# Stopping Power of Electrons for Bone tissue, Lung and platinum

# قدرة ايقاف الالكترونات في انسجة العظم و الرئة وعنصر البلاتين

م.م أحلام حبيب حسين أ.م.د.احمد جمعة مهوس اريج سعيد عبد الشهيد
جامعةالكوفة /كلية التربية للبنات / جامعة الكوفة /كلية الطب/ جامعة الكوفة /كلية التربية للبنات

**الخلاصة :**
في هذا البحث تم دراسة قدرة ايقاف الالكترونات التصادمية والاشعاعية والكلية نظرياً بأعتماد معادلة بيث بلوخ المعدلة .حيث قصف نسيجي العظم والرئة بالاضافة الى عنصر البلاتين وبمدى طاقة مستخدمMeV(0.01-100) وباستعمال قاعدة براك للمركبات وباستخدام لغة (MATLA). .وقد بينت النتائج التي حصلنا عليها ان قدرة الايقاف التصادمية المهيمنة على الاشعاعية من قدرة الايقاف الكلية لذ تم مقارنتها مع النتائج العملية لبرنامج estar واتضح لنا بأنها تعطي توافقا جيدا مع القيم العملية.
**الكلمات المفتاحية:** معادلة بيث-بلوخ ، الاشعاعية ،التصادمية ، العظم، الرئة ، البلاتين، برنامج اي ستار .

**Abstract :**
In present research of collisional $(-\frac{dE}{dx})_{coll}$and radiative $(-\frac{dE}{dx})_{rad}$ stopping powers for electrons and the total stopping power was calculated theoretically for electrons by using modified Bethe-Bloch theory and projectiles (Lung tissue , Bone tissue ) and Platinum element in energy range MeV (0.1-100)MeV by using Bragg's Rule for compounds. Also programming the Eqs.using (MATLAB) language. The results showing a that the collisional stopping power is the dominate along the energy interval of incident electrons than the radiative stopping power of the total stopping power the calculations were compared with the experimental data of the estar this comparison showed a good agreement with the experimental data.
Keywords: Theoretical Physics, Bethe-Bloch , radiative ,collision, Bone, lung , Platinum , estar code.

## 1-المقدمة:

إن قدرة الإيقاف التي عرفت بأنها الطاقة المفقودة للجسيمة الساقطة خلال وحدة المسار، هي نتيجة لاختراق الجسيمات المشحونة المعجلة لمادة الوسط وتفاعلها مع نوى والكترونات ذرات مادة ذلك الوسط .وعليه يمكن تقسيمها الى قدرة الإيقاف الناتجة عن خسارة الطاقة بسبب التصادمات غير المرنة بين الجسيمات المشحونة الساقطة وبين الكترونات ذرات الهدف ، وقدرة الإيقاف الالكترونية الناتجة عن خسارة الطاقة بسبب التفاعلات المرنة لنوى الهدف مع الجسيمات الساقطة لتعطي اشعة الكبح حيث تعطي قدرة الإيقاف الكلية للالكترونات [1] [2] .

$$(-\,dE/dx)_{tot} = (-\,dE/dx)_{coll} + (-\,dE/dx)_{rad} \qquad (1)$$

إذ إن
$(-\,dE/dx)tot$ تمثل قدرة الإيقاف الكلية .
$(-\,dE/dx)coll$ تمثل قدرة الايقاف عن طريق التصادمات.
$(-\,dE/dx)rad$تمثل قدرة الإيقاف عن طريق الاشعاع . وهذه العلاقة تمثل فقدان الطاقة عن طريق الاشعاع تكون صالحة عندما تكون طاقة الالكترونات كبيرة أي ان $E \gg m_0c^2$ ، اما اذا كانت طاقة الالكترون صغيرة فأنه يهمل فقدان الطاقة عن طريق الاشعاع وتقسم الجسيمات المشحونة الى نوعين مشحونة خفيفة وتشمل الالكترونات والبوزترونات ومشحونة ثقيلة مثل البروتونات وجسيمات الفا[3] ويعد العالم هانز بيث عام 1930 [ 4] أول من حسب قدرة الإيقاف الالكترونية باستخدام الميكانيك الكمي حيث درس فقدان الطاقة الالكترونية لسنوات عديدة بسبب تطبيقها المباشر في المشاكل المتعلقة بالطب وفيزياء البلازما وقد تحسنت المعالجة النظرية لفقدان الطاقة في الاصطدامات الذرية تحسننا كبيرا خلال العقود الماضية وقد تم دراستها تجريبيا ونظريا منذ بداية القرن العشرين بسبب مجال تطبيقها الواسع في الفيزياء النووية واضرار الاشعاع [5]0حيث قام الباحث

S. Ramesh Babu واخرون بقياس فقدان الطاقة للالكترونات النسبية في رقائق الالمنيوم لفهم الية تفاعل الالكترونات مع المادة.وعند طاقة keV(948-1022) حيث يسمح للالكترونات الداخلية المنبعثة من مصدر $Bi^{207}$ بالمرور غبر رقائق الالمنيوم ذات الاسماك المختلفة وتمت مقارنة نتائجه مع القيم النظرية لبرنامج estar [6].

وايضا قامت الباحثة N. I. Mahmood بحساب قدرة الإيقاف لأهداف صلبة باعتمادها على معادلة شبة تجريبية لباحث سابق ومختارة لاهداف سائلة وقد تم تعديل في بعض قيم المعامل المستخدم بالمعادلة وقد بين ان قدرة الايقاف المحسوبه بالمعادلة تتناسب مع النتائج العلمية المنشورة [7] .وكذلك قامت الباحثة S.M. Aman Allah واخريات بدراسة قيم قدرة الايقاف الكلية $S_{tot}$ المتكونه من قدرة الايقاف الاشعاعية والتصادمية للالكترونات وبأستخدام معادلة بيث وبينت النتائج ان قدرة الايقاف التصادمية هي المهيمنه على القدرة الاشعاعية [8] . وقد تم استباط صيغة شبه تجريبية لقدرة الايقاف الكلية للالكترونات النسبية من قبل S. Ramesh Babu واخرين عند مدى طاقة kev( 950-1050) ولعدد من المواد التي تتراوح اعدادها الذرية (82-10) وحصل على قدرة الايقاف الكلية من خلال مرور $Bi^{207}$ خلال المواد المختارة وكذلك وضح الاختلاف لقدرة الايقاف مع العدد الذري للمادة فوضع معادلة اسية من الدرجة الاولى وقارن النتائج مع برنامج estar وصيغة Batra's وناقش تطبيق هذه المعادلة لاي عدد ذري ولاي عينه او مركب[9].

## 2- قدرة الايقاف التصادمية

عند سقوط الجسيمات المشحونة الخفيفة كالالكترونات والبوزترونات على المادة تنتقل طاقة الجسيمات الساقطة الى المادة تدريجيا الى ان تتوقف الجسيمات الساقطة ويحدث هذا عن طريق التصادمات غير المرنه مع الكترونات مادة الهدف التي تسقط عليها الجسيمات وينتج عن هذه التصادمات انتقال الكترون من مداره الى مدار اخر اعلى طاقة منه او تأينه اي انفصال الكترون عن ذرته[2].

ويمكن الحصول على القيمة النظرية لقدرة الايقاف التصادمية للالكترونات من العلاقة التالية[10].

$$-\frac{\mathrm{dE}}{\mathrm{dx_{col}}} = \frac{4\pi \mathrm{r_e^2 m_e c^2 nz}}{\beta^2 \mathrm{A}}\left[ln\frac{m_e c^2 \tau\sqrt{\tau+2}}{I\sqrt{2}} + f(\beta)\right] \qquad (2)$$

$$f(\beta) = \frac{1-B^2}{2}\left[1+\frac{\tau^2}{2}-(2\pi+1)ln2\right] \qquad (3)$$

$$\beta = \mathrm{v/c}$$

حيث ان $\tau$ تساوي الطاقة الحركية للالكترون مقسوما على $\mathrm{m_e c^2}$

$$\tau = \frac{E}{m_e c^2}$$

حيث ان $\mathrm{r_e}$ نصف قطر الالكترون

A العدد الكتلي لمادة الهدف

Zالعدد الذري لمادة الهدف

I جهد التأين للهدف

n كثافة الكترونات المادة ويمكن التعبير عنها بـ [10]

$$n = N_A z\rho/AM_n$$

حيث ان $N_A$عدد افكادرو

$\rho$كثافة المادة الهدف

Z العدد الذري

$M_n$ ثابت الكتلة الموليه

وعند تعويض قيمة n في معادلة (2) نحصل على معادلة ابسط[11]

$$-\frac{\mathrm{dE}}{\mathrm{dx}} = \frac{5.08\times10^{-31}}{\beta^2}\left(ln\frac{3.61\times10^5\tau\sqrt{\tau+2}}{I} + f(\beta)\right) \qquad (4)$$

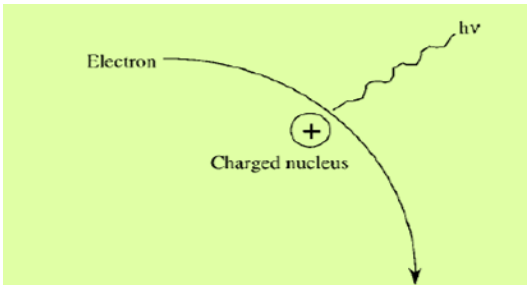
## 3- قدرة الايقاف الاشعاعية

طبقا لقوانين الكهروديناميكا عند تعجيل جسيم مشحون فأنه يصدر اشعاع كهرومغناطيسي .فعند مرور الكترون بالقرب من النواة ينحرف مساره وهو بمثابة التعجيل حيث ينتج عنه اشعاعات كهرومغناطيسية تعرف بأشعة الكبح وتؤدي الى فقد الالكترون طاقته ولايحدث الفقدان للطاقة على نواة الذرة فقط وانما يحدث على الالكترونات المدارية كما في الشكل (1)[2].

ويمكن التعبير عنها بالمعادلة التالية [2]

$$-\frac{\mathrm{dE}}{\mathrm{dx}_{rad}} = -\frac{dE}{dx_{col}}\left(\frac{zT}{800}\right) \qquad (5)$$

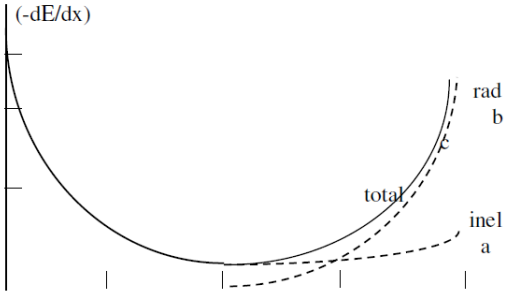
حيث ان z تمثل العدد الذري للهدف ، T الطاقة للإلكترون او البوزترون




الشكل (1) يوضح قدرة الايقاف الاشعاعية

فعند تعويض معادلة (2) و(5) في معادلة رقم (1) نحصل على قدرة الايقاف الكلية.والشكل التالي

$$-\frac{\mathrm{dE}}{\mathrm{dx}_{total}} = -\frac{\mathrm{dE}}{\mathrm{dx}_{col}}\left(1+\frac{zT}{800}\right) \qquad (6)$$




**الشكل (2) تمثل (a) قدرة الايقاف التصادمية و (b) قدرة الايقاف الاشعاعية (c ) قدرة الايقاف الكلية كدالة للطاقة**

## النتائج والحسابات:

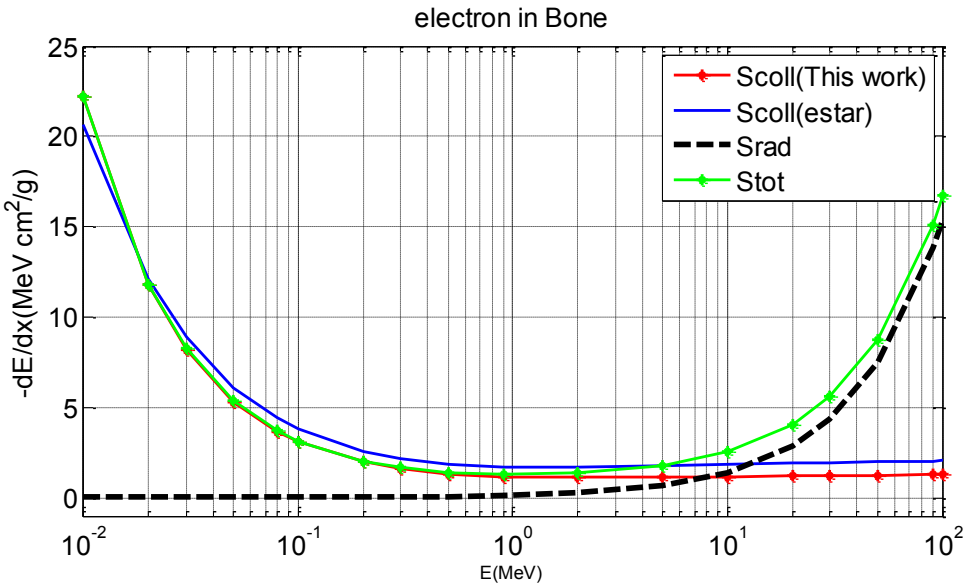
ان معرفة قيم قدرة الايقاف امر ضروري لاستخداماتها في العلاج بالاشعاع او استخدامها في الصناعات لذا تم استخدام بعض انسجة العظم والرئة وعنصر البلاتين لدراستها .

حيث تم استخدام برنامج الماتلاب لبرمجة معادلة بيث بلوخ المعدلة للالكترونات لحساب معدل الطاقة المفقودة خلال وحدة المساحة ، لحساب قدرة الايقاف التصادمية تم استخدام معادلة (3) بعد تعويضها بمعادلة (2) واستخدمت المعادلة (5) لقدرة الايقاف الاشعاعية ومعادلة (6) للكلية .

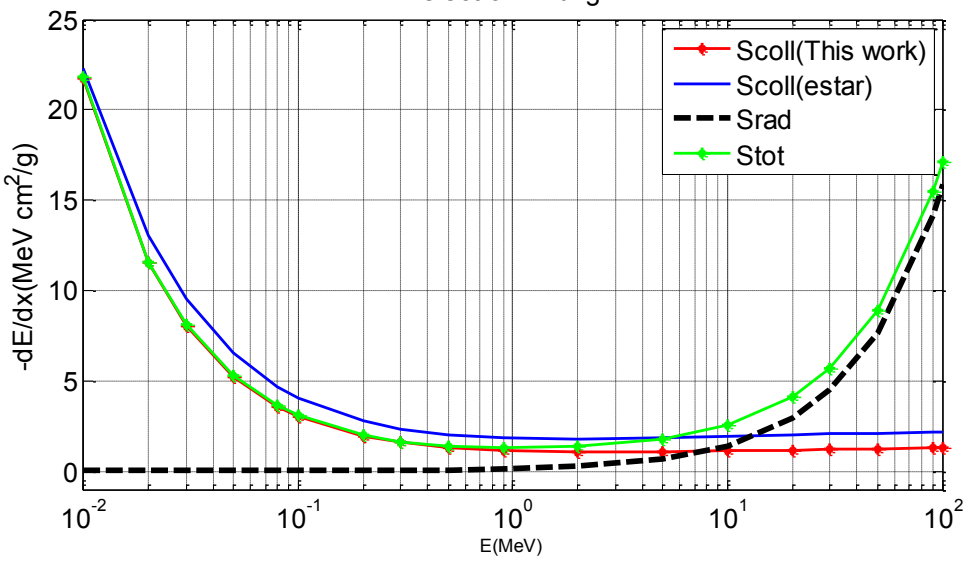
حيث ان القدرة التصادمية وهي التي تنتج عن طريق التصادم الذي يحدث بين الجسيمات الساقطة مع الكترونات ذرات الوسط مما يؤدي إلى تهيج أو تأين ذرات ذلك الوسط فأنها تقل بزيادة طاقة وسرعة الجسيمة الساقطة نلاحظ من الشكل a و b عندما يكون الوسط نسيج العظم النتائج تكون متقاربة مع القيم العملية تقريبا عند بداية المدى ولكنها تصل لحد الانطباق عند طاقة 0.02 MeV وبعدها عند زيادة الطاقة تبتعد نتائج $\frac{\mathrm{dE}}{\mathrm{dx}_{\mathrm{col}}}$ –قليلا اما عندما يكون الوسط نسيج الرئة فأنها تبدأ منطبقة عند بداية المدى اي عند 0.01 MeV ثم تبدأ بالابتعاد قليلا عن النتائج العملية قليلا مما يتطلب ادخال بعض التصحيحات

اما عندما يكون الوسط عنصر البلاتين الشكل (c) فأنها تبتعد قليلا عن النتائج العملية من بداية الى نهاية المدى المستخدم. ولكن عند فترة محددة من الشكل تكون فيها النتائج لقدرة الايقاف التصادمية والاشعاعية والكلية متقاربة تقريبا اي من (5-10)MeV

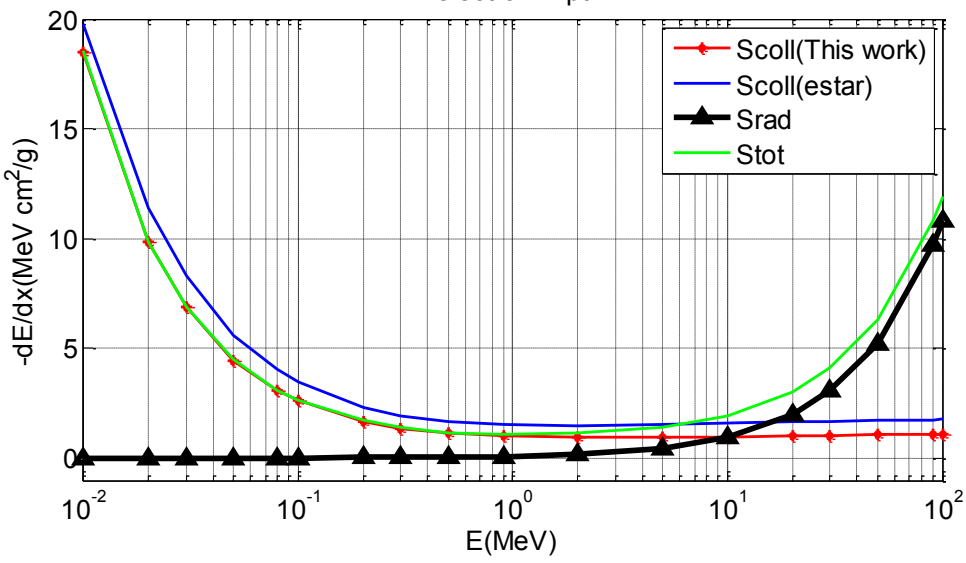
وتشير النتائج الحالية إلى $\frac{\mathrm{dE}}{\mathrm{dx}_{\mathrm{rad}}}$ –تزداد مع زيادة طاقات الجسيمات الساقطة، ويمكن تفسير هذا السلوك انه سوف تقترب من المجال النووي للذرة المستهدفة بسبب التنافر الكولومبي بين القذيفة والجسيمات المستهدفة




الشكل (a) يبين العلاقة بين قدرة الايقاف الالكترونات كداله للطاقة في نسيج العظم ومقارنتها مع نتائج estar




الشكل (b) يبين العلاقة بين قدرة الايقاف الالكترونات كداله للطاقة في نسيج الرئة ومقارنتها مع نتائج estar




الشكل (c) يبين العلاقة بين قدرة الايقاف الالكترونات كداله للطاقة في عنصر البلاتين ومقارنتها مع نتائج estar

**الاستنتاج:**

**1-** هيمنة قدرة الإيقاف التصادمية على قدرة الإيقاف الاشعاعية لقيم قدرة الإيقاف الكلية لذا تم مقارنتها مع النتائج العملية

**2-** ان المعادلة المستخدمة يمكن ان نستخدم لعلاج النسيج المصاب بالالكترونات لتقارب نتائجها مع القيم العملية للانسجة المستخدمة.

3- ان المعادلة المستخدمة تصلح لحساب قدرة الايقاف التصادمية للاوساط المختارة في البحث وعند المدى المستخدم وبنسبة خطأ بسيطة .

**المصادر**

[1] R. A. Abbad "Analytical Study of the Specific energy loss and radiation length X0 of Positron for Chromium Cr ", Journal of Natural Sciences Research Vol.3, No.15(2013)

[2] W.E.meyerhof"elements of nuclar physics" condon university of colorado, (1967).

[3]W. AL kazraji , "Energy Stopping Power and Straggling On Swift Ions Near Plan Surfore" , M.Sc. Thesis , AL – Mustansiriya University , (2000) .

[4] P.Sigmund and A.Schinner, "Binary theory of light Ion stopping ",
PrepSubm, Nucl. Instr and Meth.B,Vol.193(2002).

[5] P. L.Grande, G. Schiwietz,"The unitary convolution approximation for heavy ions" Nucl.Inst.and Meth.In physics Research,B, 195 (2002) .

[6] S. Ramesh Babu, N. M. Badiger" Measurement of Energy Loss of Relativistic Electrons in Aluminum Foil" American Journal of Science and Technology (2015) .

[7] N. I. Mahmood " Stopping Power of (1.895-7.4 MeV) 4He Ions in Composite Foils and Pure Elements " Raf. Jour. Sci., Vol. 16, No. 1 ( 2005).

[8] S.M. Aman Allah, N. A. Shafeek Abbass and B. K. Sullayman "Study the total Stopping Power of electrons in Beryllium " diyala journal for pure sciences Vol: 13 No:2 ( 2017)

[9] S. Ramesh Babu, N.M. Badiger" Semi empirical formula to calculate MSP of relativistic electrons in the range of 940 keVe1020 keV" Journal of Radiation Research and Applied SciencesVol.9 ( 2016 )

[10] M.J. Berger and S.M. Seltzer "Stopping powers and ranges of electrons and positrons"National Bureau of Standards Report NBSIR 82-2550 A (1982).

[11] S. Mahmoud, E. Mohamad and R. Abduala" Estimation Of the Total Energy Loss of Positrons in Copper and Nickel" Journal of Babylon University/Pure and Applied Sciences/ No.(7)/ Vol.(22)(2014).