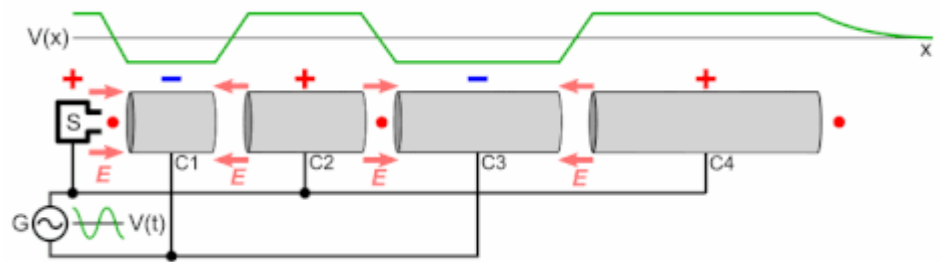




உலகின் மிகச்சிறிய துணிக்கைகள் எவை என்ற ஆய்வு *Doltan* இன் காலம் முதல் இன்று வரை நடந்து கொண்டு இருக்கின்றது. விஞ்ஞான முன்னேற்றம் வளர்ச்சியடைய துணிக்கைகள் பற்றிய மனிதனின் அறிவும் வளர்ந்து கொண்டே வந்திருக்கின்றது. திணிவானது சக்தியின் இன்னொரு வடிவம் என்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பின்னர் அதியுயர் சக்தியை பயன்படுத்தி துணிக்கைகளை உருவாக்கி அத்துணிக்கைகளை ஆராய முயற்சிக்கப்பட்டது. ஆரம்பத்தில் சூரியனில் இருந்து பூமியை நோக்கி வரும் அண்டக்கதிர்கள் (*cosmic rays*) வளிமண்டலத்தில் கூறுகளுடன் மோதும் போது இலத்திரன், இலத்திரன் நியூற்றினோ உருவாகுவது கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. பின்னர் ஆர்முடுக்கப்பட்ட *proton* களை ஒன்றுடன் ஒன்று மோத விடுவதன் மூலம் மிக அதிகளவான துணிக்கைகள் உற்பத்தி செய்யப்பட்டு அவை உணரிகள் மூலம் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. இதற்காக துணிக்கைகளை உயர்சக்திக்கு ஆர்முடுக்கக்கூடிய ஆர்முடுக்கிகள் பயன்படுத்தப்பட்டன.

particle accelerator: an apparatus for accelerating subatomic particles to high velocities by means of electric or electromagnetic fields. The accelerated particles are generally made to collide with other particles, either as a research technique or for the generation of high-energy X-rays and gamma rays



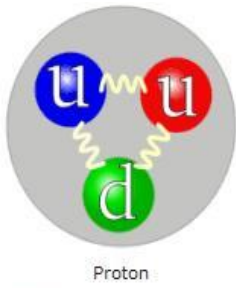
இதுவரை கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ள துணிக்கைகள் [www.scienceorbit.lk](http://www.scienceorbit.lk)

## Standard Model of Elementary Particles

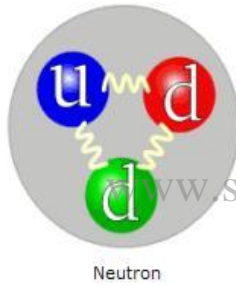
	three generations of matter (fermions)			interactions / force carriers (bosons)	
	I	II	III		
mass	$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 124.97 \text{ GeV}/c^2$
charge	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	0
spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0
	<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b>g</b> gluon	<b>H</b> higgs
<b>QUARKS</b>	$\approx 4.7 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 96 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$	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>γ</b> photon	
	$\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 105.66 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.7768 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 91.19 \text{ GeV}/c^2$	
	-1	-1	-1	0	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
	<b>e</b> electron	<b>μ</b> muon	<b>τ</b> tau	<b>Z</b> Z boson	
<b>LEPTONS</b>	$< 2.2 \text{ eV}/c^2$	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$	$< 18.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 80.39 \text{ GeV}/c^2$	
	0	0	0	$\pm 1$	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
	<b>ν<sub>e</sub></b> electron neutrino	<b>ν<sub>μ</sub></b> muon neutrino	<b>ν<sub>τ</sub></b> tau neutrino	<b>W</b> W boson	

நியூத்திரன்களும், *proton* களும் *Quarks* களினால் ஆக்கப்பட்டிருக்கும். ஒரு *proton* இல் 2 *up* துணிக்கைகளும் 1 *down* துணிக்கையும் காணப்படும். 1 நியூத்திரனில் 1 *up* துணிக்கையும் 2 *down* துணிக்கையும் காணப்படும். *up* துணிக்கையும் *down* துணிக்கையும் முதலாம் தலைமுறை *Quark* எனப்படும். இலத்திரன் ஒரு அடிப்படை துணிக்கையாக கொள்ளப்படுவதுடன் அது *lpton* வகை துணிக்கை ஒன்றாகும். திணிவுக்கூடிய இரண்டாவது மூன்றாவது தலைமுறை *Quark and leptons* இருக்கின்ற போதிலும் அவை உறுதியற்றவை. *lpton* களும் *Quark* களும் இணைந்து *Fermions* எனப்படுகின்றன. இவையே அடிப்படை சடப்பொருட்களை ஆக்குகின்றன.

அடிப்படை இடைத்தாக்கங்களை ஏற்படுத்துகின்ற துணிக்கைகள் *boson* கள் எனப்படும். இவற்றுள் நியூக்கிளியோன்களுக்கு உள்ளே துணிக்கைகளை கட்டிவைக்கும் வலிமையான விசை (*strong force*) *gluon* களால் ஏற்படுத்தப்படுகின்றன. நியூக்கிளியோன்களுக்கு இடையிலான வலுவற்ற விசை (*weak force*) *Z boson*, *+W*, *-W boson* களால் ஏற்படுத்தப்படுகின்றன. வலுவான விசைகளுடன் ஒப்பிடும் போது இவை சிறிய விசைகளாக இருந்தாலும் ஈர்ப்பு விசைகளுடன் ஒப்பிடும் போது மிகப்பெரிய விசைகளை உருவாக்கும். மின்காந்த விசைகள் *photon* களினால் ஏற்படுத்தப்படும் அதேவேளை ஈர்ப்பு விசைகளை ஏற்படுத்தும் துணிக்கைகள் எவை என இன்னும் துள்ளியமாக கண்டுபிடிக்கப்படவில்லை. ஈர்ப்பு விசைகளை ஏற்படுத்துவதாக கருதப்படும் துணிக்கைகளுக்கு *graviton* கள் என கொள்கையளவில் (*hypothetical*) பெயரிடப்பட்டுள்ளன. 2012 இல் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட *higgs boson* ஈர்ப்பில் செலுத்தும் பங்களிப்பு பற்றி ஆராயப்பட்டுக்கொண்டிருக்கின்றது.

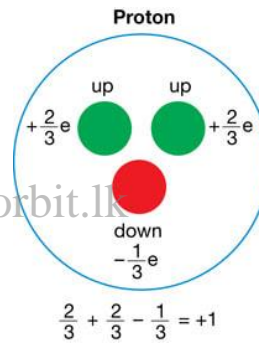


Proton

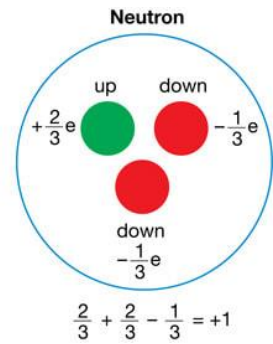


Neutron

Quark composition of a proton and a neutron (diagrams from Wikipedia)



$$\frac{2}{3} + \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = +1$$



$$\frac{2}{3} + \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = +1$$

### Fundamental forces:

- Gravitational forces.
- Electromagnetic forces.
- Nuclear forces.
- Weak forces.



வலிமையான விசை (*strong force*) ஒரு கவர்ச்சி விசையாகும். அது  $10^{-15}m$  வீச்சில் செயற்படுகின்றது. (மத்திய பருமனுடைய கருவொன்றின் விட்டம் அளவு தூரத்திற்கு) வலுவற்ற விசை *weak force*)  $10^{-18}m$  தூரம் அளவு வீச்சிற்கு செயற்படுகின்றது. (1 *proton* இன் விட்டத்தில்  $\frac{1}{100}$  அளவு தூரம்) கதிர் தொழிற்பாட்டு தேய்வுக்கு அதிலும் குறிப்பாக  $\beta$  தேய்வுக்கு இந்த விசைகளே காரணமாக இருக்கின்றன.

மின்காந்த விசைகள் ஏற்றம் பெற்ற துணிக்கைகளில் மாத்திரம் தொழிற்படுகின்றன. இவையே இரண்டாவது வலிமையான விசைகளாக இருக்கும் வலுவற்ற விசைகளை விட அண்ணளவாக  $10^4$  மடங்கு வலிமை கூடியதாகவும் வலிமையான விசைகளை விட அண்ணளவாக  $10^2$  மடங்கு குறைந்தவையாக இருக்கும். எனினும் இவை முடிவிலி வீச்சை உடையவை.

ஈர்ப்பு விசை மிக வலிமை குறைந்த ஆனால் முடிவிலி வீச்சை உடைய விசைகளாகும். இவற்றினால் கவர்ச்சி விசைகளை மாத்திரமே ஏற்படுத்த முடியும். வலிமையான விசைகளுடன் ஒப்பிடும் போது அண்ணளவாக  $10^{40}$  மடங்கு வலிமை குறைந்தவை.

FORCE	PARTICLE	STRENGTH	SPIN
Strong Nuclear	Gluons: $g_{ab}$	Strongest	1
Electromagnetic	Photons: $\gamma$	$10^2$ times weaker	1
Weak Nuclear	Bosons: $W^+, W^-, Z^0$	$10^5$ times weaker	0, 1, or 2
Gravity	Gravitons: $G$	$10^{39}$ times weaker	2

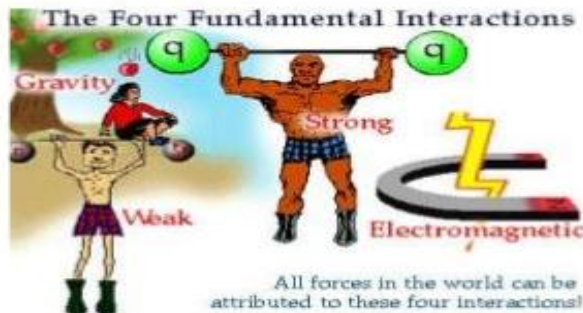
[www.scienceorbit.lk](http://www.scienceorbit.lk)

#### குறிப்பு :

சடப்பொருட்கள் இருப்பது போலவே எதிர் சடப்பொருட்களும் இருக்கின்றன. ஆனால் *proton* களின் பண்புகளை ஒத்த ஆனால் மறை ஏற்றம் கொண்ட எதிர் *proton* களாலும் நியுத்திரனின் பண்புகளை ஒத்த ஆனால் எதிர் திசையில் விசையை ஏற்படுத்தும் எதிர் நியுத்திரனாலும் இலத்திரனின் பண்புகளை ஒத்த ஆனால் நேரேற்றமுடைய பொகத்திரன்களாலும் ஆக்கப்பட்டிருக்கும். சடப்பொருளும் எதிர் சடப்பொருளும் சந்திக்கும் போது அவை முற்றாக அழிந்து சக்தியை தோற்றுவிக்கும்.

# \*\*Fundamental Forces of Nature

- Gravity
  - Attraction between any two bodies (mass)
- Electromagnetic
  - Forces between two bodies , attractive or repulsive
- Weak nuclear force – responsible for radioactive decay
- Strong nuclear force – holds quarks together (constituents of protons and neutrons)



## Force carriers

- Since we have to change our definition of force, we have a new impression of how forces cause particles to interact.
- Each force has its own type of force **carrier**.
- These are particles that are exchanged due a certain interaction and the type of particle depends on the interaction.
  - Gravity has the graviton.
  - Electromagnetic has the photon.
  - Weak has the  $Z^0$  and  $W^\pm$  particles.
  - Strong has gluons.

## Fermions

**Matter particles**  
Matter is made up of fermions, a combination of six quarks and six leptons.

### Quarks



### Leptons



**Gravity** Gravity is missing from the Standard Model of particle physics.

## Gauge bosons

**Force carriers**  
Three of the four fundamental forces are carried by elementary particles called bosons.



**Photon**  
The electro-magnetic force is carried by photons.



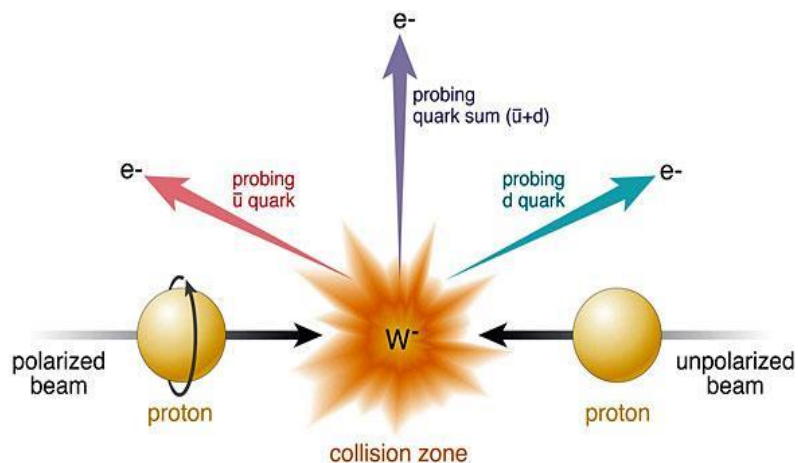
**Gluon**  
The nuclear strong force is carried by gluons

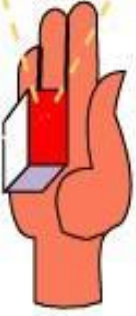



**Z and W bosons**  
The nuclear weak force is carried by Z and W bosons

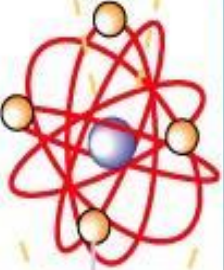



**HOW IT WORKS**














## LEPTONS

<b>Electron</b>	Responsible for electricity and chemical reactions. It has a charge of -1. Its anti-particle, the positron, has a charge of +1.
<b>Muon</b>	It is heavier than the electron. It lives for two millionths of a second. It has a charge of ±1.
<b>Tau</b>	Heavier still; it is extremely unstable. It was discovered in 1975. It has a charge of ±1.

## QUARKS

<b>Up</b>	It has an electric charge of +2/3. Protons contain 2, neutrons contain 1.
<b>Down</b>	It has an electric charge of -1/3. Protons contain 1, neutrons contain 2.
<b>Charm</b>	Discovered in 1974. It is heavier than the Up. It has a charge of +2/3.
<b>Strange</b>	Discovered in 1963. It is heavier than the Down. It has a charge of -1/3.
<b>Top</b>	Heavier still. Discovered in 1995. Electric charge +2/3.
<b>Bottom</b>	Heavier still, measuring bottom quarks is an important test of electroweak theory. Discovered in 1977. Electric charge -1/3.

**Mass Particles**

All ordinary particles belong to this group

These particles only existed just after the Big Bang. Now they are found in cosmic rays or produced in scientific laboratories such as CERN.

**Force Particles**

These particles transmit the four fundamental forces of nature. Gravitons have so far not been discovered.

**Gluons**  
Carriers of the strong force between quarks

**Photons**  
Particles that make up light. They carry the electromagnetic force

**Intermediate vector bosons**  
Carriers of the weak force

**Gravitons**  
Carriers of gravity

Felt by: quarks and gluons

Felt by: charged particles

Felt by: quarks and leptons

Felt by: all particles with mass

The explosive release of nuclear energy is the result of the strong force.

Electricity, magnetism and chemistry are all the results of electromagnetic force.

Some forms of radio-activity are the result of the weak force.

All the weight we experience is the result of the gravitational force.

**ANTIMATTER:** Each particle also has an antimatter counterpart... sort of a mirror image.

### FUNDAMENTAL BOSONS

(In 1924, Indian physicist Satyendra Nath Bose, with Einstein developed Bose-Einstein statistics that defined properties of Boson particles)

Unlike fermions, two identical bosons can occupy the same space.

Fermions have **odd half-integer** spin ( $1/2, 3/2, \dots$ ); but bosons have **whole integer** spin ( $0, 1, \dots$ ).

#### 4 Elementary/Fundamental bosons (called mediators):

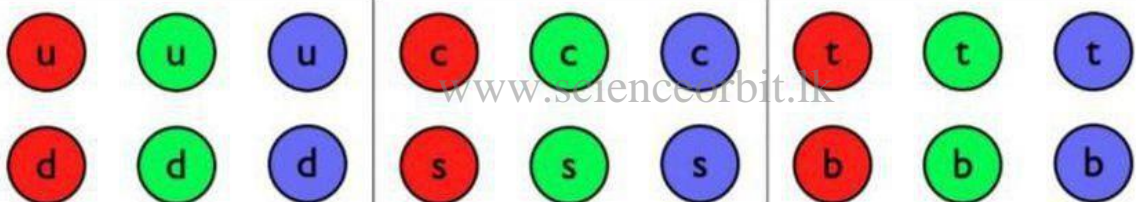

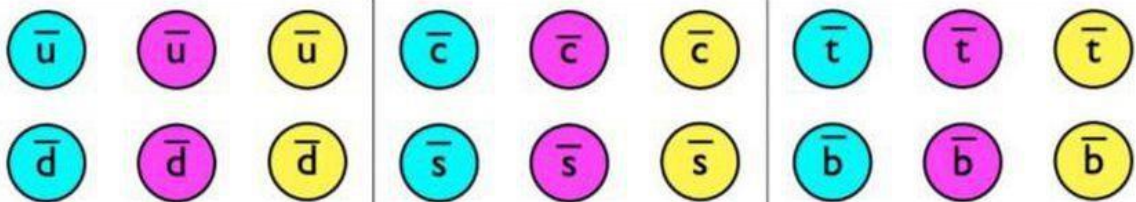
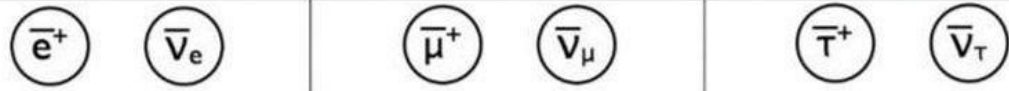

Photon=carry EM force/energy **which control interactions between charged particles.**

Gluon=carry Strong force **which (by creating color charge) holds quarks together** (which form hadrons-i.e. baryons=by triplet of quarks/antiquarks & mesons=by pair of quark-antiquark).

$W^+$ ,  $W^-$ , and  $Z$  bosons=carry weak force **which controls decay** (i.e. way unstable particles change into stable particles) **of unstable particles.**

Graviton=carry gravitational force **which is the attraction between any mass-bearing objects.**

**Fundamental force= that govern the interaction between particles and energy in the universe**  
**Gravitational force is the weakest-on the scale of elementary particles and atoms.**

	Quarks
	Leptons
	Anti-Quarks
	Anti-Leptons
	Bosons

[www.scienceorbit.lk](http://www.scienceorbit.lk)