

# Model Standardowy cd. 12.03.08

Podsumowanie – cząstki  
fund. o spinie  $1/2 \hbar/(2\pi)$ ,  
 $\pi=3.14..$   
(umowa  $\sim (h \text{ kreślone}) \cdot \hbar/(2\pi) = 1$ )

Kwarki (wszystkie) :

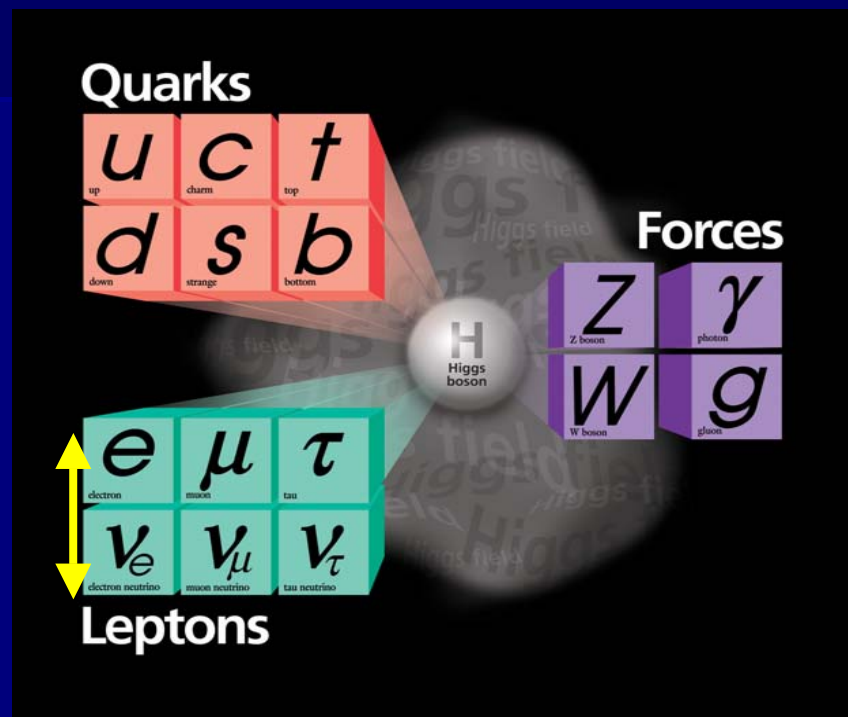
I. barionowa  $B=1/3$

Leptony (wszystkie) :

I. leptonowa  $L = 1$

Antykwarki  $B= -1/3$

antyleptony  $L= - 1$

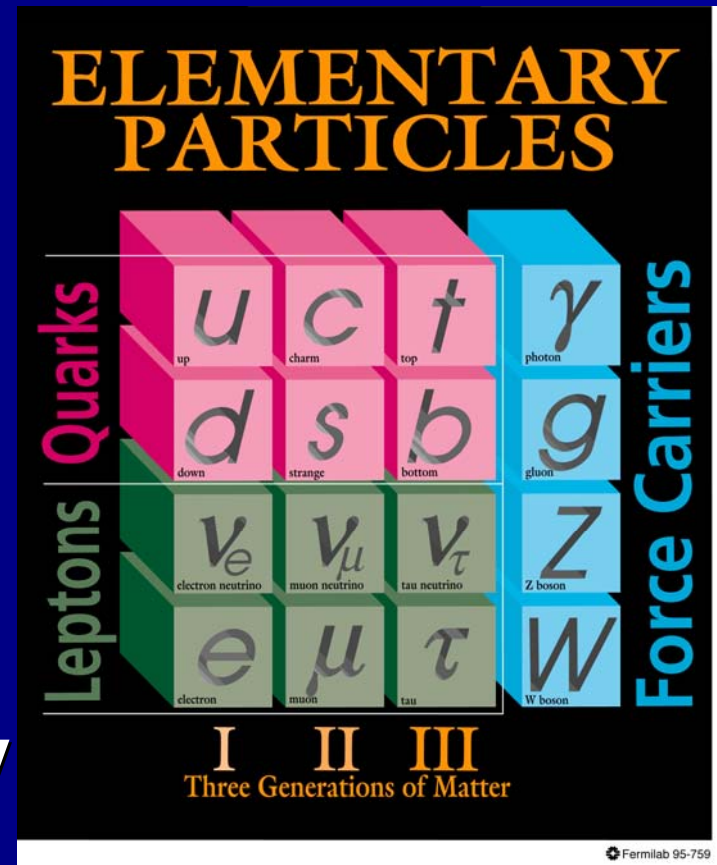


Leptony: indywidualne liczby  
kw.– elektronowa, muonowa i  
taonowa

# Top: 170.9 § 1.4 GeV !! *marzec 2008*

## ■ Masy:

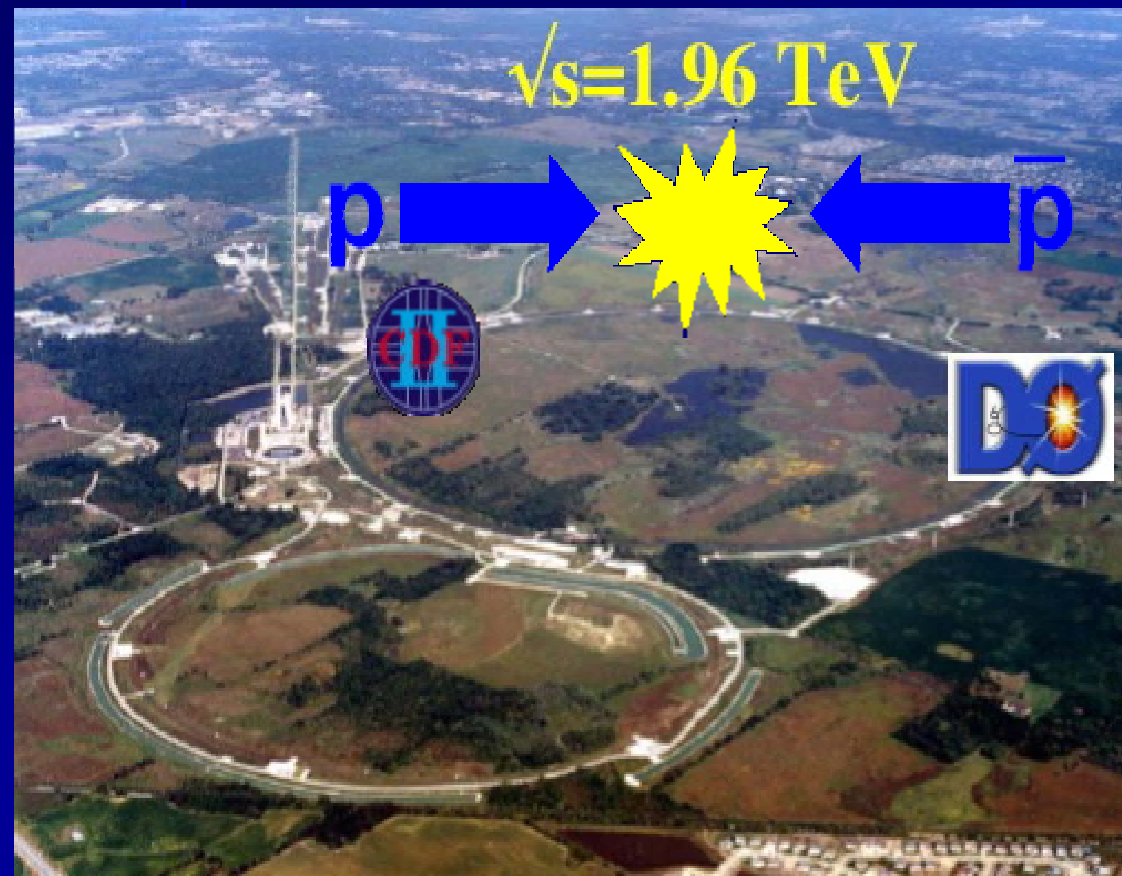
u	c	t
3 MeV	1.25 GeV	171 GeV
d	s	b
7 MeV	150 MeV *	4.5 GeV
$\nu_e$	$\nu_\mu$	$\nu_\tau$
$<5 \cdot 10^{-6}$ MeV	$<0.27$ MeV	$<31$ MeV
e (elektron)	$\mu$ (muon)	$\tau$ (taon)
0.511 MeV	105.7 MeV	1.78 GeV



# Nowe dane dośw.– masa top

FERMILAB, k. Chicago

$170.9 \pm 1.1 \pm 1.5 \text{ GeV}$



teoria (MS):  
wnioski dla  
cząstki Higgsa  
masa poniżej  
144 GeV!

# 3 generacje (rodziny)

- **Czy są dalsze?**  
Doświadczenie: raczej nie, o ile neutrino lekkie.  
Teoria: ?
- **To tablica cząstek fundamentalnych**  
Generacje uporządkowane ze względu na masy –  
I- najmniejsze masy, III- największe (bez głębszej zasady)
- **Skąd te masy ? Ekstremiści: kwark top i neutrino**  
(uwaga: neutrino i antyneutrino – to nie jest para cząstka-antycząstka)
- **Jak tablica atomów Mendelejewa, ale są istotne różnice**

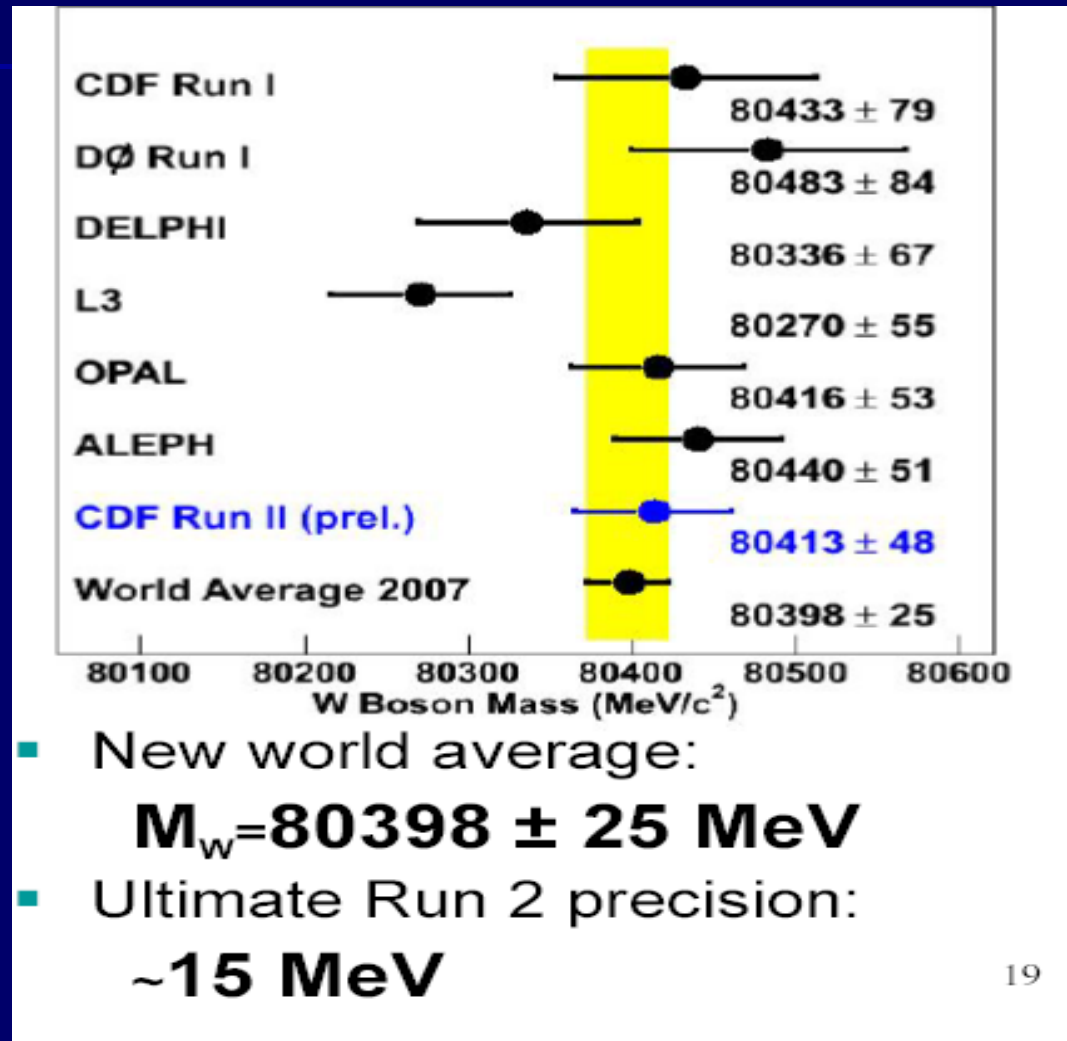
# Cząstki o spinie 1 – bozony

## wektorowe

Nazwa	symbol	ład. el.	masa
Bozon	$W^+$	+ 1	80.4 GeV
Bozon	$W^-$	- 1	80.4 GeV
Bozon	Z	0	91.2 GeV
Foton	$\gamma$	0	0
Gluony(8)	g	0	0

*(cząstki o spinie całkowitym – bozony)*

# Lato 2007 (dane z Tevatronu)



# Bozony pośredniczące

- $W^\pm/Z$  – b. masywne - ok. 100 razy masa protonu
- $W^\pm$  są wzajemnie dla siebie antycząstkami
- $\gamma$  i  $Z$  – są własnymi antycząstkami
- gluon<sub>a</sub>  $\bar{b}$  antycząstką do gluon<sub>a</sub>  $\bar{b}$
- grawiton – spin 2, ład. el. 0, masa 0 (własna antycząstka)

# Siły i oddziaływania

- Makroskopowo – dwie siły elektromagnetyczna i grawitacyjna mają długi zasięg (długi w porównaniu do rozmiaru nukleonu)
- Mikroświat – dodatkowo siły jądrowe i słabe
  - siły jądrowe które wiążą nukleony (jądrowe) o zasięgu  $10^{-13}$  cm =  $10^{-15}$  m;  
gdy działają między kwarkami -> siły kolorowe (wymiana gluonów), zasięg podobny
  - siły słabe – rozpad neutronu, zasięg jeszcze mniejszy;  
działają między kwarkami i leptonami poprzez wymianę bozonów pośredniczących W / Z
- Pola  $\leftrightarrow$  cząstki (Einstein 1905)  
Promieniowanie elektromagnetyczne - strumień fotonów,  
A samo pole elektromagnetyczne np. statyczne? Pole el. wokół protonu -  
czy też możemy wyobrazić sobie jako zbiór fotonów?

Odpowiedź: Też ale trochę innych, „poza powłoka masy”, tzn z niezerową masą.  
Tu jest stały bal: wysyłanie i pochłanianie tych fotonów. W mechanice kwantowej  
takie procesy są możliwe w krótkich przedziałach czasowych...  
Ale jeśli elektron może spotkać taki foton, i zmienić jego pęd i energię



# Siły -> oddziaływania

- Oddziaływania = emisja i pochłanianie bozonów (foton, W/Z, gluon..) i wymiana ich z inną cząstką (-ami)
  - Klasyfikacja: historycznie wg „siły” (strength) inaczej natężenia:
    - grawitacyjne i el-mag – bardzo różne  
grawitacja b. słaba, np dwa protony  
 $10^{36}$  silniej oddz. el-m niż grawitacyjnie  
ale grawitacja dużych obiektów -> efekty
- Silne > elektromagnetyczne > słabe > grawitacyjne**

# ALE, natężenie oddz. zależy od energii !

- Silne słabną i mogą być porównywalne z el-  
m dla dużych energii
- Słabe dla energii poniżej 1 GeV

tak słabe, że neutrina przechodzą przez całą Ziemię praktycznie bez oddziaływań ale dla energii 10 TeV

oddz. ich porównywalne z el-m!

Oddziaływanie cz. Higgsa ...,

- W procesach mogą uczestniczyć W/Z i fotony, więc ich charakter mieszany

# Klasyfikacja: „stałe” sprzeżenia

- Parametr opisujący elementarny akt oddziaływania np.

$$e \rightarrow e \gamma \quad e \gamma \rightarrow e$$

$$e \rightarrow \nu_e W^- \quad \nu_e \rightarrow e W^+$$

$$d \rightarrow u W^- \quad t \rightarrow d + W^+$$

$$d \rightarrow d Z \quad Z \rightarrow \nu \bar{\nu}$$

$$u_r \rightarrow u_g + g_{r,\text{anti-g}}$$

- sprzeżenia (niskie energie):

$$el-m \ (\alpha_{el} = e^2/4 \pi = 1/137)$$

$$strong \ (color) \ g \ (\alpha_s = g^2/4 \pi = 1)$$

# Mechanika kwantowa.

## Mieszanie

- Prawa mechaniki kwantowej różnią się od praw Newtona opisujących mechanikę klasyczną. Chociaż są graniczne przypadki (b. masywne cząstki) gdy opis klasyczny.
- Mechanika kw. – tu nie wyznaczamy trajektorii ruchu, ale prawdopodobieństwa procesów. Więc trajektoria – realizowana z pewnym prawdopodobieństwem.  
I nie śledzimy przecież ruchu poszczególnych cząstek

# Dwie szczeliny

- Światło –  
fala (Huygens) czy cząstka (Newton)?  
I to i to..., ale lepiej uznać, że pytamy  
nie tyle o istotę światła ale o to jaki  
aparatus (pojęcia) możemy zastosować  
do opisu.

Fale interferują ze sobą

Foton – cząstka światła, ale prawa ruchu  
jak dla fali... (jak dźwięk)