الفصل الرابع

تعامل الاشعاع مع الماده:

تفاعل الاشعاع مع الماده يعرف على انه نقل طاقه الاشعاع النووي ,كلا او جزاءا, بصوره مباشره او غير مباشرة الى الماده. ان التفاعل الحاصل بين الاشعاع وذرات الماده ونواتها هي الطريقة الوحيدة لنقل الطاقه. يمكن تقسيم تفاعلات الاشعاع مع الماده حسب كتلة وشحنة الاشعاع كما يلي:

1- تفاعلات الجسيمات الثقيلة المشحونة مع الماده (Interaction of Heavy Charged Particles with Matter): ان الجسيمات الثقيلة المشحونه مثل جسيمة الفا و جسيمة البروتون تتفاعل بصوره رئيسيه من خلال القوى الكولومية مع الالكترونات المدارية للمادة. قد يحصل في بعض الاحيان تفاعل كولومي مع نواة الماده, مثل استطارة الفا ولكن هذا يحدث نادرا. عند دخول الجسيمة الى المادة فانها تتفاعل انيا مع العديد من الالكترونات المداريه في كل تفاعل تفقد الجسيمة طاقه وتذهب هذه الطاقه للالكترونات, اذا كانت هذه الطاقه كافيه لتحرر الالكترون من المدار فسوف تترك الذرة متاينه واذا لم تكن كافيه فان الطاقه سوف تنقل الالكترون من مستوي الى اخر وتسمى هذه بالذرة المتهيجه.

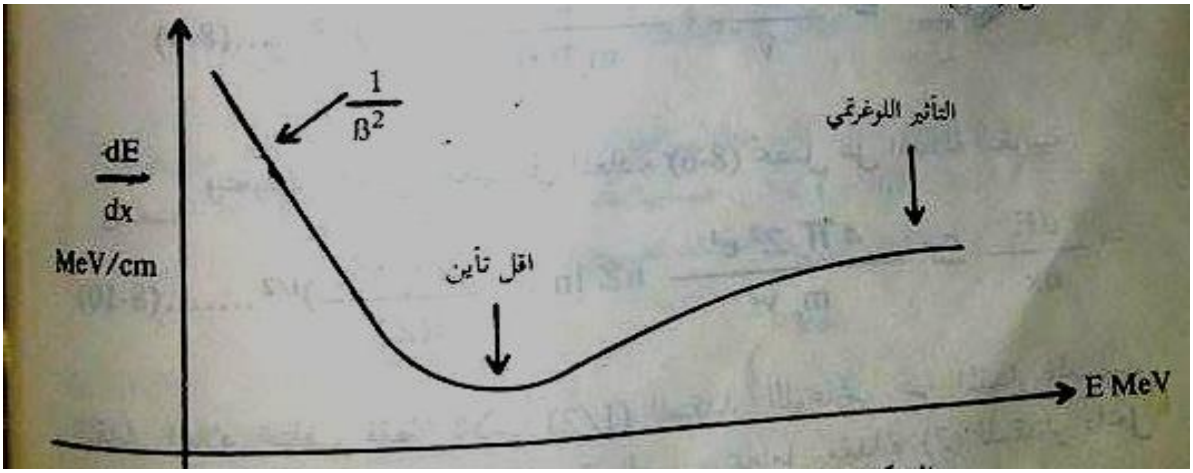
ان الطاقه التي يكتسبها الالكترون يكون على حساب طاقة الجسيمة الساقطه وبذلك فان سرعة الجسيمة المشحونه سوف تقل تتدريجيا بسبب ما يكتسبه العديد من الالكترونات وعلى الرغم من قلة مقدار الطاقه المفقوده الى الالكترون الواحد فان عدد الالكترونات المشاركه في اكتساب الطاقه يؤدي الى فقدان الجسيمة لكامل طاقتها داخل الماده. ان الطاقه المفقوده او الضائعه في وحدة الطول لجسيم مشحون ساقطه على ماده معينه تعرف على انها طاقة التوقف (Stopping Energy S(E)).

ان اول من وضع النظرية لحساب الطاقه الضائعه في التصادمات بين الجسيمات المشحونة الثقيلة والالكترونات هو العالم (Bethe) عام 1932. حيث افترض الكترون كتلتة m_e يبعد مسافه b عن مسار جسيمة المشحونه, شحنتها Ze وكتلتها M وسرعتها V. يمكن اشتقاق معادلة قدرة الايقاف وتسمى هذه المعادله ب معادلة Bethe كما موضحه ادناه:

$$S = -\frac{dE}{dX} = \frac{4\pi Z^2 e^4 NZ}{mv^2}\left[\ln\frac{2mv^2}{I} - \ln(1-\beta^2) - \beta^2\right]$$

Where: m and e = charge and mass of electron, E, Ze, V= kinetic energy, charge and velocity of particles. β = v/c, Z= atomic number, N= number of nucleus and I= ionization energy.

من المعادلة اعلاه نلاحظ ان طاقة التوقف بالنسبة للجسيمات الثقيلة لا تعتمد على كتلة الجسيم الساقط وكذلك فانها تتغير مع الطاقه (E) كما هو موضح بالشكل ادناه.



الشكل يوضح التغير بين طاقة التوقف والطاقة.

نلاحظ من الشكل اعلاه بان طاقة التوقف تهبط كلما زادت طاقة الجسيم الساقط (اي سرعته) بحيث ان مقدار الهبوط يتناسب مع $\frac{1}{\beta}$. اما عندما تزداد قيمة الطاقة E بحيث تصل سرعة الجسم $\beta \approx 1$, فاننا نلاحظ الهبوط يتوقف عند هذا الحد وبذلك تصل طاقة التاين اقل قيمة لها.

اما المسافه التي تتمكن الجسيمية من قطعها داخل الماده ابتداء من المصدر وحتى تصبح طاقته الحركية صفر فتعرف ب معامل المدى (R). ان مسار الجسيمة داخل الماده ياخذ شكل مستقيم حتى يقترب من نهايته. يمكن حساب المدى من خلال المعادلة التاليه:

$$R = \int_0^R dx = \int (-\frac{dE}{dx})^{-1} = \int_0^E \frac{dE}{S(E)}$$

2- تفاعلات (الجسيمات الخفيفه) الالكترونات مع الماده (Interaction of Electrons with Matter) : ان الجسيمات الخفيفة المشحونة مثل الالكترون والبوزترون تتشابه في تفاعلها مثل الجسيمات الثقيلة المشحونة من ناحية التاثير الكولومي, ولكن بسبب تقارب كتلتها مع الالكترون المداري, لذا فان مسارها داخل الماده يعني عدد من الانحرافات . لذا يصنف تفاعل الجسيمات الخفيفة مع الماده الى نوعين هما التفاعل الكولومي والتفاعل الاشعاعي.

أ- التفاعل الكولومي: هي فقدان الطاقه بواسطة التصادم غير المرن مع الالكترون المدراي مثلما يحدث عند تفاعل الجسيمات الثقيله مع الماده. عند انتقال الطاقه اما يحدث تاينا او تهيجا. ويمكن حساب قدرة الايقاف من خلال المعادلة التي وضعها Mott عام 1949, كما في المعادلة ادناه:

$$S= -\left(\frac{dE}{dX}\right)_c = \frac{4\pi e^4 NZ}{m_0 v^2}\left[\ln\frac{2m_0 v^2 E}{2I^2(1-\beta^2)} - (2\sqrt{1-\beta^2} - 1+\beta^2)\ln 2 + (1-\beta^2) + \frac{1}{8}(1-\sqrt{1-\beta^2})^2\right]$$

Where: m and e = charge and mass of electron, E, Ze, V= kinetic energy, charge and velocity of particles. β = v/c, Z= atomic number, N= number of nucleus and I= ionization energy.

ان الحد الادنى للطاقه الضائعه عندما تكون β صفيرة جدا وبذلك تكون المعادلة:

$$S= -\left(\frac{dE}{dX}\right)_c = \frac{4\pi e^2}{m_0 v^2} nZ\left[\ln\left(\frac{2m_0 v^0}{I(Z)}\right) - 1.2329\right] erg.cm^{-1}$$

ب- التفاعل الاشعاعي: ان هذا النوع من التفاعل هو ما يميز الجسيمات الخفيفة, ويتم فقدان الطاقه من خلال الاشعاع وتسمى باشعة التوقف. ان الالكترونات ذات الطاقة العالية قد تصل الى مسافة قريبة من المدار الداخلي للذره (K) وذلك نتيجة تاثير قوة التجاذب الكولومية بين الالكترون وبين النواة. عند اقتراب الالكترون الى مسافة قريبة من الجهد للنواة ينحرف عن مساره وهذ الانحراف يؤدي الى انبعاث فوتونات طاقتها الكلية جزء من طاقة الالكترون الساقط. ولتفسير ذلك, ان النواة تحاول ايقاف الالكترون بواسطة القوة الكولومية (قوة التجاذب), لكن الالكترون يحصل له فجاءة تعجيل نتيجة المجال الكهرومغناطيسي للنواة, ويصاحب هذا العملية انبعاث اشعه تسمى اشعة التوقف ويطلق عليها (Bremsstrahlung) هذا التفسير حسب النظرية الكلاسيه. اما في الميكانيك الكمي يعتمد هذا الانبعاث على احتمالية الفوتونات تتراوح من الصفر الى طاقة الالكترون الساقطه, وتسمة هذه الاشعه الناتجه باشعة الكبح (Bremsstrahlung x-rays) كما مبين بالشكل ادنا.