مجلة جامعة النهرين   المجلد 8(1)، حزيران، 2005، ص 19-23   العلوم

انتقال الالكترونات في مزيج من غاز الآركون والهليوم والنتروجين

ابراهيم كيطان[1]، ندى فاضل توفيق[2]، رعد حميد مجيد[3]، علاء باقر[1]

[1] وزارة العلوم والتكنولوجيا

[2] جامعة النهرين، كلية العلوم، قسم الفيزياء

[3] جامعة بغداد، كلية التربية، ابن الهيثم، قسم الفيزياء

الخلاصة

تم حساب دالة التوزيع للالكترونات المعجلة بمجال كهربائي (EEDF) وحساب عوامل الانتقال في مزيج غاز الاركون والهليوم والنتروجين، حيث رسمت دالة توزيع الالكترونات EEDF لكل من حالات المجال الكهربائي المسلط والمعتمد على الكثافة العددية للغاز، كذلك رسمت نتائج قيم عوامل الانتقال مثل سرعة الانجراف والطاقة المميزة والحركية كدالة لنسب مختلفة (4، 2، 1، 0.8، 0.6، 0.4، 0.2، 0.1، 10، 8، 6) E/N والتي تعتمد على النسبة بين شدة المجال الكهربائي (E) الى الكثافة العددية للغاز (N).

المقدمة

تتعرض الالكترونات في الغاز و/أو في مزيج من الغازات الى الاستطارة المتكررة نتيجة الاصطدامات بجزيئات و/أو ذرات الغاز، حيث تعتمد تفاعل الالكترونات مع ذرات و/أو جزيئات الغاز وفقا لطاقة الالكترونات التي يمكن ان تحدد نوع التفاعل الذي يحصل في كل حالة تفاعل والتي على اساسها تقسم مناطق تفاعل الالكترون بدءا من منطقة الطاقة الحرارية (KT) للالكترون وحتى الحد المحدد للطاقة المميزة للالكترون، حيث K يمثل ثابت بولتزمان $K=1.38054\times10^{-16}$ erg/K و T تمثل درجة حرارة الغاز بالكلفن (^{o}K).

إن معدل طاقة الالكترون تسمح بحالات التهيج الجزيئية والتي تعطي الظواهر المختلفة في الحالة الدورانية والاهتزازية والالكترونية والتأينية والاتحاد الحر والاستطارة غير المرنة و/أو تعرقلات الغاز، اما عند الطاقات الواطئة للالكترون ويكون عند حدود أقل الحدود المسموح فان الاستطارة المرنة تعني عملية تفاعل الالكترون-الذرة.

يمكن ان تمثل الطاقة المميزة للالكترون (ε_k) والتي تعني معدل الطاقات الحرارية للالكترون مع ذرات و/أو جزيئات الغاز بالعلاقة الآتية:

$$\varepsilon_k = eD/\mu \qquad , m = 1,2,3,4,....$$

حيث e تمثل شحنة الالكترون و D تمثل معامل الانتشار و μ تمثل الحركية (mobility) ويمكن تقسيم الطاقة المميزة للالكترون بثلاثة مناطق حيث تبدأ المنطقة الاولى بالطاقة الحرارية المميزة ε_k والتي تكون فيها ظاهرة الاستطارة المرنة والتهيج الدوراني من عمليات التصادم السائدة والمهمة، واما المنطقة الثانية فتتميز بظاهرة الاستطارة المرنة والتهيج الاهتزازي والدوراني، واما المنطقة الثالثة فهي عند الطاقة المميزة للالكترون ($\varepsilon_k > 1.5eV$) والتي تكون عندها طاقة التهيج الالكترونية هي السائدة والمهمة.

في البحث الحالي تم استخدام تقنية تفرسون لحل معادلة بولتزمان ببعد واحد والمستقرة بالشكل الآتي:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + v.\nabla_r f + a.\nabla_v f = \sum_j \iint \left[f(v',r,t)F_j(V'_j,r,t) - f(v,r,t)F_j(V_j,r,t) \right] v_R \sigma_j(\theta,V_j) d\Omega_j dV_j$$

حيث ان:

a = eE/m: تمثل تعجيل الجسم المشحون

F_j: دالة توزيع سرعة النوع المتعادل j.

$v_R = |v - V_j|$: تمثل السرعة النسبية للجسيم المشحون المتصادم مع نماذج الغاز j.

v: سرعة الجسيمات المشحونة.

V_j: سرعة النماذج المتعادلة للنوع j.

$\sigma_j(\theta, V_R)$: المقطع العرضي المجهري التفاضلي للجسيمات المشحونة المتصادمة مع الانواع المتعادلة j.

$d\Omega = \sin\theta\, d\theta\, d\varphi$: تمثل عنصر الزاوية المجسمة حيث ان θ و φ تمثل الزوايا القطبية والزاوية على التوالي، اي معرفة دالة توزيع الالكترونات على الطاقة عند تسليط مجال كهربائي متجانس في مزيج من الذرات و/أو جزيئات الغاز والذي يؤدي الى تعجيل الالكترونات، ومن معرفة دالة توزيع الالكترونات المعجلة الناتجة من بولتزمان فانه يمكن حساب معاملات الانتقال للالكترونات كسرعة الانجراف ومعامل الانتشار والحركية لغرض المقارنة مع البيانات التجريبية بالاضافة لحساب المعدلات الزمنية لتفاعل الطاقة

عن حدث الاستثارة المرنة وغير المرنة لغرض الاستخدام في نماذج حركية التفريغ في الغازات [3-1].

حساب بيانات الانتقال:

يمكن حساب المعدل الزمني الذي تكتسب عنده الالكترونات طاقة من المجال الكهربائي المسلط وحسب العلاقة الرياضية الآتية [6-4]:

$$P = \sum_k (a_k - b_k) n_k \Delta\varepsilon \qquad (1)$$

تم حساب المعاملات a_k و b_k من المعادلتين الآتيتين [1]:

$$a_k = \frac{2Ne^2}{3m}\left(\frac{E}{N}\right)^2 \frac{1}{V_k} [illegible]$$

$$b_{k+1} = \frac{2Ne^2}{3m}\left(\frac{E}{N}\right)^2 \frac{1}{V_k} [illegible] + \frac{V_k}{2\Delta\varepsilon}\left(\varepsilon_k - \frac{kT}{\Delta\varepsilon}\varepsilon_k\right)$$

حيث ان:

a_k و b_{k+1} تمثلان المعدل الزمني الذي عنده الالكترونات تتحرك من خلية الطاقة k الى $(k+1)$ ومن k الى $(k-1)$ على التوالي بسبب التفاعل مع المجال الكهربائي المسلط. N تمثل الكثافة العددية للغاز، وان $(e$ و $m)$ شحنة وكتلة الالكترون على التوالي. E المجال الكهربائي، $\Delta\varepsilon$ قدرة الطاقة، k ثابت بولتزمان، T درجة حرارة الغاز بالكلفن $(^\circ K)$.

اضافة الى ذلك فان: $\varepsilon_k = k\Delta\varepsilon$

$$\frac{V_k}{N} = \left(\frac{2\varepsilon_k}{m}\right)^{\frac{1}{2}} \sum_s q_s \sigma_s(\varepsilon_k)$$

$$V_k = 2mN\left(\frac{2\varepsilon}{m}\right)^{\frac{1}{2}} \sum_s \frac{q_s \sigma_s(\varepsilon_k)}{M}$$

اما سرعة الانجراف والحركية وكذلك معامل الانتشار فيمكن ان تحسب وفق المعادلات الرياضية الآتية:

$$V_d = p / E n_0 \qquad (2)$$

$$\mu = V_d / E \qquad (3)$$

$$D = \left(\frac{2}{3m}\right)^{\frac{1}{2}} \sum_k \varepsilon_k f_k \frac{\Delta\varepsilon}{\sum_s q_s \sigma_s(\varepsilon_k)} \qquad (4)$$

حيث تمثل E شدة المجال الكهربائي اما n_0 فان $n_0 = \sum_k n_k$ تمثل الكثافة الكلية للالكترونات وان $(V_d$ Drift Velocity) تمثل سرعة الانجراف اما $(\mu$=mobility) فتمثل الحركية وان D يمثل معامل الانتشار، اما q_s فتمثل تركيز النماذج N_s وان σ_s يمثل المقطع العرضي للاستثارة المرنة للنماذج S، وان m تمثل كتلة الالكترونات وان f_k تمثل دالة التوزيع المعيرة والتي تعرف بالعلاقة الرياضية الآتية:

$$f_k = n_k / (\varepsilon_k^{\frac{1}{2}} \Delta\varepsilon n_0) \qquad (5)$$

اما المعدلات الزمنية للتهيج غير المرن بالتراصف فيمكن حسابها من العلاقة (6):

$$R_i = \sum_k \sigma_i(\varepsilon_k) V(\varepsilon_k) n_k \Delta\varepsilon / n_0 \qquad (6)$$

حيث تمثل σ_i المقطع العرضي للتهيج ذا المستوى I في النموذج S اما معدل الطاقة وكذلك الطاقة المميزة فيمكن الحصول عليها من التعريف الآتي:

$$<\varepsilon> = \sum_k \varepsilon_k n_k \Delta\varepsilon / n_0 \qquad (7)$$

$$<\varepsilon_k> = e D / \mu \qquad (8)$$

حيث تمثل e شحنة الالكترون و D تمثل معامل الانتشار وان μ تمثل الحركية وان الوحدات المستخدمة هي الوحدات العملية حيث يعبر عن معدل الطاقة $<\varepsilon>$ والطاقة المميزة ε_k بوحدات الالكترون فولت (eV) وان سرعة الانجراف بوحدات (cm/sec) وان الحركية بوحدات $cm^2/V.sec$ وان المعدلات الزمنية للتفاعلات غير المرنة بوحدات (cm^3/sec).

النتائج والمناقشة

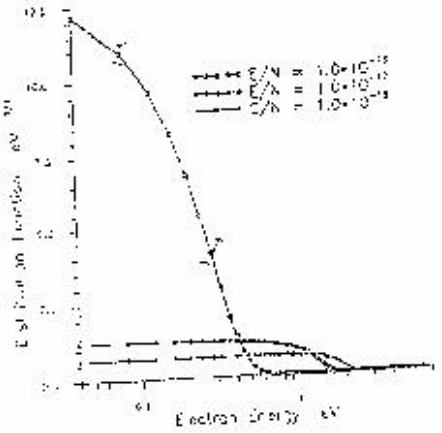
أستخدم مزيج من غاز الاركون والهيليوم والنتروجين لحساب دالة توزيع الالكترونات وكذلك عوامل الانتقال في هذا المزيج حيث تم تحديد طاقة الالكترونات بما يلائم الحد الاعلى لقيمة تفاعل الالكترون والممثلة بالمقاطع العرضية لجميع الغازات والتي ادخلت الى البرنامج الحسابي بعد الاخذ بنظر الاعتبار نسبة المزيج لتحديد المقاطع العرضية للمزيج.

ان الحسابات التي اجريت استخدمت الحلول العددية لمعادلة بولتزمان لحساب عدد الالكترونات لوحدة الحجم كدالة لطاقة الالكترون لتحصل على عوامل الانتقال كنتيجة لتسليط مجال كهربائي على مزيج من غاز الاركون والهيليوم والنتروجين حيث تراوحت E/N ضمن القيم (0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1, 2, 4, 6, 8, 10) x 10^{-8} $Volt.cm^2$ وان نتائج قيم عوامل الانتقال شملت سرعة الانجراف والحركية ومعامل الانتشار ومعدل الطاقة وتردد التفاعل المرن وتردد التصادم غير المرن.

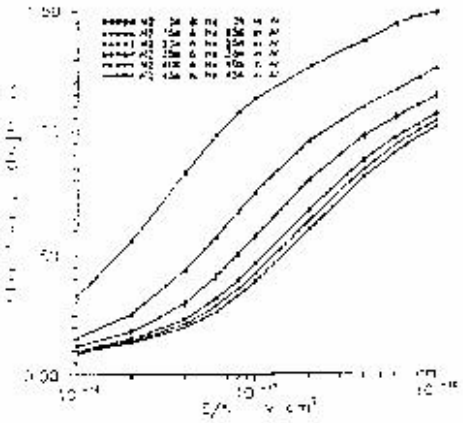
لقد تم تقسيم الطاقة على مدى 2.5 eV وعلى اساس $\Delta\varepsilon$=0.025 وعلى هذا تكون مقسمة بعدد 100 نقطة للطاقة كنقاط متساوية، وان كل خلية قسمت الى نقاط ثانوية وفق مستوى الطاقة لتحديد الشكل الدقيق للمتوفر من المقاطع العرضية لدالة توزيع الالكترونات في مستوى الطاقة المحددة.

تبين الاشكال (1-8) منحنيات التوزيع المقاسة بوحدة $(eV)^{-3/2}$ كدالة لطاقة الالكترون في مزيج من غاز الاركون والهيليوم والنتروجين ولنسب مختلفة من كل منها حيث توضح هذه زيادة E/N=10 تاون سينتر اما E/N=1 تاون بينما مع زيادة قيمة طاقة الالكترون كما انها مع المزيج لا يحتوي على غاز النتروجين، وسببه قلة عوامل التفاعل الاتفاقي [illegible] هذا السلوك.

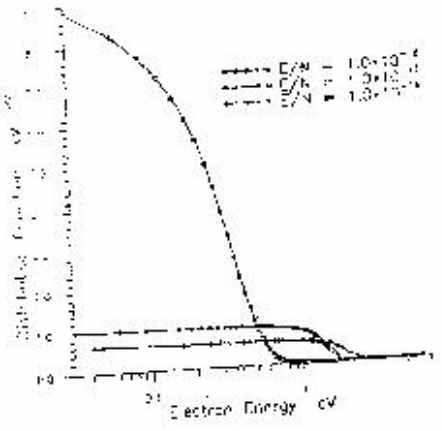
ان حسابات قيم عوامل الانتقال المتمثلة بالطاقة المميزة، سرعة الانجراف والحركية للالكترونات رسمت كدالة لشدة المجال الكهربائي المعير على الكثافة العددية للمزيج (E/N) مزججة تم اختبارها وتفسير هذه في السلوك غير الخطي، حيث نوال تناقصية



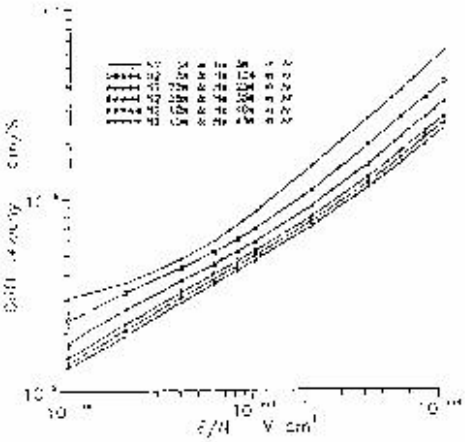
شكل (6) التوزيع الالكتروني كدالة لطاقة الكترون في مزيج غاز (70% الاركون 15%هيليوم-15%نيتروجين)



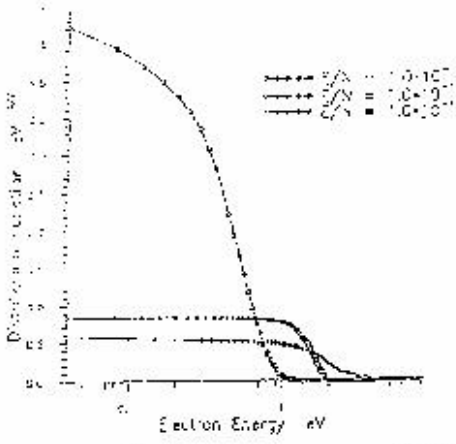
شكل (9) خصائص طاقة الالكترونات كدالة E/N لمزيج من غاز (الاركون-هيليوم-نيتروجين).



شكل (7) التوزيع الالكتروني كدالة لطاقة الكترون في مزيج غاز (80% الاركون 10%هيليوم-10%نيتروجين)



شكل (10) انجراف سرعة الالكترونات كدالةE/N لمزيج من غاز (الاركون-هيليوم-نيتروجين)



شكل (8) التوزيع الالكتروني كدالة لطاقة الكترون في مزيج غاز (90% الاركون-5%هيليوم 5%نيتروجين).

المصادر

1. Mason E.A., E.W. Mcdaniel. "Transport properties of ions in gases". John Wiley and Sons, Inc., (1988).
2. Matthew N.. O Sadiku, "Elemeants of Electromgenetics". Third Edition, Oxford University Press, Inc., U.S.A. (2001).
3. Stephan, D. Rockwood. Phys. Rev . 8A (1973) 2348.
4. Engle A.G , A.V.Phelps and C.G. Risk, Phys. Rev. B5, A15669(1964).
5. Engle A.G. A.V.Phelps. Phys. Rev. 131, 2115 (1963).
6. Lindinger W., T.D.Mark and F.Howorka. "Swarms of Ions and Electrons in Gases". Springer-Verlag Wien New York (1983).

Abstract

Alkaline protease was purified from *B stearothermophilus* AEAL2 by several steps included heat treatment, DEAL-Cellulose ion exchange chromatography and gel filtration on Sepharose-6B column. Gel filtration resulted in separation of the enzyme preparation into protease I and protease II, the obtained purification folds were 5.9 and 9.8 respectively and recovery was 15 and 37 respectively.

The molecular weight of the purified protease I and Protease II were 13182 and 20892 daltons as determined by gel filtration and 56234 and 69502 daltons respectively a determined by SDS-PAGE.

The optimal pH for activity protease I and II on casein were 7 and 10 respectively while the protease I and protease II were most stable in pH range (6.5-7.5) and (8-10) respectively using casein as a substrate.

The maximum purified proteases activity was observed at 65 and 85 °C respectively. The protease I and II retained 100% activity at 60 and 65 °C for 30 min.