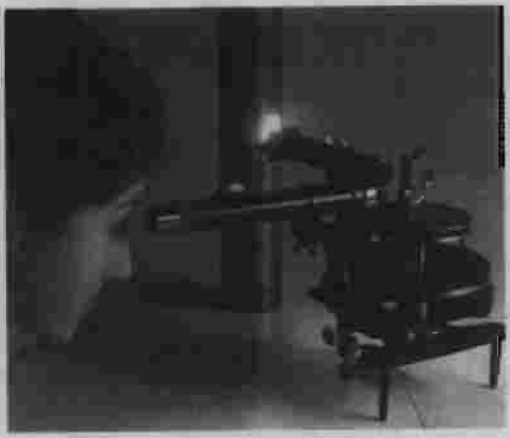
الطيف.. والترددات الموجية

كانت طبيعة الضوء سراً من الأسرار بالنسبة للفلكيين القدماء، حتى جاء السير اسحق نيوتن واكتشف فى عام ١٦٦٦م أن شعاعًا أبيض من الشمس، يتحلل إلى عدة ألوان تكوّن «قوس قزح». ولاشك أننا جميعًا نعرف قوس قزح الذي يتراءى بعد سقوط الأمطار وسطوع الشمس ، ذا الألوان الزاهية التى تندرج من الأحمر إلى البرتقالى فالأصفر فالأخضر فالأزرق فالنيلى ثم البنفسجى.

ولقد تمكّن نيوتن من إحداث قوس قزح فى مختبره، بأن مرر شعاعًا ضوئيًا فى منشور زجاجى، فخرج الضوء وقد تفرق إلى هذه الألوان، وتسمى مجموعة الألوان التى يتفرق إليها الضوء بالطيف المرئى visible spectrum ويفسر حدوث هذا الطيف بأن الضوء القادم من الشمس مثلاً أو من أى مصدر ضوئى آخر فى الكون، يتكون من موجات ذات ترددات مختلفة، والترددات هى عدد الذبابات الحادثة فى الثانية الواحدة. وتسير هذه الترددات

بسرعة واحدة فى الفضاء، ولكن تختلف سرعة كل منها عن الأخرى عندما تمر فى وسط أكثف من الهواء، فتنكسر وتخرج فى مجموعات طبقاً لترددتها، وتردد الموجة هو فى الحقيقة الذى يحدث فى العين الإحساس بالألوان. وقد استخدم علماء الفلك هذا الطيف لسبر غور النجوم واكتشاف أسرارها.

لقد تطورت طرق قياس الطول الموجى، ومن ثم الترددات للأضواء المنبعثة من المصادر المختلفة، بواسطة جهاز المطياف أو جهاز التحليل الطيفى spectroscope .



فقد وجد أن العناصر عندما تتوهج وهى فى حالتها الغازية، تبعث إشعاعات تتركب من مجموعات محددة من الترددات مميزة لها، ولكل عنصر تردداته الخاصة به، وقد هيأت هذه الظاهرة طريقة سهلة ودقيقة للتعرف علي النجوم، التى نجهل تركيبها والتى تبعد عنا مسافات شاسعة فى الفضاء، فالضوء ليس «سفيراً» ينقل لنا الصورة العامة للأشياء - كما نتوقع منه - فحسب بل إنه ينقل إلينا أيضاً تفصيلات تركيبها وحركاتها.

وقد لاحظ العالم الألمانى «فراونهوفر» عام ١٨١٤م، أن ثمة خطوطًا سوداء فى طيف الشمس، واتضح له أن معنى هذه الخطوط هو أن عناصر معينة فى جو الشمس، قد أمتصت الضوء من الطيف ومن ثم ظهرت هذه الخطوط السوداء، وبتحديد مواقع تلك الخطوط من الطيف كله، أمكن تعيين الأطوال الموجية للأضواء التى اختفت من طيف ضوء الشمس أثناء رحلته من سطحها إلى الأرض، ووجد «فراونهوفر» أنها مطابقة للإطوال الموجية للأضواء التى تبعث بها أبخرة عناصر من تلك المعروفة على الأرض، وبذلك أمكن معرفة العناصر الموجودة فى جو

الشمس. وهكذا، وللمرة الأولى لم تعد النجوم مجرد نقط صغيرة متوهجة من الضوء، بل أجرامًا سماوية لها مميزاتها التى تنفرد بها، ومع ازدياد كفاءة الأدوات المستخدمة فى تحليل الضوء أصبح علم التحليل الطيفى فرعًا لا غنى عنه من فروع الفلك، وقد بنيت على اكتشافات هذا الفرع، العديد من النظريات الحديثة عن الكون.

ومن دراسات أطياف الأضواء الصادرة من المجرات والنجوم وغيرها، أستطاع علماء الفلك أن يتبينوا أنها تحوى نفس العناصر المعروفة لنا على الأرض كالحديد والكالسيوم والماغنسيوم والأكسوجين والهيدروجين والصوديوم... الخ.

«هابل»... واكتشافاته المذهلة

إن تطور مفاهيم الإنسان عن الكون قد حدث ببطء شديد خلال تتابع السنين، كان كالطفل يتعثر فى خطاه، والدرس كان عسيراً فالفضاء يكشف عن أسراره بتقتير شديد، فلا يزال المعروف عن النجوم أقل بكثير مما يرغب العلماء، ومهما يكن

الغموض الذى جابه علماء الفلك، فهناك أجسام كونية غريبة مازالت تحيرهم أكثر من غيرها، مثل الثقوب السوداء والبيضاء والكوازرات، وظواهر مثيرة مذهلة مثل الجاذبية الكمية والجسيمات التقديرية. وعندما قام علماء الفلك - أثناء دراستهم للكون - بتحليل أضواء المجرات المجاورة لنا نسبيًا، وجدوا أن لها أطياف أمتصاص أى مجموعات من الخطوط السوداء (خطوط فراونهوفر) Fraunhofer Lines الناجمة عن مختلف العناصر التى تحتويها وكانت هذه الأطياف شبيهة بأطياف الشمس والنجوم القريبة، وهذا يدل على انتظام وتجانس أكيد فى المادة، ليس على مستوى المجرات فحسب بل بالنسبة للكون كله.

فى عام ١٩٢٩ لاحظ العالم الفيزيائى الأمريكى «أدوين هابل» أمراً عجبًا، فقد ظهرت له خطوط أطياف المجرات البعيدة منزاحة نحو اللون الأحمر من الطيف، بشكل منظم ودائم، وكذلك ازدادت كل أطوال موجات الإشعاعات، وكانت هذه الزيادة أكبر كلما كان بُعْدُ المجرة عنها أكثر.

وقام العالم «هابل» بدراسة أكثر من مائة وخمسين مجرة، وتبين له أن ثمة قانونًا يمكن استنباطه من هذه الدراسة وهو أن إزاحة خطوط الطيف نحو اللون الأحمر يتناسب طردياً مع بُعْدْ المجرة واتضح العلماء أنه كما تنخفض طبقة الصوت عندما يبتعد مصدره، كذلك ينبغى تفسير إزاحة الخطوط الطيفية نحو الموجات الطويلة (الأحمر) بأن المصدر (أى المجرة) تبتعد عنا.

إن معظم معلوماتنا عن الأجسام الفضائية، أمكن الحصول عليها من تحليل الضوء، والأشكال الأخرى للإشعاعات الكهرمغنطيسية Electromagnetic (التى تنتج من تفاعل الجسيمات المشحونة - غالبًا الكترونات - مع المجالات المغناطيسية فى الفضاء، ومن ثم فهى تحتوى على مجالات مغناطيسية وكهربية) مثل موجات الراديو والأشعة السينية والأشعة تحت الحمراء... الخ، وإذا كان الضوء هو أساس الكثير من الدراسات الفلكية فما هى طبيعة الضوء ؟

الإشعاعات..الكهرمغنطيسية

إن الضوء هو شكل من أشكال الطاقة Energy وجزء من الأشعة الكهرمغنطيسية، ويتكون من وحدات يطلق عليها «الفوتونات» Photons وكل منها تحتوى على نبضة طاقة. وتختلف كمية الطاقة حسب طبيعة الفوتون، فالفوتون الخاص بالأشعة السينية له من الطاقة ما يساوى تريليون (مليون مليون) مرة قدر فوتون الموجات الراديوية. ويمكن النظر إلى الإشعاع على أن يتكون من وحدات فردية يطلق عليها «كم» Quantum وإذا

ما تجمّع عدد كاف منها، فإنها ترتب نفسها فى شكل موجى. وموجة كل نمط من الإشعاعات لها طول خاص بها، ومن ثم فإننا نتعرف على الإشعاع بأطوال موجاته، فعلى سبيل المثال، الإشعاعات ذات الموجات الطويلة (من بضعة آلاف من الأمتار إلى نحو عشرة سنتيمترات) هى الموجات الراديوية Radio Waves، أما الإشعاعات التى تبلغ أطوال موجاتها (من عشر سنتيمترات إلى ثمانية أجزاء من مائة ألف جزء من السنتيمتر) هى الأشعة تحت الحمراء أى الأشعة الحرارية Jnfrared، والأشعة التى تلى ذلك (من ثمانية من مائة ألف إلى أربعة من مائة ألف من السنتيمتر) هى الضوء المرئى Visible Light وتشمل الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet تلك الأشعاعات التى تبلغ أطوال موجاتها (من أربعة من مائة ألف إلى واحد من مليون من السنتيمتر) ويأتى بعد ذلك مدى الأشعة السينية أو أشعة إكس X Rays (من واحد من مليون إلى واحد من ألف مليون من السنتيمتر)، والأشعة التالية لذلك فى قصر الموجة هى المعروفة باسم أشعة جاما Gamma Rays (وتقل طول موجاتها عن واحد من ألف مليون من السنتيمتر).

ومما هو جدير بالملاحظة أن طول الموجة، يتناسب عكسياً مع ترددها، أى أن الموجات ذات التردد العالى تكون أطوالها قصيرة والعكس صحيح. كما أنه كلما قصر طول الموجة، زاد نشاط وحداتها (أى الفوتونات)، وهذا هو السبب فى أن أشعة جاما والأشعة السينية وحتى الأشعة فوق البنفسجية شديدة الإتلاف لأنسجة الكائنات الحية فى حين أن الأشعة الراديوية (طويلة الموجة) لا تؤذيها إطلاقاً.

«دوبلر».. وسرعات المجرات والنجوم

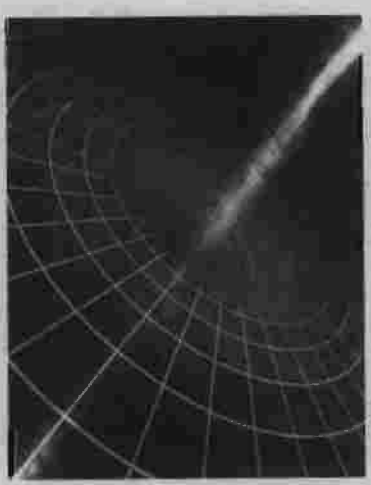
وكما أن دراسة الطيف كانت وسيلة علماء الفلك لمعرفة العناصر التى تكون النجوم، فكذلك كان الطيف وسيلتهم لقياس سرعة حركة النجوم، ولقد لعبت ظاهرة طبيعية يطلق عليها ظاهرة «دوبلر» Doppler دوراً رئيسياً فى هذا المضمار.

وظاهرة «دوبلر» كما يطلق عليها أحياناً نشأت عندما لاحظ هذا العالم، أن الموجات الصوتية تزداد حدتها إذا كانت صادرة من جسم يتحرك نحو الراصد، بينما تخفت إذا كانت الموجات صادرة من جسم يتحرك بعيداً عنه. ومعنى ذلك عمليًا أن الموجات الصادرة من جسم متحرك تقصر فتزداد حدتها، إذا كانت مقتربة، وعلى العكس تطول موجاته وتخفت حدتها إذا كانت مبتعدة. وحيث إن الضوء ينتشر فى موجات تشبه موجات الصوت فى كثير من الخواص. والضوء الذى ينطلق له طول موجي معين، وطول الموجة فى الضوء يناظر الطبقة فى الصوت، وطبقة الضوء هى تماماً ما نقصده باللون. وقد لوحظ أن الذرات التى يعتريها نفس التغير فى الوضع، تصدر ضوءاً من نفس اللون

ويصف العلماء هذا الحدث بقولهم إن الذرات تصدر خطاً طيفياً Sopectral Line.

وعندما تكون الذرات التى تصدر الضوء متحركة فإن لون الضوء الذى نستقبله منها يتغير تبعاً لاتجاه الحركة، فإذا كانت تلك الذرات متجهة نحو الراصد، فإن طبقة الضوء ترتفع أى تزداد فى طول موجاتها، أى تنزاح نحو اللون البنفسجى من الطيف تماماً كما يرتفع صوت القطار عندما يكون مقترباً منا. وبالعكس تنخفض طبقة الضوء أى تزداد موجاتها طولاً أى تنزاح نحو اللون الأحمر، عندما تكون الذرات مبتعدة عن الراصد، وليس الأمر مقصوراً على ذلك، بل أن الدرجة التى ترتفع بها الطبقة أو تنخفض تتوقف على السرعة التى تتحرك بها الذرات نحو الراصد أو بعيداً عنه، فكلما زادت السرعة زادت الإزاحة فى الطيف. وهذا يفسر الطريقة التى يستخدمها علماء الفلك لتقدير سرعات النجوم والمجرات فى الكون، إذ إن قياس خطوط الطيف التى يستقبلها الراصد من المادة الموجودة بجو النجم أو السديم، تمكّن الراصد من معرفة ما إذا كان قد حدث تغير فى الدرجة وإلى أى مدى. ومن قياس الإزاحة نستطيع بسهولة تقدير

السرعة التى يتحرك بها النجم أو المجرة أو السديم. وعندما شاهد علماء الفلك أطيافاً مختلفة للنجوم، لاحظوا تغير مواضع خطوط الطيف عليها مما يدل على تحركها، فاستدلوا من ذلك على اتجاه حركة النجوم باستخدام نظرية «دوبلر» وبمقارنة تحركات الخطوط فى الطيف لنجم معين أو لمجرة محددة أو لسديم شارد، مع طيف آخر معروف تحركه وسرعته، يمكن تقدير سرعة النجم المتحرك أو المجرة السابحة فى الفضاء أو السديم المنطلق.



إن دراسة الطيف – خاصة بالأجهزة الرقمية البالغة الدقة التى على متن الأقمار الاصطناعية والمركبات الفضائية – سوف تساعد فى المستقبل القريب على سير غور الأجرام الفضائية الغامضة مثل الكوازرات، لكن نكتشف بعض أسرار الكون، ومن ثم نستسلم تمامًا فى خشوع وإيمان لذلك النظام والتنسيق الإلهى المتكامل.

رحلة مذهلة.. في قلب المادة

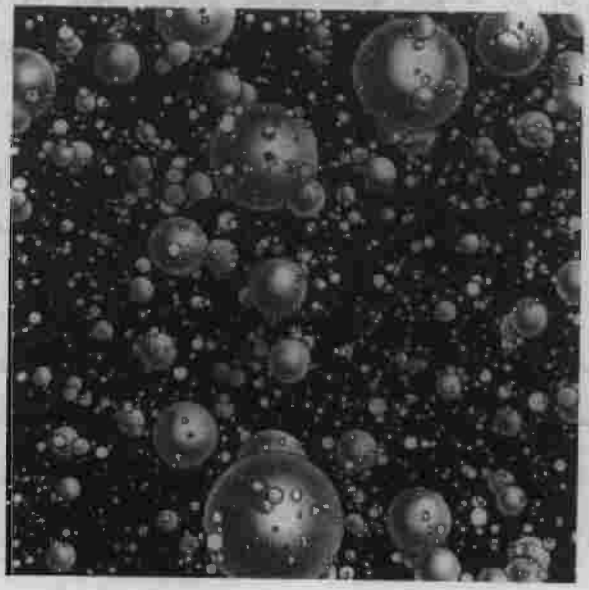
اليوم يعرف فيزيائيو الجسيمات Particles أن هناك أسرتين من الجسيمات دون الذرية تبنى منها المادة، هما أسرة الكواركات Quarks وأسرة اللبتونات Leptons «التى تنتمى إليها الإلكترونات Electrons» وهناك ستة أعضاء فى كل أسرة أى ستة أنواع من الكواركات : أسفل وأعلى وغريب وفتنة وقاع وقمة.

وستة أنواع من اللبتونات : الإلكترون ونيوترينو الإلكترون والميون ونيوترينو الميون والتاو ونيوترينو التاو.

ويكفى نوعان فقط من الكواركات، هما الكوارك أعلى Up والكوارك أسفل Down لبناء البروتون والنيوترون ولكن يلزم – على ما يبدو – أربعة أنواع أخرى لبناء الجسيمات الغريبة Exotic القصيرة الحياة الموجودة فى الأشعة الكونية وكذلك فى التجارب التى تدرس اصطدام الجسيمات العالية الطاقة.

وتختلف الكواركات تمامًا عن اللبتونات، والفرق الرئيسى

هو أن الكواركات تخضع لقوة أساسية تسمى «القوة القوية» Strong Force لا تشعر بها اللبتونات. وتربط القوة القوية الكواركات معاً داخل جسيمات دون ذرية أعقد منها كالبروتون، فتصبح الكواركات بذلك جزءاً من عالم يفور بالنشاط ويزخر بالتعقيد المدهش.



الكواركات والجلونات ... وجهًا لوجه

لم يمر وقت طويل منذ احتفل علماء الفيزياء باكتشاف الكوارك «قمة» Top ، آخر القائمة التى تضم الجسيمات الأولية المراوغة فى النموذج القياسى Standard Model الذى طرحوه للمادة، والآن أعلن نفس الفريق العلمى الذى اكتشف الكوارك «قمة» نتائج تجريبية، لو تحققت صحتها، فإنها قد تعنى أن بحث الفيزيائيين الدءوب عن فهم شامل للمادة لم يكتمل بعد، فهناك احتمال أن يكون الكوارك نفسه مكونًا من جسيمات أصغر، ولعل تلك التجربة تعنى بدء الفيزيائيين فى التوصل إلى فيزياء مستقبلية جديدة لم يسبق لها مثيل من قبل.

ومنذ بداية القرن العشرين بحث الفيزيائيون فى تركيب المادة بإطلاق أجزاء ضئيلة من المادة على أجزاء ضئيلة أخرى من المادة، وملاحظة «سلوك» كل منها عند اصطدامها ببعضها بعضًا، والنتيجة أن العلماء عرفوا أن الذرة بها نواة داخلية. وأن تلك النواة تحتوى على بروتونات ونيوترونات، وأن تلك

الجسيمات دون الذرية ذاتها، تتكون بدورها من كواركات وجلونات Gluons «جسيمات ترتبط الكواركات ببعضها البعض مثل الغراء» وكان معظم الفيزيائيين يعتقدون أن الكواركات هى أصغر اللبنات الأساسية المكونة للمادة.

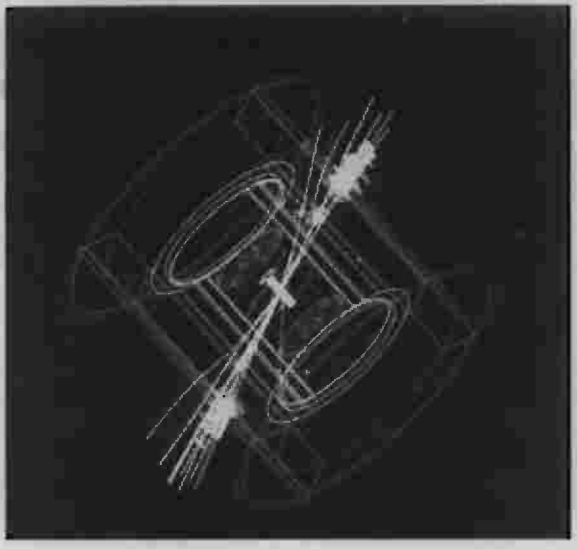
ومؤخراً قام العلماء بمختبر «فيرمى» Fermilab بتعجيل البروتونات والبروتونات المضادة Antiprotons إلى سرعات تقترب من سرعة الضوء (٣٠٠,٠٠٠ كيلو متر فى الثانية الواحدة) ثم ضربوهما معًا بقوة وبمثل تلك السرعات الفائقة، فإن الجسيمات «تخترق» بعضها بعضًا. فالبروتونات المضادة والنيوترونات المضادة، هى عمومًا عبارة عن فراغ أو حيز خال تقريبًا، ومن ثم فإن الكواركات والجلونات التى بداخلها تشق طريقها بسهولة، مثلما ينطلق الأسطول البحرى ليلاً فى البحار المفتوحة، ومن وقت لآخر يتقابل كواركان أو كوارك وجلون وجهًا لوجه بقوة مروّعة ويندفعان إلى الخارج من أحد الأجناب، ومعهما بعض الجسيمات الأخرى التى تتولد من طاقة

تصادمهما. إن النموذج القياسى الفيزيائى يتنبأ بالعدد الواجب حدوثه من تلك التصادمات، ولكن حتى بكل تلك الطاقات العالية، فإن العلماء لم يشاهدوا سوى نحو ٥٠ ٪ زيادة من التصادمات التى يتوقعونها من النموذج القياسى.

ترى ما الذي يحدث؟

الواقع أنه من المبكر جداً الإجابة على هذا السؤال على الرغم من التصورات والافتراضات فى هذا المجال، ويرى بعض علماء الفيزياء النظريين ضرورة إعادة تنقيح وتصحيح النموذج القياسى الفيزيائى للقوة التى تربط الكواركات ببعضها البعض. بينما يعتقد آخرون أن الكواركات قد تصطدم بجسيم قصير العمر يطلق عليه «زد» "Z°"، يلعب دوراً فى التفاعلات الضعيفة Weak Force التى تفسير نوعًا من النشاط الإشعاعى، يتحول فيه نيوترون إلى بروتون مع إطلاق إلكترون ونيوترينو Neutrino، وتحمل القوة الضعيفة ثلاثة جسيمات مختلفة +W و -W و Z°، وتختلف هذه الجسيمات عن جسيمات القوى

الأخرى فى أن لها كتلة ويرى بعض العلماء أنه من الممكن أن يتكون الكوارك ذاته من جسيمات أصغر منه، أطلقوا عليه «البريونات» Preons. وسوف يساعد كل أولئك العلماء أن يفهموا الفيزياء الحقيقية فيما وراء النموذج القياسى الحالى لها.



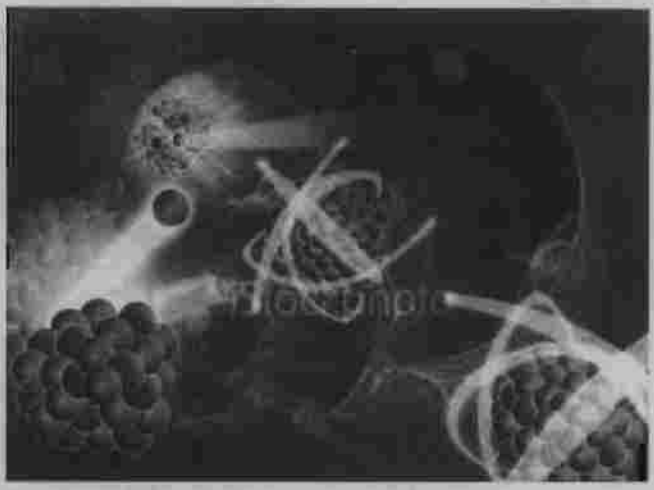
سومونات وفلافونات وكرومونات

إن أكثر نماذج «البريون»، تصف كل كوارك أو لبتون باعتباره مجموعة مؤتلفة من ثلاثة بريونات، وفى نموذج البريون للعالمين «سلاّم» Salam و «باتى» Pati، نجد أن كل كوارك أو لبتون يحتوى على واحد من ثلاثة «سومونات» Somons يحدد جيله وواحد من اثنين «فلافونات» Flavons يحدد نكهته Fla-vor وشحنته الكهربائية، وواحد من أربعة «كرومونات» Chro-mons تحدد لونه «أو غياب اللون» ويعدّل من شحنته الكهربائية. والسومونات متعادلة كهربائيًا وليس لها لون «شحنة اللون منبع القوة القوية مثلما أن الشحنة الكهربائية هى منبع الكهرمغنطيسية» أما الفلافونات فلها شحنات كهربائية إما + ١/٢ أو - ١/٢ من شحنة البروتون وليس لها لون أيضاً.

أما للكرومونات الحمراء والخضراء والزرقاء، شحنة تعادل ١/٦ شحنة البروتون، الكرومون عديم اللون فله شحنة تساوى - ١/٢ من شحنة البروتون.

إن التوافقية Combination الممكنة لتلك الـ (٣ «سومونات» × ٢ «فلافونات» × ٤ «كرومونات») والتى تكوّن نموذج البريون، تعطى تفسيراً لكل الكواركات واللبتونات من حيث أجيالها وألوانها وشحناتها، ولكن هذا النموذج للبريون لا يحاول تفسير كتل الكواركات، باستثناء اقتراح أن السومونات من الجيل الأعلى ذات كتل ثقيلة، بينما الفلافونات عديمة اللون كتلها أخف بكثير.

والمشكلة اللافتة للنظر فى جميع نماذج البريونات التى تصف التركيب الداخلى للكواركات هى ما يسمى «مفارقة الكتلة» Mass Paradox إذ إن أى جسيم مركّب يمكن أن يكون أخف أو أثقل وزناً من مجموع أوزان مكوناته فى حالة السكون، فعلى سبيل المثال، فإن نواة الذرة (التى يبلغ حجمها نحو $١٠^{-١٣}$ متراً) أخف قليلاً من النيوترونات والبروتونات المكونة لها، بسبب طاقة الربط بالقوة القوية التى تربط أجزاء النواة ببعضها البعض.



ويلزم بذل طاقة تبلغ حوالى ٨ ميجا إلكترون فولت (ميجا = مليون، أما الإلكترون فولت فهو الطاقة التى يكتسبها إلكترون واحد عندما تتزايد سرعته، خلال تعرضه لفرق جهد قدره فولت واحد) لانتزاع كل نيوترون أوبروتون من رابطته النووية.

ومن جهة أخرى، فالبروتون (حجمه حوالى $١٠^{-١٥}$ متراً) أقل كثيراً من مجموع كتل مكوناته الثلاثة (٢ كوارك أعلى + ١ كوارك أسفل)، وكتلة البروتون بوحدات الطاقة (٩٣٨ ميجا إلكترون فولت)، بينما تبلغ كتلة الكوارك أعلى نحو (٤ ميجا إلكترون فولت) فقط والكوارك أسفل (٧ ميجا إلكترون فولت) تقريبًا، وتأتى الغالبية العظمى من كتلة البروتون من الطاقة الحركية Kinetic Energy.

وداخل البرتون تنحصر الكواركات داخل «صندوق» لا تتجاوز أبعاده ($١٠^{-١٥}$ متراً) وبموجب مبدأ اللايقين لهيزنبرج Heisenberg's Uncertainty Principle أن حاصل ضرب لايقين الموضع × لايقين كمية الحركة Momentum يجب أن يزيد على ثابت بلانك Planck Constant وعلى ذلك فإن الكوارك الموجود فى حيز أبعاده ($١٠^{-١٥}$ متراً) يجب ألا يقل لايقين كمية تحركه عن ١٩٧ ميجا إلكترون فولت بوحدات الطاقة. ومجموع طاقات الكواركات الثلاثة التى لها كمية حركة فى هذه الحدود وفى كل الاتجاهات، تساوى تقريبًا كتلة

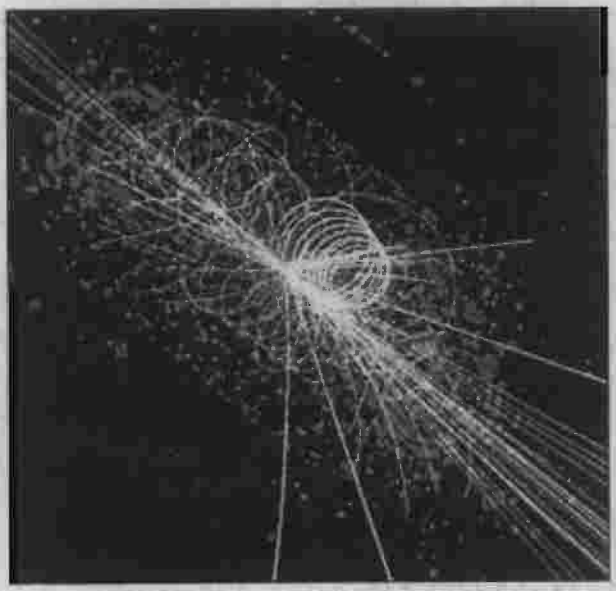
البروتون، وعلى ذلك فإن البروتون يحصل على طاقة كتلته أساساً من كمية الحركة الداخلية للكواركات المكوّنة له، وليس من كتلها السكونية Rest Masses.

قوة فائقة... للبريونات

ونحن نعرف من تجارب الاستطارة Scattering (ى تغير الاتجاه الناتج فى حركة جسيم عند تصادمه بجسيم آخر أو هدف ما) أن الكواركات واللبتونات نقاط ضئيلة للغاية (إلا إذا كنت من اتباع «نظرية الأوتار» String Theory فتعتبرها أوتاراً مهتزة) وتقل مقاساتها عن $(١٠^{-١٨})$ متراً أو نحو ١/١٠٠٠ من قطر البروتون).

ولا يقين كمية الحركة لأى بريون – الجسيم الإفتراضى الموجود داخل الكوارك أو اللبتون – «أيا كانت كتلته» محصورة فى حيز بهذا الحجم، يبلغ حوالى ٢٠٠ جيجا إلكترون فولت، ويزيد ذلك بمقدار ٥٠,٠٠٠ مرة عن كتلة سكون الكوارك أعلى، و ٤٠٠,٠٠٠ مرة عن كتلة سكون الإلكترون، ومعنى

ذلك أن نموذج البريون يطرح مفارقة غريبة للكتلة : إذ كيف يتأتى للكواركات أو الإلكترونات أو تتكون من جسيمات أصغر، ذات طاقات كتل أكبر أضعافاً مضاعفة بسبب كميات حركتها الهائلة ؟



وإحدى طرق تفسير الكتلة الهائلة من كمية الحركة الداخلية، هى افترض وجود قوة فائقة Hyper Force شديدة للغاية، تربط بقوة البريونات ببعضها بعضًا داخل الكوارك أو اللبتون، ومثل تلك القوة الفائقة يجب ألا تقل عن ١٠٠,٠٠٠ مرة قدر القوة القوية! بيد أننا لا نرحب بهذه الفرضية، لأنها سوف تزيد من تعقيد النموذج القياسى الموجود به بالفعل عدد كبير من الكميات المتغيرة القيمة Parameters وفى ظل وجود وتأثير تلك القوة الفائقة، سوف ترتبط البريونات ببعضها بقوة بالغة الشدة داخل الكوارك، لدرجة أن دور الطاقة الناتجة من كمية حركتها سوف يلغى من جراء طاقة الربط الهائلة، وهذا التصور له بعض الجاذبية والقبول، لكن لم يمكن استخدامه حتى الآن بنجاح لتفسير كتل وخواص الكواركات واللبتونات، وخصوصًا فروق الكتل الضخمة بين الأجيال وبين الكواركات والنيوترينوات.

وعمومًا فقد حان الوقت لكى تدلى فيزياء الطاقة العالية بدلوها، إن النموذج القياسى للديناميكيات اللونية الكمية QCD

لفيزياء الجسيمات عالية الطاقة – الذى اختبر جيداً حتى الآن – أصبح فى مفترق طرق وأصيب «بشرخ» ويحتاج لفحصه بدقة، عن طريق إجراء تجارب جديدة، كما يحتاج «لترميمه» بواسطة الفيزيائيين النظريين.

إن جسيم الأمس «الكوارك» قد يصبح الآن ليس «أوليا» بل «مركبا» من عدد من البريونات، ومن يدرى فلعلنا نكتشف بعد ذلك – فى المستقبل القريب – أن البريونات تتكون هى الآخرى من جسيمات أولية أصغر منها، وهكذا تصبح الرحلة فى قلب المادة.. لانهائية !