

1/3 Էլեմենտար Մասնիկների Ֆիզիկա

2/3 Նեուտրինային Ֆիզիկա

3/3 Կոսմոլոգիա

Իրաննիսյան Արա

Armenian Teacher Programme CERN24

Հայաստանի Ֆիզիկայի Ուսուցիչներ CERN24

1/3 Էլեմենտար Մասնիկների Տիզիկա

Ստանդարտ Մոդել















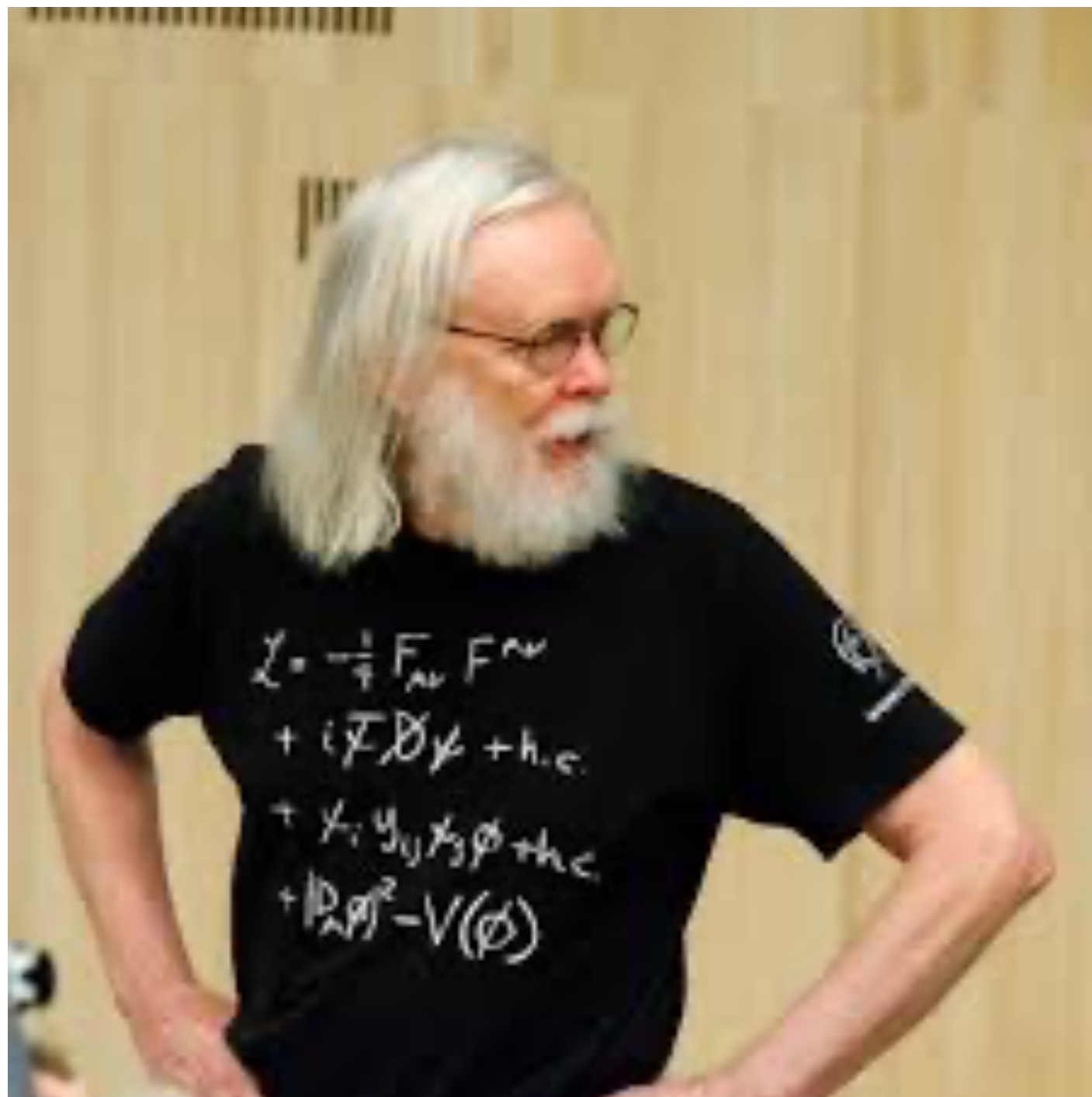


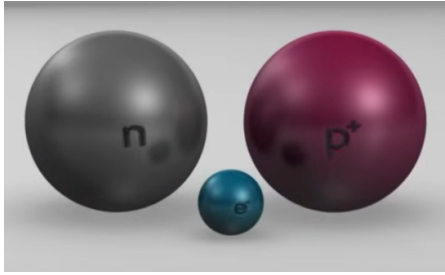
# Standard Model of Elementary Particles

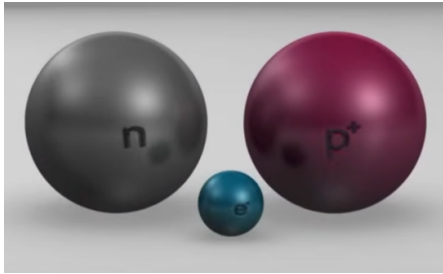
			three generations of matter (fermions)			interactions / force carriers (bosons)	
			I	II	III		
QUARKS	mass		$\approx 2.16 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.273 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 172.57 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 125.2 \text{ GeV}/c^2$
	charge		$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	0
	spin		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0
			<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b>g</b> gluon	<b>H</b> higgs
			$\approx 4.7 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 93.5 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 4.183 \text{ GeV}/c^2$	0	
			$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0	
			$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
			<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b><math>\gamma</math></b> photon	
LEPTONS			$\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 105.66 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.77693 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 91.188 \text{ GeV}/c^2$	
			-1	-1	-1	0	
			$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
			<b>e</b> electron	<b><math>\mu</math></b> muon	<b><math>\tau</math></b> tau	<b>Z</b> Z boson	
			$< 0.8 \text{ eV}/c^2$	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$	$< 18.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 80.3692 \text{ GeV}/c^2$	
			0	0	0	$\pm 1$	
			$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
			<b><math>\nu_e</math></b> electron neutrino	<b><math>\nu_\mu</math></b> muon neutrino	<b><math>\nu_\tau</math></b> tau neutrino	<b>W</b> W boson	

SCALAR BOSONS

GAUGE BOSONS  
VECTOR BOSONS





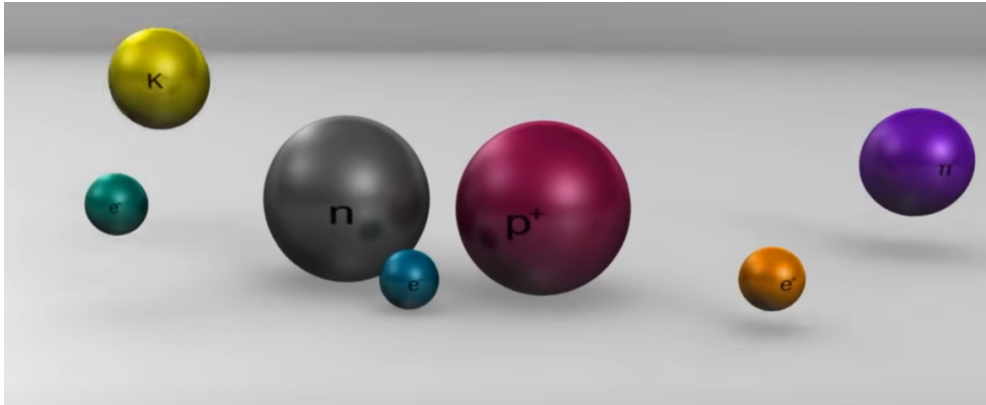
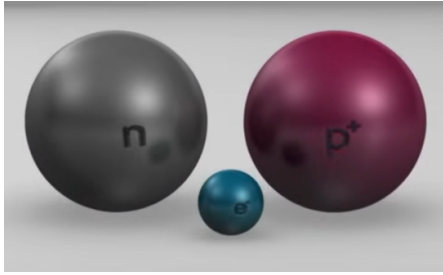


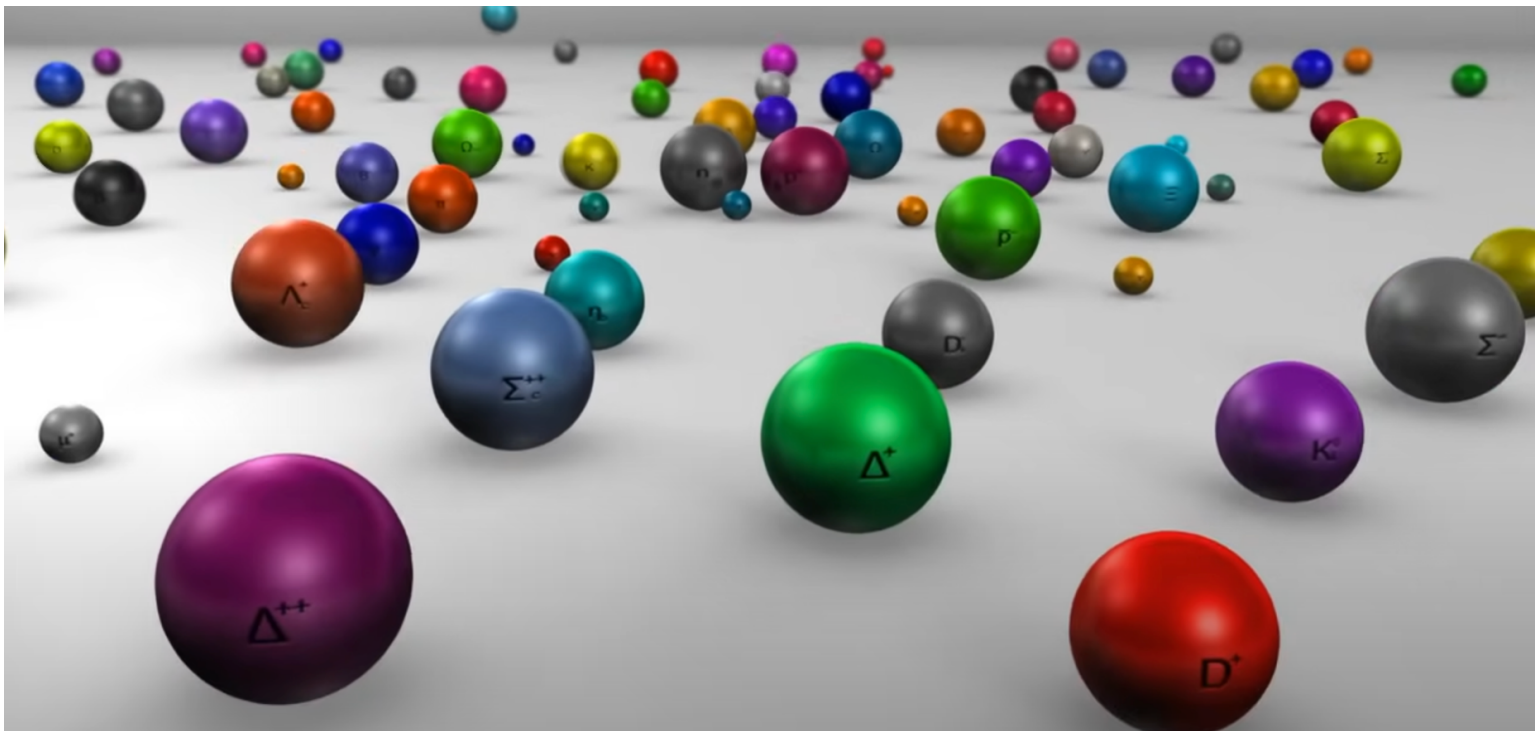
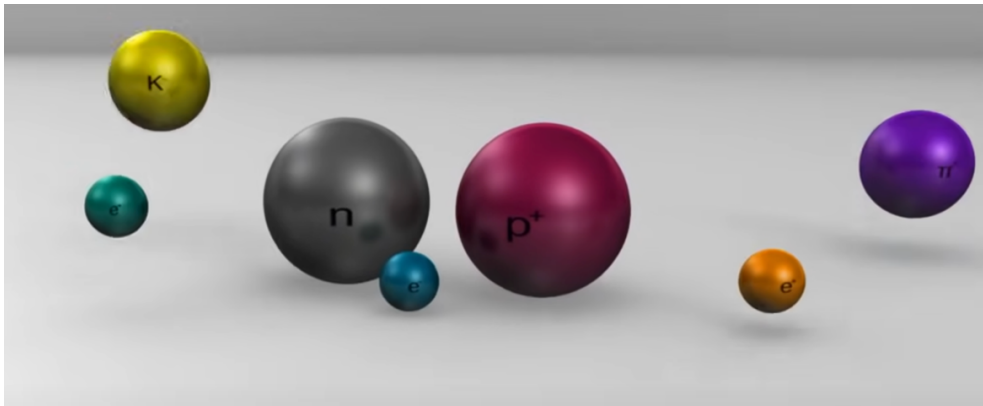
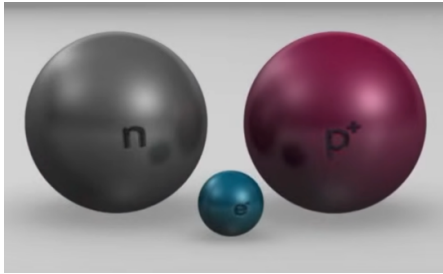
## Periodic table of the elements

group	1*	2											13	14	15	16	17	18
1	<b>H</b>																	<b>He</b>
2	<b>Li</b>	<b>Be</b>											<b>B</b>	<b>C</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>F</b>	<b>Ne</b>
3	<b>Na</b>	<b>Mg</b>										<b>Al</b>	<b>Si</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Cl</b>	<b>Ar</b>	
4	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Sc</b>	<b>Ti</b>	<b>V</b>	<b>Cr</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Ga</b>	<b>Ge</b>	<b>As</b>	<b>Se</b>	<b>Br</b>	<b>Kr</b>
5	<b>Rb</b>	<b>Sr</b>	<b>Y</b>	<b>Zr</b>	<b>Nb</b>	<b>Mo</b>	<b>Tc</b>	<b>Ru</b>	<b>Rh</b>	<b>Pd</b>	<b>Ag</b>	<b>Cd</b>	<b>In</b>	<b>Sn</b>	<b>Sb</b>	<b>Te</b>	<b>I</b>	<b>Xe</b>
6	<b>Cs</b>	<b>Ba</b>	<b>La</b>	<b>Hf</b>	<b>Ta</b>	<b>W</b>	<b>Re</b>	<b>Os</b>	<b>Ir</b>	<b>Pt</b>	<b>Au</b>	<b>Hg</b>	<b>Tl</b>	<b>Pb</b>	<b>Bi</b>	<b>Po</b>	<b>At</b>	<b>Rn</b>
7	<b>Fr</b>	<b>Ra</b>	<b>Ac</b>	<b>Rf</b>	<b>Db</b>	<b>Sg</b>	<b>Bh</b>	<b>Hs</b>	<b>Mt</b>	<b>Ds</b>	<b>Rg</b>	<b>Cn</b>	<b>Nh</b>	<b>Fl</b>	<b>Mc</b>	<b>Lv</b>	<b>Ts</b>	<b>Og</b>
lanthanoid series 6	<b>Ce</b>	<b>Pr</b>	<b>Nd</b>	<b>Pm</b>	<b>Sm</b>	<b>Eu</b>	<b>Gd</b>	<b>Tb</b>	<b>Dy</b>	<b>Ho</b>	<b>Er</b>	<b>Tm</b>	<b>Yb</b>	<b>Lu</b>				
actinoid series 7	<b>Th</b>	<b>Pa</b>	<b>U</b>	<b>Np</b>	<b>Pu</b>	<b>Am</b>	<b>Cm</b>	<b>Bk</b>	<b>Cf</b>	<b>Es</b>	<b>Fm</b>	<b>Md</b>	<b>No</b>	<b>Lr</b>				

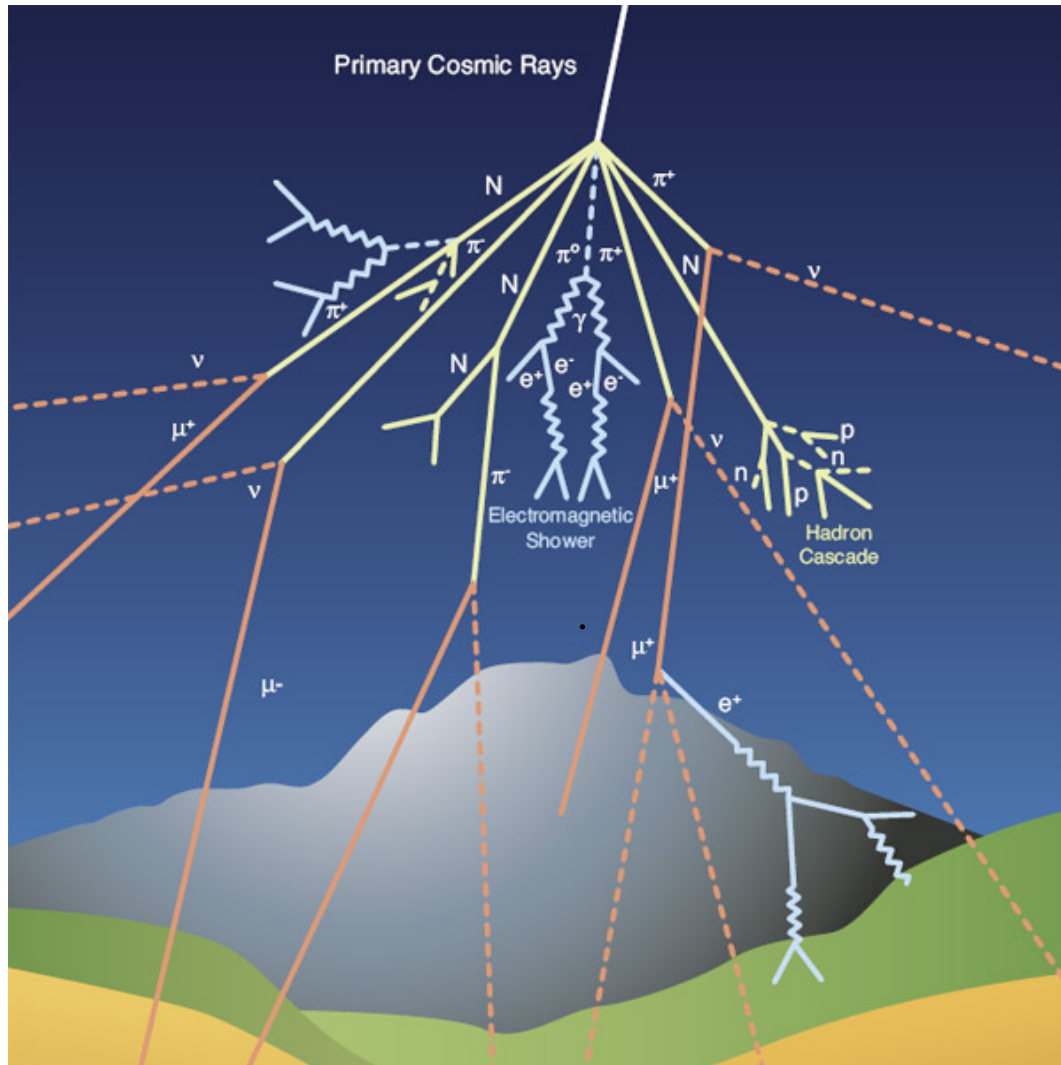
\*Numbering system adopted by the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC).

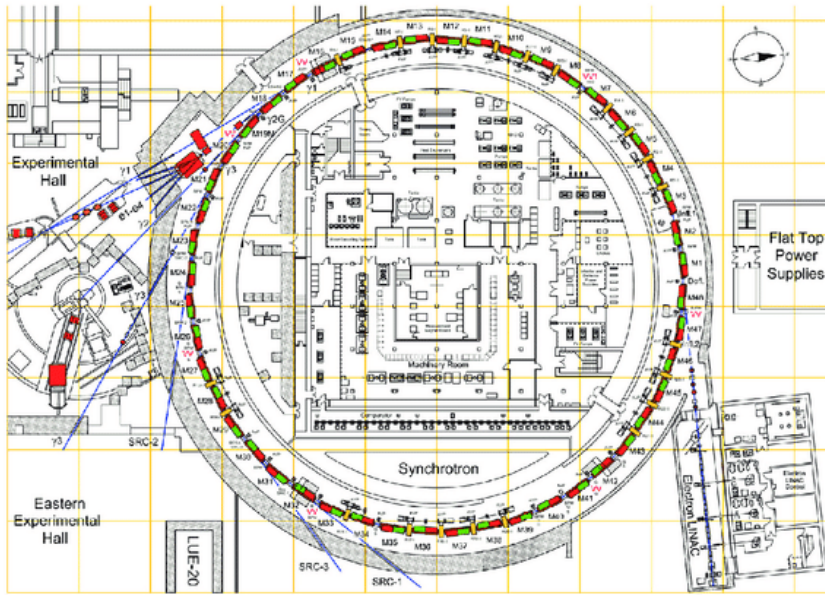


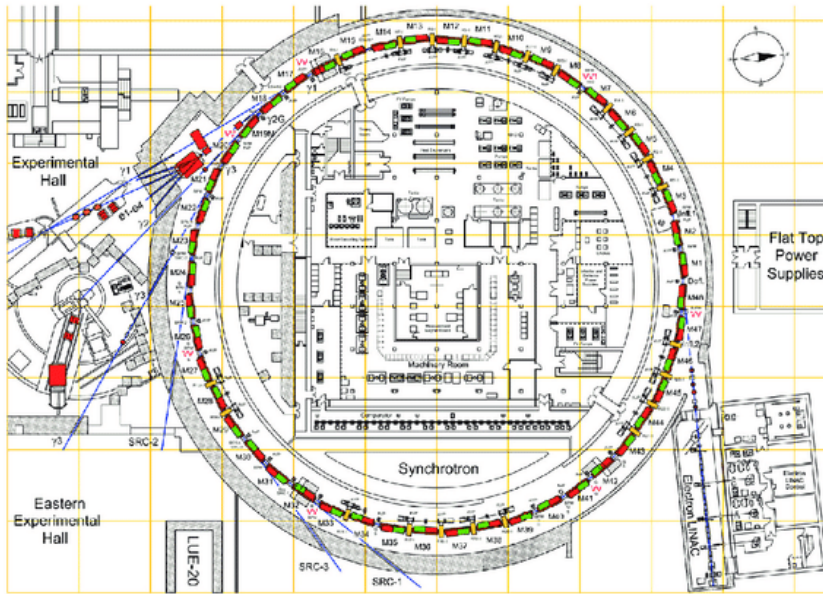




$$\Delta P \cdot \Delta x \geq \hbar$$

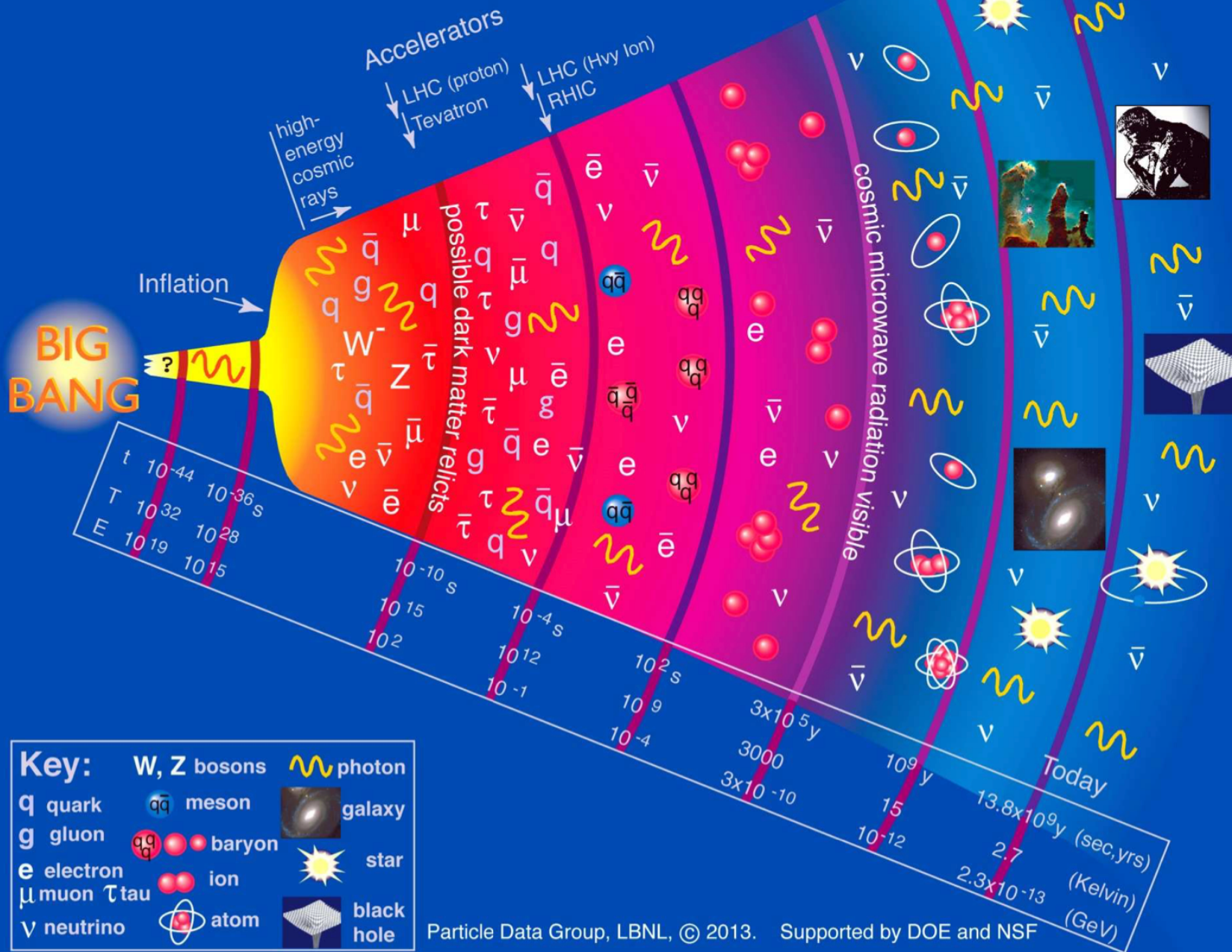








# History of the Universe



# Standard Model of Elementary Particles

			three generations of matter (fermions)			interactions / force carriers (bosons)	
			I	II	III		
QUARKS	mass		$\approx 2.16 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.273 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 172.57 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 125.2 \text{ GeV}/c^2$
	charge		$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	0
	spin		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0
			<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b>g</b> gluon	<b>H</b> higgs
			$\approx 4.7 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 93.5 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 4.183 \text{ GeV}/c^2$	0	
			$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0	
			$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
			<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b><math>\gamma</math></b> photon	
LEPTONS			$\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 105.66 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.77693 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 91.188 \text{ GeV}/c^2$	
			-1	-1	-1	0	
			$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
			<b>e</b> electron	<b><math>\mu</math></b> muon	<b><math>\tau</math></b> tau	<b>Z</b> Z boson	
			$< 0.8 \text{ eV}/c^2$	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$	$< 18.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 80.3692 \text{ GeV}/c^2$	
			0	0	0	$\pm 1$	
			$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
			<b><math>\nu_e</math></b> electron neutrino	<b><math>\nu_\mu</math></b> muon neutrino	<b><math>\nu_\tau</math></b> tau neutrino	<b>W</b> W boson	

SCALAR BOSONS

GAUGE BOSONS  
VECTOR BOSONS

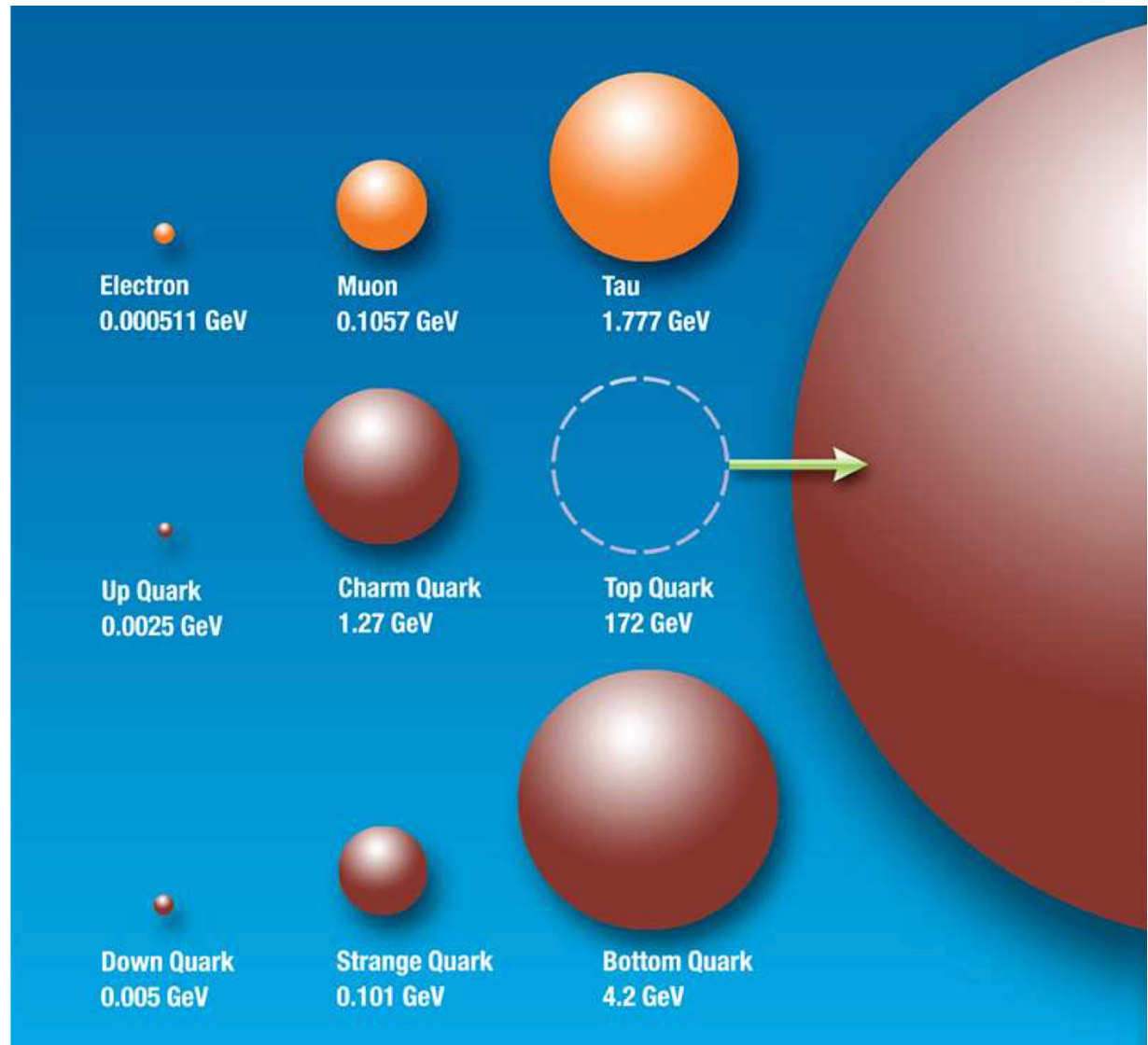


Three “generations”

Getting heavier and heavier

Top quark especially heavy

No clue why. . .



# Quarks

<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top
<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom

# Leptons

<b>e</b> electron	<b><math>\mu</math></b> muon	<b><math>\tau</math></b> tau
<b><math>\nu_e</math></b> electron neutrino	<b><math>\nu_\mu</math></b> muon neutrino	<b><math>\nu_\tau</math></b> tau neutrino

**H**  
Higgs boson

# Forces

<b>Z</b> Z boson	<b><math>\gamma</math></b> photon
<b>W</b> W boson	<b>g</b> gluon

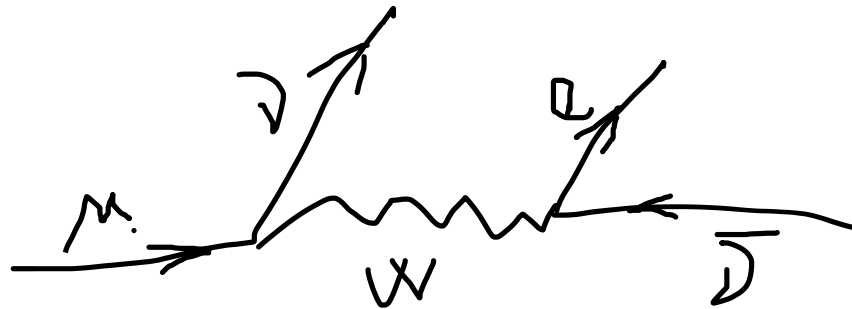
# 4 ուժեր

Գրավիտացիա երկնային մարմինների շարժում

Էլեկտրոմագնետիզմ մեր ամենօրյա կլանք, քիմիա, մոլեկուլներ...

Թույլ Փոխազդեցություններ ծանր միջուկների/մասնիկների  
տրոհումներ

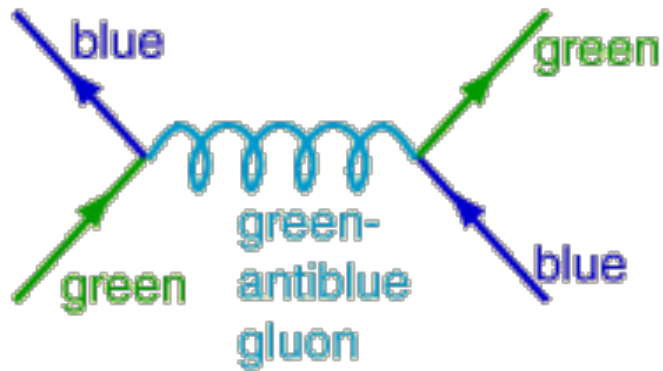
$$\mu \rightarrow e \bar{\nu}_e \nu_\mu$$



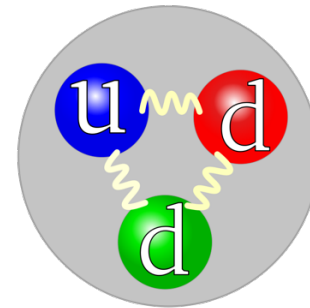
$$n \rightarrow p e \bar{\nu}_e$$



# Ոժեղ Փոխազդեցություններ քվարքների միջև փոխազդեցություններ



Gluon-mediated interaction between two quarks.



Ոչ միայն որակական, այլև քանական

$b \rightarrow s \gamma$

մի քանի տոկոսի ճշտությամբ տես vs էքսպ

# Մագնիսական դիպուկ մոմենտ

$$a = g/2 - 1$$

e էլեկտրոն

$a = 0.001159652181643(764)$  տեսական

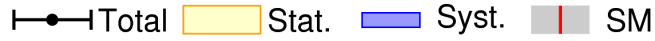
$a = 0.00115965218059(13)$  Փորձ

$\mu$  մյուրոն

$a = 0.00116591804(51)$  տեսական

$a = 0.00116592059(22)$  փորձ

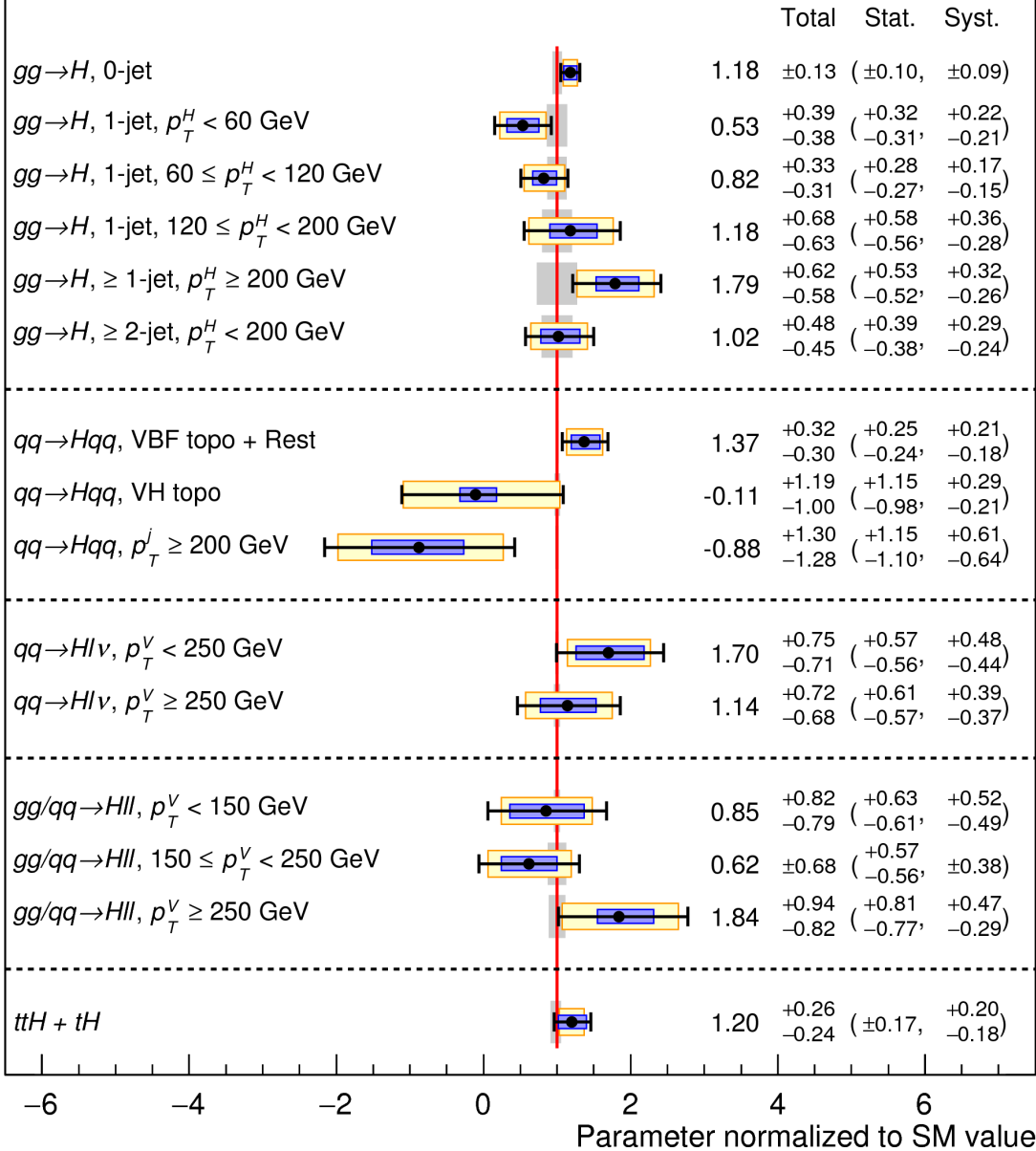
# ATLAS Preliminary


 Total Stat. Syst. SM

$\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}, 36.1 - 79.8 \text{ fb}^{-1}$

$m_H = 125.09 \text{ GeV}, |y_H| < 2.5$

$p_{\text{SM}} = 81\%$



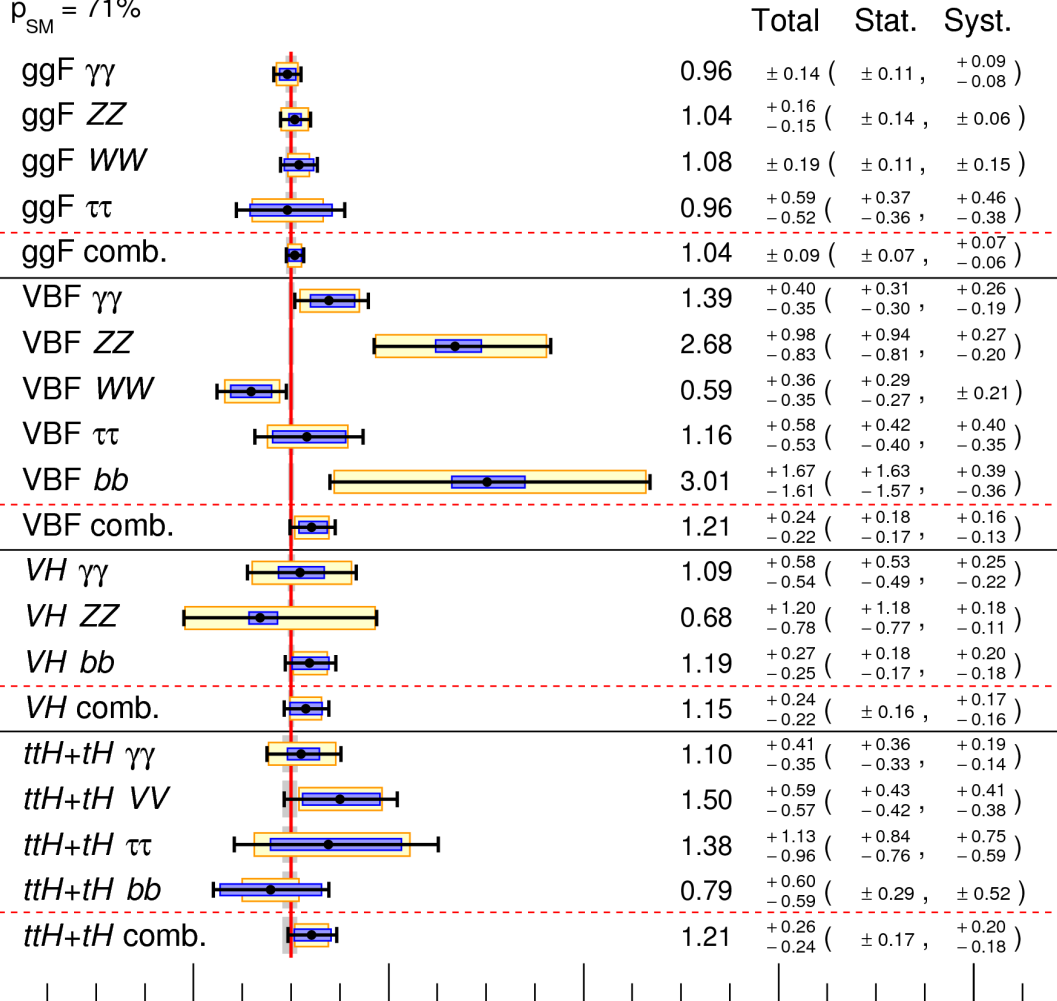
**ATLAS Preliminary**

$\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}, 24.5 - 79.8 \text{ fb}^{-1}$

$m_H = 125.09 \text{ GeV}, |y_H| < 2.5$

$p_{\text{SM}} = 71\%$

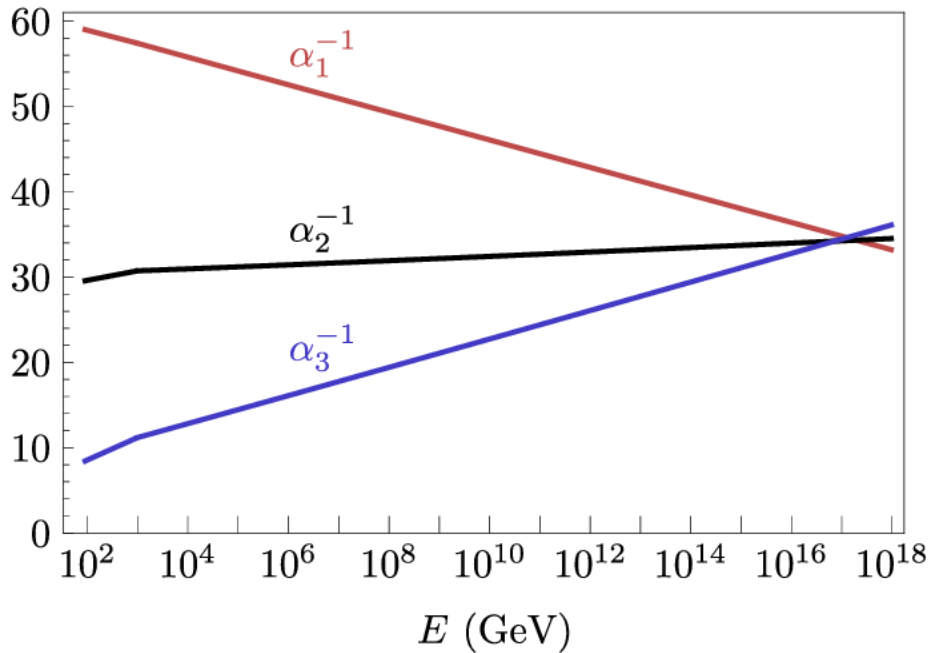
—●— Total    Stat.    Syst.    SM



-2    0    2    4    6    8

Parameter normalized to SM value





Ուժեղ, էլեկտրո-թույլ փոխազդեցությունների  
 Գործակիցները իրար են **համասարվում** փոքր  
 հեռավորությունների վրա

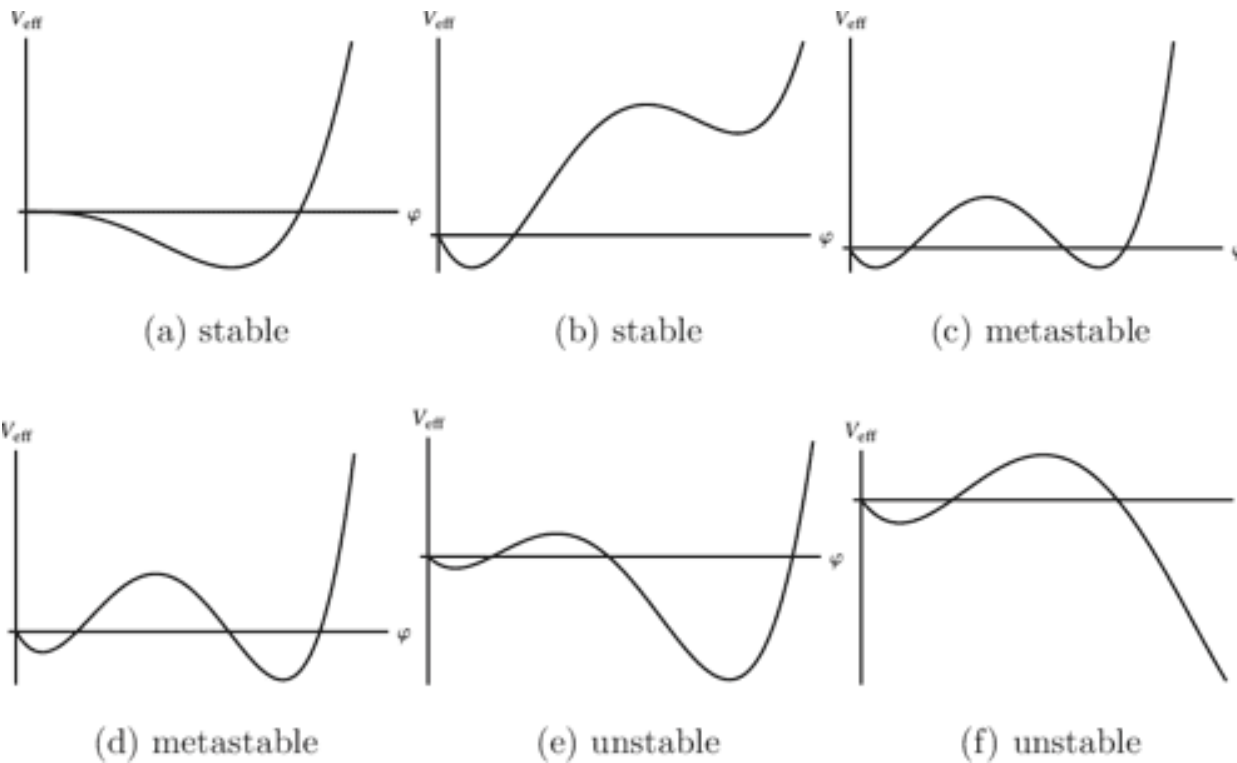
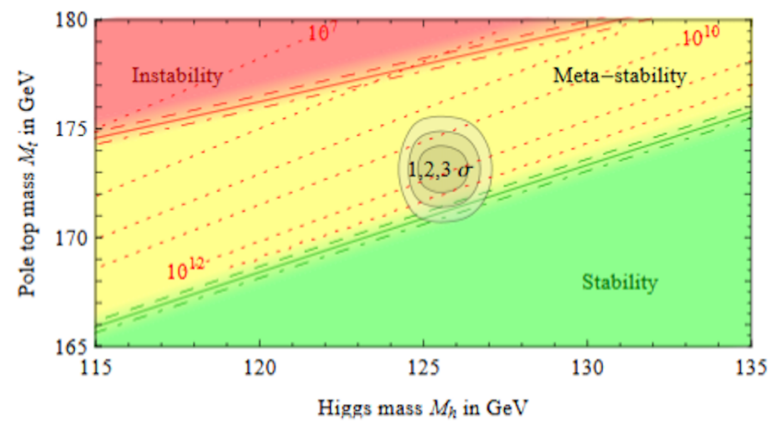
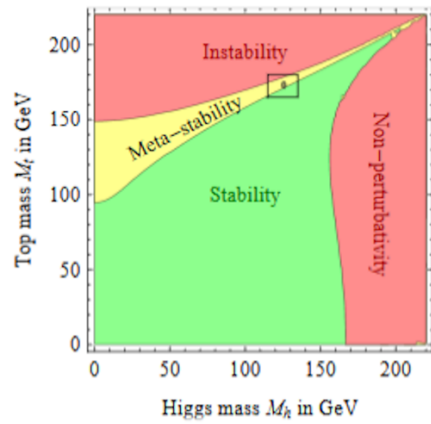
Ի՞նչու է քվարկի լիցքը=1/3,2/3 էլեկտրոնի լիժք

∴

Արդյո՞ք նոր ուժեր փոքր հեռավորությունների վրա

Արդյո՞ք.  $p \rightarrow \pi^0 e^+$

# $M_t$ . $M_h$



Մկալյար

Վեկտոր

Տենզոր

....

Դասական Մեխանիկա – 5

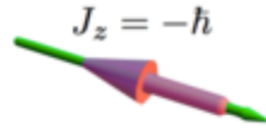
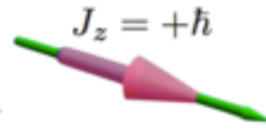
## Սպիներներ

(3,1) չափանի տարածության մեջ գոյություն ունեն նաև այլ օբյեկտներ, որոնք նույնպես ինվարիանտ են Լորենցյան պտույտների, բայց դասական մեխանիկայով չեն կարող

նկարագրվել: Դասական մեխանիկայի շարժման հավասարումները (նյուտոնի օրենք, պտտական շարժման հավասարումներ) չի կարելի գրել սպիներների համար:

## Քվանտային Մեխանիկա

Էլեկրոն, պրոտոն... սպիներներ են



# Էլեկտրոնագնիտիզմ

## Գրավիտացիա

Մասսա չունեցող մասնիկը, սեփական պտույտով (սպին) Սպինը կարող է ուղղված լինել միայն շարժման ուղղությամբ կամ հակառակ ուղղությամբ:

Պարզվում է, որ հիմնավելով միայն այս փաստի վրա կարելի է գրել **Մաքսվելի** ( $J=1$ ) և **ԸՀՏ** ( $J=2$ ) հավասարումները:

$J>2$  ունիտարությունը խախտվում է

Շնորհակալություն

Հարցե՛ր...