

## Cross section calculation of Nitrogen helium like atoms in Thermonuclear Reactors

حريز بلقاسم منال<sup>1</sup>، قده الحبيب<sup>2</sup>

<sup>1</sup>مخبر LEVRES ، قسم الفيزياء، كلية العلوم الدقيقة، جامعة الوادي 39000، الوادي.

<sup>2</sup>LEVRES laboratory, University of El Oued, B.P. 789, 39000 El Oued, ALGERIA

E-mail:[manel.hariz08@gmail.com](mailto:manel.hariz08@gmail.com)

### الملخص

وذرات أخرى خفيفة مثل الهليوم، الليثيوم، أشباه الهليوم [1]. ومن أجل فهم هذا النوع من المفاعلات الانصهار النووي وجب علينا دراسة المعطيات الذرية لهذه الذرات من أهمها معدل التأين الذي يتعلق مباشرة بحساب المقاطع الفعالة التي بواسطتها يتم الحصول على معدل التأين لهذه الذرات والتي تعطينا بدورها خصائص هذا نوع من المفاعلات. بحيث تقدمت العديد من الأعمال والأبحاث المنجزة لحساب المقاطع الفعالة للتأين وذلك باستخدام عدة طرق ومنها الطرق الكلاسيكية، تقريب بورن - كولومب، المعادلات الشبه تجريبية. أما عن الطريقة الكلاسيكية فقد اقترحت من قبل الباحث Burgess [4] وهي تعالج المقاطع الفعالة للتأين المحسوبة من أجل التصادمات الثنائية (معاملات التصادم الصغيرة) والمقاطع الفعالة لتصادم ذات معاملات تصادم كبيرة بواسطة تقريب شبه كلاسيكي، أو بواسطة نظرية الاضطراب مع اقتراح مدار كلاسيكي للإلكترون المضطرب [5]، في حين أن تقريب بورن كولومب فقد تقدمت العديد من الأعمال في حسابه للمقاطع الفعالة التي لخصت من طرف الباحث vanshtien [6]. وفي طريقة المعادلات الشبه تجريبية فهي عبارة عن مجموعة معادلات قدمت، من طرف كل من الباحث Lotz، Kato، Arnaud، وذلك من أجل حساب المقاطع الفعالة ومعدل التأين بالتأثير الإلكتروني في برنامج

لقيت مفاعلات الانصهار النووي ترحيبا كبيرا باعتبارها مصدرا للطاقة الخالية من الاشعاع . ومن بين هذه المفاعلات اخترنا دراسة على مفاعل الانصهار النووي توكاماك الذي يعتمد على غاز الهليوم أو غاز الذرات الشبيهة بالهليوم كمونات داخلية أو شوائب مثل ذرات الأزوت الشبيهة بالهليوم. بحيث ان المعطيات الذرية لمثل هذه الغازات تمكن من معرفة خصائص المفاعل النووي الحراري [1]. حيث أردنا من خلال هذا العمل التحكم في حساب المقاطع الفعالة لذرة الأزوت الشبيهة بالهليوم وذلك بالاعتماد على برنامج FAC [2] ومقارنة هذه النتائج بتقريب بورن كولومب [3] التي أعطت توافقا مقبولا. حيث تمكننا هذه النتائج من حساب معدل التأين لذرة الأزوت الشبيهة بالهليوم الذي يقدم معلومات عن خطوط الطيف لهذه الذرة بحيث يمكننا من معرفة خصائص مفاعل الانصهار النووي توكاماك ودرجة الحرارة والكثافة.

الكلمات المفتاحية: المفاعل النووي الحراري، غاز الأزوت الشبيهة بالهيليوم، المقاطع الفعالة، معدل التأين.

### I. المقدمة

يعمل جهاز مفاعل الانصهار النووي التوكاماك على عملية الاندماج بين ذرات الهيدروجين

FAC باستخدام التقريب النسبي للأمواج المشوهة "DW" التي تعتمد على تقريب ثنائي القطب "BED" في حساب تكامل المقاطع الفعالة [9].

ب. تقريب بورن - كولومب

تقدم انجاز العديد من الأعمال لحساب المقاطع الفعالة للتأين باستخدام تقريب بورن- كولومب، وقد لخص هذا العمل من قبل Vainshtein وآخرون [4،6]. والمعادلات المقترحة من اجل حساب المقاطع الفعالة و معاملات معدل التأين هي على التوالي:

$$\sigma_z^{\text{ion}} = \pi a_0^2 \frac{\xi}{2l_0+1} \left( \frac{\chi_H}{\chi_Z} \right)^2 \Phi_i(u) \quad (1)$$

حيث أن  $a_0$ : نصف قطر بور.

$\xi$ : عدد الكترونات التكافؤ تحت طبقة فرعية ( العدد المداري  $l_0$ ) ذات الطاقة  $\chi_Z$ .

$u = \frac{\epsilon}{\chi_Z}$  بحيث تعطى قيم  $\chi_H, \chi_Z$  بالإلكترون فولت (eV).

كما تعطى الدالة  $\Phi_i(u)$  بالعلاقة التالية:

$$\Phi_i(u) = \left( \frac{u-1}{u} \right) \frac{C_1}{(u-1)+C_2} \quad (2)$$

حيث أن المعاملات  $C_1, C_2$  يتم الحصول عليها بطريقة المربعات الدنيا انطلاقاً من حساب عددي.

III. حساب المقاطع الفعالة لعملية التأين بالتصادم الإلكتروني

اعتمدنا في حسابنا للمقطع الفعال بالتصادم الإلكتروني لذرة الأزوت الشبيه بالهليوم عن طريق برنامج FAC [2] في مختلف قيم طاقة صدم الإلكترون ومقارنتها بنتائج النظرية لبورن- كولومب [3].

أ. النتائج والمناقشة:

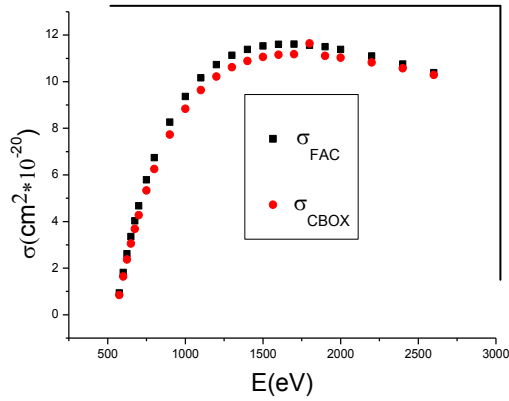
## II. الجانب النظري

تعددت البرامج الذرية والطرق الحسابية المختلفة للمقاطع الفعالة ومن ضمن البرامج الذرية التي ستكون محل دراستنا برنامج FAC [2] لحساب المقاطع الفعالة لذرة الأزوت الشبيه بالهليوم ومقارنة النتائج بتقريب بورن - كولومب [3].

### أ. برنامج FAC

يُعد برنامج FAC (Flexible Atomic Code) حزمة من البرامج المتكاملة التي تمكن من حساب مختلف العمليات الذرية الإشعاعية و التصادمية مثل مستويات الطاقة، الانتقالات الإشعاعية، معدلات الانتقال الإشعاعي، الإثارة بالتصادم، التأين بواسطة تأثير الكتروني، التأين الضوئي ومختلف عمليات إعادة التركيب الإشعاعي. هذه العمليات ضرورية لتفسير و نمذجة الانبعاثات الطيفية من بلازما الفيزياء الفلكية، بلازما الانصهار المغناطيسي، بلازما المختبرات، تحليل أطياف الأشعة السينية ولنمذجة الخصائص الطيفية للأيونات المشحونة. وهو يعتبر من أكثر برامج حساب المعطيات الذرية فعالية، نظراً لمرونته و سهولة استخدامه من أجل الوصول إلى كافة المهام الحسابية. كما أنه يحتوي على نموذج تصادمي إشعاعي من أجل إنشاء أطياف البلازما عند ظروف فيزيائية مختلفة [2].

كما يعتمد برنامج FAC في الحساب البنينة الذرية على تفاعل بين التشكيلات النسبية مع أسس الدوال الموجية للجسيمات المستقلة، وتشتق هذه الدوال الموجية أساساً من كمون مركزي محلي. ويتم توظيف نهج النسبية بشكل كامل استناداً إلى معادلة ديراك التي تسمح بالتعامل مع الأيونات ذات القيم الكبيرة في الشحنة، مع تطبيق طرق تقريب الأمواج المشوهة (DW) ويتم حساب المقاطع الفعالة



الشكل(1): المقاطع الفعالة لأيون  $N^{+5}$

يوضح هذا الشكل النتائج التي تم الحصول عليها بواسطة برنامج FAC [2] ومقارنتها بنتائج النظرية لتقريب بورن – كولومب [3] لأيون الأزوت الشبيه بالهليوم في مختلف طاقات الصدم الإلكترون المعطاة في الجدول والتي أعطت توافقاً جيداً بين برنامج FAC والحساب النظري لتقريب بورن – كولومب عند معظم قيم طاقات صدم الإلكترون خاصة عند طاقات الصدم 575 eV ، 600eV ، 625 eV التي هي قريبة من الطاقة التآين لذرة الأزوت الشبيه بالهليوم التي تعادل 552.07 eV .

#### IV. الخاتمة:

إن النتائج المتحصل عليها في حساب المقاطع الفعالة عن طريق برنامج FAC للمفاعل النووي الذي يعمل بغاز الهليوم أو الذرات الشبيه به حيث تمت الدراسة على أيون الأزوت الشبيه بالهليوم ( $N^{+5}$ ) أعطت نتائج جيدة مقارنة بالنتائج النظرية للمقاطع الفعالة المحسوبة بتقريب بورن – كولومب.

#### المراجع:

[1] Y. Tokamak: A device for nuclear fusion, Vol41,2016.

يوضح الجدول بعض قيم نتائج المقطع الفعال لعملية التآين بالتصادم الإلكتروني لذرة الأزوت الشبيه بالهليوم لمختلف طاقات الصدم للإلكترونات لكل من برنامج FAC وتقريب بورن- كولومب والشكل (1) يقدم هذه النتائج على شكل رسم توضيحي.

الجدول (1): نتائج حساب المقاطع الفعالة لذرة الأزوت الشبيه بالهليوم.

E(eV)	$\sigma_{CBOX}(cm^2 * 10^{-20})$	$\sigma_{FAC}(cm^2 * 10^{-20})$
575	0.934	0.845
600	1.81	1.64
625	2.61	2.37
650	3.35	3.05
675	4.03	3.68
700	4.67	4.27
750	5.79	5.33
800	6.74	6.25
900	8.26	7.73
900	9.36	8.84
1000	10.16	9.64
1200	10.73	10.22
1300	11.13	10.62
1400	11.38	10.89
1500	11.53	10.06
1600	11.60	11.15
1700	11.61	11.18
1800	11.56	11.64
1900	11.50	11.11
2000	11.38	11.03
2200	11.10	10.82
2400	10.75	10.57
2600	10.38	10.29

[7] T. D. Mark and G. H. Dunn, Electron Impact Ionization, Springer Verlag Wien-New York (January 1985).

[8] M. Arnod, R. Rothenfluge, an updated evaluation of recombination and ionization rates (1985).

[2] M. F. Gu, Review Synthèse, The flexible atomic code, Can. J. Phys. vol.86 (2008).

[3] Y. Attaourti P. Defrancet, A. Makhoute and C. Joachain, Electron Impact Ionization of Helium-like Ions, Physica Scripta. Vol. 43, 1991.

[4] A. Burgess, H.P .Summers, D.M .Cochrane and R.W.P. McWhirter, Cross sections for ionization of positive ions by electron impact, Mon. Not. R. astr .Soc. (1977).

[4] H. Suno and T. Kato, Cross Section Database for Carbon Atoms and Ions: Electron-impact Ionization, Excitation, and Charge Exchange in Collisions with Hydrogen Atoms, NIFS-Data-91 (2004).

[5] T. D. Mark and G. H. Dunn, Electron Impact Ionization, Springer Verlag Wien-New York (January 1985).

[6] W. Demtröder, Atoms, Molecules and Photons An Introduction to Atomic, Molecular and Quantum Physics, (2006).

