Studying The Range of Proton In Atomic Media $_{22}Ti$, $_{26}Fe$, $_{36}Kr$, $_{42}Mo$,$_{54}Xe$, $_{74}W$, $_{78}Pt$

دراسة مدى البروتون في الأهداف الذرية $_{78}Pt$,$_{74}W$, $_{54}Xe$, $_{42}Mo$, $_{36}Kr$, $_{26}Fe$, $_{22}Ti$

وجدان عبد المنعم جاسم
المديرية العامة لتربية النجف

شهله عبد السادة كاظم
جامعة الكوفة/ كلية التربية للبنات

الخلاصة :-
تم في هذا البحث حساب ودراسة المدى نظرياً لقذيفة البروتون في الأهداف $_{22}Ti$, $_{26}Fe$, $_{36}Kr$, $_{42}Mo$, $_{54}Xe$, $_{74}W$, $_{78}Pt$ وبمدى طاقة (0-10MeV) بالاستعانة ببيانات برنامج SRIM 2013 وبيانات Pstar (CSDA وProject) وبرمجتهما بأستعمال لغة الماتلاب كما تم استخدام أداة مطابقة المنحني (Curve Fitting Tool) مع بيانات برنامج SRIM 2013 لحساب مدى البروتون في تلك العناصر واستنباط علاقة شبه تجريبية وقد اظهرت توافقاً جيدا معها .
الكلمات المفتاحية :- المدى ، قدرة الايقاف ، SRIM ، Pstar

Abstract :-
In present research studying the range of the proton Projectile in Atomic Media $_{22}Ti$, $_{26}Fe$, $_{36}Kr$, $_{42}Mo$, $_{42}Mo$, $_{74}W$, $_{78}Pt$ within the range of energy [0-10MeV] by using SRIM 2013 program data and Pstar data (CSDA ,Project) , programming this data by using Curve Fitting Tool to derive Semi empirical relation which has shown good agreement with the results of the SRIM 2013.
Key words: - Range , Stopping power ,SRIM ، Pstar.

المقدمة :-

عند سقوط الجسيمات الثقيلة على مادة فأنها لاتتعرض لأنحرافات في مسارها وبالنتيجة يمكن ان يكون لها مدى محدود يمكن ايجازه بأنه المسافة المقطوعة في الوسط الذي تمر فيه قبل ان تتوقف .وبما ان الجسيمات تمتاز بالطبيعة العشوائية لفقدان طاقتها على امتداد مسارها هذا يسبب في اختلاف مدى الجسيمات احادية الطاقة في الوسط الواحد [1] .كما ان المسافة التي تعمل على ايقاف نصف عدد الجسيمات الساقطة على المادة هو متوسط المدى الذي يمكن قياسه عملياً.ان فقدان الطاقة للجسيمات يكون بشكل عشوائي وغير منتظم فبعضها يقطع مسافة اقصر من تلك التي يقطعها البعض الأخر من هذا المنطلق يمكن تعريف المدى بأنه متوسط طول المسار لعدد غير قليل من الجسيمات المشحونة ذات الطاقة الأبتدائية المتساوية .هذا يدل على ان فقدان الطاقة للجسيمات هو اثناء انتقالها في الوسط وماتبقى لها من طاقة حركية يعتمد على المسافة المقطوعة في المادة فأذا كانت هذه المسافة مساوية للمدى في الوسط فأن طاقة الجسيمات تكون قد استنفذت بالكامل [2] .اي عندما يمر ايون سريع خلال المادة فأنه يفقد طاقته بواسطة تبعثر الألكترونات ضمن الماده ويكون اكثر هذا التبعثر في المستوي الواطئ للذرات [3] .

المدى :-

ان المدى هو المسافة التي تقطعها الجسيمة المشحونة قبل ان تصل الى حالة السكون ويتوقف على طاقة الجسيمة ونوعها والوسط التي تنتقل فيه المادة ، فأن الجسيمات المشحونة يمكن معرفة وقياس مداها من ايون الى اخر فأذا كان R(T) هو مدى الجسيمات ذات الطاقة الحركية بدلالة قدرة الأيقاف Stopping power $\left[-\frac{dE}{dx}\right]$ فيمكن ان يعطي بالعلاقة التالية من تكامل قدرة الأيقاف كدالة لطاقة الجسيمات[4] [5]:

$$R(T) = \int_0^T \left[-\frac{dE}{dx}\right] \, dE \qquad (1)$$

بعد ذلك تم الأعتماد على قيم للمدى تدعى تقريب التباطؤ المستمر Continuous Slowing Down Approximation ومختصره (CSDA) حيث ان التكامل لقدرة الأيقاف الكلية يعطي المدى (CSDA) .

$$R = \int_0^R dx = \int_{T_\circ}^{0} \frac{-dE}{\frac{-dE}{dx}} = \int_0^T \frac{dE}{S} = \int_{T_1}^{T_\circ} \frac{dE}{ds} + R_1(T_1) \qquad (2)$$

إذ إن

dx هو متغير على طول التكامل . $T_\circ$ الطاقة الحركية الأبتدائية للجسيمات المشحونة . T_1 اقل قيمة للطاقة إذ إن الجزء الأخير من المدى ولطول الطريق عادةً لايحسب بدقة لذا يستعمل تعبير تحليلي لقدرة الإيقاف وأكثر هذه الكميات تكون خاطئة في الطاقات الواطئة وسبب ذلك ان الحد النهائي منخفض لذا يستعمل$R_1\ (T_1)$ ليعطي نتيجة تقريبية [6] .

تم حساب مدى الأيونات في الأهداف الصلبة فكانت هناك تقنيات وحسابات عديدة من بين هذه التقنيات هي تقنية بيرساك BierSack لتباطؤ الأيونات في المادة وهي تستند على تحليل اتجاه زاوية انتشار حركة الأيون كدالة للطاقة ، هذه الطريقة كانت كثيرة الأستعمال منذ عام 1982 من قبل بوير وآخرون Bowyer et al ومعادلة المدى هي كاللاتي [7].

$$\left(\frac{dE}{dx} - \frac{MQ_n}{2E}\right)\frac{dR_P}{dE} - \left(-\frac{M\left(\frac{dE}{dx}\right)_n}{2E} + \frac{(1-2M)Q_n}{2E^2}\right)R_P = 1 \qquad (3)$$

إذ إن R_Pمدى قذيفة البروتون ،E الطاقة الأبتدائية ،$M = \frac{M_2}{M_1}$ عندما M_1 كتلة القذيفة ،M_2 كتلة الهدف،$(\frac{dE}{dx})_n$، $\frac{dE}{dx}$ قدرة الأيقاف النووية والكلية على التوالي ،Q_n هي اللحظة الثانية للنواة لفقدان الطاقة .

مدى الجسيمات المشحونة :- Charged Particles Range

عرفنا ان المدى (R) هو المسافة اومتوسط طول المسار لعدد كبير من الجسيمات المشحونة ذات الطاقة الأبتدائية المتساوية [8] .ويمكن معرفة مدى الجسيمات المشحونة الثقيلة من خلال المعادلة التالية [5] .

$$R(T) = \frac{1}{Z_1^2}\int_0^T \frac{dE}{G(\beta)} \qquad (4)$$

Z_1 العدد الذري للجسيمة المشحونة . $G(\beta)$ هي دالة تعتمد على السرعة .اما المدى لجسيمتين مشحونتين ثقيلتين لهما نفس السرعة الأبتدائية لـ β [4] :

$$\frac{R_1(\beta)}{R_2(\beta)} = \frac{Z_2^2 M_1}{Z_1^2 M_2} \qquad (5)$$

حيث ان الكتلة السكونية للجسيمة الأولى والثانية هي M_1، M_2 والعدد الذري للجسيمه الأولى والثانية Z_1 ،Z_2 فعندما تكون الجسيمة المشحونة الثانية هي البروتون فأن M_2 =1، Z_2=1 لذلك نعد أنM_1 =M وكذلك فأنZ_1 =Z لذا يكون مدى الجسيمة الأولى .

$$R(\beta) = \frac{M}{Z^2} R_P(\beta) \qquad (6)$$

حيث $R_P(\beta)$ مدى البروتون .

كما تمكن الباحثين Bragg &Kleeman من حساب مدى الجسيمة في وسط نسبة الى المدى في وسط آخر معلوم من خلال المعادلة [9] .

$$\frac{R}{R_1} = \frac{\rho_1\sqrt{A}}{\rho\sqrt{A_1}} \qquad (7)$$

A_1 ، ρ_1 هي العدد الكتلي والكثافة للمادة في الهواء وفي درجة $15c^{\circ}$ وضغط 760mm فأن
$\sqrt{A_1} = 3.81$ ،$\rho_1 = 1.226\times 10^{-3}$ g/cm^3

العلاقة الشبة التجريبية للمدى :- Semi- empirical Relations for Range

استطاع الباحثون الذين قدموا واقترحوا معادلات شبه تجريبية لقدرة الإيقاف انفسهم من اقتراح عدة معادلات شبة تجريبية لحساب المدى معتمدين على التقريب التباطؤ المستمر CSDA الذي تمر ذكره مسبقاً والذي يعرف من المعادلة التالية [6] .

$$R = \int_{E_{min}}^{E_{max}} \left(-\frac{dE}{\rho dx}\right)^{-1} dE + R(E_{min}) \qquad (8)$$

R($E_{\min}$) هو الحد الذي يمثل مدى قياس الطاقة الذي يضاف الى تكامل المعادلة (8) .حيث استطاع بعض الباحثين من حساب مدى البروتونات بأخذ جزء الطاقة E_{min} وهي مقدرة 1Mev واستبدال الوحدات من Mev الى Mev/amu لتصبح المعادلة كما يلي :

$$R_P = \int_{E_1}^{E} m_p \left[\frac{a}{A} E^{-b} {Z_2}^{c\,logE+d}\right]^{-1} dE + R_1(E_1) \qquad (9)$$

m_p كتلة البروتون
a=918, b=0.82, c = 0.145 and d = 0.635.
وبعد التكامل وتعويض القيم والثوابت نحصل على :.

$$R_P = m_P \left[\frac{A}{915 \times 1.85{Z_2}^{0.635}\left(1 - \frac{0.145\ln Z_2}{1.85}\right)}\right] \times \left[E^{1.85}{Z_2}^{-0.145\ln E} - E_1^{1.85}{Z_2}^{-0.145\ln E_1}\right] + R_1(E_1) \qquad (10)$$ [9]

وان المدى التقريبي للبروتون بطاقة E_1 يمثل $R_1(E_1)$.

الحسابات والنتائج :- Calculations and Results

لقد درسنا في هذا البحث مدى قذيفة البروتون في الأوساط المادية $_{22}$Ti , $_{26}$Fe, $_{36}$Kr, $_{42}$Mo,$_{54}$Xe, $_{74}$W, $_{78}$Pt ضمن مدى الطاقة (0-10Mev) وذلك من خلال بيانات برنامج SREM 2013 وكذلك البيانات المختبرية لـ Pstar التي اعطت بياناتها المتوقعة (Projected) وبيانات تقريب التباطؤ المستمر (CSDA) وقد برمجت هذه البيانات بلغة Matlab للحصول على رسوم بيانية توضح العلاقة بين مدى البروتون في تلك الأوساط مقابل طاقته ، وقد استخدمنا في تلك البرمجة اداة المطابقة (curve fitting tool) للحصول على المعادلة شبه التجريبية (11) لحساب المدى للبروتون في تلك الاوساط وقد تم الحصول عليها بالمطابقة مع بيانات برنامج SREM 2013

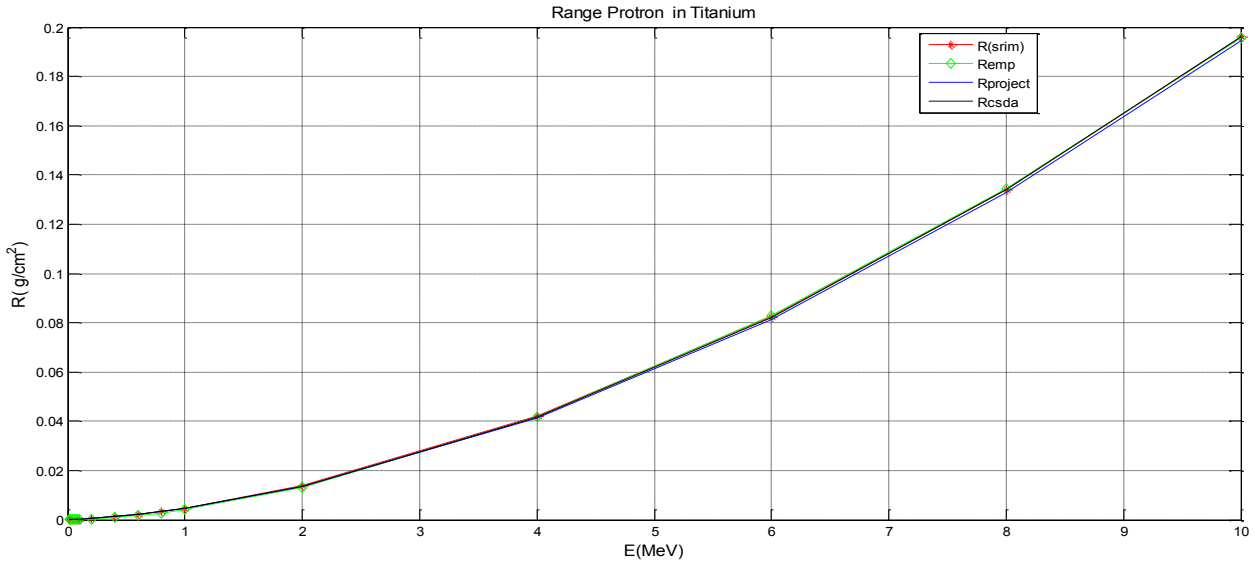
$R_{emp} = aE^b$ ……..(11)

حيث a,b ثوابت تتبع لكل وسط كما موضح في الجدول (1) .
E طاقة القذيفة بوحدات MeV .

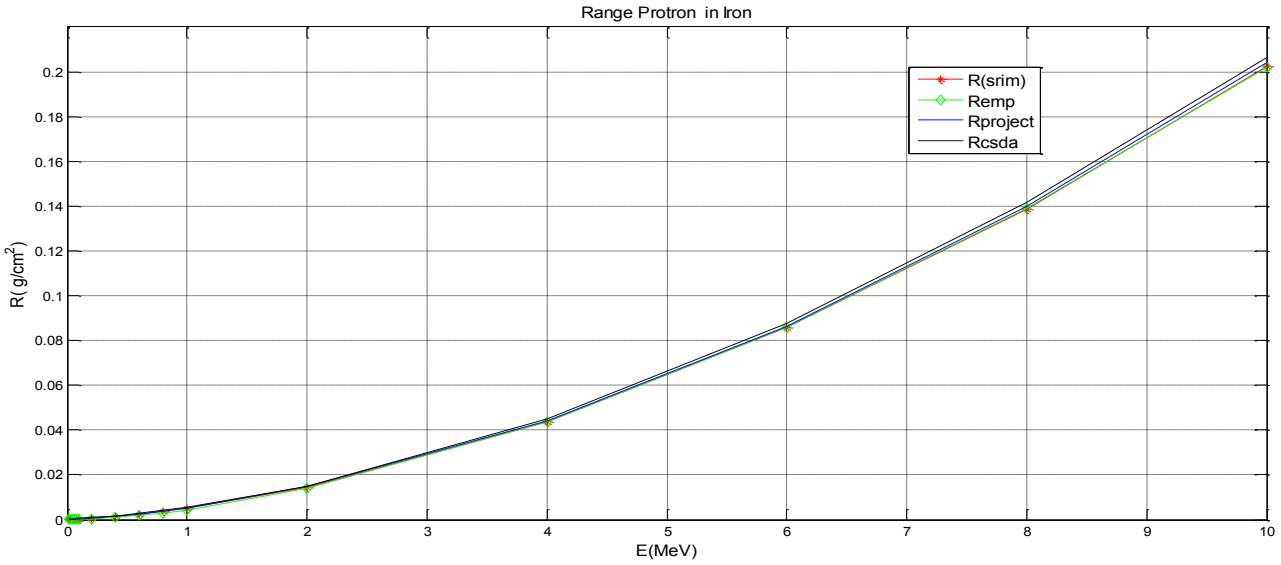
الهدف	a (gm/cm^2.MeV)	b (خالي من الوحدات)
Titanium ($_{22}$Ti)	0.004078	1.681
Iron ($_{26}$Fe)	0.004325	1.669
Krypton ($_{36}$Kr)	0.00542	1.637
Molybdenum ($_{42}$Mo)	0.005946	1.626
Xenon ($_{54}$Xe)	0.006527	1.621
Tungsten ($_{74}$W)	0.008687	1.571
Platinum ($_{78}$Pt)	0.0109	1.513

جدول (1) يبين قيم الثوابت (a,b) للمعادلة (11) .

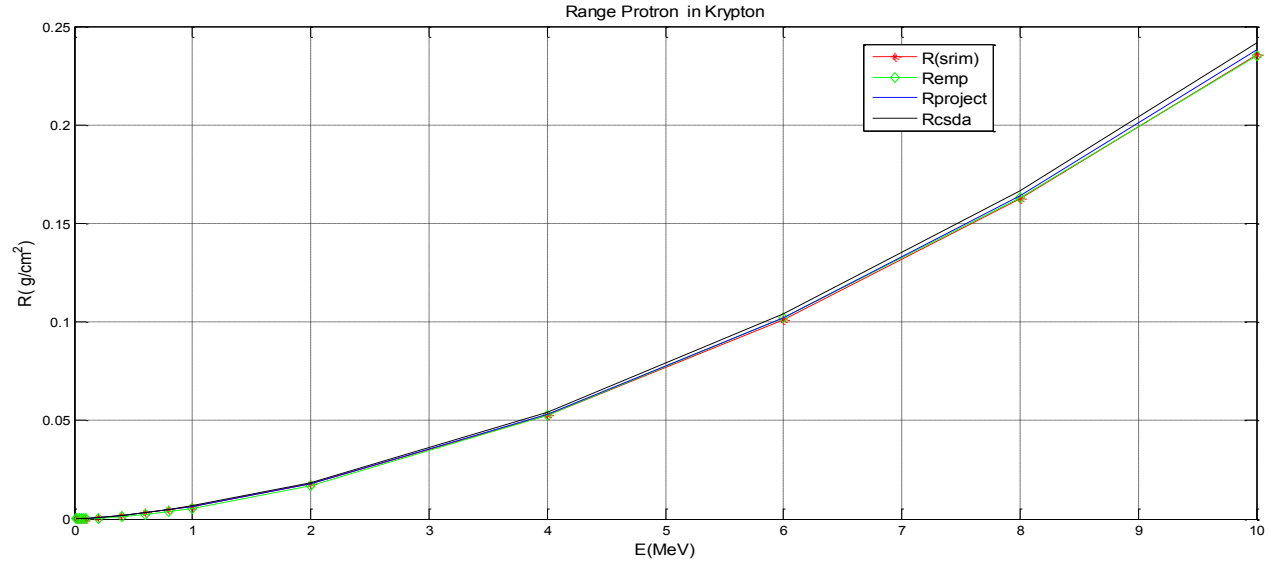
تم استخراج تلك البيانات على شكل رسوم بيانية كما موضحة بالأشكال (1,2,3,4,5,6,7) وقد حسب عامل الأرتباط للمدى المستخرج من برنامج SREM2013 مع المدى المستخرج من Pstar (CSDA,Projected) وكذلك المستخرج من العلاقة الرياضية شبه التجريبية (11) بأستخدام برنامج الاكسل وقد ادرجت في الجداول (2,3,4,5,6,7,8) .



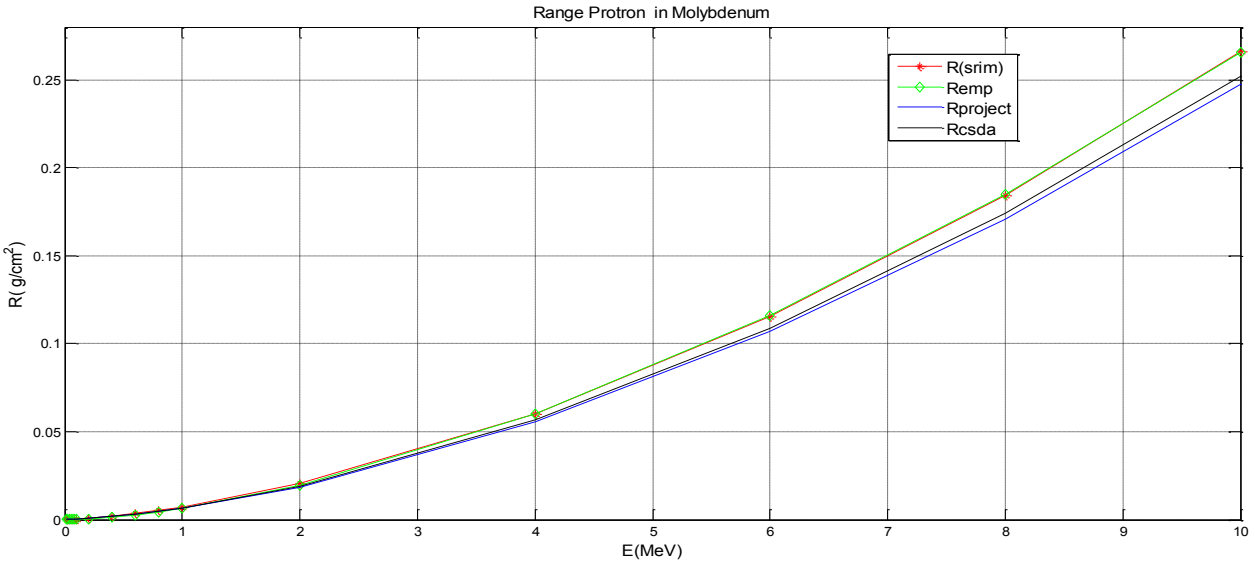
شكل (1) يبين العلاقة بين مدى قذيفة البروتون الساقطة على الهدف $_{22}$Ti .



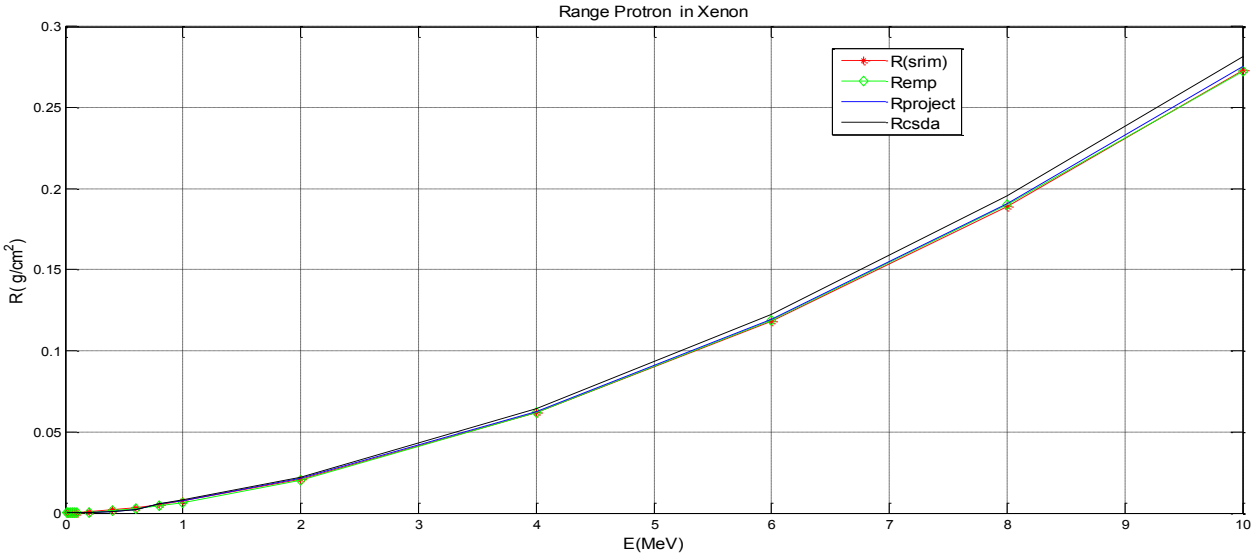
شكل (2) يبين العلاقة بين مدى قذيفة البروتون الساقطة على الهدف $_{26}Fe$.



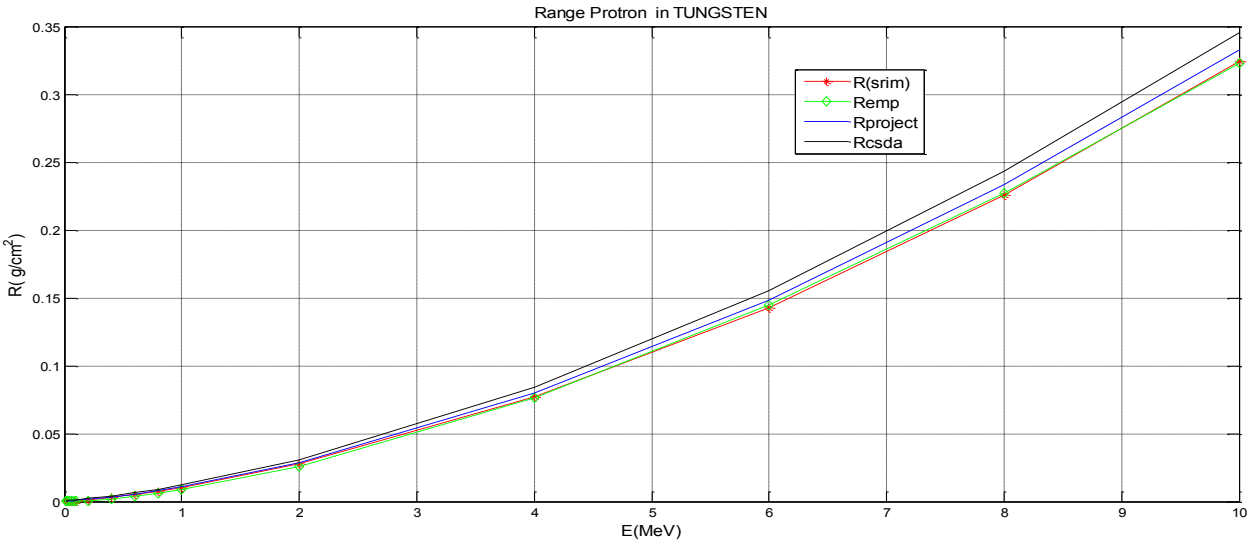
شكل (3) يبين العلاقة بين مدى قذيفة البروتون الساقطة على الهدف $_{36}Kr$.



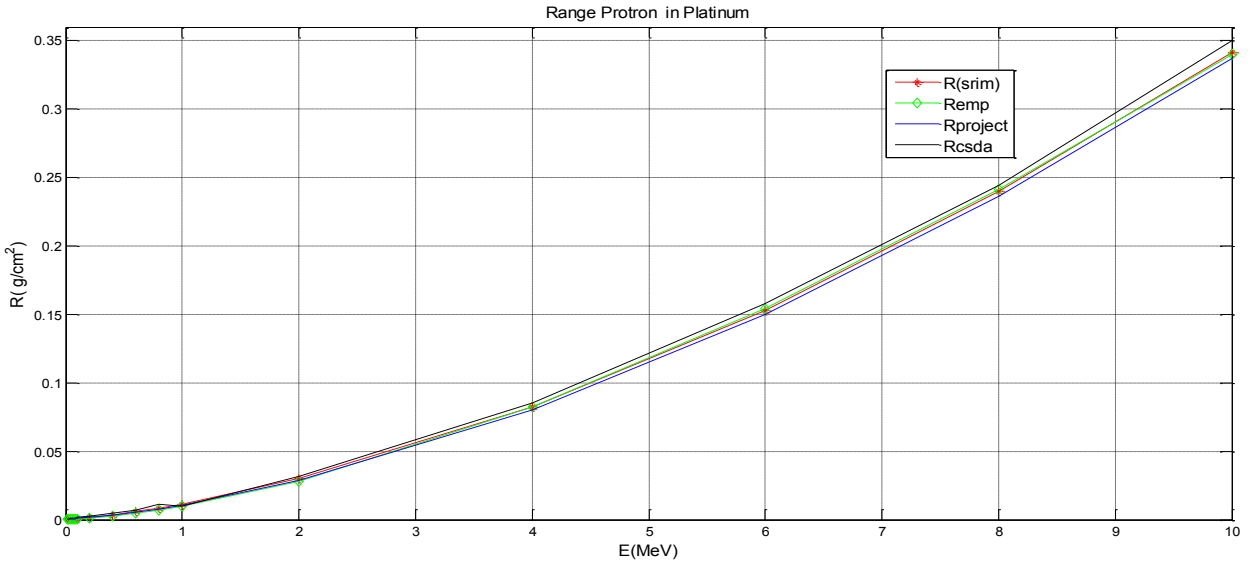
شكل (4) يبين العلاقة بين مدى قذيفة البروتون الساقطة على الهدف $_{42}Mo$.



شكل (5) يبين العلاقة بين مدى قذيفة البروتون الساقطة على الهدف $_{54}Xe$.



شكل (6) يبين العلاقة بين مدى قذيفة البروتون الساقطة على الهدف $_{74}W$.



شكل (7) يبين العلاقة بين مدى قذيفة البروتون الساقطة على الهدف $_{78}Pt$.

Titanium $_{22}$Ti					
عامل الارتباط	E MeV	SRIM g/cm^2	Empirical g/cm^2	PSTAR	
				CSDA g/cm^2	Projected g/cm^2
	1.00E-02	4.23E-06	1.77E-06	9.24E-05	4.10E-05
SRIM,Empirical	2.00E-02	7.60E-06	5.68E-06	1.36E-05	7.45E-05
0.999986481	0.04	0.000133	1.82E-05	0.000202	0.000132
	0.06	0.000184	3.60E-05	0.000258	0.000182
SRIM,Projected	0.08	0.000233	5.84E-05	0.00031	0.000231
0.999997461	0.1	0.000282	8.50E-05	0.00036	0.000279
	0.2	0.000551	0.000273	0.000633	0.000542
SRIM,CSDA	0.4	0.001261	0.000874	0.001363	0.001258
0.99999849	0.6	0.002205	0.001728	0.002324	0.002203
	0.8	0.003358	0.002802	0.003471	0.003335
Projected,CSDA	1	0.004686	0.004078	0.004783	0.004631
0.999999605	2	0.013715	0.013076	0.01366	0.01341
	4	0.042066	0.041929	0.04182	0.04134
	6	0.082529	0.082893	0.08224	0.08144
	8	0.134107	0.134444	0.1339	0.1327
	10	0.196202	0.195635	0.1961	0.1945

جدول (2) يبين قيم مدى قذيفة البروتون في الهدف $_{22}$Ti مقابل الطاقة المسخرجة من برنامج SREM 2013، Pstar (CSDA,Projected) وR_{emp} وقيم عامل الارتباط بينها .

Iron $_{26}$Fe					
عامل الارتباط	E MeV	SRIM g/cm^2	Empirical g/cm^2	PSTAR	
				CSDA g/cm^2	Projected g/cm^2
	1.00E-02	5.40E-05	1.99E-06	1.45E-04	5.17E-05
SRIM,Empirical	2.00E-02	9.96E-05	6.32E-06	2.15E-04	9.88E-05
0.99998341	0.04	0.0001743	2.01E-05	0.000319	0.000182
	0.06	0.0002399	3.95E-05	0.000405	0.000256
SRIM,Projected	0.08	0.000302	6.39E-05	0.000481	0.000325
0.999999753	0.1	0.0003643	9.27E-05	0.000553	0.000391
	0.2	0.0006793	0.000295	0.000899	0.000719
SRIM,CSDA	0.4	0.0014552	0.000937	0.001714	0.001509
0.999998886	0.6	0.0024384	0.001844	0.002758	0.002531
	0.8	0.0036419	0.00298	0.004008	0.00376
Projected,CSDA	1	0.0050341	0.004325	0.005444	0.005172
0.999999641	2	0.0144809	0.013753	0.01508	0.01468
	4	0.0438597	0.043735	0.04505	0.04433
	6	0.0856114	0.086044	0.08757	0.08644
	8	0.1386977	0.139073	0.1416	0.14
	10	0.2024814	0.20183	0.2064	0.2042

جدول (3) يبين قيم مدى قذيفة البروتون في الهدف $_{26}$Fe مقابل الطاقة المسخرجة من برنامج SREM 2013، Pstar (CSDA,Projected) و R_{emp} وقيم عامل الارتباط بينها .

Krypton $_{36}Kr$					
عامل الارتباط	E MeV	SRIM g/cm^2	Empirical g/cm^2	PSTAR	
				CSDA g/cm^2	Projected g/cm^2
	1.00E-02	4.96E-05	2.88E-06	1.26E-04	4.82E-05
SRIM,Empirical	2.00E-02	9.13E-05	8.97E-06	1.84E-04	8.86E-05
0.999973395	0.04	0.000163	2.79E-05	0.000272	0.00016
	0.06	0.000228	5.42E-05	0.000365	0.000224
SRIM,Projected	0.08	0.000291	8.68E-05	0.000417	0.000288
0.999999691	0.1	0.000356	1.25E-04	0.000487	0.000352
	0.2	0.000736	0.000389	0.000885	0.000728
SRIM,CSDA	0.4	0.001801	0.001209	0.001981	0.001783
0.999999535	0.6	0.003151	0.002349	0.003369	0.003129
	0.8	0.004731	0.003761	0.004969	0.004687
Projected,CSDA	1	0.006518	0.00542	0.006759	0.006435
0.999999058	2	0.017889	0.016857	0.01845	0.01789
	4	0.052536	0.052429	0.05406	0.05295
	6	0.101138	0.10182	0.1039	0.1021
	8	0.162465	0.163064	0.1666	0.164
	10	0.235771	0.234963	0.2415	0.2381

جدول (4) يبين قيم مدى قذيفة البروتون في الهدف $_{36}Kr$ مقابل الطاقة المسخرجة من برنامج SREM 2013
Pstar (CSDA,Projected)، R_{emp} وقيم عامل الارتباط بينها .

Molybdenum $_{42}Mo$					
عامل الارتباط	E MeV	SRIM g/cm^2	Empirical g/cm^2	PSTAR	
				CSDA g/cm^2	Projected g/cm^2
	1.00E-02	5.97E-05	3.57E-06	1.45E-04	5.10E-05
SRIM,Empirical	2.00E-02	1.10E-04	1.10E-05	2.11E-04	9.45E-05
0.999981887	0.04	0.000197	3.39E-05	0.00031	0.000172
	0.06	0.000277	6.55E-05	0.000393	0.000242
SRIM,Projected	0.08	0.000357	1.04E-04	0.000469	0.000309
0.999996495	0.1	0.000438	1.50E-04	0.000543	0.000376
	0.2	0.00088	0.000463	0.000931	0.000738
SRIM,CSDA	0.4	0.002017	0.001426	0.001958	0.001722
0.999998853	0.6	0.003471	0.002755	0.003304	0.003023
	0.8	0.005224	0.004396	0.004905	0.004578
Projected,CSDA	1	0.007252	0.006316	0.006737	0.006361
0.999998955	2	0.020498	0.019468	0.01912	0.01846
	4	0.06015	0.060005	0.05678	0.05541
	6	0.115187	0.11592	0.1089	0.1067
	8	0.184198	0.184953	0.1743	0.171
	10	0.266357	0.265731	0.2519	0.2476

جدول (5) يبين قيم مدى قذيفة البروتون في الهدف $_{42}Mo$ مقابل الطاقة المسخرجة من برنامج SREM 2013
Pstar (CSDA,Projected)، R_{emp} وقيم عامل الارتباط بينها .

Xenon $_{54}Xe$					
عامل الارتباط	E MeV	SRIM g/cm^2	Empirical g/cm^2	PSTAR	
				CSDA g/cm^2	Projected g/cm^2
	1.00E-02	5.44E-05	3.74E-06	1.55E-04	5.42E-05
SRIM,Empirical	2.00E-02	9.95E-05	1.15E-05	2.25E-04	9.93E-05
0.999987	0.04	0.000178	3.54E-05	0.000332	0.00018
	0.06	0.000251	6.82E-05	0.000423	0.000256
SRIM,Projected	0.08	0.000324	1.09E-04	0.000509	0.00033
0.999983	0.1	0.000398	1.56E-04	0.00053	0.000349
	0.2	0.000847	0.00048	0.000594	0.000406
SRIM,CSDA	0.4	0.002049	0.001478	0.001073	0.000847
0.99998	0.6	0.003564	0.002852	0.002356	0.002059
	0.8	0.00535	0.004546	0.005892	0.005448
Projected,CSDA	1	0.007403	0.006527	0.008061	0.007539
0.999998	2	0.020892	0.020076	0.02218	0.02123
	4	0.061826	0.061752	0.06441	0.06243
	6	0.118471	0.119151	0.1227	0.11951
	8	0.189205	0.189943	0.1955	0.1908
	10	0.273117	0.272718	0.2818	0.2755

جدول (6) يبين قيم مدى قذيفة البروتون في الهدف $_{54}Xe$ مقابل الطاقة المسخرجة من برنامج SREM 2013 Pstar (CSDA,Projected)، R_{emp} وقيم عامل الارتباط بينها .

Tungsten $_{74}W$					
عامل الارتباط	E MeV	SRIM g/cm^2	Empirical g/cm^2	PSTAR	
				CSDA g/cm^2	Projected g/cm^2
	1.00E-02	7.70E-05	6.26E-06	3.88E-04	8.07E-05
SRIM,Empirical	2.00E-02	1.49E-04	1.86E-05	5.64E-04	1.59E-04
0.999946	0.04	0.000287	5.53E-05	0.000827	0.000309
	0.06	0.00042	1.05E-04	0.001039	0.000453
SRIM,Projected	0.08	0.000552	1.64E-04	0.001228	0.000592
0.999988	0.1	0.000686	2.33E-04	0.001405	0.000728
	0.2	0.001402	0.000693	0.002237	0.001425
SRIM,CSDA	0.4	0.003135	0.002059	0.00412	0.003111
0.999968	0.6	0.005244	0.003894	0.006463	0.005266
	0.8	0.007682	0.006118	0.009165	0.007781
Projected,CSDA	1	0.01041	0.008687	0.01217	0.0106
0.999991	2	0.027729	0.02581	0.031	0.02846
	4	0.077419	0.076684	0.08443	0.07974
	6	0.14319	0.144992	0.1559	0.1487
	8	0.226395	0.227837	0.2435	0.2337
	10	0.32508	0.323497	0.3462	0.3334

جدول (7) يبين قيم مدى قذيفة البروتون في الهدف $_{74}W$ مقابل الطاقة المسخرجة من برنامج SREM 2013 Pstar (CSDA,Projected)، R_{emp} وقيم عامل الارتباط بينها .

Platinum $_{78}$Pt					
عامل الارتباط	E MeV	SRIM g/cm^2	Empirical g/cm^2	PSTAR	
				CSDA g/cm^2	Projected g/cm^2
	1.00E-02	8.09E-05	7.73E-06	4.22E-04	8.36E-05
SRIM،Empirical	2.00E-02	1.63E-04	2.26E-05	6.13E-04	1.65E-04
0.999958	0.04	0.000329	6.61E-05	0.000898	0.000322
	0.06	0.000491	1.24E-04	0.001128	0.000474
SRIM,Projected	0.08	0.000651	1.93E-04	0.001332	0.00062
0.999996	0.1	0.00081	2.73E-04	0.001522	0.000764
	0.2	0.001619	0.000798	0.002403	0.001491
SRIM,CSDA	0.4	0.003539	0.002333	0.004358	0.003228
0.999951	0.6	0.005899	0.004371	0.006727	0.005396
	0.8	0.00858	0.006823	0.011452	0.007923
Projected,CSDA	1	0.01154	0.009638	0.00948	0.01076
0.999947	2	0.029901	0.028183	0.0315	0.02875
	4	0.082347	0.082409	0.08551	0.0805
	6	0.152874	0.154371	0.1578	0.1502
	8	0.239661	0.240974	0.2445	0.236
	10	0.34157	0.340398	0.3504	0.3368

جدول (8) يبين قيم مدى قذيفة البروتون في الهدف $_{78}$Pt مقابل الطاقة المسخرجة من برنامج SREM 2013 ،Pstar (CSDA,Projected) وR_{emp} وقيم عامل الارتباط بينها .

وقد لوحظ من الجداول التوافق الجيد بين بيانات SREM ،Pstar (CSDA,Projected) وR_{emp} . كما لوحظ ان المدى يزداد بزيادة طاقة الجسيمة بزيادة اسية وكذلك لوحظ ان اعظم مدى عند اعظم طاقة مستخدمة (10Mev) كانت 0.196 للبروتون في Ti و 0.2 في Fe وهكذا كما موضح بالجدول وصولاً الى المدى في Pt يساوي تقريبا 0.35 وهذا يعني زيادة في مدى البروتون في تلك الأوساط تبعاً لزيادة العدد الذري لها . .

الأستنتاجات :-

1 – ان مدى البروتون في الأوساط (Ti , Fe , Kr , Mo , Xe , W and Pt) يزداد بزيادة طاقة البروتون زيادة اسية .

2 – ان اعظم مدى للبروتون عند اعظم طاقة مستخدمة (10Mev) تزداد بزيادة العدد الذري للوسط فمثلاً للوسط $_{22}$Ti تساوي $0.2 g/cm^2$ بينما عند الوسط $_{78}Pt$ تساوي 0.35 .

3 – ان البيانات المستحصلة للمدى من برنامج SREM2013 والمستحصلة من برنامج Pstar (CSDA,Projected) ونتائج المعادلة التجريبية R_{emp} اعطت توافق جيد وكما هو واضح من خلال عامل الارتباط .

المصادر :-

1- W.N.Jasim Abu irqba ,"Studying of electronic stopping power and range for heavy charged particles " ,M .Sc.Thesis, University of Kufa , (2011) .
2- M.S.Khalifa,S.F.Aloraby and N.A.Shahbon ,"Use of plastic detectors (CR -39) for characterization of the linear energy trans fer (LET) of ∝ -particles in air ",The Center of Renewable Energy and water Desalination , Tajoura , Libya , (2008) .
3- H.H .Andersen and J .F.Ziegler , " The stopping and ranges of ions in matter " , pergamon press , New york ,Vol .2 , (1977) .
4- J.E.Turner,"Interaction of ionizing radiation with matter", Health phys,Vol. 86,No.3, (2004) .
5- J.E .Turner ,"Atoms,radiation and radiation protection " ,Phys text book Johnwiley &Sons ,(2008) .
6- A.Getachew ,"Stopping power and range of protons of various energies in different materials",M.Sc.Thesis, University of Addis Ababa ,(2007) .
7- O.Kabadyi , "Range of medium and high energy proton and alpha particles in NaI scintillator " , American Journal of Appllied Sci . , Vol.1,No.1,(2004) .
8- W.E.Meyerhof,"Elements of Nuclear physics", McGraw-Hill,New york,(1967).
9- A.K.Chaubey and H.V.Gupta,"New empirical relation for stopping power and range of charged particles " ,Revuede Physique Appliquee To me, Vol .12,No.2 (1977) .