stopping power of proton and Asalafrsan compound in some human body parts of

قدرة الايقاف للبروتونات ومركب السلفرسان في بعض أعضاء الجسم البشري

م.م. أحلام حبيب حسين
جامعة الكوفة /كلية التربية للبنات/قسم الفيزياء
Ahlamh.alkhursan@uokufa.edu.iq

الخلاصة :
تم في هذا البحث دراسة قدرة الإيقاف الالكترونية نظرياً بأعتماد معادلات بور وبيث .حيث قصف الأهداف نسيج الدم ونسيج الثدي بمقذوفات مركب السلفرسان الذي يستخدم للعلاج بالاشعاع للمناطق المصابه بالاورام الخبيثة وكذلك استخدمت البروتونات كمقذوفات للانسجة (الدم ، عدسة العين ، نسيج الثدي ، المبيض ، العظام القشرية)وعند مدى طاقة مستخدم-25) 250)MeV وباستعمال قاعدة براك للمركبات. كما تمت برمجة المعادلات باستخدام لغة (MATLAB). .تم مقارنة الحسابات مع القيم التجريبية لبرنامج SRIM 2013 بالنسبة للبروتونات من خلال هذه المقارنة اتضح لنا بان صيغة بيث تعطي توافقا جيدا مع القيم العملية.
الكلمات المفتاحية:صيغة بيث ، قدرة الايقاف ، انسجة الجسم، العلاج بالاشعاع

Abstract :
In this research the electronic stopping power was calculated theoretically by use Bohr, Bethe equations and projectiles (Blood tissue and breast tissue) By projectiles
Asalafrsan compound which is used for radiation therapy of malignant tumors infected areas , as well as used protons tissue (blood , eye lens, the breast tissue , ovarian , cortical bone) in energy range (25-250)MeV by using Bragg's Rule for compounds. Also programming the by use (MATLAB) language..The calculations were compared with the experimental data of the software SRIM 2013 For the protons
This comparison shows that: Bethe formulas are in good agreement with the experimental data.

1-المقدمة: Introduction

تستخدم الجسيمات المشحونة في العلاج الاشعاعي لجسم الانسان ضد مرض السرطان لان لديها قابلية اختراق الانسجة ومدى عمق الاختراق يعتمد على الطاقة وطبيعة المواد المشعة وهذه الجسيمات(بروتونات او ديتريونات او جسيمات الفا) حيث ان لها تأثير مهم في العلاج الاشعاعي لان لديها القدرة على اعطاء طاقاتها الى الاهداف[1]. والتأثير البايلوجي للاشعاع المؤين على الانسان يتوقف على الجرعة الممتصة ونوع الاشعاع والطاقة واجهزة الاشعاع ، والفوتونات التي تدخل الجسم تفقد طاقتها ويتم امتصاصها في نهاية المطاف وبالاضافة الى ذلك تؤدي الى تشتت فوتونات جديدة ويمكن قياس حجم التأثير من قبل مايسمى عامل التراكم والذي يعتمد على العدد الذري للوسط الماص والطاقة وعمق الاختراق[2].
عند مرور البروتونات على انسجة الجسم تترك جزء من طاقتها عند مرورها بالانسجة السليمه حتى وصولها الى الانسجة المصابة وهي تتركز على الهدف من الورم دون غيره لانها لاتتشتت،حيث ان طاقة البروتون تحدث قمه في الموقع المصاب وهكذا تتلقى الانسجة السرطانية جرعات اعلى بكثير من الانسجة السليمة المحيطة بها[3].
بالاضافة الى الجسيمات تم استخدام المركبات حيث ادى اكتشاف المسبب المكروبي للامراض الى تحفيز العلماء لتوجيه ابحاثهم لمحاولة اكتشاف العقار الذي يقتل المكروبات دون لحاق الاضرار بجسم الانسان واعلن العالم ارلخ عن نجاحه في التوصل على عقار السلفرسان وبذلك بدأت فترة جديدة في العلاج الطبي وهو عقار يقتل مكروبا محددا داخل جسم المصاب دون ان يقتل الجسم نفسه وبعد سنوات قليلة طورت الابحاث على هذا المركب وانتجت نيو سلفرسان الذي يتميز عن سابقه بقلة الاعراض الجانبية التي تنتج عنه.[4]

2- قدرة الايقاف Stopping Power

تعرف قدرة الإيقاف (-dE/dX) بأنها معدل الطاقة المفقودة لوحدة المسار إذ إن الطاقة المفقودة هي الطاقة المنتقلة من الجسيمات المشحونة الساقطة إلى ذرات الوسط المادي التي تمر فيه مسببة تأيناً وتهيجاً لذرات ذلك الوسط[5].

ويمكن التعبير عن قدرة الإيقاف الالكترونية بالصيغة الاتية:

$$-\frac{dE}{dx}=\frac{4\pi Z_1^2 Z_2 e^4}{m_e v^2}NL \qquad \ldots.(1)$$

L:عدد الايقاف

تفاعل الجسيمات المشحونه عند مرورها بالاوساط المتكونه من ذرات متعادلة يكون من خلال تأثير الجسم بقوة كولوم مع الالكترونات الموجودة في الذرات بشكل رئيسي وكل الكترون يعترض الجسم يؤدي الى خسارة في طاقته الحركية وفي الطاقة لكل وحدة طول من مسار الجسيم وفقدان الطاقة حسب نظرية بور النسبيه التي استخدمت الميكانيك الكلاسيكي [5].

$$-\frac{dE}{dx}=\frac{4\pi Z_2 Z_1^2 e^4}{m_e v^2}\ln\left(\frac{\gamma^2 m_e v^3}{Z_1 e^2 w}\right) \qquad \ldots\ldots.(2)$$

W: التردد الزاوي ،γ :عامل لورنز

حيث إن: m_e: كتلة الإلكترون السكونية ،v : سرعة الجسيم ،Z_2: العدد الذري للوسط

Z_1: العدد الذري للجسيمات الساقطة، L: عدد الإيقاف ، e شحنة الالكترون

على أساس مفهوم بور حل بيث مسألة فقدان الطاقة مستخدماً الميكانيك الكمي لنظام مكون من (ايون القذيفة- ذرة الهدف) إذ أدخل نظرية الكم في معالجة التصادمات التي وصفها بوساطة إنتقال الزخم والطاقة اكثر من تأثير أبعاد التصادم التي اعتمدها بور في نظريته.

وقد لاحظ انه في السرع العالية نسبة فقدان طاقة الجسيمات عند اصطدامها بالكترونات ذرات الهدف اكبر من نواة الهدف لذا فأن فقدان الطاقة بالنسبة للتفاعلات النووية التي تحدث بين الجسيمات والنواة ممكن تجاهلها[6]. لذا فأن الايقاف النووي يقسم الى قسمين الايقاف النووي والايقاف الالكتروني[7]

قام بيث بالتعويض عن ابعاد التصادم بما يقابلها من طاقة منتقلة كالآتي:

$$b_{min} \rightarrow \Delta E_{max}$$

وتساوي أعظم طاقة منتقلة متمثلة عن التصادم الامامي اي عندما تكون الكتلة للجسيمة المشحونة الساقطة اكبر بكثير من كتلة الالكترون :

$$\Delta E_{max}=\frac{4m_e E}{m} \qquad m \gg m_e$$

$$=2\left(\frac{e^2}{4\pi\epsilon_o}\right)^2\frac{Z^2}{m_e v^2 b_{min}^2}=2m_e v^2$$

إذ ϵ_o ثابت السماحية الكهربائية ويساوي($\epsilon_o = 8.85 * 10^{-12}$ $(A^2.Sec^4.Kg^{-1}.m^{-3})$.

$$\Delta E_{min}=2\frac{r_e^2 m_e c^4 z_1^2}{v^2 b_{max}^2}=I$$

حيث I تمثل معدل جهد التأين والتهيج للوسط و r_e نصف قطر مدار الالكترون ، ولحساب عدد الايقاف لبيث كما في المعادلة الاتية :

$$\left(\frac{b_{max}}{b_{min}}\right)=\left(\frac{\Delta E_{max}}{\Delta E_{min}}\right)=\left(\frac{2m_e v^2}{I}\right) \qquad \ldots(3)$$

عند تعويض المعادلة الاساس لبور نحصل على معادلة بيث

$$-\frac{dE}{dx}=\frac{4\pi Z_2 Z_1^2 e^4}{m_e v^2}\ln\frac{2m_e v^2}{I}$$

$$-\frac{dE}{dx}=\frac{4\pi Z_2 Z_1^2 e^4}{m_e v^2}\ln\left[\frac{2mc^2\beta^2}{1-\beta^2}\right]-\beta^2-\ln I \qquad \ldots\ldots(4)$$

$\beta=\frac{v}{c}$:وهي النسبة بين سرعة الجسيمة الساقطة الى سرعة الضوء

وفي كل نظريات قدرة الايقاف تقل بسرعة كبيرة بزيادة الطاقة للجسيم (أي النسبة عكسية) لكن النقصان يصبح ابطأ كلما اقتربت الجسيمة من سرعة الضوء($v^2 \approx c^2$) فتصبح قدرة الايقاف في اوطأ قيمة لها [8]

وان دراسة وحساب قدرة الإيقاف(-dE/dX) للجسيمات المشحونة الثقيلة من المواضيع المهمة التي شغلت عددا من الباحثين لما لها من أهمية في المجالات الطبية والصناعية والصحية والتفاعلات النووية والكيمياء الإشعاعية وتصميم الكواشف [9]0

3- الحسابات والنتائج والمناقشة:

The Calculations, Results and Discussion

تم حساب قدرة الايقاف الالكترونية للسلفرسان هو مركب كيميائي من مركبات الزرنيخ العضوية، وهو أول عقار استخدم لعلاج مرض الزهري حيث عرف ايضا بأسم الأرسفينامين [10] والبروتونات المتفاعلة مع الاهداف الذرية بعض الانسجة الموجودة في جسم الانسان باستخدام معادلات بور(2) وبيث(4) ومن خلال برمجتها بلغة الـ Matlab وتمت مقارنة النتائج التي حصلنا عليها مع النتائج التجريبية لبيانات برنامج SRIM 2013عندما تكون القذيفة بروتونات حيث ان البرنامج يعطي نتائج عملية عندما تكون القذيفة جسيمة مشحونه ثقيله()فعندما تكون القذيفة مركب السلفرسان قذفت بنسيج الثدي والدم ،واستخدمت معادلة بيث فقط لان معادلة بور تعطي قيم سالبة لقدرة الإيقاف في مدى الطاقة المستخدم وعادة ما تهمل او تقطع لعدم صلاحيتها في الحساب.

نلاحظ الشكل(1)انه بزيادة الطاقة تبدأ قدرة الإيقاف الالكترونية تبدأ بالزيادة.وهذه المنطقة التي تمثل تأثير الإيقاف النووي وبعدها تبدأ بالتناقص بزياده مدى الطاقة المستخدم وهي تمثل الإيقاف الالكتروني وان المنطقة بين المنطقتين تمثل منطقة التأين والتهيج.

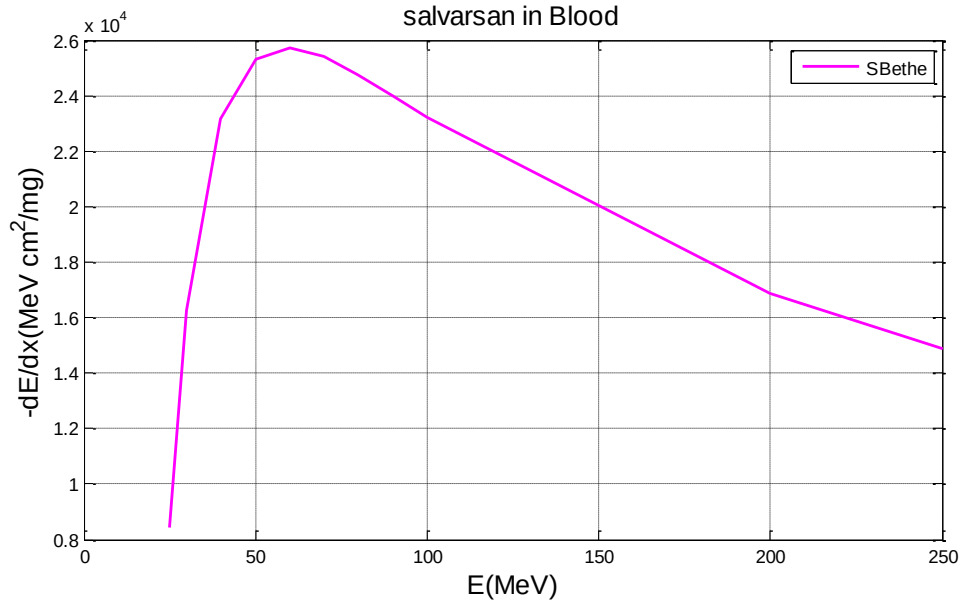
جدول رقم (1) يوضح بعض خصائص مركب السلفرسان[10]

صيغته الجزيئية	$C_{12}H_{14}AS_2CL_2N_2O_2$
كتلته الموليه	438.74 غرام/مول
مظهره	مسحوق بلوري اصفر شاحب
ذوبانه في الماء	ضعيف الانحلال
انحلاله	ينحل في الايثر والكلوروفورم

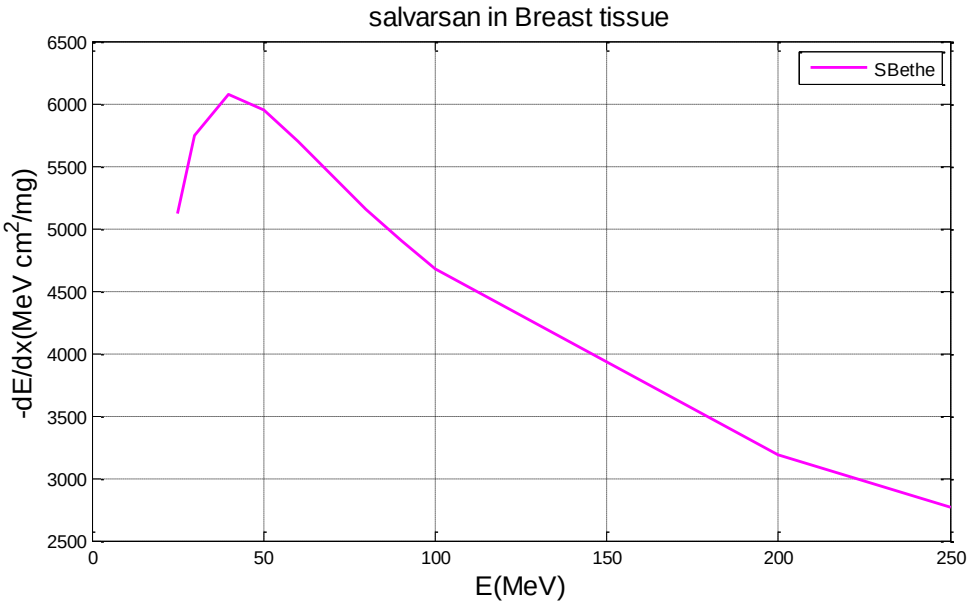
اما عندما تكون القذيفه بروتونات سقطت على بعض انسجة الجسم(الثدي ، عدسة العين ، المبيض ، الدم ، العظام القشرية) نلاحظ من الشكل (2)ابتعاد معادلة بور عن القيم التجريبية ابتعادا قليلا في الانسجة المستخدمه بينما نتائج معادلة بيث سجلت اقترابها الشديد من القيم التجريبية لبرنامج SRIM 2013 لذا فهي أظهرت توافقا جيدا على طول مدى الطاقة المستخدم اي انها تصل حد الانطباق تقريبا عند كل الانسجة المستخدمه في البحث ولكن عندما يكون الوسط عدسة العين تلاحظ ابتعاد قدرة الايقاف لبيث قليلا عند بداية المدى ثم رجوعه واقترابه من النتائج التجريبية .

جدول رقم (2) يوضح صيغة الانسجة المستخدمه[2]

النسيج	صيغته الجزيئيه
الدم	$C_{11}H_{10}N_3O_{75}Na_2S_2Cl_3K_2$
نسيج الثدي	H: 0.106, C: 0.332, N: 0.030, O: 0.527, Na: 0.001, P: 0.001, S: 0.002, Cl: 0.001,
عدسة العين	H: 0.096, C: 0.195, N: 0.057, O: 0.646, Na: 0.001 P: 0.001, S: 0.003, Cl: 0.001,
المبيض	H: 0.105, C: 0.093, N: 0.024, O: 0.768, Na: 0.002, P: 0.002, S: 0.002, Cl: 0.002, K: 0.002
العظام القشرية	H: 0.034, C: 0.155, N: 0.042, O: 0.435, Na: 0.001 Mg: 0.002, P: 0.103, S: 0.003, Ca: 0.225,



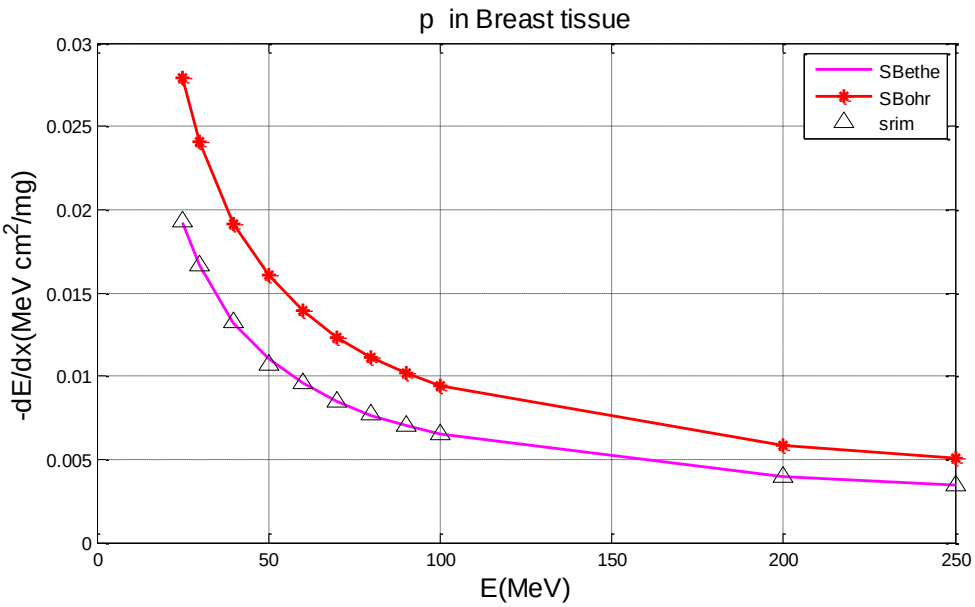
(a)



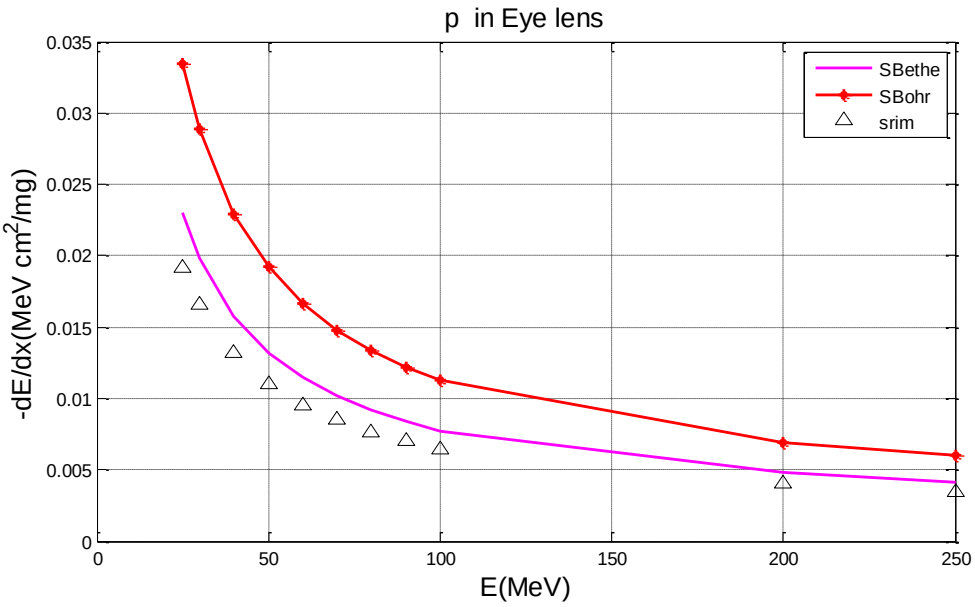
(b)

الشكل (1 a,b)

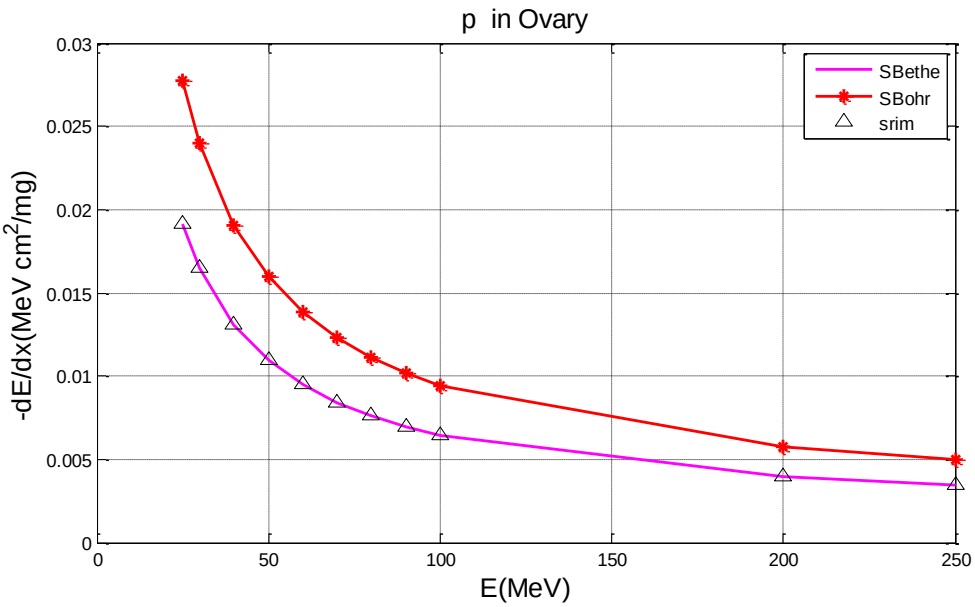
يبين العلاقة بين قدرة الايقاف الالكترونية للسلفرسان كداله للطاقة في الدم ونسيج الثدي ومقارنتها مع نتائج SRIM 2013


p in Breast tissue
SBethe
SBohr
srim
-dE/dx(MeV cm2/mg)
E(MeV)
0
0.005
0.01
0.015
0.02
0.025
0.03
0
50
100
150
200
250

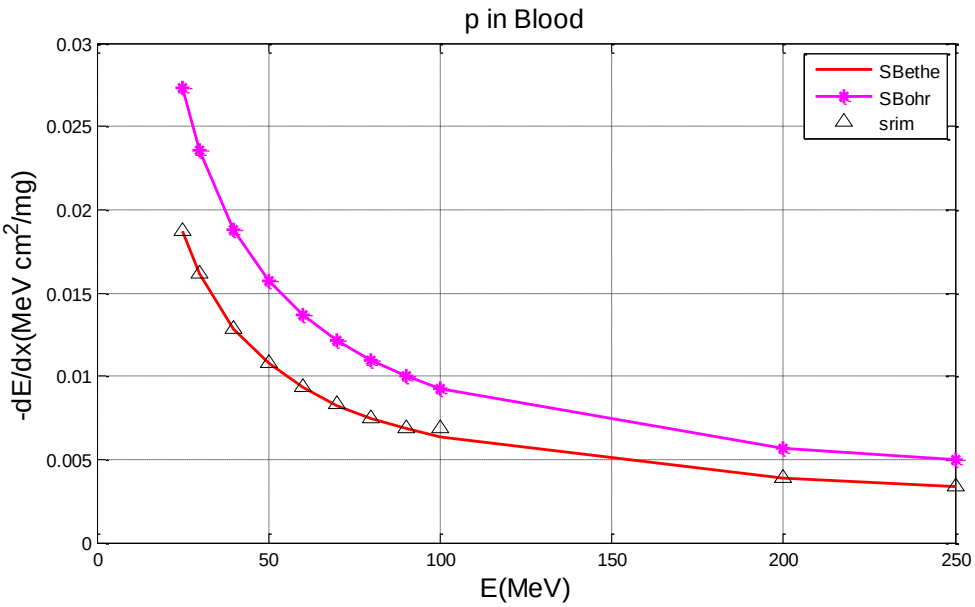
(a)


p in Eye lens
SBethe
SBohr
srim
-dE/dx(MeV cm2/mg)
E(MeV)
0
0.005
0.01
0.015
0.02
0.025
0.03
0.035
0
50
100
150
200
250

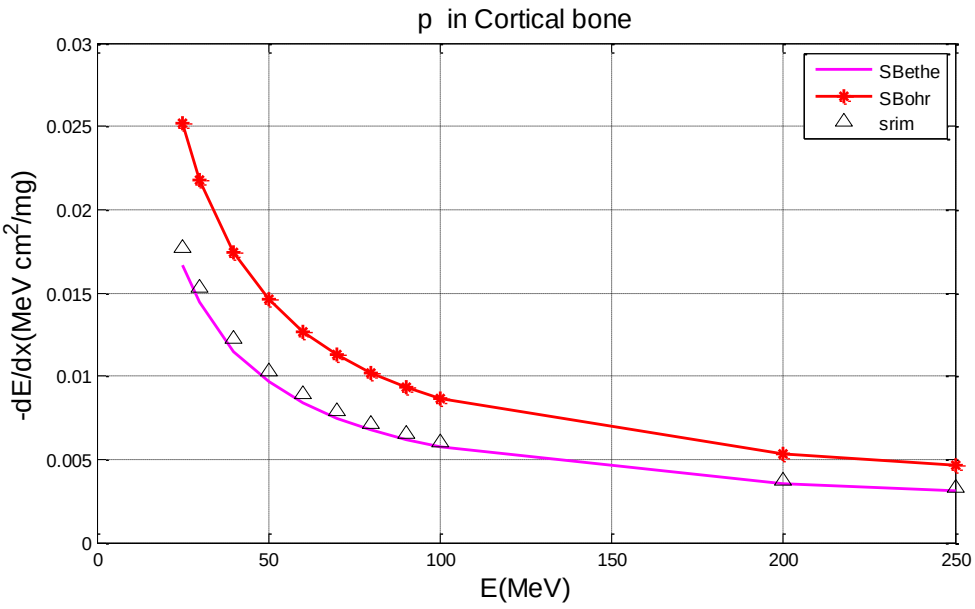
(b)


p in Ovary
SBethe
SBohr
srim
-dE/dx(MeV cm2/mg)
E(MeV)
0
0.005
0.01
0.015
0.02
0.025
0.03
0
50
100
150
200
250

(c)


p in Blood
SBethe
SBohr
srim
-dE/dx(MeV cm2/mg)
E(MeV)
0
0.005
0.01
0.015
0.02
0.025
0.03
0
50
100
150
200
250

(d)



(e)

الشكل (1 a,b , c, d, e)

يبين العلاقة بين قدرة الايقاف الالكترونية للبروتونات كدالة للطاقة في بعض انسجة الجسم ومقارنتها مع نتائج SRIM 2013

4-الاستنتاج : Conclusion

تعد معادلة بيث جيدة جداً لحساب قدرة الإيقاف الالكترونية في مدى الطاقة المستخدم لانسجة الجسم بأستثناء عدسة العين وتفضل على معادلة بور وكذلك يمكن استخدامها لحساب فقدان الطاقة ليس فقط للجسيمات المشحونة وانما للمركبات التي تستخدم لعلاج الامراض الخبيثة حيث انها اعطت نتائج مقاربة من النتائج العملية.

References:

[1]K.Kettern ,H.H.Coenen and S.M.Qaim"quantification of radiation dose from short-lived positron emitters in human tissues under proton therapyconditions"radiation physics and chemistry ,vol.78(2009)

[2]S.R.Manohara,S.M.Hanagodimath and L.Gerward"energy aborption buildup factor of human organs and tissues at energies and penetration depths relevant for radio therapy and diagnostics" journal of applied clinical medical physics ,vol.12, No.4(2011).

[3]S.Devicienti.est"patient positioning in the proton radio therapy era"journal of experimental and cilinical cancer research(2010).

[4] عبد الرحيم عبد الله"الامراض المنقولة جنسيا" دار الشروق (2009).

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

[6]م.خالدة حسين،م.هيام ناجي،م.م.غصون جليل" دراسة مدى دقائق الفا وبيتا في الكادميوم النقي والمطعم بـ(Te, Se, S) المجلد السابع العدد الاول (2009).

[7] حوراء علي عبد الرضا الدباغ" دراسة تأثير بلوخ على قدرة الايقاف للجسيمات المشحونة الثقيلة" رسالة ماجستير/ جامعة الكوفة(2012)

[8] p.sigmund ,A.Schinner"binary theory of electronic" Elsevier sciernce pacs vol.34 ,No.50(2001).

[9] H.D .Betz " Behr's Adiabatic Criterion and Effective Charge Of Heavy Ions" , Nucl.Inst.and Math.132(1976).

[10]N.C.Lloyd "salvarsan –the first chemotherapeutic compound"aDepartments of Chemistry and Biological Sciences, University of Waikato, Hamilton, New Zealand, and bDepartment of Chemistry, Virginia Military Institute, Lexington(2016).