*دراسة قدرة ايقاف البروتونات في المركبات C_3H_3N , CH_2O

راشد عويد كاظم أحلام حبيب حسين

تاريخ الاستلام : 2014/9/10 تاريخ القبول :2015/2/2

doctor.rashed44@gmail.com

جامعة الكوفة /كلية التربية للبنات/قسم الفيزياء

الخلاصة :

تم في هذا البحث دراسة قدرة الإيقاف الالكترونية نظريا بأعتماد تأثير بلوخBloch.عند قصف الأهداف (Polyoxymethylene(CH_2O),Polyacrylonitrile (C_3H_3N)) بمقذوفات البروتونات وباستعمال قاعدة براك للمركبات. كما تمت برمجة المعادلات باستخدام لغة (MATLA). وقد تم حساب قيم تصحيح بلوخ بالاعتماد على العامل η وبمدى طاقة MeV (0.1−1000). كما درس تصحيح بلوخ لكلا المركبين عند نفس المدى من الطاقة .تم مقارنة الحسابات مع القيم تربيبية لبرنامج SRIM 2012. من خلال هذه المقارنة اتضح لنا بان صيغة بلوخ Bloch تعطي توافقا جيدا مع القيم العمكذلك أن تصحيح بلوخ هو تصحيح كمي ذو قيم سالبة يعمل بمدى الطاقات العالية بشكل أفضل . وقد نجح في تقريب القيم النظرية لمعادلة بيث من القيم التجريبية لبرنامج SRIM 2012.وكذلك تم استنباط معادلة شبه تجريبية لحساب قدرة الايقاف لكل من المركبين كما تم حساب معامل الارتباط بمقارنة النتائج مع نتائج SRIM 2012 بأستخدام برنامج Curve expert 1.3.

الكلمات المفتاحية: تأثير بلوخ , قدرة الايقاف , خسارة الطاقة, التصادم الايوني

Physics Classification QC170-197

- البحث مستل من رسالة ماجستير للباحث الثاني

1-المقدمة: Introduction

والكمي فأن ذلك يتم عن طريق المعامل الذي يميز التشتت الكلاسيكي عن الاضطراب الكمي [2](K_B) والذي يعطى بالعلاقة التالية:

$$K_B = \frac{2Z_1e^2}{h\upsilon} = 2\eta \quad \ldots(2)$$

$$\eta = \frac{Z_1e^2}{h\upsilon}$$

وإن $\frac{dE}{dX}$ تكون سالبة وتعني ان الزيادة في قيم x يقابلها نقصان في قيم E وفي كثير من الأحيان يستخدم تعبير قدرة الإيقاف الكتلية التي تعطى بالمعادلة الآتية [3] :

$$S = \quad \ldots(3)$$

والتي تقاس بوحدة $\frac{MeV}{g/cm^2}$ ودراستها مفيدة اكثر من قدرة الإيقاف الخطية.لذا فكثافة التأين على طول المسار صفة مميزة لقدرة الإيقاف للوسط المادي وتتناسب معها بينما خسارة الطاقة لكل وحدة طول من المسار تصف ماذا يحدث للجسيمة المشحونة [5,4] .

ولقد تبين أن قدرة الإيقاف للجسيمات الثقيلة والخفيفة تعتمد بصورة رئيسية ومباشرة على شحنة القذيفة وسرعتها إذ أن قدرة الإيقاف الخطية تتناقص مع زيادة طاقة الجسيمة أي إنها تتناسب تناسباً عكسياً مع طاقة القذيفة[6].وان دراسة وحساب قدرة الإيقاف(-dE/dX) للجسيمات المشحونة الثقيلة من المواضيع المهمة التي شغلت عددا من الباحثين لما لها من أهمية في المجالات

إن عملية إبطاء الجسيمات المشحونة في المادة يتم تحديدها عن طريق عمليتين مختلفتين هما الإيقاف النووي(Nuclear Stopping) الناتج من تفاعل الجسيم المشحون الساقط مع نوى ذرات مادة الهدف.والإيقاف الالكتروني(Electronic Stopping) والناتج من تفاعل الجسيم المشحون الساقط مع الكترونات ذرة الهدف

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[1].

ويمكن التعبير عن قدرة الإيقاف الالكترونية بالصيغة الاتية:

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

حيث إن: m_e: كتلة الإلكترون السكونية, υ: سرعة الجسيم, Z_2: العدد الذري للوسط

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

حيث قدرة الإيقاف تحسب وفق الميكانيك الكلاسيكي حسب نظرية بور (Bohr, 1913) وكذلك الميكانيك الكمي حسب نظرية بيث (Bethe, 1930) ، ولربط حساب قدرة الإيقاف عن طريق الميكانيك الكلاسيكي

والكيمياء الإشعاعية وتصميم الكواشف [7]0

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

حيث اجريت عدة تصحيحات لمعادلة بيتا لحساب قدرة الإيقاف الالكترونية لجسيمات مشحونة في الوسط المادي بالاعتماد على ميكانيك الكم إن أساس هذه النظرية يأتي من خلال حساب الدرجة الأولى من نظرية الكم للاضطراب في الايونات الثقيلة إذ إن عدد الإيقاف $L(\upsilon,Z_2)$ الذي يعتمد على سرعة الجسيم الساقط وعلى مادة الهدف يشمل عدة حدود تمثل التصحيحات التي اجريت على معادلة بيث وكما يأتي [8].

$$L = L_0 + Z_1 L_1 + Z_1^2 L_2 \dots (6)$$

$$S = \frac{4\pi Z_2 Z_1^2 e^4}{m_e v^2}\left[\ln\frac{2m_e c^2 v^2}{1-\beta^2} - \beta^2 - \ln I + \Psi(Z_1)\right] . (7)$$

حيث ان $\Psi(Z_1)$ يمثل تصحيح بلوخ .وقدطبق بلوخ الصيغتين(4,5) وحصل على[2,6,8,9]:

$$S = \frac{4\pi Z_1^2 e^4}{m_e v^2} N Z_2 \left[\ln\frac{2m_e v^2}{I} + \Psi(1) Re\Psi\left(1 + i\frac{Z_1 e^2}{hv}\right)\right] \dots (8)$$

الطبية والصناعية والصحية والتفاعلات النووية

2-الجانب النظري

(2-1)نظرية بلوخ:Bloch Theory

توصل العالم Bloch عام 1933 الى صيغة تربط بين الميكانيك الكلاسيكي لنظرية بور والميكانيك الكمي لنظرية بيث [8]

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

W التردد الزاوي ,γ عامل لورنز

$$S = \frac{4\pi Z_2 Z_1^2 e^4}{m_e v^2} \ln\left[\frac{2mc^2\beta^2}{1-\beta^2}\right] - \beta^2 - \ln I \dots (5)$$

حيث إن:

L_o: تصحيح بورن Born Correction

L_1: تصحيح باركز Barkes Correction

L_2: تصحيح بلوخ Bloch correction

وبذلك تحسنت صيغة قدرة الإيقاف في معادلة (5) بإضافة التصحيحات أعلاه وبالإمكان التعبير عن قدرة الإيقاف الالكترونية بالصيغة الآتية:

لذلك تم تمثيل معادلة (11) بالمتوالية بوصفها دالة للمتغير (η)، فعندما تكون (η>1) تصبح بالشكل الآتي [7]

$$\Delta L_{Bloch} = Z_1^2 L_2 = -\eta^2 \sum_{n=1}^{\infty} n(n^2 + \eta^2)^{-1} \quad ....(12)$$

أما عندما (η<1) تصبح بالشكل الآتي:

$$\Delta L_{Bloch} = Z_1^2 L_2 = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \xi_j(2n + 1)\eta^{2n} \quad ...(13)$$

حيث إن ..... n = 1,2,

ξ_j: هي دالة ريمان (Rieman function)

وقد اقترح بكسل (Bichsel) تحديد معايير وثوابت بسيطة لتصحيح بلوخ الذي يتناسب بدقة مع مدى واسع من بيانات قدرة الإيقاف للسرع العالية [14,13] .

$$Z_1^2 L_2 = -\eta^2[1.202 - \quad (14)$$
$$\eta^2(1.042 - 0.855\eta^2 +$$
$$0.343\eta^4)] \quad ....$$

تصح هذه المعادلة عندما تكون ($\eta \ll 1$) أما عند السرع الواطئة فإن معادلة التصحيح تصبح بالشكل الاتي :

(15)

=

تمثل Ψ دالة ديكاما (Digamma function) وان Ψ هي مشتقة لوغارتيمية لدالة كاما Γ لاويلر وكما يلي

$$\Psi(Z) = \frac{d}{dz} \ln \Gamma(z) .....(9)$$

ان هذه المعادلة هي عند السرع غير النسبية اما في حالة السرع النسبية $\beta \to 1$ فيجب اضافة $[\ln(1-\beta^2)+\beta^2]$ ليمثل جزء النسبية [11,10]

ان نموذج بلوخ Bloch لايمكن تطبيقة في الطاقات الواطئة التي هي اقل من 0.01MeV لان التفاعلات النووية هي التي ستكون سائدة [12] .

(2-2)-تصحيح بلوخ:Bloch correction

ان صيغة عدد الايقاف لبلوخ هي

$$L_{Bloch} = L_{Bethe} + \Delta L_{Bloch} .....(10)$$

اما صيغة تصحيح بلوخ تكتب كالأتي[9]:-

$$\Delta L_{Bloch} = Z_1^2 L_2 = \Psi(1) - Re[\Psi(1 + i\eta)] \quad ...(11)$$

$$\eta = Z_1 \left(\frac{v_0}{v}\right) ...(11-a)$$

η يسمى عامل سمرفيلد والذي يساوي نصف مؤثر بور المعروف بعامل كابا K_B.

$$\eta = \frac{1}{2} K_B$$

عليها مع النتائج التجريبية لبيانات برنامج SRIM 2012 [15]0فعندما يكون الوسط CH_2O نلاحظ ابتعاد معادلة بور عن القيم التجريبية بينما نتائج معادلة بيث سجلت ابتعاد ملحوظ عند بداية المدى من هذه القيم ثم اقترابها بزيادة مدى الطاقة اما معادلة بلوخ فقد اظهرت توافقا جيدا مع القيم التجريبية لبرنامج SRIM 2012 من بداية مدى الطاقة المستخدم وحتى طاقة 2MeV ثم تتقرب لحد الانطباق حتى نهاية مدى الطاقة المستخدم ولكن عندما يكون الوسط C_3H_3N تلاحظ ابتعاد قدرة الايقاف لبلوخ عند بداية المدى ثم رجوعه واقترابه من نتائج SRIM 2012 وسببها هو إن عدد الإيقاف لبيث كان صغيرا جدا عند أول قراءة فأثر على تصحيح بلوخ الذي كان أصلا صغيرا وسالبا لذا كانت النتيجة سالبة. لكن بزيادة الطاقة زاد عدد بيث وزادت قيم تصحيح بلوخ فأعطت قراءة موجبة لقدرة الإيقاف كما موضح في الشكل (1).

كما تم اجراء Fitting (مطابقة) لبيانات المنحني الناتج من برنامج SRIM 2012 بأستخدام برنامج الماتلاب واستخلاص معادلة مع معاملاتها للمركبين والتي اعطت نتائج مقاربة لنتائج برنامج SRIM 2012 . والمعادلة شبه التجريبية التي تم استباطها

b=-3.3

c=0.23

$$-0.58-$$

$$\ln\eta \quad \ldots$$

$$Z_1^2 L_2$$

عندما $(\eta \gg 1)$ ومن ثم فإن تصحيح بلوخ يوفر الإنتقال الى صيغة قدرة الإيقاف الكلاسيكية لبور . أما للسرع العالية جداً

$$Z_1^2 L_2 \simeq -1.202\eta^2 \quad \ldots (16)$$

ان تصحيح بلوخ لايمكن اهماله لدوره الفعال في تقريب القيم النظرية من القيم التجريبية ولكن طريقة بكسل هذه مفيدة جداً لحسابات قدرة الإيقاف بالرغم من ان تصحيح بلوخ هو صغير الى حد ما [13,8]

3- الحسابات والنتائج والمناقشة:

The Calculations, Results and Discussion

تم حساب قدرة الايقاف الالكترونية للبروتونات المتفاعلة مع الاهداف الذرية (C_3H_3N , CH2O)باستعمال معادلات بور(4) وبيث(5) وبلوخ (7)المتضمنة تأثير تصحيح بلوخ اما معادلة التصحيح فاستخدمت معادلة (14) لان$\eta<1$ ومن خلال برمجتها بلغة الـ Matlab وتمت مقارنة النتائج التي حصلنا

$$S_e = ae^{bE} + ce^{dE} \ldots (17)$$

a=0.75

5-عندما تكون r=0 لايوجد ارتباط خطي

6-كلما ابتعدت القيمة المطلقة عن 1 كلما ضعفت العلاقة الخطية

حيث تم حساب معامل الارتباط r ونسبة الخطأ s بين المعادلة شبه التجريبية التي تم استنباطها والمتمثلة بالمعادلة (17) مع نتائج SRIM 2012 وكانت النتيجة كما في الشكل (2).

وقد تم حساب معامل الارتباط(r) ونسبة الخطأ (s)بين نتائج معادلة بلوخ والمتمثلة بالمعادلة (7) مع نتائج SRIM 2012 وكانت النتيجة كما في الشكل (3).

ومن خلال هذه النتائج نستنتج ان هناك تطابق جيد وفقا لمعامل ارتباط بيرسون.

d=-0.2

كما تم استخدام برنامج Curve Expert 1.3 الذي من خلاله يتم حساب معامل ارتباط بيرسون والذي يتلخص بالاتي[16]

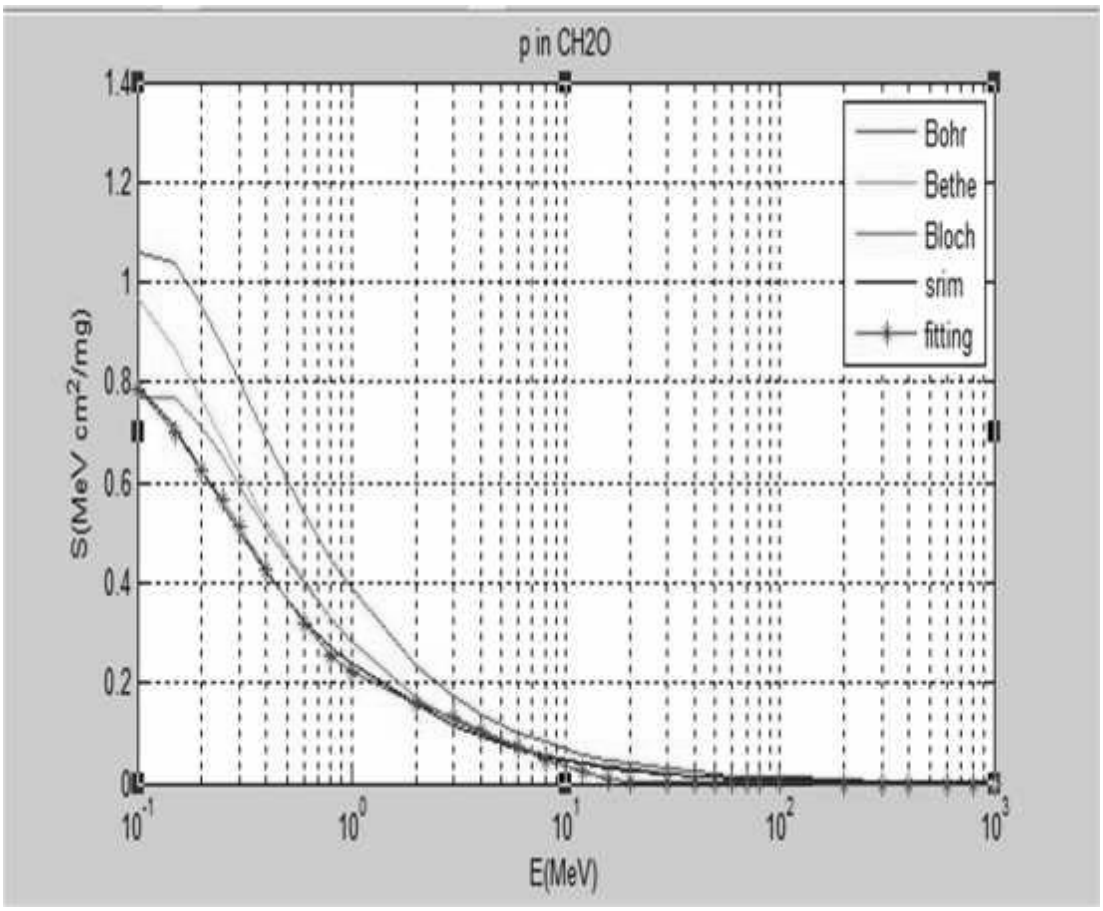
لتكن (xi,yi) , i=1,….n عينة من الازواج المرتبة التي تعطي قيمتي متغيرين عشوائيين على n من العناصر . يعالج هذا المعامل العلاقة بين المتغيرين x&y ويرمز له r=r(x,y) ويتم حسابه كالأتي

1-عندما تكون r>0 هناك ارتباط خطي

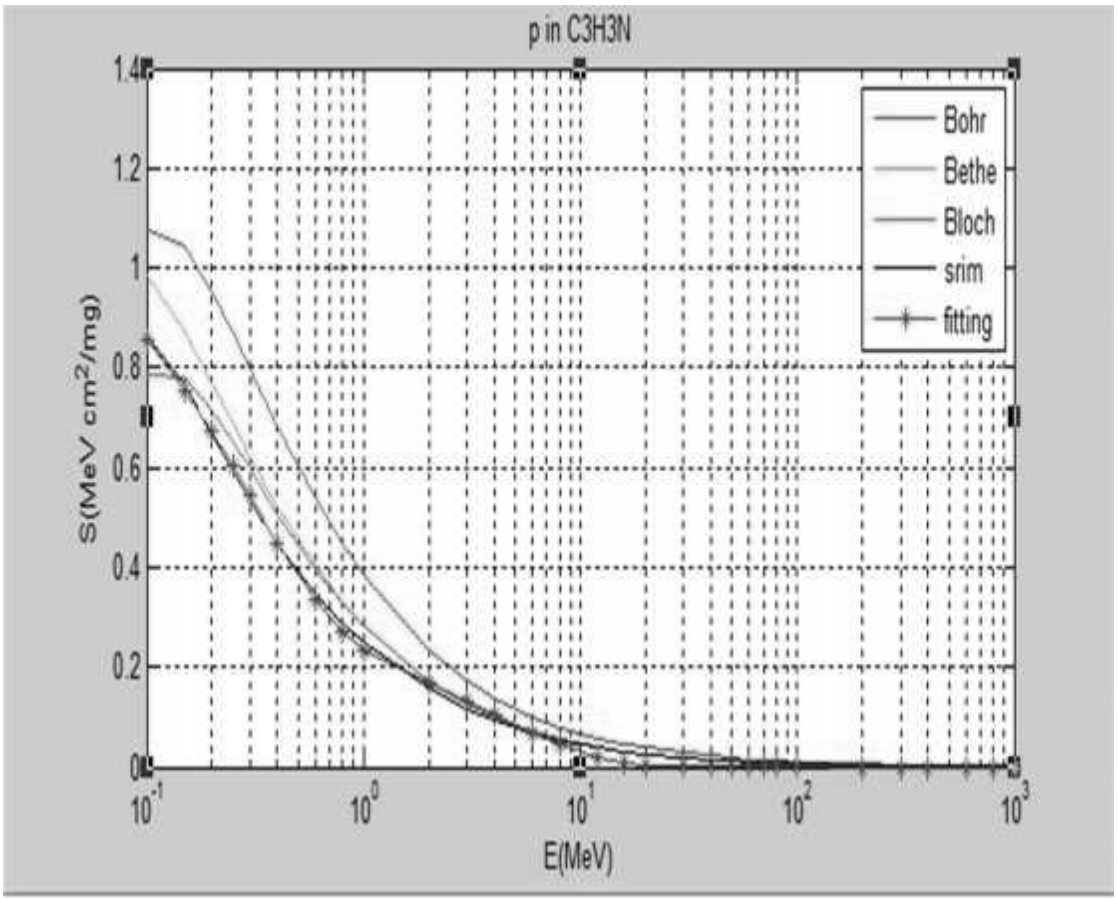
2-عندما تكون r<0 هناك ارتباط عكسي

3-عندما تكون r=1هناك ارتباط خطي طردي تام

4-عندما تكون r=-1 هناك ارتباط خطي عكسي تام


p in CH2O
Bohr
Bethe
Bloch
srim
fitting
S(MeV cm²/mg)
E(MeV)
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
10⁻¹
10⁰
10¹
10²
10³

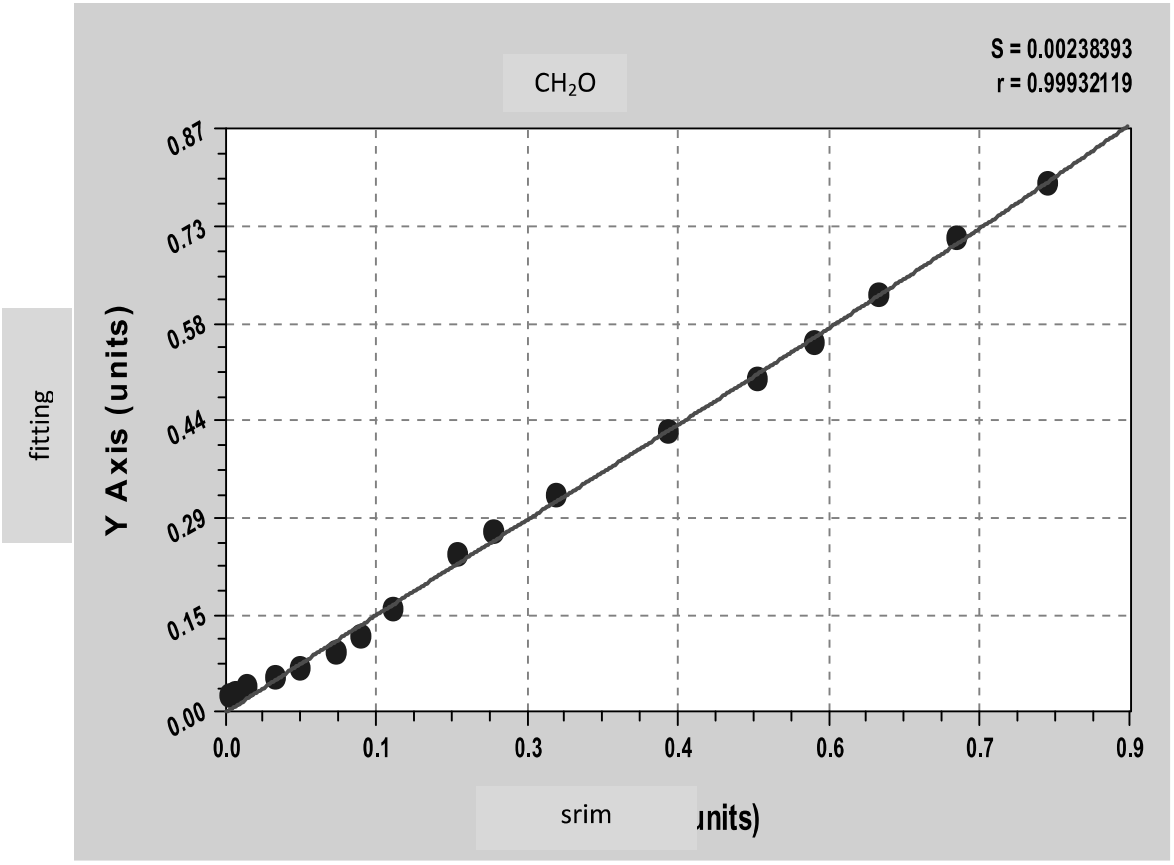
(a)



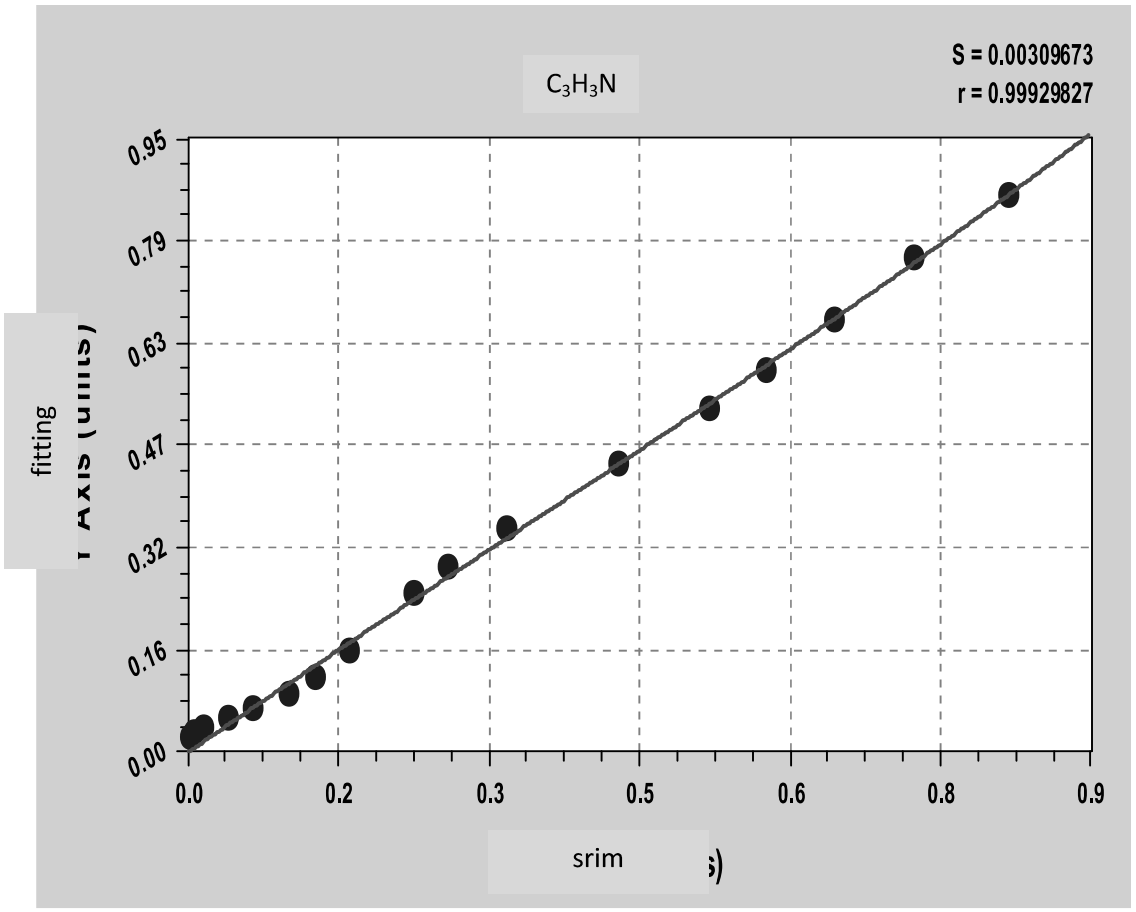
(b)

الشكل (1 a,b)

يوضح العلاقة بين قدرة الايقاف الالكترونية للبروتونات وطاقتها الحركية ومقارنتها مع نتائج SRIM 2012


S = 0.00238393
r = 0.99932119
CH2O
Y Axis (units)
0.87
0.73
0.58
0.44
0.29
0.15
0.00
0.0
0.1
0.3
0.4
0.6
0.7
0.9
fitting
srim

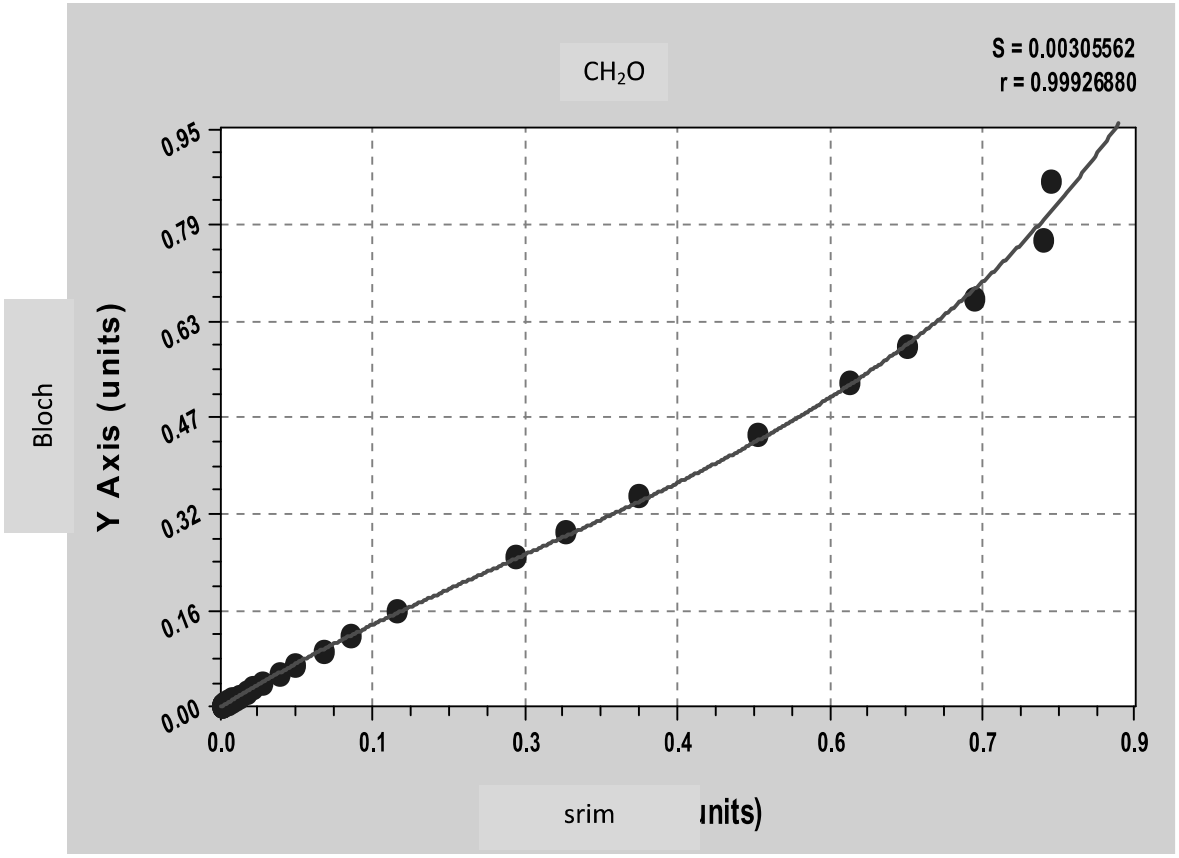
(a)



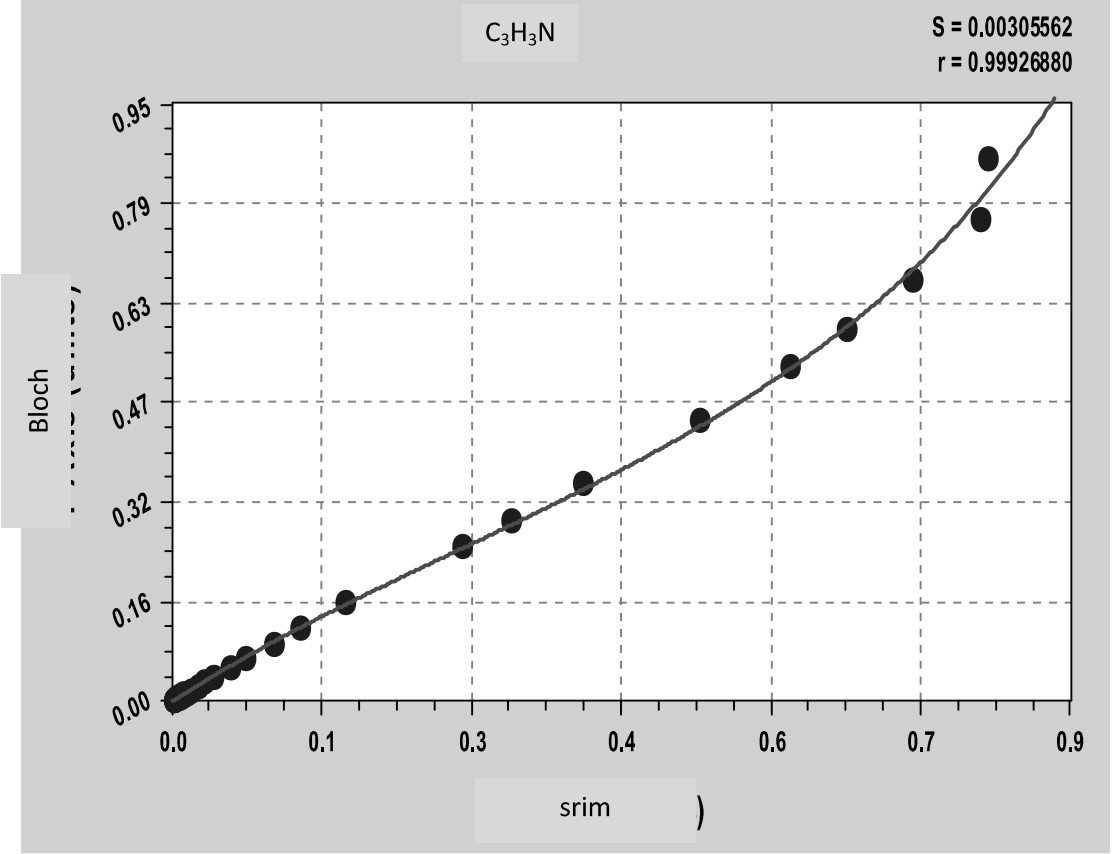
(b)

الشكل (2 a,b)

يوضح معامل الارتباط ونسبة الخطأ بين المعادلة شبه التجريبية وبرنامج SRIM 2012


CH2O
S = 0.00305562
r = 0.99926880
Bloch
Y Axis (units)
0.95
0.79
0.63
0.47
0.32
0.16
0.00
0.0
0.1
0.3
0.4
0.6
0.7
0.9
srim
nits)

(a)



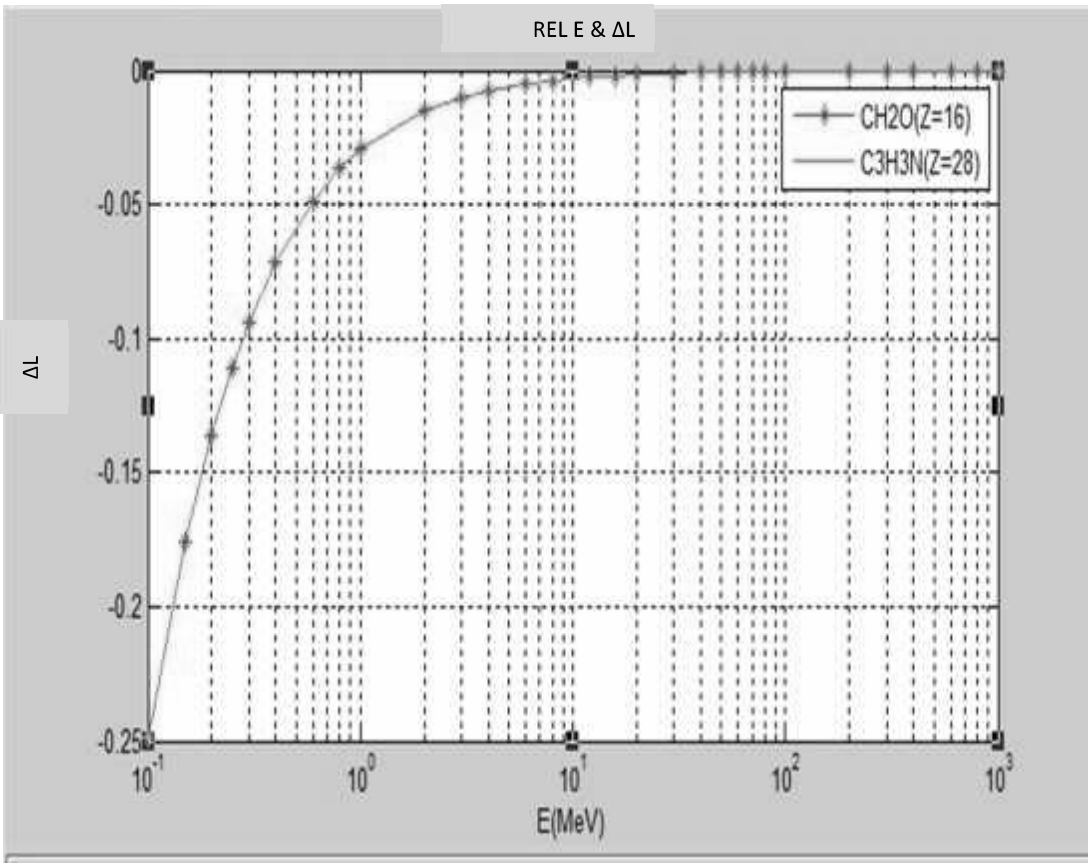
(b)

الشكل (3 a,b)

يوضح معامل الارتباط ونسبة الخطأ بين قدرة ايقاف بلوخ وبرنامج SRIM 2012

(14) حيث نلاحظ ان العدد الذري للمركب CH_2O عدده الذري $Z_2 = 16$ بينما المركب C_3H_3N ذات عدد ذري $Z_2 = 28$. ومن الشكل نلاحظ ان تصحيح بلوخ يقل تدريجيا بزيادة الطاقة ويكون صغيرا ويقترب من الصفر عند طاقة تقريبا (10 MeV)اي عند السرع العالية 0

كما تم رسم العلاقة بين نتائج تصحيح بلوخ ΔL كدالة للطاقة للبروتون في المركبات العضوية (CH_2O, C_3H_3N) والتي تحسب من معادلة (14) عند السرع العالية والتي تمت برمجتها باستخدام برنامج بلغة Matlab 0ومن الشكل (4) نلاحظ ان تصحيح بلوخ للبروتون نفسه لاهداف المذكورة ولاتعتمد على العدد الذري للمركب وهذا واضح رياضيا من المعادلة



الشكل (4)

يوضح العلاقة بين تصحيح بلوخ والطاقة

4-الاستنتاج : Conclusion

5- إن قيم تصحيح بلوخ هي قيم سالبة وتتناسب طردياً مع الطاقة ولا تعتمد على العدد الذري للوسط وأعلى قيمة يصلها تصحيح بلوخ هي الصفر.

4- ان المعادلات شبه التجريبية التي تم استنباطها في البحث تعد صيغ ناجحة لحساب قدرة الايقاف للمركبين المذكورين في البحث

1- تعد معادلة بيث ـ بلوخ المعتمدة تأثير تصحيح بلوخ جيدة جداً لحساب قدرة الإيقاف الالكترونية في مدى الطاقات العالية وتفضل على معادلة بيث وبور.

2- علاقة بين قدرة الإيقاف والعدد الذري للوسط تكون عكسية .

References:

[1] N .Jasim AL – Obiady ," Kintetic , Free Electron Gas and Harmonic Oscillator Theories Of Particle Stopping In Medium", M.Sc. Thesis , AL – Mustansiryah University , (2001).

[2] P.Sigmund and A.Schinner, "Binary theory of light Ion stopping ", PrepSubm, Nucl. Instr and Meth.B(2002)1-8.

[3] P. Sigmund and A . Schinner," Heavy Ion stopping Bohr theory revisted" , Phys . Rev .A,Vol. 34,No.9 (2000)1-7.

[4]Abebe Getachew, " Stopping power and range of protons of various energies in different materials", M.SC.Thesis , Addis ababa University (2007) .

[5]Radomiralazeva, "Anew developed calorimeter telescope for identification of relativistic heavy ion reaction channels", Ph.D. Thesis, University of Sofia (2005) .

[6]A . Csete, "Experimental Investigations of The Energy Loss of Slow Protons and Antiprotons in Matter", M.Sc. Thesis , Instute of Physics And Astronomy , University of Aarhus (2002).

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

[8] Bloch. F,"Zur bremsung rasch bewegter teilchen beim durgang durch die materie", Ann. Phys. Leipzing, 16 (1933) 285-292.

[8]J. F. Ziegler, "The stopping of energetic light Ions in elemental matter", Phys.App,Rev. 85, (1999)1249-1272.

[9]H.Bichsel , "Stopping power and Rang of fast Ions in heavy elements " , Phys . Rev . A,Vol .46, No .9(1992)5761 .

[10]W. L. Dunn and R. P. Hugtenburg," The interaction of radiation with matter:charged particle and electron interactions",(2006) 1-18.

[11]E. Saion, and D.E. Watt, "Calculation of the effective stopping power of Ions generated by neutrons in tissue constituents", pertanika, Vol. 15, No.1 (1992) .

[12]G. Kraft, M. Kramer and M. Schoz, "LET. Track structure and models", Radiat environ Bio.Phys.31 (1992) 161-180.

[13]P. Sigmund, and A. Sehinner, "Shell correction in stopping theory", Preprint submitted to Nucl. Instrum methods B, (2005) 1-9.

[14] V. A. Khodyrev, "On the origin of the bloch correction in stopping", J. Phys. B.Atmol. Opt. phys. 33 (2000)5045-5056.

[15] J.F.Ziegler, M.D. Ziegler, J.P. Biersack ,"SRIM- The stopping and range of ions in matter(2010)" , Nucl.Instr.and Meth.in Phys. Res.B, Vol.268, (2010) 1818-1823.

[16] M.S.Abosaleh and A.M.Awed, Introduction to Statistics (2008).

*Study of the stopping power to the protons in vehicles C_3H_3N , CH_2O

Rashid Owaid Kadhim Ahlam Habeeb Hussien

Received :10/9/2014 **Accepted :2/2/2015**

doctor.rashed44@gmail.com

Kufa University /Education college for girls/physics Department

Abstract :

In this research the electronic stopping power was calculated theoretically by use formulations Beth–Bloch and projectiles (Polyoxymethylene (CH_2O) ,Polyacrylonitrile (C_3H_3N)) by protons shells by using Bragg's Rule for compounds. Also programming the by use (MATLAB) language. And calculate the values of Bloch's correction based on the factor η in energy range MeV (0.1-1000)MeV. Also studied Bloch's correction for both compounds in the same rage of energy .The calculations were compared with the experimental data of the software SRIM 2012. This comparison shows that: Bethe-Bloch formulas are in good agreement with the experimental data. Also, Bloch correction is quantum correction and it has small negative values. The best calculations appear in the high energy region by using Bloch correction. Bloch correction has been succeeding by closer Bethe calculations from the experimental data for SRIM 2012. Also elicit equation Semi Empirical for stopping power for compounds and Calculation The Correlation Coefficient for equation by comparison with results SRIM 2012 by use Curve expert 1.3 program.

Key words :effective of Bloch, stopping power, energy loss, Ionc collision

***The Research is apart of on MSC.Thesis in the case of the second researcher**