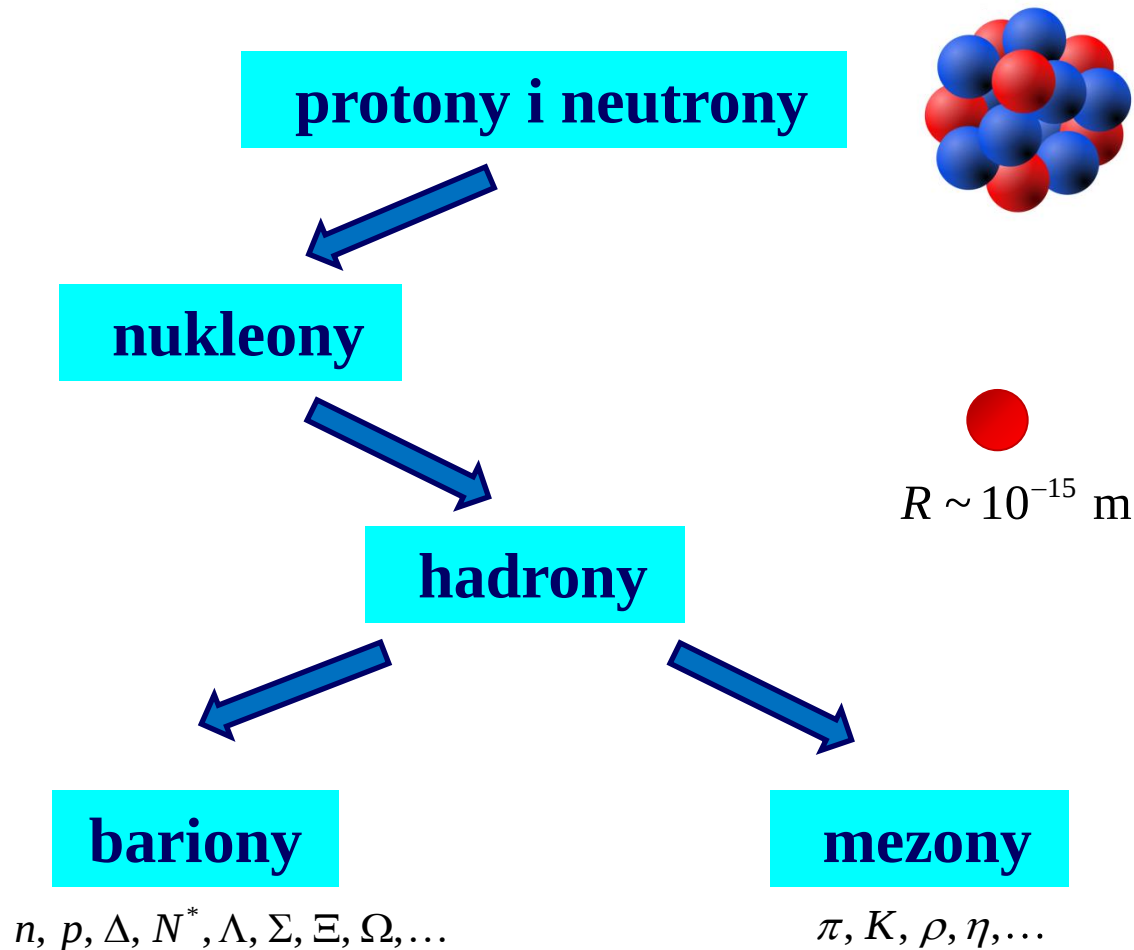


W jednym zderzeniu rozpędzonych protonów rodzi się nieraz tysiące cząstek.

Siły przyrody



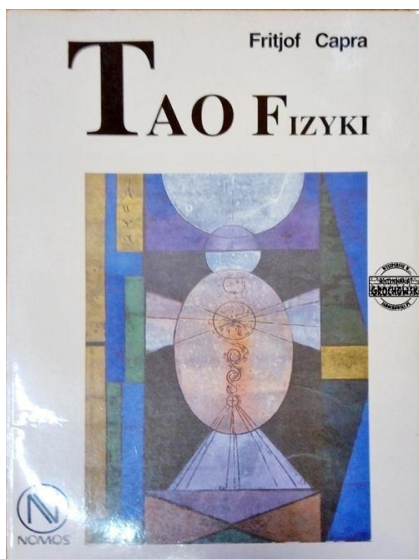
Hadrony – oddziałują silnie



Hadrony – kryzys atomizmu

Wielka mnogość hadronów

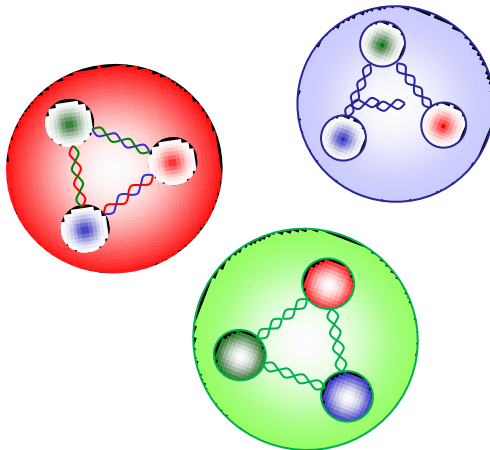
Czy wszystkie są elementarne?



A jednak atomizm - kwarki

bariony

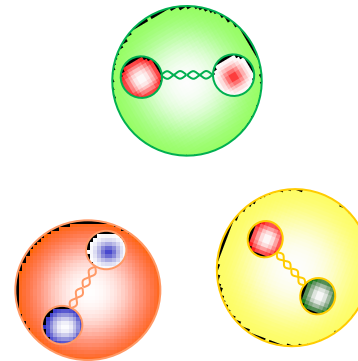
$n, p, \Delta, N^*, \Lambda, \Sigma, \Xi, \Omega, \dots$



3 kwarki

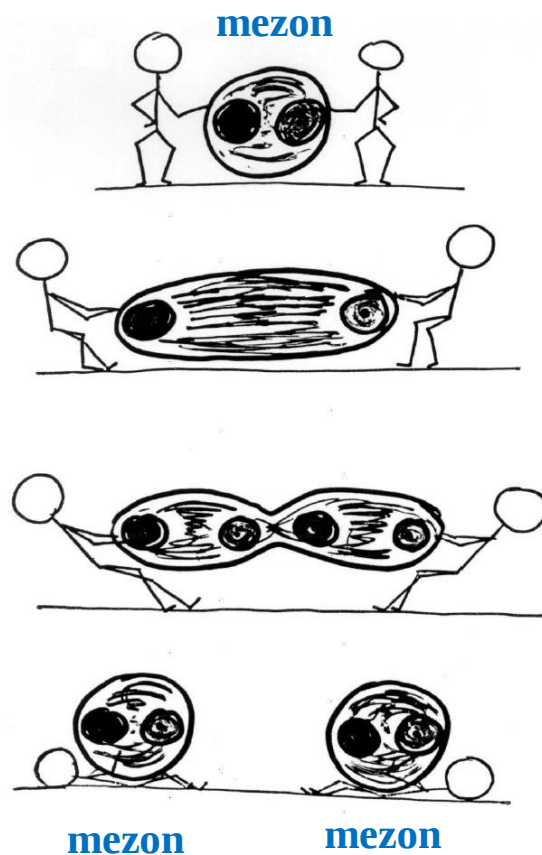
mezony

$\pi, K, \rho, \eta, \dots$



kwark i antykwark

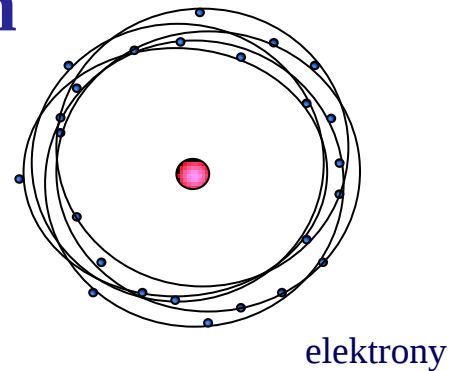
Kwarki - składniki doskonałe



Kwarki są uwięzione w hadronach.

Leptony

Atom



elektrony e

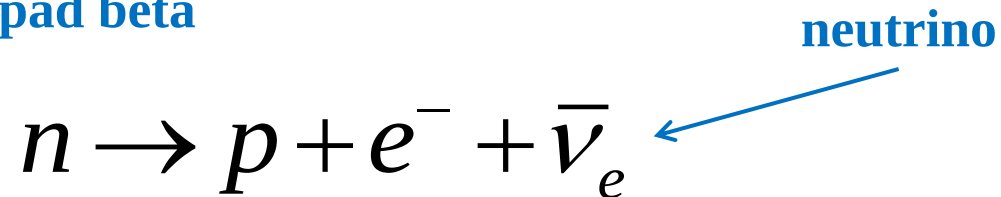
miony μ

tauony τ

Leptony są punktowe.

Leptony chodzą parami

Rozpad beta



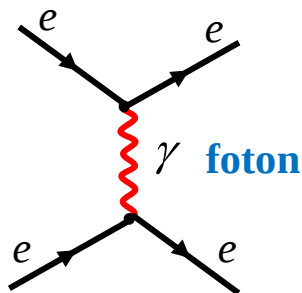
polowanie na nieuchwytnie neutrino 1930 - 1956

3 pary neutrin

$$\begin{pmatrix} e \\ \nu_e \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} \mu \\ \nu_\mu \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} \tau \\ \nu_\tau \end{pmatrix}$$

Nośniki sił

Oddziaływanie dwóch elektronów odbywa się przez wymianę fotonów

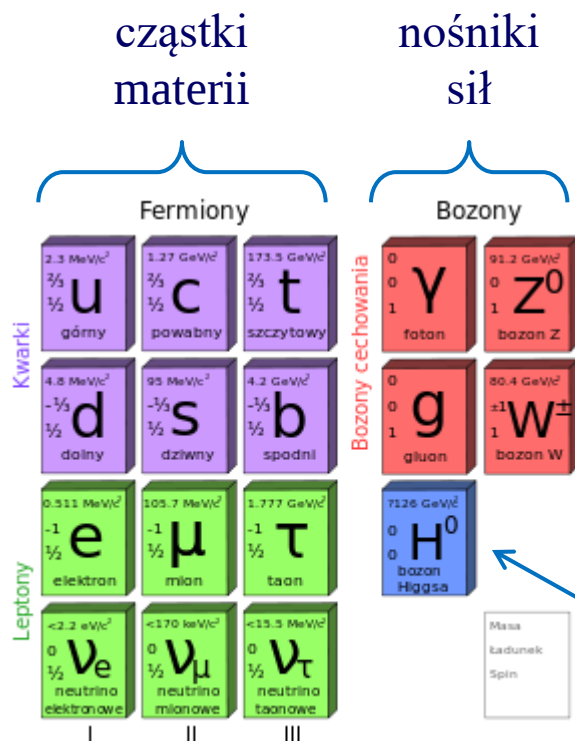


Za występowanie sił przyrody
odpowiedzialne są cząstki – nośniki sił

$$\gamma, Z^0, W^{\pm}, g$$

Model Standardowy

Suma naszej wiedzy o mikroświecie



Ostatni element układanki – LHC 2012

bozon Higgsa

Co dalej?

Coraz trudniejsze pytania

Czy hadrony to tylko bariony (q, q, q) i mezony $(q, \bar{q})$?

Dlaczego kwarki są uwięzione w hadronach?

•
•
•

Dlaczego są 3 pokolenia kwarków i leptonów?

•
•
•

Co z grawitacją?

•
•
•

Dlaczego świat ma 1+3 wymiary ?

•
•
•