الباب التاسع

الجسيمات الأولية

الباب التاسع

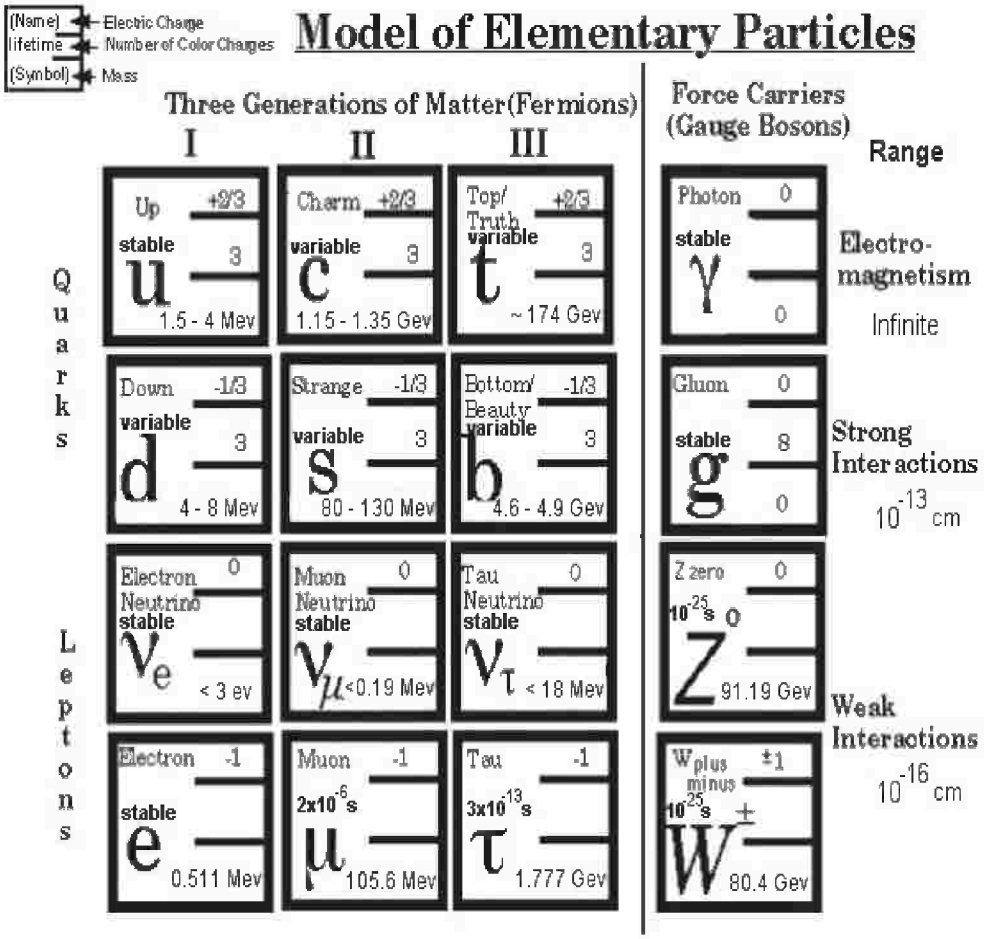
الجسيمات الأولية
Elementary Particles

٩-١ مقدمه

نعلم جميعاً أن تقسيم أية مادة إلى أجزاء أصغر ينتهي بنا إلى الذرة، وهي أصغر جزء من المادة يحمل صفاتها. فإذا قسمنا الذرة لم يعد ما نحصل عليه يحمل صفات المادة التي بدأنا بها. والذرة تتكون من نواة تحيط بها إلكترونات، وتتكون النواة من البروتونات والنيوترونات. وهكذا فقد انتهى بنا التفتيت والتقسيم إلى هذه الجسيمات الثلاثة. ونعلم أن البروتون والنيوترون يكادان يتماثلان في كل شيء سوى أن البروتون يحمل شحنة موجبة بينما النيوترون متعادل. أما الإلكترون فهو القاسم المشترك في كل المواد حيث أنه يتواجد في كل الذرات ابتداء من الهيدروجين الذي تتكون نواته من بروتون فقط إلى اللورانسيوم الذي تتكون نواته من ١٠٣ بروتونات و ١٥٤ نيوترونا. ويمكن للذرات أن تتبادل الإلكترونات بل ويمكن للإلكترونات أن تتجول بحرية بين الذرات في بعض المواد.

لكن هذه ليست نهاية المطاف، وليست هذه الجسيمات الثلاثة هي اللبنات الأساسية للمادة. فمع التقدم التكنولوجي، ومع بناء معجلات أكثر تقدماً وأعلى طاقة، أمكن تسريع البروتونات إلى طاقات عالية، وعندما وضعت حزمتان من البروتونات ذات طاقة عالية في وضع تصادمي كانت النتيجة أن جسيمات تتناثر من هذا التصادم ، وهي بالتأكيد ليست تكسر الكرة البروتونية إلى شظايا عشوائية كما لو كسرنا كرة زجاجية. بل إن هذه الجسيمات لها خواصها وشخصيتها و"لونها" . إذن ما هي اللبنات الجديدة للمادة؟. هذا ما سنحاول الإجابة عليه الآن ، ولعل من المفيد أن نأخذ نظرة عامة وشاملة للوجود المادي ككل. وتشكل الجسيمات الأولية

بما تبنيه من مادة في كل مكان، جزءاً من موجودات الكون، بينما يوجد الجزء الآخر على شكل طاقة. وكثيرا ما تتم التحولات بين المادة والطاقة إذا توفرت شروط هذا التحول. وكما جعل الله سبحانه وتعالى الكثير من مخلوقات الكون أزواجاً لغاية ما، فقد جعل سبحانه كذلك الجسيمات الأولية أزواجاً. فكل جسيم له زوج يسمى ضديد (ضد) هذا الجسيم. والضد يماثل ضده في كل شيء ما عدا الشحنة حيث يمتلك الضدان شحنتان متعاكستان. فالسالب ضده موجب والمتعادل ضده متعادل . وإذا التقى الضديدان (بالتصادم مثلا) تحولاً فوراً إلى طاقة. وأن كمية المادة المتحولة لطاقة يمكن أن تعود بالتمام والكمال إلى مادة بنفس الكمية إذا ما تسنى لها ذلك. كما يمكن لجزء من مادة الجسيم أن تتحول إلى طاقة كما هو الحال عندما يفرمل الإلكترون فيطلق حبيبة من الطاقة على شكل أشعة سينية. ويمكن لجسيم أن يمتص جزءاً من الطاقة فتزيد كتلته كما يحدث للإلكترون في تصادم أو تأثير كومبتون فكأنما أخذ الإلكترون هذه الطاقة ليضمها إلى كيانه فتصبح جزءاً منه. ويمكن تشبيه الجسيمات الأولية التي تبني الوجود المادي لهذا الكون بالبيت الكبير الذي يشيد من قطع طوب صغيرة، فكذلك تبنى المادة من لبنات أولية . وكما أن بناء البيت لا يكون بالطوب وحده ، بل نحتاج إلى المادة الأسمنتية البينية التي تمسك الطوب بعضه ببعض وتجعل البناء كلا متماسكا، فكذلك تكون الجسيمات؛ منها ما هو هيكل البناء ومنها ما هو الرابط واللاحم للأجزاء الهيكلية بعضها ببعض. شكل (١-٩) يوضح نماذج الجسيمات الأولية.



شكل (١-٩) يوضح نماذج الجسيمات الأولية

٢-٩ خواص الجسيمات الأولية

١- تنتمي الجسيمات الأولية للذرة وهي الإلكترون، البروتون، النيوترون إلي الجسيمات الأولية وهي الجسيمات التي لا تركيب لها ولذلك يمكن اعتبارها جسيمات نقطية. ويوجد ما يزيد علي ٢٠٠ من الجسيمات الأولية وأغلبها غير مستقر وتتحلل تلقائياً إلي جسيمات أولية مستقرة

وزمن تواجد هذه الجسيمات صغير جداً ويتراوح بين 10^{-22} ◘ 10^{-6} ثانية.

٢- الطبيعة الزوجية للجسيمات الأولية أي وجودها علي هيئة أزواج من الجسيمات وضديدها وهذه خاصية مميزة للجسيمات الأولية. فأي جسيم ما عدا الفوتون والباي ميزون الصفري يوجد علي جسيم وضديده والخواص الفيزيائية لهما واحدة ما عدا الشحنة التي توضح التضاد. والتأثير المتبادل بين هذه الجسيمات وجسيمات أخري يعطي نتائج مختلفة بينما التأثير المتبادل بين هذه الجسيمات مع بعضها يكون نتيجته الإفناء وظهور جسيمات جديدة ذات كتل سكون أصغر.

٣- خاصية التحول المتبادل للجسيمات الأولية وهي قدرتها علي التحول المتبادل عند الاصطدام والانحلال والإفناء. ولهذه الأسباب توجد بعض الكميات خاصة بالجسيمات الأولية مثل عدد الكم الباريوني وعدد الكم الليبتوني والزوجية والغرابة. وتسمح هذه الطريقة بتحديد مجموعات الجسيمات التي لها خواص متشابهة بأنها تحمل قيماً عددية متساوية لهذه الكميات.

٤- تختلف الجسيمات الأولية بالنسبة إلي تأثرها بالقوي الأربع المعروفة فالجسيمات الثقيلة مثل الميزونات والباريونات تستطيع أن تتفاعل تحت تأثير القوي النووية والكهرومغناطيسية والقوي الضعيفة. بينما الجسيمات الخفيفة مثل الليبتونات لا تستطيع أن تتفاعل تحت تأثير القوي الكهرومغناطيسية والقوي الضعيفة في حين أن النيوترينو يمكن أن يتفاعل تحت تأثير القوي الضعيفة. والفوتونات تشترك في تأثيرات كهرومغناطيسية فقط.

٥- تتفق الجسيمات الأولية مع الجسيمات الغير الأولية في خاصية اللف المغزلي وإما تأخذ نصف لف مغزلي $(\frac{1}{2},\frac{3}{2},\frac{5}{2},....)$ أو تأخذ لف كامل $(1,2,3,....)$ أو ليس لها لف أي اللف لها يساوي صفر. فبالنسبة

للجسيمات التي لها نصف لف مغزلي تخضع لمبدأ باولي للاستبعاد الذي يمنع أن يتواجد جسيمين متطابقين في نفس الأحوال الكمية الأربعة لأنهم لو اتفقوا في عدد الكم الرئيسي والمغناطيسي والثانوي فسوف يختلفوا في عدد الكم المغزلي. وهذه الخاصية هي سبب وجود الأغلفة النيوكليونية في الأنوية. والجسيمات الأولية التي لها لف نصف تستطيع أن تكون مادة وتصف هذه الجسيمات بإحصائيات فيرمي- ديراك وتسمي الفيرميونات. والجسيمات الأولية التي لها لف كامل لا تخضع لمبدأ باولي بل تتجمع في حالة كمية واحدة ذات أصغر طاقة ممكنة وتوصف بإحصائيات بوزي- أينشتين وتسمي البوزونات.

٩-٣ اكتشاف الجسيمات الأولية بواسطة الأشعة الكونية

١- في عام ١٩٣٢ م أكتشف أندرسون البوزيترونات (e^{+}) ولقد تم الكشف عنها بواسطة الأشعة الكونية فإذا كان تفاعل الأشعة الكونية بالقرب من الغلاف الجوي تكون التفاعلات قوية وينتج عن ذلك البايونات حسب التفاعل الأتي:

$$\begin{matrix} Nucleon + Nucleon \rightarrow Nucleon + Nucleon + Pions \\ N + N \rightarrow N + N + (\pi^{+} or \pi^{-} or \pi^{0}) \end{matrix} \qquad (٩-١)$$

أما إذا كان تفاعل الأشعة الكونية بالقرب من سطح البحر فتكون التفاعلات ضعيفة وينتج الإلكترونات والبوزيترونات حسب التفاعل الأتي:

$$\begin{matrix} \mu^{+} \rightarrow \mu^{+} + \gamma \\ \mu^{+} \rightarrow e^{+} + \bar{\nu}_e + \nu_\mu \end{matrix} \qquad (٩-٢)$$

حيث ν المايونات، $\nu, \bar{\nu}$ هما النيوترينو وضديده. وكذلك أن الأشعة الكونية بالقرب من سطح البحر تتكون من نوعين احدهما تسمي المركبة اللينة soft component وهذه عبارة عن مجموعة من الإلكترونات

والفوتونات والمركبة الثانية تسم المركبة القاسية hard component وهذه تتكون من مجموعة من المايونات.

٢- في عام ١٩٣٧ م أكتشف أندرسون ونيدر ماير المايونات (μ) ولقد تم الكشف عنها بواسطة الأشعة الكونية ولقد تم اكتشاف هذه الجسيمات وكانت كتلتها تساوي ٢٠٧ قدر كتلة الإلكترون وأطلق عليها في ذلك الوقت الميزونات وكان يعتقد أنها ميزونات يوكاوا ولكن ظهر فيما بعد أنها لا يمكن أن تكون ميزونات يوكاوا لعدة أسباب منها أن هذه الميزونات لها مدي طويل وتتفاعل مع المادة من خلال التفاعلات الضعيفة وعمر النصف لها طويل وهذا يخالف ميزونات يوكاوا التي مداها قصير في حدود الفيرمي (قطر النواة) وتتفاعل من النوع القوي لأنها تفاعلات نووية بين النيوكليونات وعمر النصف لها قصير. ويمكن الحصول علي المايونات في المعمل من تحلل البا يونات كما في المعادلة (٢-٩) ثم تتفاعل مع المادة حسب التفاعل الأتي:

$$\pi^{-} \rightarrow \mu + \bar{\nu}_{\mu} \qquad (٩-٣)$$

٣- في عام ١٩٤٧ م اكتشفت بواسطة مجموعة من العلماء البايونات (π) ولقد تم الكشف عنها عن طريق تعريض مستحلب نووي إلي الأشعة الكونية عند ارتفاعات عالية. ولقد تم اكتشاف هذه الجسيمات وأن البايون (π) يتحلل إلي المايون(μ) ويتحلل المايون إلي الإلكترون. والبايونات ثلاثة أنواع هي البايون الموجب (π^{+}) والسالب (π^{-}) والمتعادل (π^{0}) وتتحلل البايونات حسب المعادلة (٢-٩). كما يمكن أن ينتج البايون الموجب من التفاعلات الآتية:

$$P \to P + \pi^- + d$$
$$P \to P + \pi^- + P + n \qquad (٩-٤)$$

ويمكن أن ينتج البايون السالب من التفاعل الأتي:

$$P + P + P \to P + P + \pi^- + \pi^- \qquad (٩-٥)$$

ويمكن أن ينتج البايون المتعادل من التفاعلات الآتية:

$$\pi + P \to \pi^0 + P$$
$$\pi + d \to \pi^0 + d \qquad (٩-٦)$$
$$\pi + d \to \pi^0 + n + p$$

٤- توجد بعض الجسيمات الغريبة (Λ, K, Σ) تم اكتشافها بعد البايونات وكانت خصائصها غريبة ومحيرة ولم يكن لها تفسير في ذلك الوقت. فعندما تعرضت الحجرة السحابية إلي الأشعة الكونية فإنها تخترق لوح الرصاص المثبت في الحجرة وينتج عدد كبير من الجسيمات. وقد لوحظ أن جسيماً مشحوناً قد غير اتجاهه فجأة مما يدل علي أنه تحلل إلي جسيم أخر مشحون وجسيم متعادل وسمي هذا الجسيم Σ وتحلله هو

$$\Sigma^+ \to \pi^+ + n \qquad (٩-٧)$$

وعندما تعرضت أيضاً الحجرة السحابية إلي الأشعة الكونية فإنها تخترق لوح الرصاص فوجد جسيماً متعادل تحلل إلي جسيمين آخرين مشحونين ويكون شكلهما علي الحرف V وسمي هذا الجسيم لمبدا- Lambda (Λ) كتلته أكبر من البروتون ويتحلل كما يلي:

$$\Lambda^0 \to \pi^- + P^+ \qquad (٩-٨)$$

ويوجد جسيم أخر تم التعرف علية هو K^0 الكايون وكتلته أصغر من البروتون ويتحلل كما يلي:

$$K^0 \to \pi^+ + \pi^- \qquad (٩-٩)$$

وقد وجد بعض الجسيمات المشحونة تتحلل إلي ثلاثة جسيمات مشحونة أخري سميت بالميزونات $K^{\pm}$ وتحلل كما يلي:

$K^{\pm} \rightarrow \pi^{\pm} + \pi^{\pm} + \pi^{\mp}$ (٩-١٠)

$K^{\pm} \rightarrow \pi^{\pm} + \pi^{0} + \pi^{0}$ (٩-١١)

وقد وجد بعض الجسيمات المشحونة تتحلل علي مرحلتين وسمي إكساي Ξ^{-} وتحلل كما يلي:

$\Xi^{-} \rightarrow \Lambda^{0} + \pi^{-}$ (٩-١٢)

ثم يتحلل الجسيم (Λ^{0}) حسب المعادلة (٨-٩).

٩-٤ أنواع الجسيمات الأولية

حتى عام ١٩٦٤م كانت الجسيمات الأولية تتكون من أربعة أنواع وتصنف تبعا لذلك إلي الجسيمات الخفيفة (اللبتونات) والجسيمات المتوسطة (الميزونات) والجسيمات الثقيلة (الهادرونات) والفوتونات وهي كما يلي:

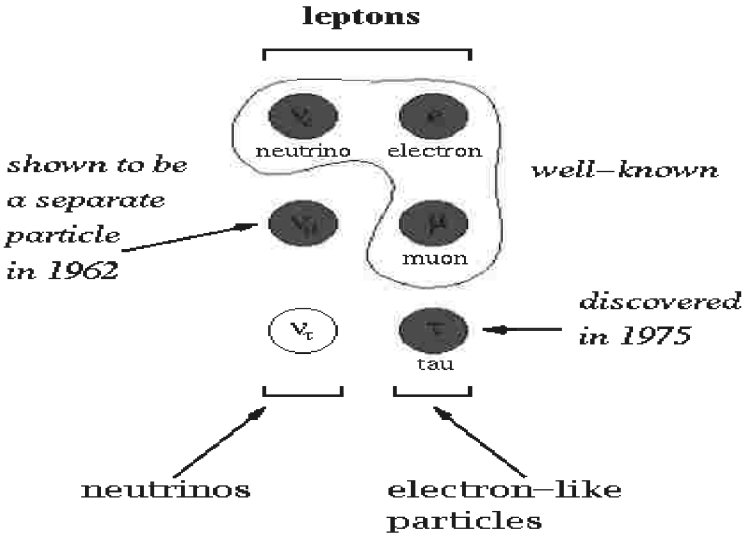
١- الجسيمات الخفيفة (اللبتونات) Leptons

من أشهر أعضاء هذه العائلة الإلكترون وضديده البوزيترون والنيوترونات. وتملأ الإلكترونات المسافات بين الأنوية في ذرات المادة كما تسبح بحرية في المعادن لتوصل الكهرباء والحرارة وتحدد الكثير من الصفات الفيزيائية والكيميائية للمواد. تتدرج الجسيمات الخفيفة من الجسيم الخفيف جدا إلى الخفيف إلى الأقل خفة، ويبين جدول (١-٩) أسماء وبعض صفات عائلة الجسيمات الخفيفة:

جدول (١-٩) للجسيمات الخفيفة

الجسيم	الإلكترون	نيوترينو الإلكترون	الميون	نيوترينو الميون
الرمز	e^-	ν_e	μ^-	ν_μ
الشحنة	- ١	٠	- ١	٠
الضديد	e^+	$\bar{\nu}_e$	μ^+	$\bar{\nu}_\mu$
الشحنة	+ ١	٠	+ ١	٠
الكتلة (م.أ.ف)	٠,٥١١	٠	١٠٦	٠
عمر النصف(ث)	مستقر	مستقر	2.2×10^{-6}	مستقر

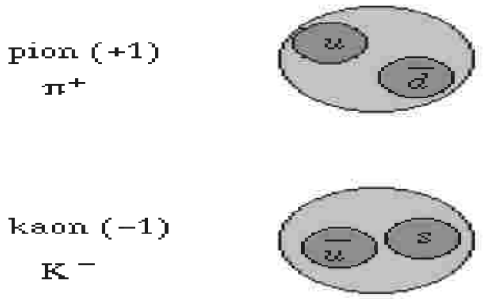
يرافق كل جسيم من هذه العائلة جسيما يسمى نيوترينو. فالإلكترون يرافقه نيوترينو الإلكترون والمايون يرافقه نيوترينو المايون. والنيوترينو جسيم في منتهى الصغر بحيث كان يعتبر عديم الكتلة ، إذ دلت التجارب على أن كتلة نيوترينو الإلكترون لا تكاد تصل إلى ٦٠ م.أ.ف أي أقل من 1×10^{-4} من كتلة الإلكترون . وتزيد كتلة نيوترينو المايون عن ذلك. والجسيم المستقر في هذه العائلة هو الإلكترون بينما المايون جسيم غير مستقر. أما النيوترينوات فهي مستقرة إجمالا ، وربما كان نيوترينو الإلكترون يعتبر أكثرها استقرارا . و تعتبر من حيث العزم الزاوي فيرميونات ، أي أن العزم المغزلي لها =١/٢ كما في شكل (٢-٩).



شكل (٢-٩) يوضح اللبتونات وتاريخ اكتشافها.

٢- الجسيمات المتوسطة (الميزونات) Mesons

وهذه الجسيمات التي تتميز بكتل متوسطة وتضم الميزونات π, K وضديداتهما ويكون العزم الزاوي لها يساوي عدد صحيح وهي تعتبر بوزونات كما في شكل (٣-٩). ويبين الجدول (٢-٩) الجسيمات المتوسطة:



شكل (٣-٩) يوضح الميزونات

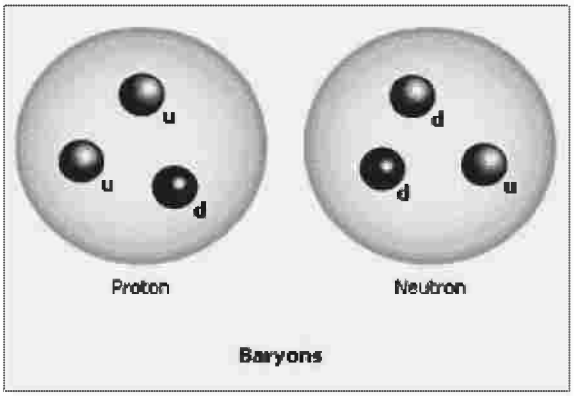
جدول (٢-٩) يوضح الجسيمات المتوسطة

الجسيم	البايون المتعادل	البايون الموجب	الكايون المتعادل	الكايون الموجب
الرمـــــــز	π^0	π^+	K^0	K^+
الشحنة	٠	+١	٠	+١
الضديد	π^0	π^-	K^0	K^-
الشحنة	٠	-١	٠	-١
الكتلـــة (م.أ.ف)	١٣٥	١٣٩	٤٩٧,٨	٤٩٤
عمر النصف ث	0.82×10^{-16}	2.6×10^{-8}	6×10^{-8}	1.2×10^{-8}

٣- الجسيمات الثقيلة (الباريونات) Baryons

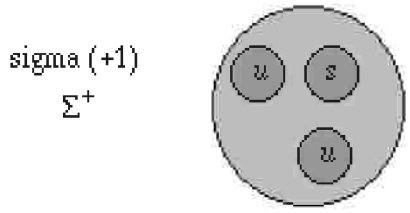
الجسيمات الثقيلة تضم نوعين هما:

١- النيوكليونات وهي البروتونات والنيوترونات اللذان يكونان نوى الذرات لكنهما نادرا ما يوجدان بشكل حر في الظروف العادية كما في شكل (٤-٩).



شكل (٤-٩) يوضح الباريونات مثل البروتون والنيوترون

٢- الهايبرونات وهي الجسيمات التي كتلتها أكبر من كتلة النيوكليونات وهي تضم جسيمات مثل (▯,▯,▯,▯) وهذه تعتبر من الجسيمات الغريبة والتي سنوضح فيما بعد شرحها أي أن الغرابة لها قيمة عددية (1,2,.....) وتضم الباريونات أيضاً ضديداتها كما في شكل (٥-٩). وتأخذ الباريونات عددا كمياً يرمز له B ويعرف بالعدد الباريوني ويساوي الباريونات مطروحاً منه عدد ضديداتها والعزم الزاوي لها يساوي($\frac{1}{2},\frac{3}{2}$,....)وهكذا ومن ثم هي فرميونات. شكل (٥-٩) يوضح جسيم سيجما. وجدول (٣-٩) يبين الجسيمات الثقيلة:



شكل (٥-٩) يوضح جسيم سيجما

جدول (٣-٩) يوضح الجسيمات الثقيلة

الجسيم	البروتون	النيوترون	اللمدا	سيجما	سيجما المتعادل	إكساي المتعادل	إكساي
الرمز	P^{+}	n^{0}	Λ^{0}	Σ^{+}	Σ^{0}	Ξ^{0}	Ξ^{-}
الشحنة	+١	٠	٠	+١	٠	٠	-١
الضديد	P^{-}	$\bar{n}^{0}$	$\bar{\Lambda}^{0}$	Σ^{-}	$\bar{\Sigma}^{0}$	$\bar{\Xi}^{0}$	Ξ^{+}
الشحنة	-١	٠	٠	-١	٠	٠	+١
الكتلة(م.أ.ف)	٩٣٨	٩٣٩	١١١٥	١١٨٩	١١٩١	١٣١١	١٣١٨
عمر النصف (ثانية)	مستقر	٧٢٠	2.5×10^{-10}	0.8×10^{-10}	0.1×10^{-10}	1.5×10^{-10}	1.7×10^{-10}

كما يوجد جسيم أخر تابع للجدول السابق يسمي Ω^{-} وضديده هو Ω^{+} كتلته ١٦٨٦ م.أ.ف وعمر النصف له يساوي 0.7×10^{-10} ثانية.

٤- الفوتونات Phtons

هذه الجسيمات تحمل القوة المغناطيسية ولها عزم يساوي الواحد ولذلك فهي تنتمي إلي عائلة البوزونات وكتلتها تساوي صفر.

٩-٥ قوانين الحفظ للجسيمات الأولية
Conservation Laws for Elementary Particles

توجد بعض القوانين تنطبق عليها جميع قواعد الحفظ وتتبعها التفاعلات المختلفة الأربعة المعروفة مثل حفظ الشحنة والطاقة والعزم الزاوي والخطي. وتوجد بعض الجسيمات لا تتبع قوانين الحفظ المعروفة فوضعت أعداد كمية جديدة تتناسب معها مثل:

١- المغزلية الأيزوتوبية Isotopic Spin

هذه الكمية ليس لها علاقة بالعزم الزاوي أو العزم المغزلي ويرمز للمغزلية الأيزوتوبية بالرمز I ولقد وجد هذا العزم للتفريق بين البروتون والنيوترون لأن كل منهما نيوكليونات وكذلك ليدل علي عدد حالات الشحنة التي يمكن أن يتواجد فيها مجموعة من الجسيمات المتشابهة. عدد الجسيمات مختلفة الشحنة M يحسب من الكمية M = 2I+1 . وتعرف مركبة I في اتجاه Z بالرمز I_Z. ومثال علي ذلك في حالة النيوكليونات تكون I =1/2 وتكون M=2 أي يوجد جسيمين بشحنتين مختلفتين وتكون في هذه الحالة $I_Z = \frac{1}{2}$ للبروتون موجب الشحنة ، $I_Z = -\frac{1}{2}$ للنيوترون متعادل الشحنة. وجدول (٤-٩) يوضح المغزلية الأيزوتوبية لبعض الجسيمات وحالتها.

٢-الشحنة الكلية Q لأي جسيم تعطي من العلاقة $Q = I_Z + ((B + S)/2)$ حيث B العدد الباريوني، S عدد الغرابة.

جدول (٤-٩) المغزلية الأيزوتوبية

مجموعة الجسيمات	المغزلية الأيزوتوبية I	عدد حالات الشحنة M=2I+1	المركبة في اتجاه Z (I_Z)	الجسيمات المتوقعة
النيوكلونات	$\frac{1}{2}$	٢	$\frac{1}{2}$	P^+, n^0
البايونات	١	٣	1, 0	π^-, π^0, π^+
الكايونات	$\frac{1}{2}$	٢	$\frac{1}{2}, \frac{1}{2}$	K^+, K^0
إكساي	$\frac{1}{2}$	٢	$\frac{1}{2}, \frac{1}{2}$	Ξ^-, Ξ^0
لامبدا	٠	١	0	Λ^0
سيجما	١	٣	1, 0	$\Sigma^-, \Sigma^0, \Sigma^+$
دلتا	$\frac{3}{2}$	٤	$\frac{1}{2}, \frac{3}{2}$	$\Delta^-, \Delta^0, \Delta^{++}, \Delta^+$

٣- قانون حفظ العدد الباريوني Number Baryon

قانون حفظ العدد الباريوني يوضح أن الباريون في حالة تكونه أو تحلله أو حتى في التفاعلات النووية، فإن ضديدة يتكون أيضاً، هذه الفكرة يمكن شرحها باعتبار أن كل باريون له عدد باريوني قيمته (B=1)،وكل ضديد باريون له عدد باريوني قيمته (B=-1)، بينما باقي الجسيمات(غير الباريونات) لها عدد باريوني قيمته (B=٠). وقانون العدد الباريوني هو العدد الباريوني = عدد الكواركات- عدد ضديدات الكواركات /٣، لأن الباريون (مثل البروتون والنيوترون) مكون من ٣ كواركات، وضديده من ٣ مضادات للكواركات كما في شكل (٤-٩). وقانون الحفظ الباريوني ينص علي أنه عندما يحصل تفاعل نووي أو عملية تحلل تضم باريونات فإن العدد الباريوني قبل وبعد التفاعل يظل محفوظا. والنظريات الحديثة تؤكد على أنه ما دام هناك عمر نصف

للبروتون، على الرغم من طوله، لذلك فإن قانون حفظ العدد الباريوني يمكن خرقه أحيانا، مع الرغم انه لم يحدث إلي الآن.

٤- قانون حفظ العدد الليبتوني Number Lepton

يوجد ثلاثة قوانين حفظ ليبتوني لكل زوج ليبتونات، وعلى سبيل المثال فإن قانون الحفظ الليبتوني للإلكترون هو: العدد الليبتوني للإلكترون قبل وبعد التفاعل متساوي ومحفوظ. ومن المعروف أن عائلة الليبتونات الثلاث هي الإلكترون، ونيترينو الإلكترون المصاحب، المايون، ونيترينو المايون المصاحب،التاو، ونيترينو التاو المصاحب. فالإلكترون والنيترينو المصاحب له العدد الليبتوني لهما يساوي (L_e = ١)،بينما ضديدهما البوزيترون وضديد نيترونيو الإلكترون العدد الليبتوني لهما يساوي(L_e =-١) يعني على سبيل المثال $P \rightarrow n + e^{+} + \bar{\nu}_e$ قبل التفاعل العدد الليبتوني للنيوترون=٠ ، والعدد الليبتوني بعد التحلل= ٠ + ١ +(-١)=٠.

٥-حفظ عدد الغرابة وهو عدد محفوظ في التفاعلات القوية والكهرومغناطيسية.

٦-٩ الجسيمات الغريبة Strange Particles

سميت بعض الجسيمات بالغريبة لأن عمر النصف لها صغير جداً مع الرغم أنها تنتج من تفاعلات قوية والتي تقع في فترة زمنية قدرها 10^{-23} ثانية. ومع الرغم من ذلك فإنها تتحلل في المدى الخاص بالتفاعلات الضعيفة أي بعمر نصف صغير 10^{-10} ثانية وتعيش هذه الجسيمات طويلاً. والمفترض أن يحدث العكس أي أنه إذا نتجت الجسيمات من تفاعلات قوية فتتحلل بتفاعلات قوية أيضاً. توجد مجموعة من الجسيمات التي تم رصدها وهي الكايون (kaon) ،وجسيم لامبدا (Lambda) ، وجسيم سيجما (Singma).جسيم لامبدا تم رصده لأول مرة في الأشعة الكونية عام ١٩٤٧م، وهو مكون من ثلاث كواركات هي (فوق، تحت ، غريب)، بينما جسيم سيجما مكون من ثلاث كواركات أيضاً من نوع (غريب).

ومن الخصائص الغريبة التي تتميز بها هذه الجسيمات هو أنها دائما تنتج على كل أزواج،مثل تفاعل البايون مع البروتون فيوجد احتمال كبير

لإنتاج زوج من الجسيمات الغريبة. الخاصية الثانية المثيرة للدهشة في هذه الجسيمات، انه وعلى الرغم من أنها تنتج في التفاعلات النووية بمعدل عال، إلا أنها لا تتحلل إلى الجسيمات التي تنتج أيضاً في تلك التفاعلات النووية. بالإضافة إلى ذلك، فهي تتحلل وتتفكك في زمن طويل وبطء كبير، وهذه خاصية من خصائص التفاعلات النووية الضعيفة وليس القوية. عمر النصف لهذه الجسيمات يتراوح ما بين 10^{-10} ثانية الى 10^{-8} ثانية. ينما معظم الجسيمات التي تدخل في التفاعلات النووية القوية لها عمر نصف تقريبي هو 10^{-23} ثانية . ولتفسير هذه الخصائص الغريبة للجسيمات الغريبة، تم إيجاد رقم كمي جديد سمي الغرابة. وفي التفاعلات يحمل احد نواتج التفاعل (من الجسيمات الغريبة طبعا) قيمة للغرابة =١، بينما الجسيم الآخر يحمل قيمة =-١، أما الجسيمات الأخرى كلها تحمل قيمة للغرابة تساوي الصفر. وقانون حفظ الغرابة ينص على أنه في التفاعلات النووية وفي تفاعلات الانحلال، مجموع الغرابة قبل التفاعل يساوي مجموع الغرابة بعد التفاعل. وأن عدد الغرابة محفوظ في كل التفاعلات باستثناء التفاعلات الضعيفة، وذلك لأن انحلال الجسيمات الغريبة يتضمن إنتاج جسيم غريب واحد فقط مما يكسر قانون حفظ الغرابة. ولقد أفترض بايس A. Pais وآخرين أن هذه الجسيمات تنتج من مجموعات تتكون من جسيمين أو أكثر وهذا يعني أن التفاعلات القوية التي ينتج منها الجسيمات الغريبة تؤثر علي أكثر من جسيم واحد في نفس الوقت ويعرف هذا بمبدأ الإنتاج المشترك فمثلاً ينتج الجسيم وضديده. ولذلك تم وضع عدة فروض تضم أعداداً كمية جديدة خاصة بهذه الجسيمات وهي:

١- فرض عدد كمي جديد يعرف بعدد الغرابة (S) Strangeness No.

٢- النيوكليونات والبايونات ليست جسيمات غريبة ولذلك فإن عدد الغرابة لها يساوي صفر $S = 0$.

٣- عدد الغرابة في حالة التفاعلات القوية ينطبق علية قوانين الحفظ بينما لا ينطبق عليه في حالة التفاعلات الضعيفة. جدول (٥-٩) يوضح قيم عدد الغرابة للجسيمات الأولية المختلفة.

تحلل الجسيمات الغريبة

أولاً: الهايبرونات

١- جسيم ▫ يمكن أن يتحلل حسب المعادلات الآتية:

▫^{0} ▫ ▫^{0} ▫n^0 (٩-١٣)

▫^{0} ▫ n^0 ▫▫ (٩-١٤)

جدول (٥-٩) يوضح قيم عدد الغرابة للجسيمات الأولية

العائلة	الجسيم	شحنة الجسيم	ضديد الجسيم	عدد الغرابة(S)
اللبتونات	النيوترينو	▫$_e$,▫$_▫$	$\bar{▫}_e$,$\bar{▫}_▫$	٠
	الإلكترون	$e^▫$	$e^▫$	٠
	المايون	▫$^▫$	▫$^▫$	٠
البوزونات	الفوتون	▫	لا يوجد	٠
	البايون	▫^{0}	$\bar{▫}^0$	٠
		▫$^▫$	▫$^▫$	٠
	الميزون	$K^▫$	$K^▫$	+١،-١
		K^0	$\bar{K}^0$	+١،-١
	البروتون	$P^▫$	$P^▫$	٠
	النيوترون	n^0	$\bar{n}^0$	٠
	اللمدا	▫^{0}	$\bar{▫}^0$	+١،-١
الباريونات	السيجما	▫$^▫$	$\bar{▫}^▫$	+١،-١
		▫^{0}	$\bar{▫}^0$	+١،-١
	الإكساي	▫$^▫$	▫$^▫$	+٢،-٢
		▫^{0}	$\bar{▫}^0$	+٢،-٢
	الأوميجا	▫$^▫$	▫$^▫$	+٢،-٢

٢- جسيم ◘ يمكن أن يتحلل حسب المعادلات الآتية:

$\Sigma^{\square} \square \square^{\square} \square n^{0}$ (٩-١٥)

$\Sigma^{\square} \square \square^{0} \square P$ (٩-١٦)

$\Sigma^{\square} \square \square^{\square} \square n^{0}$ (٩-١٧)

$\Sigma^{0} \square \square^{0} \square \square$ (٩-١٨)

٣- جسيم ◘ يسمي من الجسيمات المتلاحقة لأنه يمكن أن يتحلل حسب المعادلات الآتية:

$\square^{0} \square \square^{0} \square \square^{\square}$ (٩-١٩)

ثم تتحلل الجسيمات الناتجة إلي:

$\square^{0} \square \square^{\square} \square P$ أو $\square^{0} \square \square^{0} \square n^{0}$ (٩-٢٠)

ثم يتحلل البايون الناتج إلي:

$\square^{0} \square \square \square \square$ (٩-٢١)

٤- جسيم ◘ ينتمي إلي مجموعة الجسيمات الرنينية ويمكن أن يتحلل حسب المعادلات الآتية:

$\square^{\square} \square \square^{0} \square \square^{\square}$ (٩-٢٢)

$\square^{\square} \square \square^{\square} \square \square^{0}$ (٩-٢٣)

$\square^{\square} \square K^{\square} \square \square^{\square}$ (٩-٢٤)

ثانياً: الميزونات الثقيلة:

١- جسيم $K^{\square}$ يمكن أن يتحلل حسب المعادلات الآتية:

$K^{\square} \square \square^{\square} \square \square^{0}$ (٩-٢٥)

$K^{\square} \square \square^{\square} \square e^{\square} \square e^{\square}$ (٩-٢٦)

$K^{\square} \square \square^{0} \square \square^{\square} \square \square$ (٩-٢٧)

$K^{\square} \square \square^{\square} \square \square^{0} \square \square^{0}$ (٩-٢٨)

$K^{\square} \square \square^{\square} \square \square$ (٩-٢٩)

$K^{\square} \square \square^{0} \square e^{\square} \square \square$ (٩-٣٠)

٢- جسيم K^{+} يمكن أن يتحلل حسب المعادلات الآتية:

$$K^{+} \rightarrow \pi^{0} + \pi^{0} + \pi^{+} \qquad (٩-٣١)$$

$$K^{+} \rightarrow \pi^{0} + \pi^{+} + \bar{\pi} \qquad (٩-٣٢)$$

$$K^{+} \rightarrow \pi^{+} + \bar{\pi} \qquad (٩-٣٣)$$

$$K^{+} \rightarrow \pi^{0} + e^{+} + \bar{\pi} \qquad (٩-٣٤)$$

٣- جسيم K^{0} هذا الميزون من النوع الغريب جداً لأنه لا يتطابق مع ضديده $\overline{K}^{0}$ لأن العالمان روسشتر وبتلر لاحظا أن الجسيم المتعادل الأول يتحلل إلي بايون موجب وأخر سالب وسمي K_1^0 كما وجد جسيم أخر متعادل يتحلل إلي ثلاثة جسيمات وسمي K_2^0 ويمكن أن يتحلل كل منهم حسب المعادلات الآتية:

$$K_1^0 \rightarrow \pi^{+} + \pi^{-} \qquad (٩-٣٥)$$

$$K_2^0 \rightarrow \pi^{+} + e^{-} + \nu \qquad (٩-٣٦)$$

$$K_2^0 \rightarrow \pi^{+} + \pi^{0} + \pi^{-} \qquad (٩-٣٧)$$

$$K_2^0 \rightarrow \pi^{+} + \pi^{-} + \nu \qquad (٩-٣٨)$$

٩-٧ الجسيمات الرنينية Resonance Particles

في بداية عام ١٩٦٠ بدأت تظهر مجموعة من الجسيمات يقع عمر النصف لها في حدود 10^{-23} ثانية وهذه فترة زمنية صغيرة لا تسمح للجسيم التحرك أكثر من عدة أقطار نووية قبل أن يتحلل، ولذلك لا يمكن الكشف عنه إلا عن طريق دراسة نتائج تحلله وسميت هذه بالجسيمات بالرنينية وتسمي أحياناً بالجسيمات قوية التحلل لأنها تقع في حدود التفاعلات القوية. ولقد أستنتج كل من برايت- وجنر Breit- Wigner صيغة معينة تكون أساس نظري لهذه الجسيمات وهذه الصيغة تكون علي الشكل الأتي:

$$|A(E)|^2 = \frac{|\Gamma_0|}{4\pi^2} \frac{1}{(E - E_0)^2 + \frac{\Gamma^2}{4}} \qquad (٩-٣٩)$$

حيث $A(E)$ سعة الموجة التي لها طاقة E_0, E طاقة الرنين، وعندما تكون $E \approx E_0$ تحدث قمة تسمي قمة الرنين. $|A(E)|^2$ تكون هي احتمال التفاعل. وكان أول شاهد علي وجود هذه القمم في معجل الكوزموترون بيروكهافن في عامي ١٩٥٢- ١٩٥٣م، حيث وجدت قمة رنينية عند حوالي ١٧٠ م.أ.ف في تجارب تشتت البايونات عن البروتونات. وتنقسم الجسيمات الرنينية إلي ثلاثة أنواع رئيسية هي.

١- الجسيمات الرنينية البايونية Pion Resonances

تنتج هذه الجسيمات الرنينية عند تشتت البايونات عن البروتونات ويكون عمر نصف التحلل لها حوالي 5×10^{-22} ثانية. المعادلات التالية تبين أهم الجسيمات الناتجة:

$$\pi^- + P \rightarrow \Delta^{--} \rightarrow \pi^- + P \qquad (٩-٤٠)$$

$$\pi^- + P \rightarrow n^0 \rightarrow \pi^- + P \qquad (٩-٤١)$$

وتنتج في هذه الحالات جسيمات رنينية تسمي n^0, Δ^{--}

ويمكن أن تنتج هذه الجسيمات الرنينية عند تشتت البايونات عن النيوترونات حسب المعادلات الآتية:

$$\pi^- + n^0 \rightarrow \pi^- + \pi^+ + n^0 \qquad (٩-٤٢)$$

$$\pi^- + n^0 \rightarrow \pi^- + \pi^+ + n^0 \qquad (٩-٤٣)$$

وتنتج في هذه الحالات الجسيمات الرنينية π^+, π^-، وقد وجد أن كتلة هذه الجسيمات الأربع تساوي ١,٢٣ ج.أ.ف.

٢- الجسيمات الرنينية الميزونية Meson Resonances

يقصد هنا في هذا الجزء الرنينيات الناتجة عن جسيم K^+ نتيجة التشتت مع البروتونات وحيث أن هذا الجسيم من الجسيمات الغريبة وله S = -1 والعدد الباريوني B=1 والعزم I=1/2 وبالنسبة للنيوكليون فإن I=1/2 أيضاً فمعني ذلك أن في حالة K-N ممكن أن تكون I=0 وفي هذه الحالة فإن القمة الرنينية تحدث عند طاقة ١,٥٢ ك.أ.ف والجسيم

يعرف باسم Y_0^* أو I=1 ففي هذه الحالة القمة الرنينية تحدث عند طاقة ١,٣٨ ج.أ.ف والجسيم يعرف باسم Y_1^*. والتفاعل يمكن أن يكتب علي الصيغة التالية:

$$K^- + P \rightarrow Y^{*0} + \pi^+ \quad After(10^{-23})Sec \quad Y^{*+} \rightarrow \pi^0 + \pi^- \qquad (٩-٤٤)$$

ويمكن أن تنتج المعادلات الآتية:

$$K^- + P \rightarrow \pi^- + \pi^+ + \Lambda^0 \qquad (٩-٤٥)$$

$$K^- + P \rightarrow \pi^- + \Sigma^+ + K^0 \qquad (٩-٤٦)$$

$$K^- + P \rightarrow K^+ + \Sigma^- + K^0 \qquad (٩-٤٧)$$

وفي حالة جسيم Σ^* يعرف هذا بالجسيم الرنيني وكتلته تساوي ١,٥٣ ج.أ.ف ويتحلل حسب المعادلة:

$$\Sigma^{*0} \rightarrow \Sigma^- + \pi^+ \qquad (٩-٤٨)$$

وفي حالة جسيم Ω^- يعرف هذا بالجسيم الرنيني وكتلته تساوي ١,٦٧٢ ج.أ.ف ويتكون حسب المعادلة (٩-٤٧) ويتحلل حسب المعادلات (٩-٢٢،٢٣،٢٤).

٢- الجسيمات الرنينية الهادرونية Hadrons Resonances

اكتشفت هذه الجسيمات بداية من عام ١٩٧٤م في معجل ستانفورد الخطي عندما تم التصادم بين الإلكترون والبوزيترون عند طاقات عالية وكذلك في نفس العام في معجل بروكهافن عند ما تم قذف البريليوم بالبروتونات حسب التفاعل الأتي:

$$Be + P \rightarrow \pi^+ + e^- + e^- \qquad (٩-٤٩)$$

وعند تصادم الإلكترون والبوزيترون وهما جسيمان لهم نفس الكتلة فإن الطاقة الكلية تساوي مجموع طاقة الجسيمين وأقصي طاقة كانت ٤ ج.أ.ف فتكون الطاقة الكلية ٨ ج.أ.ف ونتج عن هذا جسيم رنيني سمي Ψ^- ومن الممكن أن يكون من التفاعلات الآتية:

$$e^{\square} \square e^{\square} \square \quad e^{\square} \square e^{\square}$$
$$e^{\square} \square e^{\square} \square \quad \square^{\square} \square \square^{\square} \qquad (٩-٥٠)$$
$$e^{\square} \square e^{\square} \square \quad \square^{\square} \square \square^{\square}$$

والمعادلة الأخيرة هي هادرونات. وعند تصادم الإلكترون والبوزيترون عند طاقة كانت ٥٠ ج.أ.ف فتكون الطاقة الكلية ١٠٠ ج.أ.ف ينتج جسيم رنيني سمي Z^0 حسب التفاعل الآتي:

$$e^{\square} \square e^{\square} \square \quad Z^0 \square \quad Hadrons \qquad (٩-٥١)$$

وعند تصادم البروتونات والنيوكليونات عند طاقة كانت ٥٠٠ ج.أ.ف ينتج جسيم رنيني سمي $\square$ حسب التفاعل الآتي:

$$P \square P \square \quad \square \square \quad \square^{\square} \square \square^{\square} \qquad (٩-٥٢)$$

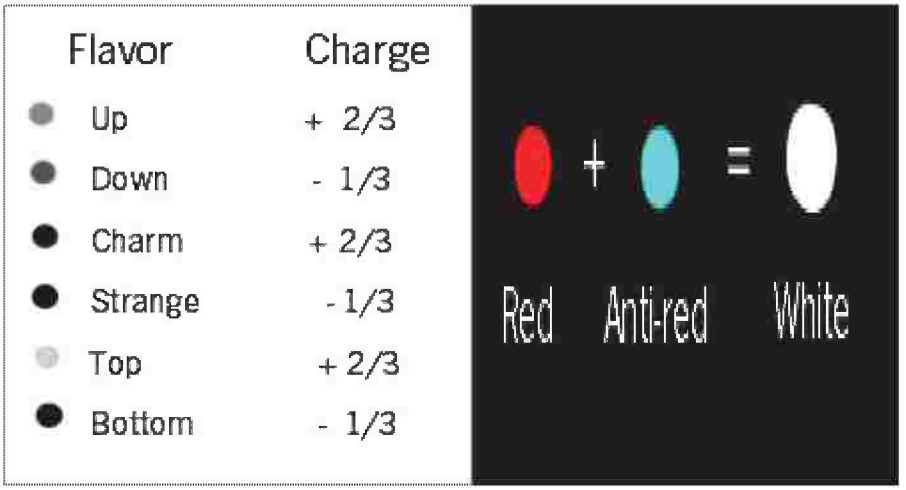
٩-٨ الكوراك Quarks

مع الرغم أن الجسيمات الثقيلة كلها لا تعد جسيمات أولية لأنه أمكن تجزئتها إلى جسيمات أصغر . والأهم في البحث عن الجسيمات الأولية أن يتم البحث أولاً عن اللبنات الأساسية للمادة ، تلك التي تبني أعضاء عائلة الجسيمات الثقيلة. فعائلة الجسيمات الثقيلة ليست هي لبنات المادة بل هي قطع تبنى من اللبنات وتستخدم ككل في البناء ، ومثال ذلك الجدران التي تستخدم في بناء البيوت الجاهزة . فالجدار يبنى من لبنات ثم يجمع مع جدران أخرى لبناء البيت. وباختلاف الحاجة للجدار يختلف عدد ونوع الطوب الذي نستخدمه . ولكن كيف يرتبط هذا بلبنات المادة وما هي حقيقة الأمر. توجد في الطبيعة ستة لبنات أساسية فقط تستخدم في بناء كل أشكال الوجود المادي ، وتسمى كل لبنة من هذه اللبنات **كوارك**. ويسمى أخف اثنين منهما باسم الكوارك الفوقيup والكوارك التحتي down . ويوجد ثالث نوع من الكواركات يعرف باسم " الكوارك الغريب " strange وذلك لغرابة طول فترة نصف العمر مثل K- particle والتي اكتشفت فيها أول مرّة. ورابع أنواع

الكواركات " الكوارك الجذاب " charm ، ولا يوجد سبب لتسمية بهذا الاسم وقد اكتشف عام ١٩٧٤ بالتزامن في كل من مركز معجل ستانفورد الخطي (Stanford Linear Accelerator Center (SLAC ومختبرات بروخافن الدولية Brookhaven National Laboratory ،والكوارك الخامس يعرف باسم " الكوارك السفلي " bottom وقد اكتشف أول مرّة في مختبرات فيرمي عام ١٩٧٧ م من مكونات دقيقة تعرف باسم ابسيلون Upsilon. والكوارك السادس يعرف باسم " الكوارك العلوي " top وقد اكتشف مؤخراً في مختبرات فيرمي عام ١٩٩٥م ، وهو أكثر الكواركات كتلة وقد تنبأ العلماء بوجوده قبل ذلك التاريخ ولكنهم لم يلاحظوه بنجاح إلا عام ١٩٩٥م .

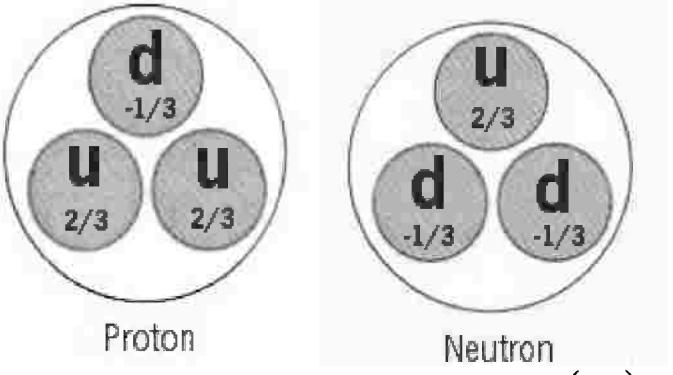
كما تمكن العلماء ديفيد جروس وديفيد بوليتزر وفرانك ويلتشيك في عام ٢٠٠٤ م، عمل مجموعة من الأبحاث على بنية المادة وعلى الجسيمات الأساسية الدقيقة«الكوارك» التي تتشكل منها نواة الذرات، والقوى التي تجعلها متماسكة بعضها مع الآخر. والتي قربت العلم من حلمه في صياغة «نظرية لكل شيء» التي تهدف لوضع إطار نظري شامل يفسر كل القوى المؤثرة في الطبيعة. وكانت أبحاثهم لها أهمية حاسمة في «فهم نظرية حول احدى قوى الطبيعة الأساسية، وهي القوة التي تربط اصغر أجزاء المادة أي (الكوارك) في ما بينها». وكان العلماء الثلاثة قد قدموا في السبعينات من القرن الماضي نظرية لوصف القوة التي تجمع الكواركات مع بعضها البعض. وتشكل الكواركات بنية النيوترونات والبروتونات التي توجد في نواة الذرة. ووصف العلماء بشكل «شاعري وفني» تقريبا الكواركات بالألوان، وقالوا أن جسيم الكوارك يمكن أن يكون احمر أو اخضر أو ازرق، بدلا من ان يكون مشحونا بشحنة موجبة أو سالبة. وكما تتجاذب الجسيمات المتضادة الشحنات الكهربائية، أي الشحنة السالبة مع الشحنة الموجبة، فان خلط الألوان المتناقضة يمكن

أن يقود إلى اجتماع عدد من الكواركات سوية! ونجحت هذه النظرية في تفسير مسألتين الأولى وجود الكواركات في مجموعة من ثلاثة جسيمات، والثانية عدم وجود كوارك واحد بمفرده. كما نجحت في تفسير القوة الشديدة التي تمنع انفصال الكواركات عن بعضها. ونشر العلماء نظريتهم عام ١٩٧٣م وبذلك ظهرت نظرية «الكرومديناميك الكمي» التي لها علاقة بالألوان والصبغات. وفي مطلع الستينات بعد هذه الأعداد الكبيرة من الجسيمات بعد أن كانو يتوقعوا بضعة من الجسيمات الاساسيه التي يتعاملون معها أن جميع الجسيمات الجديدة يمكن تفسيرها بوحدات افتراضيه ثلاث فقط أطلقوا عليها " الكواركات " وكان هذا اسما غريبا في تلك الفترة قام جيل موري و يوفال في عام ١٩٦١ م بتطبيق أفكار التناظر الرياضي على ثلاثين أو ما يقارب ثلاثين من الجسيمات المعروفة وصنفها في مجموعات ثمانية سميت هذه الطريقة بالثمانية كما في شكل (٦-٩). وقد تنبأ جيل بجسيم جديد أوميجا ناقص لملء فجوه في مجموعة من عشرة أعضاء وبعد ذلك بسنه اكتشف هذا الجسيم الناقص واخذ هذا التنظيم على محمل الجد وبسبب الطريقة التي تتواءم بها الكواركات بعضا مع بعض كان من الطبيعي أن يصنفها تصنيفا اتجاهياً فأطلق علي اثنين منها (علوي) و(سفلي). والثالث (غريب) لأنه كان مكوّنا أساسيا للجسيمات الغريبة. و ينبغي أن تملأ الكواركات شحنة كهربائية ولكنها خلافاً للجسيمات الأخرى تبدو أنها حاملة شحنات كسرية من شحنة



شكل (٦-٩) يوضح ألوان الكوراك وشحنتها وتداخل الألوان

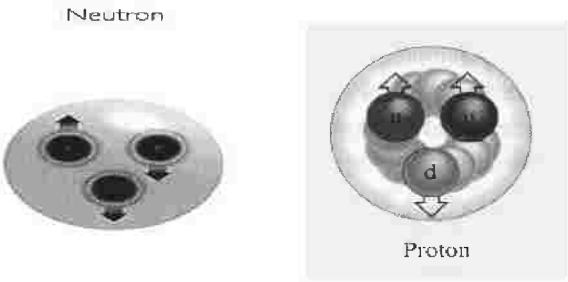
البروتون فشحنة الكوارك العلوي (٣/٢) والشحنة السفلي (٣/١-) لم يسبق أن رأى العلماء شحنة سالبه. شكل (٧-٩) يوضح تركيب البروتون والنيوترون من ثلاثة كواركات.



شكل (٧-٩) يوضح تركيب البروتون والنيوترون من ثلاثة كواركات.

ولذا رفض العلماء التصديق بذلك مع هذا كانت قوانين الكواركات البسيطة تعلل خصائص الهادرونات المعروفة كلها أما

الباريونات فهي ثلاثيات كواركية فالبروتون ذو كوارکين سفليين وكوارك علوي كما في شكل (٨-٩)



شكل (٨-٩) يوضح اتجاهات الكوارك في البروتون والنيوترون

والميزونات هي أزواج من كوارك مضاد. كان من الصعب تقبل فكرة وجود طبقة من المادة تحمل شحنه كسريه لذلك روج عن فكرة الكواركات أنها نهج رياضي بحت جعل كل شي يبدوا صحيحا لذا قال اغلب علماء الفيزياء إن الكواركات ليس لها وجود حقيقي وأيضا اكتشاف الأوميجا الناقص الذي يعد انتصار لنظرية الكواركيه فهو أيضاً مأزق فبموجب قانون كمومي هو مبدأ الكواركيه لباولي لايمكن أن يكون جسيمان شبيهان بالكوارك في حالة واحده داخل جسيم اكبر ومع ذلك فإن جسيم "أوميجا ناقص " تالف من ثلاث كواركات غريبه متماثلة ظاهريا . في عام ١٩٦٤م اقترح والي غرينبرغ لتجنب مشكلة أن الكواركات تحمل شحنة إضافية تعرف باللون لقد ميز اللون هذه الكواركات التي تعد متماثلة بدونها بعضها بعض فأنقذ بذلك مبدأ الانتقاء تأتي الأنماط الثلاث الكواركيه من الكواركات بألوان ثلاث مختلفة يشار إليها عادة (احمر واخضر وازرق) وكل ثلاثة كواركيه ينبغي أن تحوي كواركاً من كل لون مولدة لونا حياديا أو (ابيض) وهي نتيجة مشابهة لمزج أضواء ملونه (للملاحظة فأن استخدام اللون في الكواركات لا يتصل باستخدامنا للألوان يعني ليست اللون حقيقية بل

لتميز بينها) مع ترسيخ فكرة الكواركات وجد الفيزيائيون أن هذه الصورة البسيطة استطاعت تفسير جوانب عديدة من خصائص الجسيمات تفسيرا مذهلا . كان الجسم عندما كان محصورا ذا خصائص ساكنة كشحنة كهر بائية وغرابة ثم توسيع تصنيف إلى الديناميكية بإجراء مقارنة بين معدلات تفاعلات الجسيمات المختلفة فالباريونات ذات الكواركات الثلاثة تقدم احتمالات للتفاعل أكثر من الميزونات ذات الكواركين ولم يظهر الكوارك بصورة بشكل واضح وساد التفسير إن الكواركات ليست أجسام حقيقية بل أفكار رياضية تتلاءم مع نموذج الطرية الثمانية. والآن عرف علماء الفيزياء بوجود شيء أعنق فيما يتعلق بالبروتونات أصبحت المهمة التالية هي إمعان النظر في البارتونات الجديدة وفي عام ١٩٧٤ أظهرت تجارب حزم النيوترينو في سيرن أن بروتونات فاينمان تحمل شحنة كسريه وان ثلاثة منها موجودة داخل كل بروتون فأضحت كويركات غيل مان الرياضية حقيقة وفي عام ١٩٩٠ م حصل كلن من كنيدال وفريدمان الموجودان الآن في معهد ماساشوسيتس للتكنولوجيا و تايلور الكندي الذي مازال يعمل في مسرع ستانفورد الخطي جائزة نوبل بعد مرور عشرين عاما على التجربة التي اكتشفت الكوارك. كان في اسرة الكواركات ثلاث أعضاء فقط ولكي تسير الأمور عللا ما يرام طرحت اقتراحات بوجود كوارك رابع هو الكوارك "المفتون" وقد تم التأكد من وجوده بواسطة تجربتين أمريكيتين عام ١٩٧٤ م لم تنسجم المجموعتان الرئيستان من الجسيمات فيما بينهما في حين كان هناك ثلاثة كواركات (علوي وسفلى وغريب) كان في أسرة الليبتونات أربع أعضاء هي (الإلكترون الميون ومرفقهما) لقد أزعج عدم الاتزان جلاسو وبوركن اللذان اقترحا من عام ١٩٤٦ م وجود كوارك رابع أطلقا عليه اسم الكوارك المفتون لأنه أضاف تناظر جميل على العالم مادون الذري وعندما توحده القوه النووية الضعيفة والكهرومغناطيسية

في البداية اقتصر على الليبتونات فقط أما الكواركات فلم تدخل في التوحيد لكن غلاشو مع ماياني وإليوبولس تبينوا أن بالا مكان توسيع التوحيد ليشمل الكواركات شريطة وجود كوارك رابع ويعتقد معظم العلماء انها فكرة بعيدة المنال وفي عام ١٩٧٤ م أجرت تجربه في مسرع سبير الجبار فعثروا على قمة ضخمه في زاوية صغيرة من المعطيات وسمها ريختر "أبساي " وفي تجربه أخرى وجده تينغ وسماه " J " وبسبب ظهوره المفاجي سمي اكتشافه بثورة نوفمبر للفيزياء ويعد تفسير الجسيم J/psi اقل سهوله فقد اتفقوا جميعا على انه الكوارك الرابع المفتون كان الكوارك المفتون متأبطا الكوارك المضاد له وكان من الصعب مبدئيا مشاهدة .

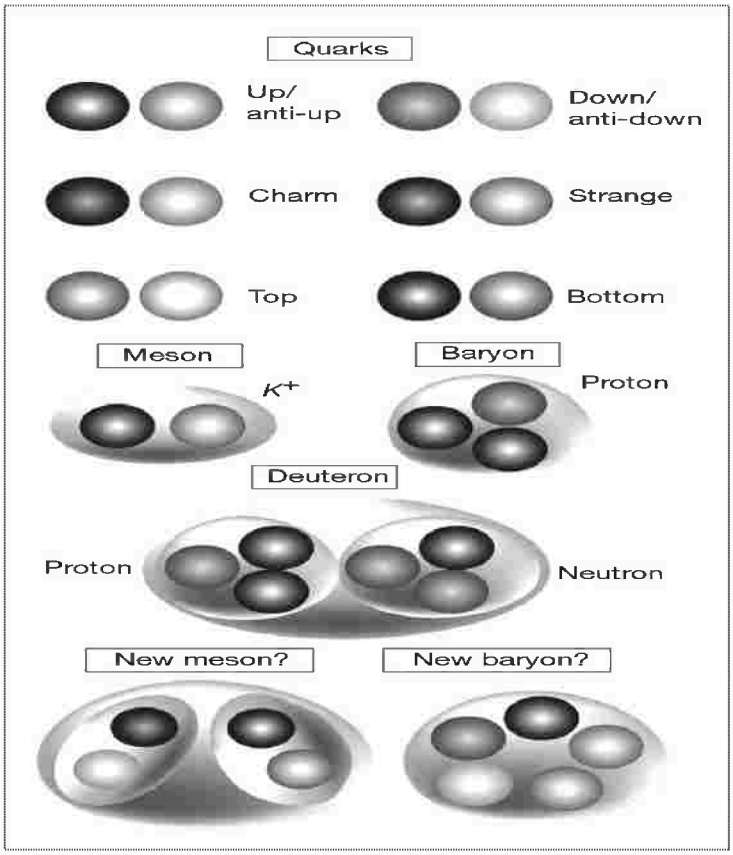
وبعد اكتشاف هذا الكوارك تبدو الفيزياء أنيقه جدا لان هذا التوازن لم يدوم طويلا إذ اكتشف بيرل عام ١٩٧٥ ليبتون جديد اسمها تاو وهو فائق الثقل بالمقارنة مع الإلكترون والميون ولا بد من وجود نترينو. وفجأة قفز عدد الليبتونات الى ستة .

وكي نستعيد التوازن لابد من وجود كواركين آخرين عرفا " الذروي معناه مأخوذ من الذروة القمة " والأخر "القعري" وجد الكوارك القعري عام ١٩٧٧ كمثل الكوارك المفتون مخفى مع كوارك مضاد له داخل جسيم ثقيل جدا هو أبسيلون واكتشفه ليدرمان أما الذروي لم يوجد الى الآن وإما الشيء المحير فيه فهو لابد أن يكون ثقيل جدا أي (٢٠٠) ضعف كتلت البروتون أي ما يقارب كتلة نواة ذرة الذهب لماذا هذا الثقل وجدول (٦-٩) يوضح مجموعة الكواركات الموجودة في الطبيعة:

جدول (٦-٩) يوضح مجموعة الكوارك في الطبيعة

الكوارك	فوق up	تحت down	فاتن charm	غريب strange	أعلى top	أسفل Bottom
الرمـــــــز	u	d	c	s	t	b
الشحنة	2/3	▫1/3	2/3	▫1/3	2/3	▫1/3
الضديد	$\bar{u}$	$\bar{d}$	$\bar{c}$	$\bar{s}$	$\bar{t}$	$\bar{b}$
الشحنة	▫2/3	1/3	▫2/3	1/3	▫2/3	1/3
الكتلـــة(م.أ.ف)	٥	٨	١٥٠٠	١٦٠	١٨٠٠٠٠	٤٢٥٠

ربما تكون التسميات غريبة لكن استخدامها شاع حتى لم يعد أحد يفكر في معناها بل في الكوارك الذي تمثله كل تسمية . والكواركات هي فيرميونات أيضا باعتبار عدد الكم المغزلي لها ١/٢. ونلاحظ أن الشحنة الكواركية هي ثلث أو ثلثا شحنة الإلكترون وليست عددا صحيحا منها ، بينما كانت أصغر شحنة أمكن الحصول عليها تجريبياً هي شحنة الإلكترون أو مضاعفاتها. وربما يعني هذا أنه لا يمكن للكوارك أن يوجد حراً ، إذ لم يسجل حتى الآن اكتشاف كوارك حر والغالب أنه لا يمكن أن يتواجد إلا في مجموعات من اثنين أو ثلاثة كواركات وبهذا فهو يشكل الكتل اللازمة لبناء المادة . وتقسم المجموعات الكواركية في عائلة الجسيمات الثقيلة إلى ثلاثة أنواع هي **الميزونات** ، **الباريونات** و **ضديد الباريونات** . ويتواجد كل من هذه الأنواع على شكل جسيمات مستقلة يمكنها التجمع لتكوين مادة أكبر كما في شكل (٩-٩) . ونتناول فيما يلي كلا من هذه الأنواع على حدة.



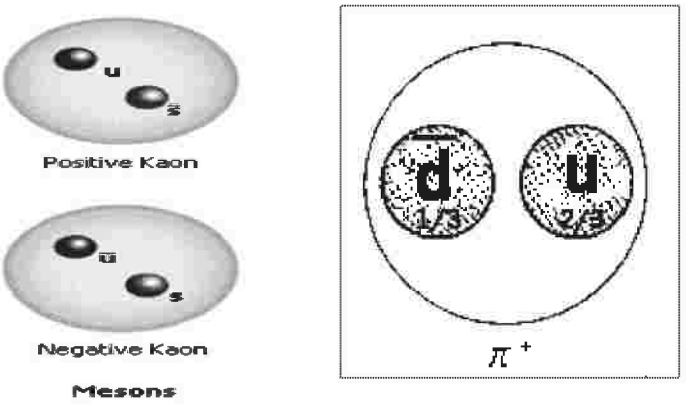
شكل (٩-٩) أنواع الكوارك

الميزونات:

يتكون الميزون من كوارك وضديد كوارك ، ويحكم هذا التكوين شرط أن تكون الشحنة الكلية هي من مضاعفات شحنة الإلكترون موجبة أو سالبة أو صفر . وبذلك فإن ضم أي كوارك وأي ضديد سيحقق هذا الشرط. ويبين الجدول التالي بعضاً من أسماء وخصائص هذه الميزونات :

الميزون	بايون سالب	بايون موجب	بايون متعادل	بايون متعادل	كايون سالب	كايون موجب	كايون متعادل	دي موجب	إيتا متعادل
الرمـــــز	π^-	π^+	π°	π°	K^-	K^+	K°	D^+	η°
الشحنة	١ -	١ +	٠	٠	١ -	١ +	٠	+ ١	٠
التكوين	$d\bar{u}$	$u\bar{d}$	$d\bar{d}$	$u\bar{u}$	$s\bar{u}$	$u\bar{s}$	$d\bar{s}$	$c\bar{d}$	$s\bar{s}$
عمر النصف	$10^{-8}S$	$10^{-8}S$	$10^{-16}S$	$10^{-16}S$	$10^{-8}S$	$10^{-8}S$	؟	؟	$10^{-19}S$

ويبين شكل (١٠-٩) تركيب البايون الموجب والكايونات



شكل (١٠-٩) يوضح تركيب البايون الموجب والكايونات

ومن دراسة الكوراكات ظهرت بعض النظريات التي تفسر بعض التحليلات لبعض الجسيمات الأولية ومن أهم النظريات التي ظهرت قاعدة زويز Zweiz's والتي تنص علي أن " عدد الكوركات الداخلة في التفاعل يساوي عدد الكوراكات الخارجة منه" وهو ما يعني حفظ الكواركات. ولقد استنتجت هذه القاعدة بناءاً علي تفاعل خاص بتحلل الميزون حيث وجد أن التفاعل $K\bar{K}$ □□ يمكن أن يحدث لأن الميزون □ يتكون من الكواركات $S,\bar{S}$ وهذه الكواركات تظهر في نواتج تحلل $S,\bar{S}$ التي تكون $K_0,\bar{K}_0$ حسب المعادلة الآتية:

$$\Sigma^{+} \to S \to \overline{S}$$
$$S \to s \to \overline{d} \to \overline{K}^{0} \qquad (٩-٥٣)$$
$$\overline{S} \to d \to \overline{s} \to K^{0}$$

بينما وجد أن التفاعل $3\Sigma \to \Sigma$ لا يمكن أن يحدث لأن الميزون Σ يتكون من الكواركات $S,\overline{S}$ وأن البايونات تتكون من الكواركين d,u أو ضديدهما وأن الكوارك الغريب $S,\overline{S}$ لا يظهر في نواتج التفاعل.

$$\Sigma^{+} \to S \to \overline{S}$$
$$\Sigma^{+} \to u \to \overline{d} \qquad (٩-٥٤)$$
$$\Sigma^{0} \to d \to \overline{d}$$
$$\Sigma^{-} \to d \to \overline{u}$$

ومن فوائد الكواركات اكتشاف بعض الجسيمات الجديدة مثل تحلل جسيم $D\overline{D} \to \Sigma$ حيث وجد أن جسيم Σ يتكون من كوارك جديد هو الكوارك الجذاب C. ونجد أن هذا الجسيم يتحلل إلي جسيمين تركيبهما الكواركي يحتوي علي (c,u) وضديدهما. وهذين الجسيمين جديدين لم يكونا معروفين من قبل وسمي هذين الجسيمين ميزونات $D\overline{D} \to \Sigma$ ويكون تكوينهما حسب المعادلة الآتية:

$$\Sigma \to C \to \overline{C}$$
$$C \to c \to \overline{u} \to D \qquad (٩-٥٥)$$
$$\overline{C} \to \overline{c} \to u \to \overline{D}$$

وكذلك وجد أن جسيم Σ لا يتحلل إلي ثلاثة بايونات لأنها لا تحتوي علي الكوارك الجذاب ولذلك فأن هذا التفاعل لا يمكن أن يتم حدوثه حسب المعادلة (٩-٥٤).

أسئلة عامة

١- كيف يمكن إيجاد كتله البايون السالب والمتعادل (π^-, π^0) عن طريق الذرة البايونيه .

٢- اكتبي عدد الغرابة S لكل من:اللبتونات & البوزونات & الباريونات

٣- لماذا سميت بعض الجسيمات بالغريبة مع شرح فرض بايس لها .

٤- ما هي صيغه برايت-وجنر لتوضيح قمم الجسيمات الرنينيه .

٥- ما هو التصنيف الحديث للجسيمات الاوليه.

٦- اشرحي نموذج الكوارك مع ذكر الأرقام الكميه التي تدخل في بناءه .

٧- لماذا يعتبر الميزون k^0 غريب جدا.

المراجع

١- أحمد الناغي، (٢٠٠١) - الفيزياء النووية- دار الفكر العربي.

٢- ابراهيم عبد الرحمن العقيل، (١٩٩٣)- المدخل غلي نواة الذرة- دار العلوم للطباعة والنشر.

٣- محمد شحادة الدغمة، علي محمد جمعة، (١٩٩٧م، ٢٠٠٠م)- الفيزياء النووية - دار الفلاح للنشر والتوزيع.

٤- محمد فاروق أحمد، أحمد محمد السريع،(١٩٩٨م)- أسس الفيزياء الإشعاعية- جامعة الملك سعود- الرياض.

٥- فخري إسماعيل حسن ، (١٩٩٣م) – مقدمة في الفيزياء الحديثة- دار المريخ للنشر – الرياض – السعودية.

٦- ا.ن. كليموف، (١٩٨٠م) – الفيزياء النووية والمفاعلات النووية- دار مير للطباعة والنشر- روسيا.(ترجمة الدكتور مجدي مصطفي إمام).

٧- مقالات للدكتور محمد حازم سكيك من الموقع التعليمي للفيزياء- شبكة الأنترنت.

8- Elements of Nuclear Physics" W.E.Meyerhof, M.C. Graw, New York, 1967.

9- Fundamentals of "A.Aray, Ailan&Bacon, Inc. Nuclear Physics Boston, 1966.

10- C. W. Li, W. Whaling, W. A. Fowler, and C. C. Lauritson, Physical Review 83:512 (1951)

نبذة عن المؤلف

ا.د. نبيل نور الدين عبد اللاه

١- حاصل علي بكالوريوس العلوم في الفيزياء من كلية العلوم بسوهاج عام ١٩٨٤م.

٢- حاصل علي الماجستير في الفيزياء النووية (طاقات عالية) من كلية العلوم بسوهاج عام ١٩٨٩م.

٣- حاصل علي الدكتوراه في الفيزياء النووية (طاقات عالية) من كلية العلوم بسوهاج عام ١٩٩٢م.

٤- حصل علي درجة أستاذ مساعد(مشارك) في الفيزياء النووية (طاقات عالية) من كلية العلوم بسوهاج عام ١٩٩٧م.

٥- حصل علي درجة أستاذ في الفيزياء النووية (طاقات عالية) من كلية العلوم بسوهاج عام ٢٠٠٤م.

٦- قام بنشر ٤٢ بحثاً في فيزياء الطاقات العالية .

٧- عضو جامعة شنكسي بالصين (Shanxi University) وتم نشر عدد ١٣ بحثاً مشتركاً معهم.

٨- التعاون مع أساتذة فيزياء الطاقات العالية في الهند وتم نشر مجموعة من الأبحاث وكذلك تبادل المستحلبات النووية عند طاقات مختلفة.

٩- القيام بتدريس مقررات تمهيدي دكتوراه للدراسات العليا بكلية التربية للبنات بالمدينة المنورة (جسيمات أوليه ١ + جسيمات أوليه ٢ + نظريه الاضطراب)

١٠- عضو في أكاديمية نيويورك للعلوم من عام ١٩٩٥م حتى تاريخه.

١١- شارك بأبحاث في المؤتمر الدولي الثاني والعشرين للأشعة الكونية في دبلن بأيرلندا
في الفترة من ١١- ٢٣ أغسطس ١٩٩١م.

١٢- شارك في المؤتمر الخامس للعلوم النووية وتطبيقاتها الذي عقدته الجمعية المصرية
للعلوم النووية وتطبيقاتها في الفترة من ١٦-٢٠فبراير ١٩٩٢م .

١٣- شارك في المؤتمر العام الذي نظمته هيئة الطاقة الذرية بالتعاون مع الطاقة الدولية
لعمل سيكلوترون في مصر عام ١٩٩٤م .

١٤- قام بتدريس الفيزياء في كليتي المعلمين في المدينة المنورة ومكة المكرمة.