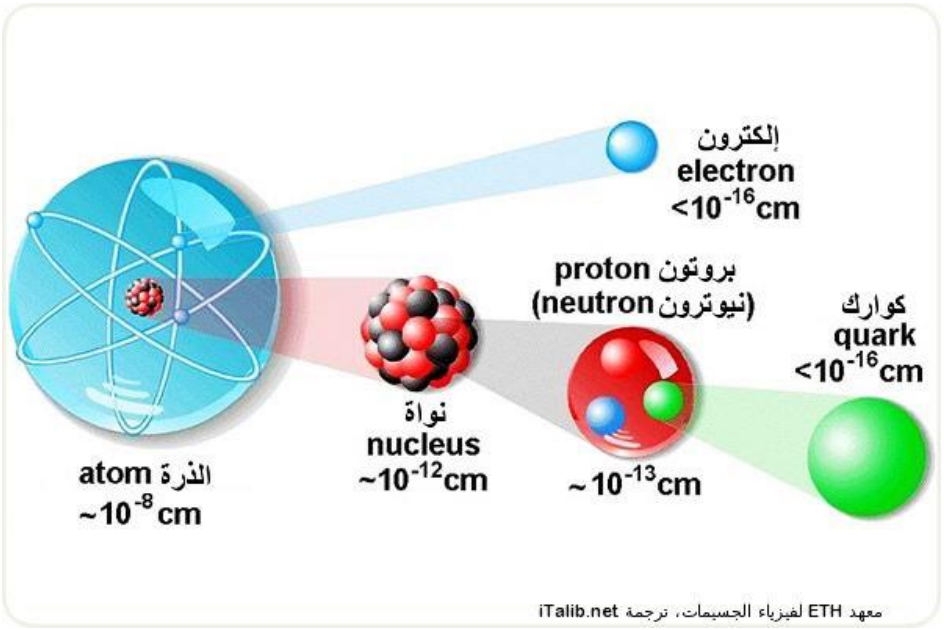
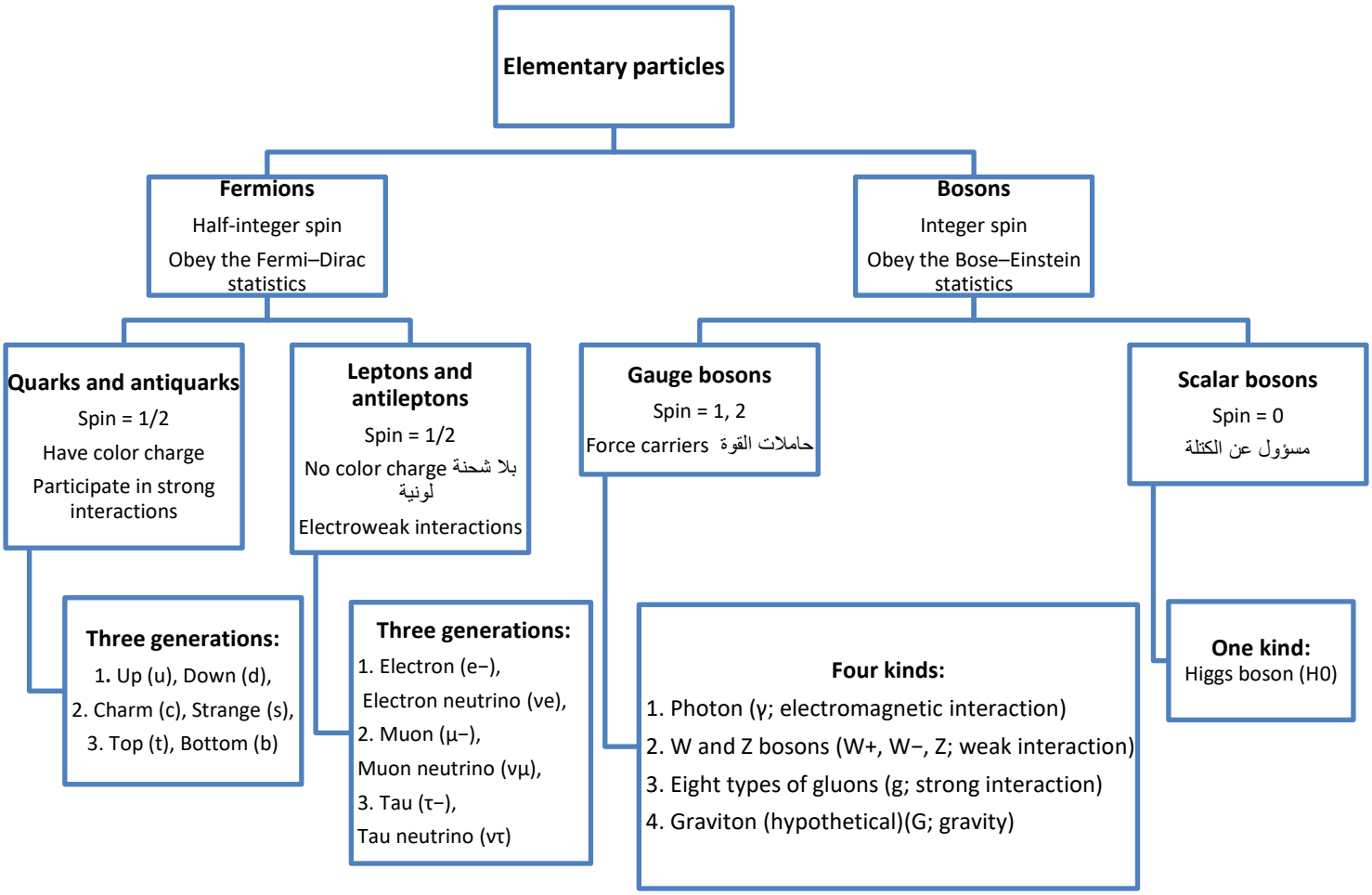
الجسيمات الاولية وفقا لنظرية النموذج المعياري Elementary Particles According to Standard Model (القياسي)

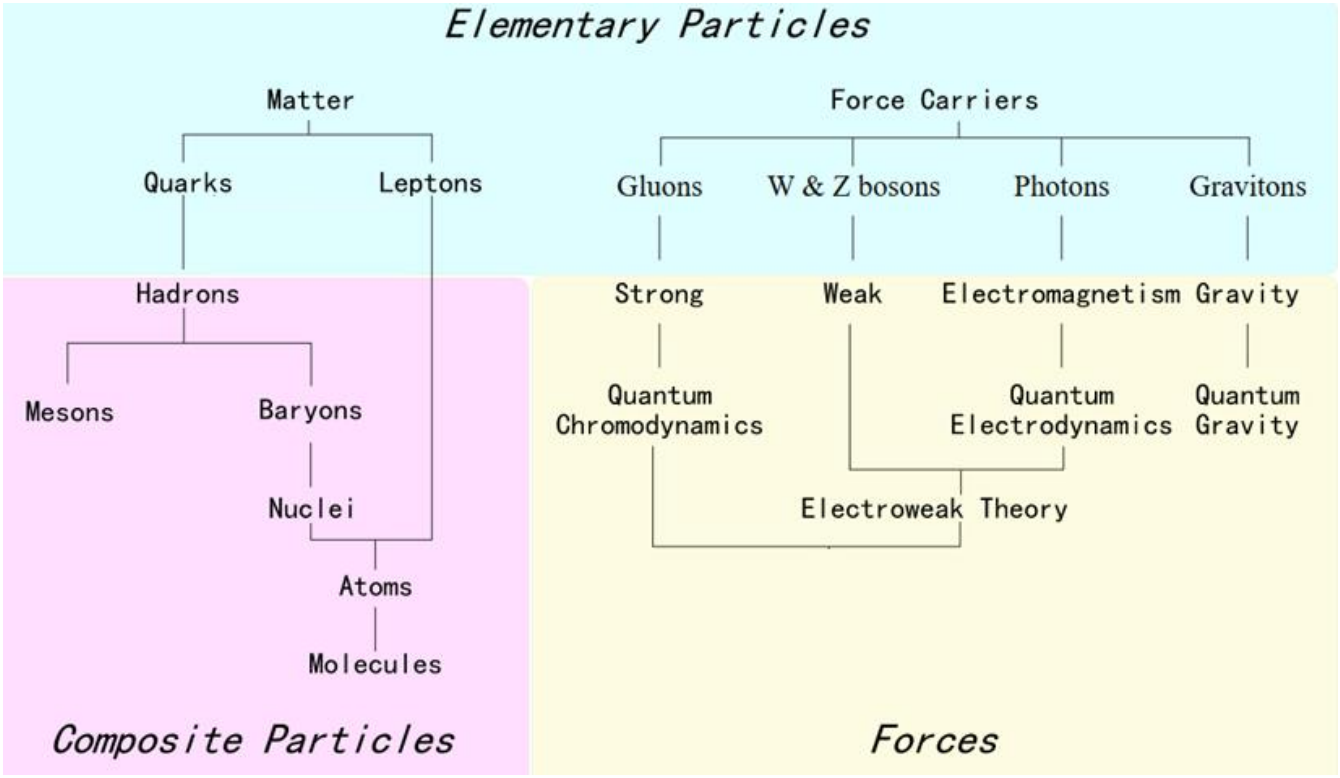
الجسيمات الأوّليّة هي الجسيمات الأساسية التي تتكون منها باقي الجسيمات الأكبر والأعقد وبالتالي هي الأشكال الأبسط للوجود المادي حسب نظرية النموذج المعياري. يتم افتراض هذه الجسيمات أولية على أساس أنها البنية الأولية للكون المعروف وأنها لا تحتوي بنية داخلية أو عناصر أصغر منها ضمنها، في حين تتشكل معظم الجسيمات الأكبر من مكونات ذرة وذرات وجزيئات العناصر والمركبات من هذه الجسيمات الأولية أساسا. تحدد نظرية النموذج العياري في فيزياء الجسيمات هذه الجسيمات بأنها : فرميونات وبوزونات.

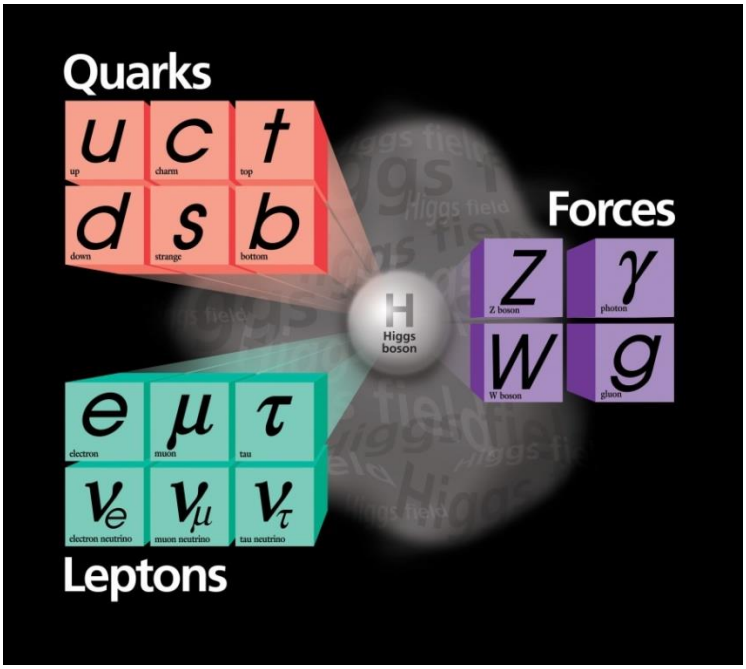
جميع الجسيمات الأولية تكون إما بوزونات أو فرميونات (حسب اللف المغزلي لديها). ووفقا لهذه النظرية: فإن الجسيمات المسؤولة عن تشكيل المادة هي الفرميونات Fermions (البرم لها نصف عدد صحيح) وتنقسم إلى اثنا عشر نكهة، أما الجسيمات المرتبطة بالقوى الأساسية فهي البوزونات Bosons (البرم لها يكون صحيح).





يمكن تصنيف الجسيمات الاولية الى جسيمات اولية مسؤولة عن تكوين المادة واخرى مسؤولة عن القوى في الطبيعة وكالاتي :


Elementary Particles
Matter
Quarks
Leptons
Force Carriers
Gluons
W & Z bosons
Photons
Gravitons
Hadrons
Mesons
Baryons
Nuclei
Atoms
Molecules
Strong
Weak
Electromagnetism
Gravity
Quantum Chromodynamics
Quantum Electrodynamics
Quantum Gravity
Electroweak Theory
Composite Particles
Forces


Quarks
u
c
t
up
charm
top
d
s
b
down
strange
bottom
Forces
Z
Z boson
γ
photon
W
W boson
g
gluon
H
Higgs boson
e
μ
τ
electron
muon
tau
νe
νμ
ντ
electron neutrino
muon neutrino
tau neutrino
Leptons

الجسيمات الاولية (Elementary Particles)

تقسم الجسيمات الاولية الى بوزونات Bosons وهي المسؤلة عن القوى في الطبيعة وفرميونات Fermions وهي المسؤلة عن تشكيل المادة في الطبيعة.

تتبع البوزونات احصاءات بوز اينشتاين ولها برم مغزلي spin=1 اما الفيرميونات تتبع احصاءات فيرمي ديراك ولها برم مغزلي spin=1/2.

القوى الاساسية في الطبيعة اربعة:

1. القوى الكهرومغناطيسية: وتشمل جميع الاواصر الكيميائية وقوى كولوم بين الشحنات.
2. القوى النووية الضعيفة: وهي المسؤلة عن تحلل النواة الثقيلة.
3. القوة النووية القوية: وهي مسؤلة عن ربط مكونات النواة وتمنع تنافر البروتونات داخل النواة.
4. الجاذبية: وهي المسؤلة عن تجاذب الاجسام الكبيرة على مستوى الكواكب ولا تظهر على مستوى الجسيمات الاولية كونها ضعيفة جدا وتعتمد بشكل مباشر على الكتلة.

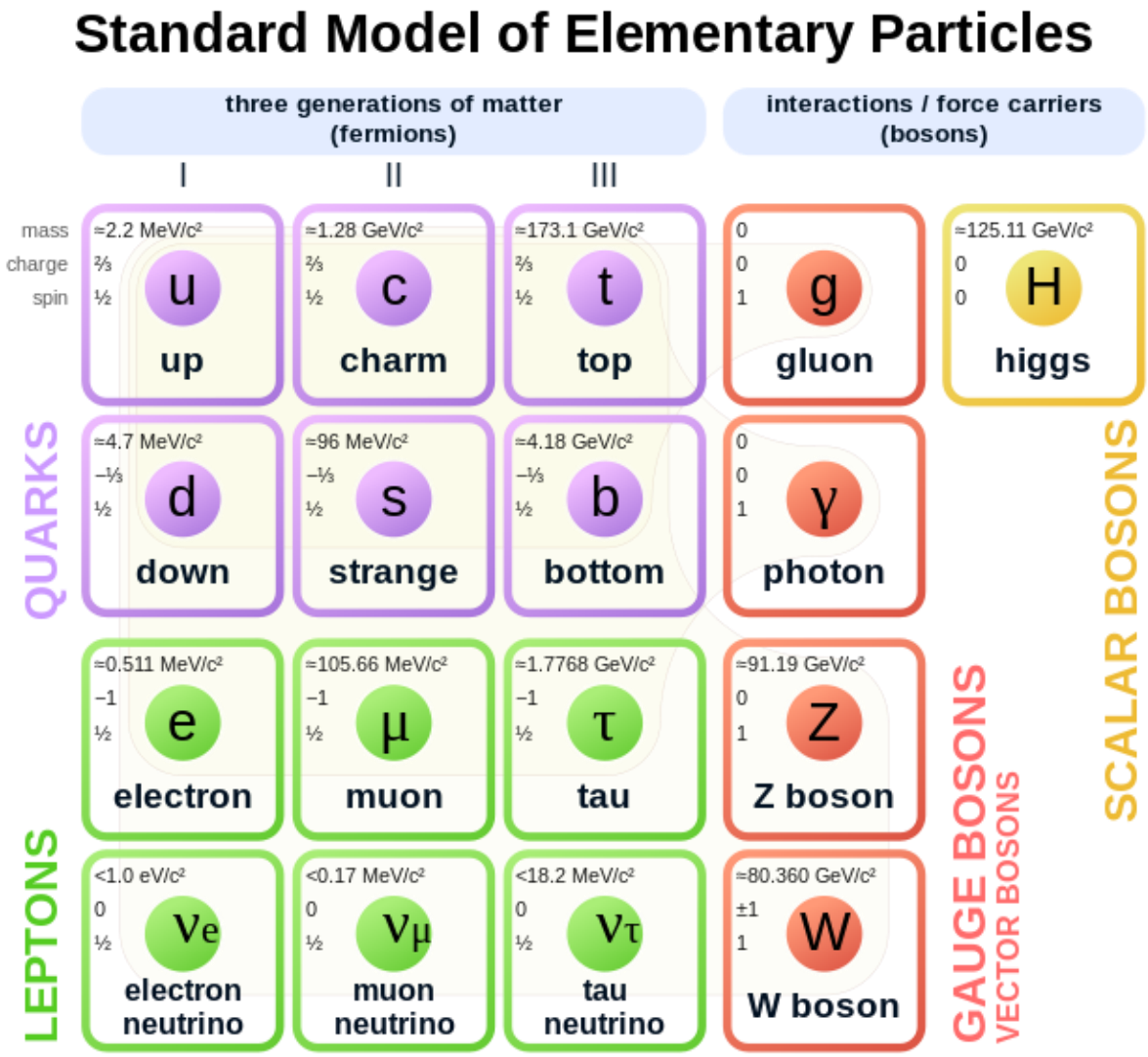
البوزونات هي المسؤولة عن تبادل القوى في الطبيعة وهي كالاتي: الفوتون γ هو المسؤول عن القوى الكرومغناطيسية وبوزونات $W^{\pm}, Z$ هي المسؤلة عن القوى النووية الضعيفة و (g) gluon هو المسؤول عن القوة النووية القوية و (G) graviton هو المسؤول عن قوى الجاذبية.

اما الجسيمات الاولية المكونة لمادة الكون عمليا هي من العمود الاول في الجدول (الجيل الاول) (u, d, e, ν_e) وهذة الجسيمات الاربعة هي التي تشكل الكون وتترابط فيما بينها بواسطة القوى القوية (بواسطة جسيمات تدعى بوزونات.

تمثل جسيمات الجيل الاول الجسيمات الاولية الاخف وزنا والاكثر استقرارا، تنتمي الجسيمات الثقيلة والاقل استقرارا الى الجيل الثاني والثالث.

ان النقص في نظرية النموذج المعياري هو عدم احتوائها على القوة الرابعة الثقاله فعملية ادخال النظرية النسبية العامة تعد من اهم المعضلات في الفيزياء الحديثة كون الثقالة تتعامل مع الابعاد على مستوى الكون.

تم ترتيب الجسيمات الاولية حسب نظرية النموذج المعياري كما يلي:



تتشكل الكواركات بتشكيلات مختلفة مكونة الهادرونات وهي تصنف الى Baryons(three quarks) و Mesons(quark + antiquark)

من الامثلة على الباريونات: النيوترون والبروتون وجسيم دلتا $\Delta^{++}(uuu), p^{+}(udu), n^{0}(dud)$

$$\Delta^{++}(uuu) = +\frac{2}{3}+\frac{2}{3}+\frac{2}{3} = +2$$

$$p^{+}(udu) = +\frac{2}{3}-\frac{1}{3}+\frac{2}{3} = +1$$

$$n^{0}(dud) = -\frac{1}{3}+\frac{2}{3}-\frac{1}{3} = 0$$

ومن امثلة الميزونات: Kaon (وايضا يدعى K-meson) $K^{+}(u\bar{s}), K^{0}(d\bar{s})$

و Pion (تدعى ايضا ميزونات باي) $\pi^{0}(u\bar{u}), \pi^{+}(u\bar{d})$

$$\pi^0(u\bar{u}) = +\frac{2}{3} - \frac{2}{3} = 0$$

$$\pi^+(u\bar{d}) = +\frac{2}{3} + \frac{1}{3}$$

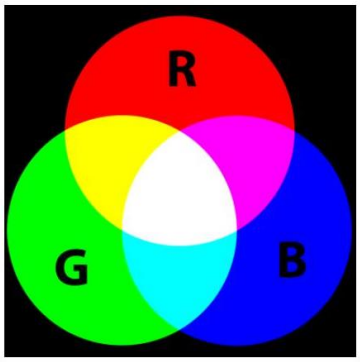
$$\pi^-(\bar{u}d) = -\frac{2}{3} - \frac{1}{3} = -1$$

$$K^-(s\bar{u}) = -\frac{1}{3} - \frac{2}{3} = -1$$

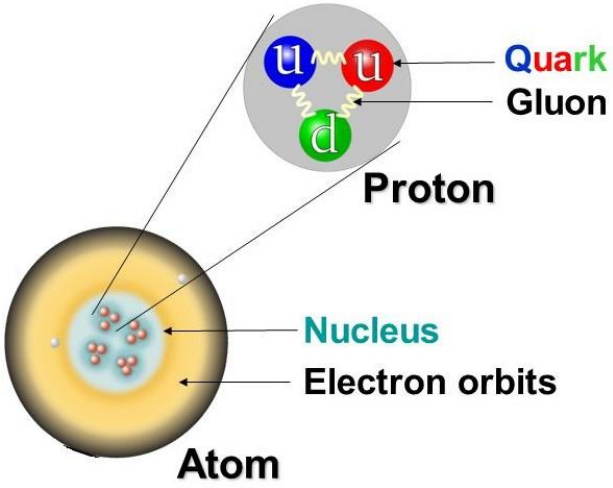
$$K^+(u\bar{s}) = +\frac{2}{3} + \frac{1}{3} = +1$$

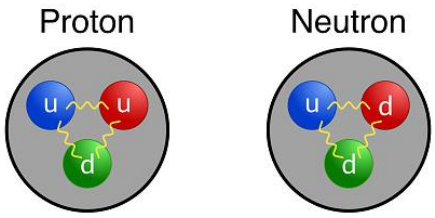
$$K^0(d\bar{s}) = -\frac{1}{3} + \frac{1}{3} = 0$$

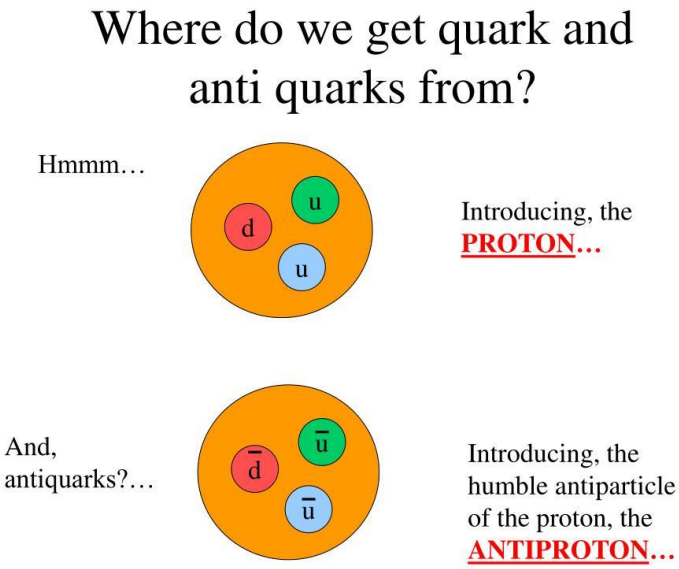
ولحل مشكلة مبدا باولي للاستبعاد كون الباريونات تتكون من ثلاث كواركات متماثلة تم ادخال الشحنة اللونية من قبل موري جلمان Murray Gell-Mann حيث افترضت جلمان ان كل كوارك له شحنة لونية تميزه عن الكوارك الاخر المماثل، والشحنات اللونية color charge هي ثلاثة احمر ازرق اخضر (RBG) الشحنة اللونية النهائيه يجب ان تكون متعادلة لونيا للكواركات. وبذلك اصبح لدينا عدد كمي جديد هو الشحنة اللونية وبذلك يمكن رسم جسيم دلتا $\Delta^{++}(qqq)$ والطريقه الجديدة الشحنة اللونية النهائيه ابيض او متعادل لونينا.



القوة التي تربط مكونات النيوكلونات مع بعض هي القوة النووية القوية والجسيم المسؤول عنها هو gluon او الماده الصمغية.







A **gluon** (sound/*Gloon*) is a type of massless elementary particle that mediates the strong interaction between quarks. Gluons are massless vector bosons, thereby having a spin of 1. Through the strong interaction, gluons bind quarks into groups according to quantum chromodynamics (QCD), forming hadrons such as protons and neutrons.

Gluons carry the color charge of the strong interaction, thereby participating in the strong interaction as well as mediating it.

Because gluons carry the color charge, QCD is more difficult to analyze compared to quantum electrodynamics (QED) where the photon carries no electric charge.

Gluons carry colour charge themselves e.g. rg gluon changes red quark into green quark. However, they have combinations of color and anticolor, Like:

red–antired ($r\bar{r}$), red–antigreen ($r\bar{g}$), green–antigreen ($g\bar{g}$), green–antiblue ($g\bar{b}$), blue–antiblue ($b\bar{b}$),…

r أحمر، و $\bar{r}$ مضاد الأحمر

b أزرق، و $\bar{b}$ مضاد الأزرق

g أخضر، و $\bar{g}$ مضاد الأخضر

الغلوونات Gluons جسيمات اولية، لا تحمل شحنة كهربائية ولا كتلة وفقا للنموذج القياسي Standard Model. للغلوونات شحنة لونية تتميز بأنها تتكون من «لون و لون مضاد» سويا. ولهذا يوجد منها عدة غلوونات مختلفة. من خلال نظرية المجموعات يمكن استخلاص عدد امكانيات التباديل والتوافيق لهذه الألوان والألوان المضادة للغلوونات باستخدام الاحصائية التالية:

$$3 \otimes \bar{3} = 8 \oplus 1 .$$

بمعنى، لكي نكوّن زوجا من الغلوونات ولدينا 3 أنواع من الغلوونات وثلاثة أنواع من الغلوونات المضادة فتكون النتيجة 8 أنواع من ازواج الغلوونات، 8 حالات (Octet states)، بالإضافة إلى حالة واحدة منفردة (Singulet state)

الغلوون gluon(g) يغير الشحنة اللونية للكوارك ولا يغير النوع flavor (او النكهة) اما الحالة المنفردة لا تستطيع تغيير لون الكوارك حيث أنها تمثل حالة تناظرية تماما. تغيير flavor معناها يغير الكوارك من نوع لآخر، مثلا u الى d . اما تغيير الشحنة اللونية معناها يغير لون الكوارك.

Confinement means do not observe free quarks; Quarks confined within hadrons.

Colour force between 2 quarks at “long” distances O(1 fm).

Separation of quarks requires infinite amount of energy.

Confinement الحصر

نظرا لأن الغلوونات تحمل شحنة لونية فهم يشتركون في التفاعلات (الترابطات) القوية . هذه الترابطات للغلوون-غلوون يحصر حقل اللون ويجعله في هيئة حلقة وترية (تسمى في الميكانيكا الكمومية اللونية QCD فيض أنبوبي Flux tube) ، يشتد قوة عند اطالته. وبسبب هذه القوة فإن الكواركات محصورة في جسيمات تحويها، وتلك الجسيمات تسمى هادرونات مثل البروتون والنيوترون .وهذا يحصر مدى الترابط القوي في حيز ضيق جدا، نحو 1×10^{-15} متر، في حدود نواة الذرة. خارج هذه المسافة تشتد الحلقة الرابطة للكواركين، وإذا اشتدت أكثر من اللازم بسبب طاقة خارجية منصبة عليها فإن الحلقة flux tube لا تزداد طولا او تنقطع، ولكن هذه الطاقة الزائدة تتحول إلى زوج "كوارك-كوارك مضاد".

Why no free quarks?

The potential energy two electric charges:

U=-kqQ/r

The potential energy between two color charges is Coulomb-like but has an extra term:

U=-kqQ/r+Kr

The PE increases with distance!

س/ هل يوجد كوارك منفرد؟ او هل هناك كوارك بصورة حرة في الطبيعة؟