مقدمة عامة

إن الإنسان بتطلعه إلى المعرفة يحاول دائماً أن يستكشف ما حوله فيستخدم في ذلك كل وسائل الإستبصار المتاحة له في حينه، وعبر آلاف السنين حاول الإنسان بوسائله الوصول إلى عمق المادة ليكشف عن أساس لبناتها ونوع القوى التي تؤثر فيها.

سؤال يطرح نفسه. ماهي مركبات المادة الأساسية؟ في حين ما، ظن العلماء أن الذرة لا تنقسم، ولكنهم إكتشفوا في العقود الأولى من القرن العشرين أنها مؤلفة من بروتونات ونيوترونات وإلكترونات تبدو حقاً أساسية.

ففي عام 1898م قدم العالم طومسون تصوراً للذرة، والذي يعتبر اللبنة الأولى في بناء النموذج الذري الحالي، ثم توالت التجارب والنظريات بغية الوصول إلى الحقيقة .

وفي عام 1912م أجرى رذرفورد تجربته المشهورة الخاصة بتبعثر جسيمات ألفا عن شرائح معدنية. إن النتائج المهمة التي حققتها هذه التجربة في المفهوم الذري أدت إلى أن تلقى تجارب التبعثر عموماً رواجاً واسعاً في مجتمع الفيزيائيين التجريبيين للكشف عن البنى الأساسية للمادة، كما أن وجود جسيمات ذات شحنة كهربائية زاد من أهمية هذه التجارب بصورة كبيرة، حيث يمكن زيادة طاقة هذه الجسيمات المشحونة بوساطة ما عُرف بإسم (المسرعات)، ومن ثم قذف الجسيم المراد دراسته بجسيمات أُخرى. بالرغم من أن المسرعات الإلكترونية بدأت متأخرة بعض الشيء عن المسرعات البروتونية إلا أن نتائج تبعثر الإلكترونات قادت إلى إكتشافات مهمة جداً في عالم الجسيمات الأولية، حيث أن الإلكترونات جسيمات أولية نقطية وأن التحريك الكهربي الكمي يصف ويوضح بجلاء تفاعلات الإلكترونات بشحناتها وعزومها المغناطيسية، وبالتالي فإن تبعثر الإلكترونات يصف جيداً بنية الجسيم الذي تبعثرت عنه هذه الإلكترونات.

إن التقدم النظري في فيزياء الجسيمات الأولية صاحبه تقدم في فيزياء الطاقة العالية، وتقدم في تقانة المسرعات، وهذا بدوره نقل تجارب تبعثر الإلكترونات من تجارب التبعثر المرن الذي لا تفقد فيه طاقة إلى تجارب التبعثر اللامرن الذي يتأتى منه فقدها، ثم تجارب التبعثر العميق اللامرن.

إن إلكترونات مسرعة بطاقة تبلغ 20GeV تتبعثر عن هدف كالهيدروجين مثلاً كفيلة بإخبارنا عن كنه النواة، وذلك بإستخدام الكواشف التي تدخل إليها الإلكترونات المتبعثرة فتجرى القياسات والحسابات اللازمة.

اليوم يعرف فيزيائيو الجسيمات كما ستبين هذه الرسالة أن هناك أُسرتين من الجسيمات التي تُبنى منها المادة هما: أُسرة الكواركات (Quarks) وأُسرة اللبتونات (Leptons) ويبدو أن هناك ستة أعضاء في كل أُسرة أي ستة أنواع من الكواركات وستة أعضاء من اللبتونات. ويكفي نوعان فقط من الكواركات هما الكوارك فوق (up) والكوارك أسفل (down) لبناء البروتون والنيوترون.

في مطلع الستينيات من القرن الميلادي الماضي عمل ماري جليمان ويوفال نعمان، دون تعاون بينهما على تصنيف الجسيمات المعروفة بدلالة قيم شحناتها، ومغازلها وتبين نتيجة لذلك أن هناك نماذج في تصنيف هذه الجسيمات يجعلها تتجمع إما في جمهرة مؤلفة من ثمانية جسيمات أو من عشرة جسيمات. وسرعان ما إتضح أنه يمكن الربط بين هذه الجسيمات وزمر التناظر الرياضياتية المعروفة بإسم SU(3)، (مشتقة من عبارة الزمرة الواحدية الخاصة ذات الأبعاد الثلاثة)، (Special Unitary Group In Three Dimensions)، القادرة على التنبوء بصدق مما مهد لإكتشاف مفهوم الكوارك. حيث تدل الدراسة الرياضياتية لـ SU(3) على أن المجموعات الأكبر، المؤلفة من ثمانية جسيمات أو عشرة مبنية كلها من زمرة أساسة ليس فيها إلا ثلاثة أعضاء. لقد إقترح جليمان وشاركه في هذا الإقتراح جورج زوايغ أن الهدرونات جسيمات التفاعل الشديد (hadrons) مبنية من مثل هذه الكائنات الأساسة، التي سماها جليمان الكواركات. إلا أنه تبين أن الكواركات حتى تولد الهدرونات المشاهدة، ينبغي أن تكون لها شحنات كهربائية كسرية تساوي $\frac{1}{3}$ أو $\frac{2}{3}$ من شحنة الإلكترون. وقد كان من الصعب قبول فكرة الكواركات قبولاً تاماً في البداية.

إن الدراسة المقدمة بين أيديكم تتعرض إلى واحدة من أهم تجارب تبعثر الإلكترونات على النيوكليونات، حيث إنها التجربة الأولى لتبعثر الإلكترون العميق اللامرن على النيوكليون الذي يوضح المفهوم النظري والنموذج السائد المتعلق بموضوع التجربة وقت إجرائها. والتغير الذي أحدثته نتائج هذه التجربة في بناء نماذج جديدة تحكمها نظريات جديدة مهم، حيث تعتبر هذه التجربة الأولى المؤكدة لما يعرف بالنماذج المركبة. ومن خلالها بدأ حقيقة عصر جديد لدراسة تركيب النيوكليونات وقاد ذلك إلى تطور النموذج الكواركي.

تقع الدراسة في ستة فصول، يتناول الفصل الأول نظرية التصادم التقليدية وكذلك الكمية بين الجسيمات. أما الفصل الثاني فيتناول التبعثر العميق اللامرن للإلكترون على النيوكليون حيث نقوم بحساب مقطع التفاعل $e + P \to e + Hadrons$، وكذلك نقوم بدراسة التبعثر العميق

اللامرن للإلكترونات المستقطبة على البروتونات المستقطبة. حيث حسبنا مقطع التفاعل $e+P \to e+x$. أما الفصل الثالث فيقدم دراسة للتبعثر المرن للإلكترونات عالية الطاقة على النيوكليونات في الحالة اللاإستقطابية حسب العلاقة $e+N \to e+N$ حيث نقوم فيه بحساب مقطع التفاعل أعلاه. وفي الفصل الرابع تناولنا التبعثر العميق اللامرن وتجاربه حيث يحدد التسلسل الزمني لتجارب التبعثر ويعكس أهمية هذا النوع من التجارب في الكشف عن فيزياء الجسيمات الأولية ويضم هذا الفصل أيضاً وصفاً للمنشأة التي أجريت فيها التجربة الأولى وكذلك يتعرض إلى النموذج الكواركي. أما الفصل الخامس فيغوص إلى أعماق البروتون لإستكشاف بنيته. وأخيراً الفصل السادس يحدثنا عن مغزل البروتون. وإختتمنا البحث بعرض النتائج المتحصلة ثم زيلناه بالملاحق: A,B,C, D, E.

نهدف من وراء هذا البحث التأكيد على أهمية النمذجة بين الجانب النظري والجانب التطبيقي من خلال تناول موضوع التبعثر العميق اللامرن موضوع البحث وتبيان أن أحدهما يبقى عاجزاً عن إستبصار كنه المادة دون مساعدة الجانب الآخر. كما نهدف إلى تبيان الحقائق والتأكيد عليها من خلال إستخدام أهم الأساليب الحديثة المتبعة لحساب مقاطع التبعثر المدروس وكيفية إستنباط المعلومات المفيدة منها، بالإضافة إلى فائدة جمع وعرض الأفكار النظرية والتطبيقية المتعلقة بالموضوع حسب سياقاتها التأريخية التي بدأت في الستينيات من القرن الميلادي المنصرم وحتى الآن. نأمل أن نكون قد وفقنا في عرض وتحليل هذا الموضوع باللغة العربية ليكون إضافة معرفية حقيقية للباحثين والمهتمين بهذا المجال من أبناء وطننا.