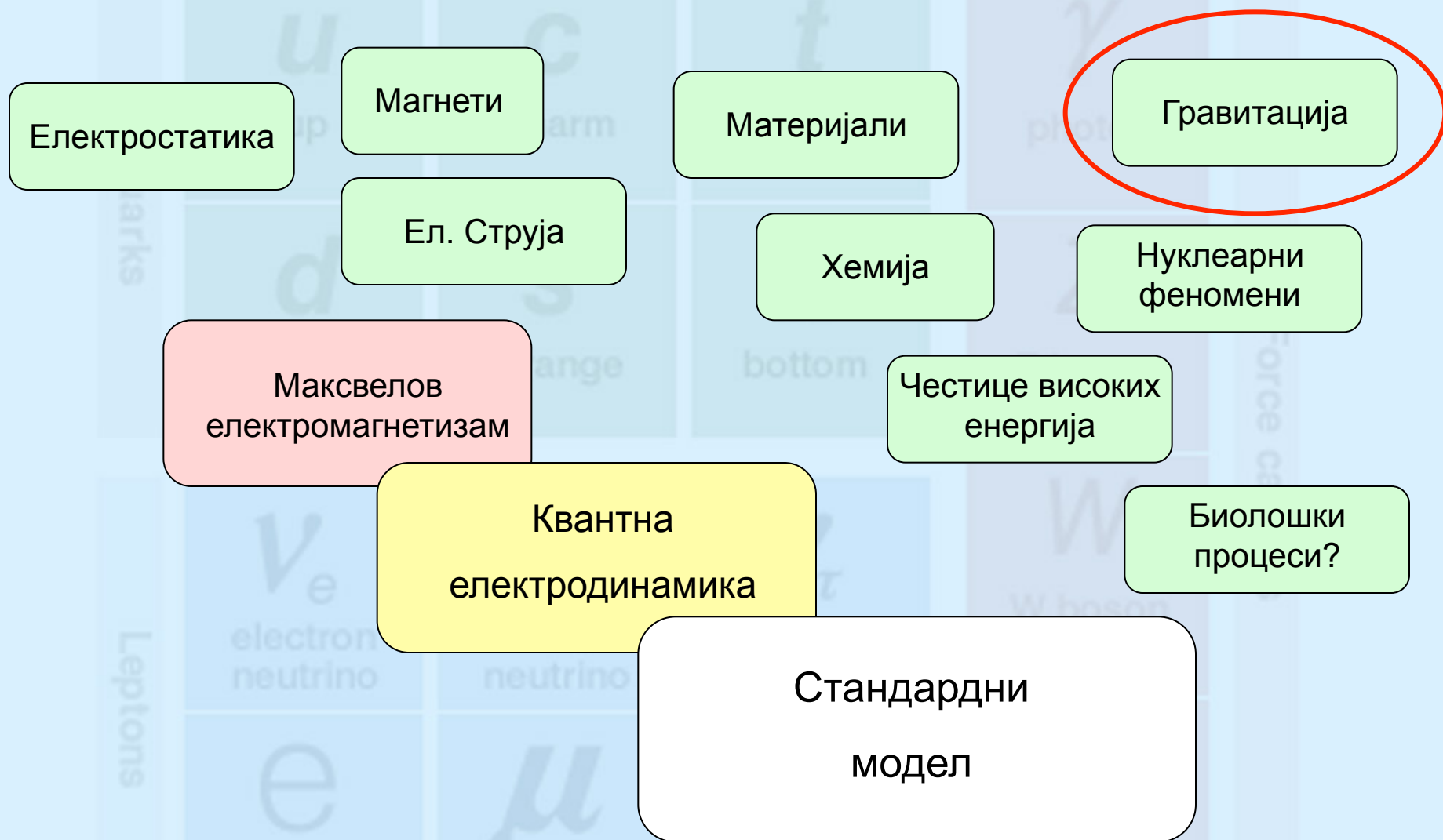


	Fermions			Bosons	
Quarks	u up	c charm	t top	γ photon	Force carriers
	d down	s strange	b bottom	Z Z boson	
Leptons	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	W W boson	
	e electron	μ muon	τ tau	g gluon	

Стандардни модел

Glashow (1960), Weinberg, Salam (1967), ...

Врхунац досадашње егзактне науке



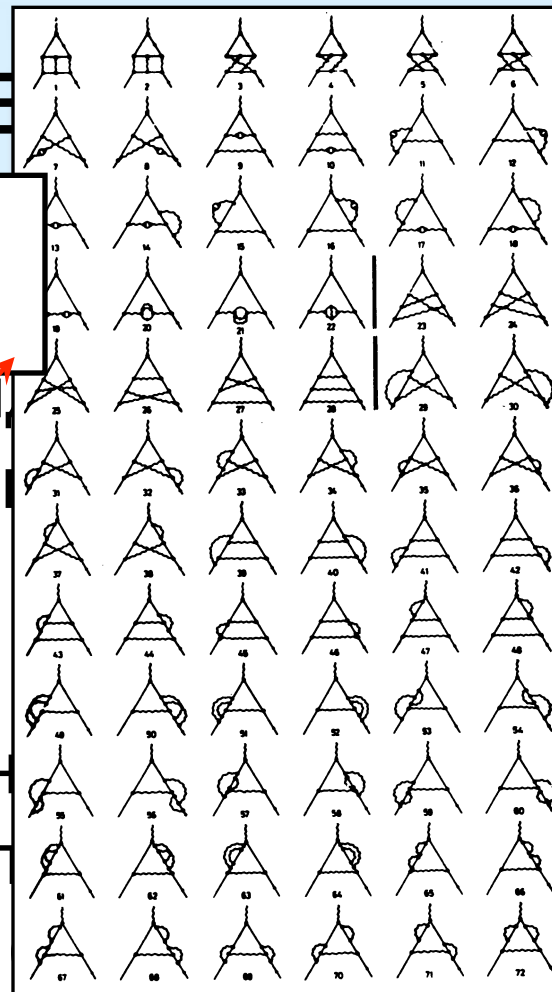
Обухвата

- Принципе:
 - квантна физика/квантна теорија поља
 - симетрије (просторне, унутрашње, локалне)
 - 90% физике (особине честица, закони одржања, карактеристике интеракција...)
 - Експерименталне податке-”улазе”:
- просторна Поинкаре симетрија
 - импулс (маса)
 - спин
 - унутрашња локализована $U(1) \times SU(2) \times SU(3)$
 - вредности маса, константи интеракције...
 - хипер набој, (слаби) изоспин, боја

Изузетна “предиктивност”

- Помоћу малог скупа малтене све што можемо да видимо измеримо (изузев гравитације, осцилација и пар космолошких
- Све то често са фасцинантном измерени и израчунати магнетног електрона је најбоље слагање експеримента у историји науке 159 652 180 85 (76), са десетак значајних цифара које се подударају)

Преко 100 десетоструких интеграла!



Елементарне честице

Гравитон
(спин = 2) ?

Честице “материје”
- фермиони
(спин = $\frac{1}{2}$)

Преносиоци сила
- бозони спина = 1

+ античестице

Лептони
(необојени)

кваркови
(**о**бојени)

Хигсов бозон ?
- скалар, тј. спин = 0

Лептони

Важи одржање лептонског броја за сваку од фамилија.

Leptons spin = 1/2		
Flavor	Mass GeV/c ²	Electric charge
ν_e electron neutrino	$<1 \times 10^{-8}$	0
e electron	0.000511	-1
ν_μ muon neutrino	<0.0002	0
μ muon	0.106	-1
ν_τ tau neutrino	<0.02	0
τ tau	1.7771	-1

(слаби)
изоспин

Неутрини (по основној верзији стандарног модела) немају масу и не постоје лесни неутрини:

↑ 1/2

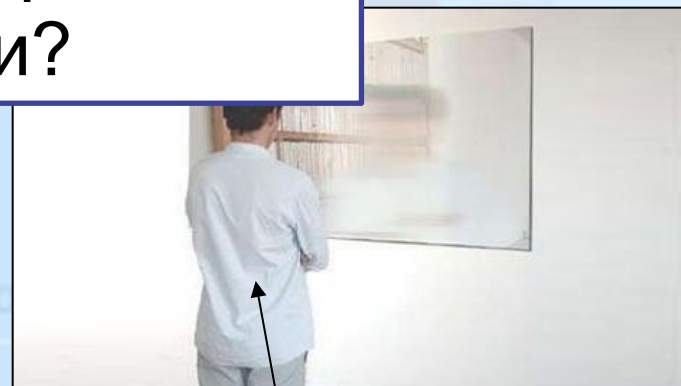
А можда су и бржи од светлости?

↑ 1/2

↓ -1/2

↑ 1/2

↓ -1/2



Госн. неутрино

Кваркови

Quarks $\text{spin} = 1/2$		
Flavor	Approx. Mass GeV/c^2	Electric charge
u up	0.003	2/3
d down	0.006	-1/3
c charm	1.3	2/3
s strange	0.1	-1/3
t top	175	2/3
b bottom	4.3	-1/3

(слаби)
ИЗОСПИН

↑ $1/2$

↓ $-1/2$

↑ $1/2$

↓ $-1/2$

↑ $1/2$

↓ $-1/2$

- “Обојени” су – сваки се јавља у три боје – т.ј. подложни јакој нуклеарној интеракцији
- Испољавају тзв. асимптотску слободу и “confinement”

Кваркови граде барионе и мезоне

“confinement” = као слободне постоје само “беле” честице

Baryons qqq and Antibaryons $\bar{q}\bar{q}\bar{q}$

Baryons are fermionic hadrons.

These are a few of the many types of baryons.

Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c^2	Spin
p	proton	uud	1	0.938	1/2
\bar{p}	antiproton	$\bar{u}\bar{u}\bar{d}$	-1	0.938	1/2
n	neutron	udd	0	0.940	1/2
Λ	lambda	uds	0	1.116	1/2
Ω^-	omega	sss	-1	1.672	3/2

Mesons $q\bar{q}$

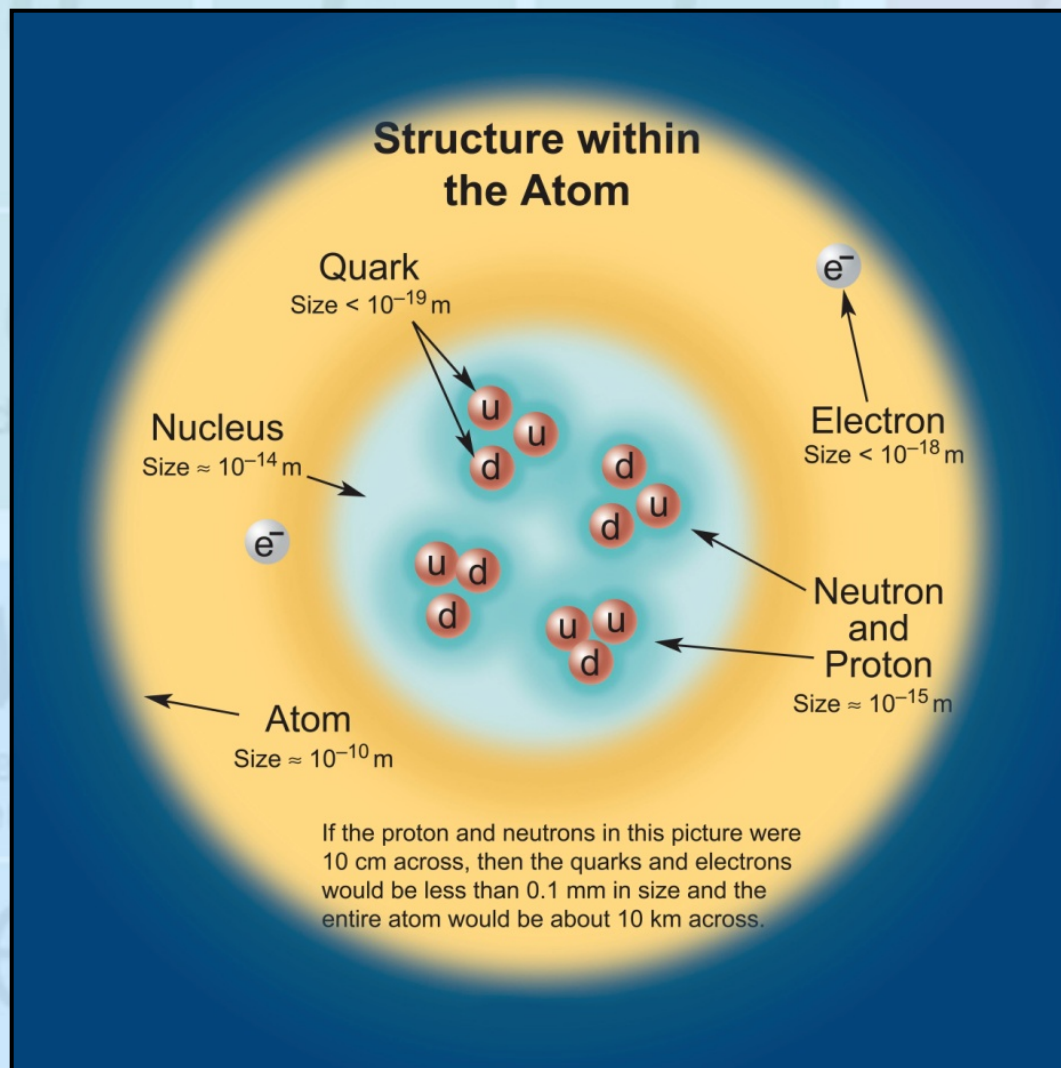
Mesons are bosonic hadrons

These are a few of the many types of mesons.

Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c^2	Spin
π^+	pion	$u\bar{d}$	+1	0.140	0
K^-	kaon	$s\bar{u}$	-1	0.494	0
ρ^+	rho	$u\bar{d}$	+1	0.776	1
B^0	B-zero	$d\bar{b}$	0	5.279	0
η_c	eta-c	$c\bar{c}$	0	2.980	0

Важи (скоро увек) одржање барионског броја.

Атом није недељива честица



Преносиоци интеракција

SU(2)xU(1)

SU(3)

Property	Gravitational Interaction	Weak Interaction (Electroweak)	Electromagnetic Interaction	Strong Interaction
Acts on:	Mass – Energy	Flavor	Electric Charge	Color Charge
Particles experiencing:	All	Quarks, Leptons	Electrically Charged	Quarks, Gluons
Particles mediating:	Graviton (not yet observed)	W^+ W^- Z^0	γ	Gluons
Strength at $\begin{cases} 10^{-18} \text{ m} \\ 3 \times 10^{-17} \text{ m} \end{cases}$	10^{-41} 10^{-41}	0.8 10^{-4}	1 1	25 60

Unified Electroweak spin = 1

Name	Mass GeV/c ²	Electric charge
γ photon	0	0
W^-	80.39	-1
W^+	80.39	+1
W bosons		
Z^0	91.188	0
Z boson		

Strong (color) spin = 1

Name	Mass GeV/c ²	Electric charge
g gluon	0	0

Гравитон
(спин = 2)
?

Има их 8

Leptons

ν_e
electron neutrino

e^-

electron

ν_μ
muon neutrino

μ^-

muon

ν_τ
tau neutrino

τ^-

tau

g
gluon

g

gluon

Хигс бозон

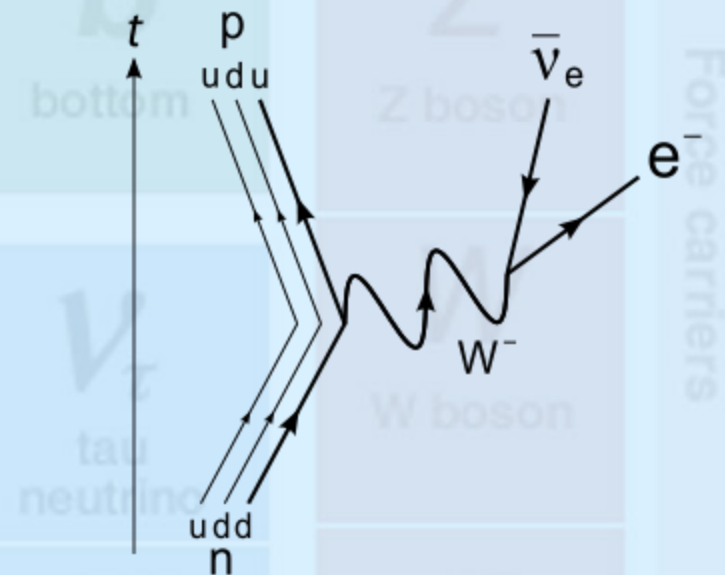
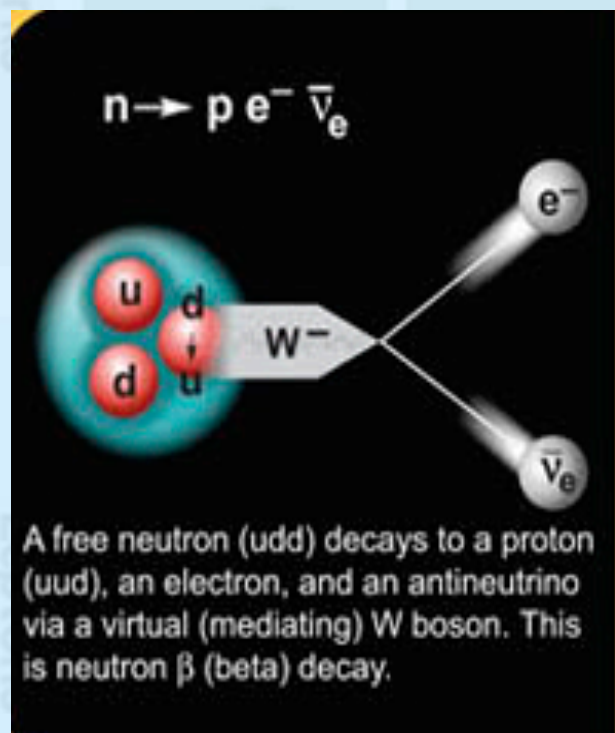
- Према стандардном моделу, он даје масе свим честицама кроз интеракцију са њима



- Још није нађен, а да ли ће....?

Процеси

- Поштују законе одржања, а вероватноће процеса рачунамо помоћу Фејманових дијаграма



Да ли је стандардни модел крај фундаменталне физике?

На несрећу или срећу, има још много нерешених проблема и отворених питања!

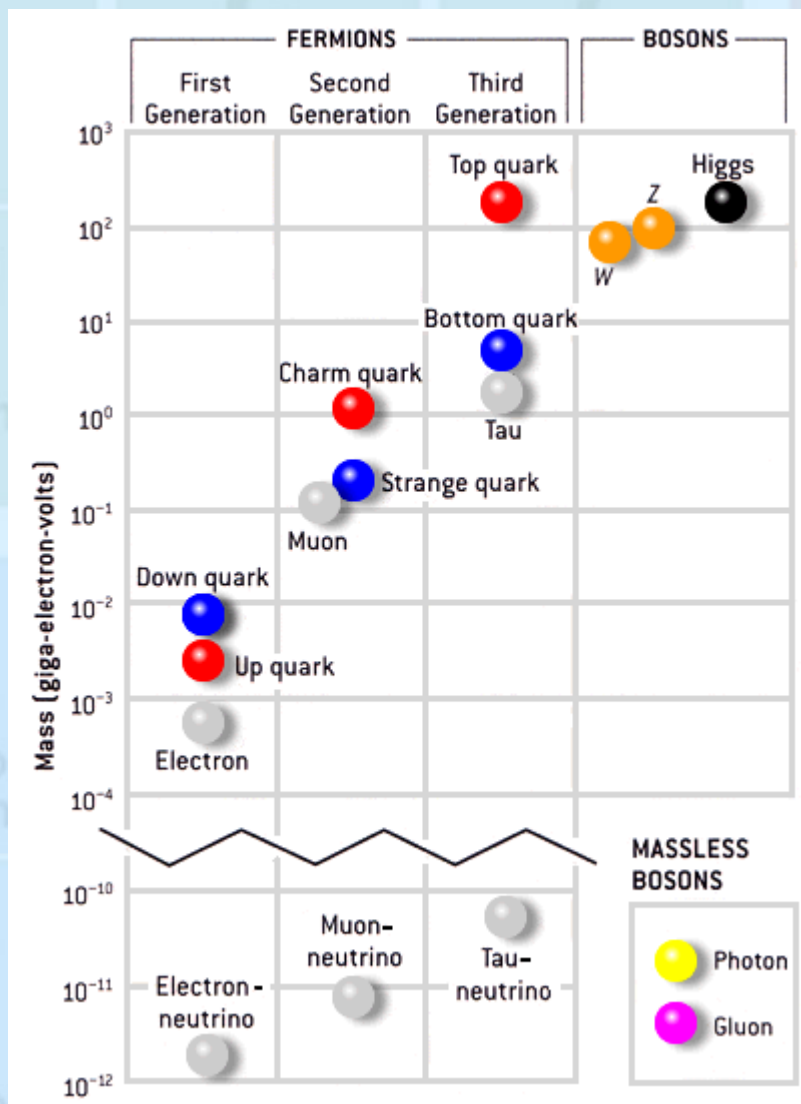
Сувише много “зашто?”

- Зашто баш ТРИ фамилије (flavor-а, укуса)?
- Зашто баш $U(1) \times SU(2) \times SU(3)$?
- Што су “десни” другачији од “левих”?
- Зашто баш ове вредности параметара? \longrightarrow

Parameters of the Standard Model			
Symbol	Description	Renormalization scheme (point)	Value
m_e	Electron mass		511 keV
m_μ	Muon mass		106 MeV
m_τ	Tauon mass		1.78 GeV
m_u	Up quark mass	$\mu_{\overline{MS}} = 2 \text{ GeV}$	1.9 MeV
m_d	Down quark mass	$\mu_{\overline{MS}} = 2 \text{ GeV}$	4.4 MeV
m_s	Strange quark mass	$\mu_{\overline{MS}} = 2 \text{ GeV}$	87 MeV
m_c	Charm quark mass	$\mu_{\overline{MS}} = m_c$	1.32 GeV
m_b	Bottom quark mass	$\mu_{\overline{MS}} = m_b$	4.24 GeV
m_t	Top quark mass	On-shell scheme	172.7 GeV
θ_{12}	CKM 12-mixing angle		13.1°
θ_{23}	CKM 23-mixing angle		2.4°
θ_{13}	CKM 13-mixing angle		0.2°
δ	CKM CP-violating Phase		0.995
g_1	U(1) gauge coupling	$\mu_{\overline{MS}} = m_Z$	0.357
g_2	SU(2) gauge coupling	$\mu_{\overline{MS}} = m_Z$	0.652
g_3	SU(3) gauge coupling	$\mu_{\overline{MS}} = m_Z$	1.221
θ_{QCD}	QCD vacuum angle		~0
μ	Higgs quadratic coupling		Unknown
λ	Higgs self-coupling strength		Unknown



Проблем “хиерархије”



Quarks

Leptons

Force carriers

...и још много мотива да се укључите у истраживање:

- гравитација – тако близу а тако далеко
- неутрино мешања – имају ли масу и какву?
- шта је тамна материја – суперсиметичне честице?
- шта је тамна енергија – што космос убрзава?
- где је анτισвет - откуд асиметрија?
- има ли Хигса и колико?
- ...