مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (33) العدد (2) 2011
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (33) No. (2) 2011

دراسة تأثير عمليات التكاثف وإعادة اتحاد الإلكترونات مع الأيونات الموجبة على التوزع الحراري لوسط بلازمي في حجم كروي

الدكتور غياث ياسين *

(تاريخ الإيداع 6 / 4 / 2011. قُبِل للنشر في 8 / 9 /2011)

□ ملخّص □

يهدف البحث الراهن إلى دراسة تأثير المفاعيل الحرارية الناتجة عن عمليات التكاثف وعمليات إعادة الاتحاد على شكل التوزع الحراري لوسط بلازمي كروي ، وتحديد الحصص التي تقدمها هذه المفاعيل في معادلة الناقلية الحرارية. وبعد حل المعادلة السابقة تبين أن الحصة التي تقدمها عمليات الاتحاد في الإصدار الحراري تصبح أكثر وضوحاً عند درجات حرارة أكبر من 2500K ، أما الحصة التي تقدمها عمليات التكاثف فهي مرتبطة بضغط بخار كل مركبة.

الكلمات المفتاحية: إعادة اتحاد الإلكترونات مع الأيونات الموجبة ؛ عملية التكاثف ؛ البلازما الكروية ؛ التوزع الحراري ؛ المفعول الحراري.

* مدرس – قسم الفيزياء . كلية العلوم . جامعة تشرين . اللاذقية . سورية .

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (33) العدد (2) 2011
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (33) No. (2) 2011

Influence of Condensation and Recombination Processes on Temperature Profile at Spherical Plasmas

Dr. Ghyas Yassin *

(Received 6 / 4 / 2011. Accepted 8 / 9 /2011)

□ ABSTRACT □

The aim of this work is to study the influence of thermal effects produced by condensation and recombination processes on temperature profile at spherical plasmas, and then to determine their contribution in thermal conductivity equation. After solving this equation, we found that the contribution which was produced from recombination processes became clearer than T=2500K, while contribution which was produced from condensation processes depend on vaporous pressure for each component.

Key words: Recombination, Condensation, Spherical plasmas, Temperature profile, Thermal effect.

* **Assistant Professor, Department of Physics , Faculty of sciences , Tishreen Univercity, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

تعد دراسة التوزع الحراري في الوسط البلازمي ذات أهمية كبيرة لكونها تساهم بشكل مباشر في تطوير تقنيات صهر المعادن وإنتاج مساحيق دقيقة جداً (من مرتبة النانومتر) ، وذلك عن طريق حرق المعادن وأكاسيدها. حيث يوجد في كل من الحالتين داخل الحجم البلازمي منبع للطاقة على شكل تيار كهربائي أو تفاعل احتراق كيميائي . حيث يؤمن هذا الوسط الحالة المستقرة والتي يصبح عندها التوزع الحراري توزعاً قطرياً [1].

إن شكل التوزع الحراري يتعلق بالخواص الحرارية للوسط وبتناظره أيضاً . لقد بين العمل [2] التأثير الواضح لمستوى تأين ذرات الطور الغازي على درجة حرارة الوسط البلازمي والذي بدوره قد يؤثر بشكل ملموس في عمليات الانتقال الحراري. من جهة أخرى قد تحدث في الوسط البلازمي عمليات تكاثف قد تؤدي أيضاً إلى تغيير التوزع [3]. ودون أدنى شك يجب أن تؤخذ عمليات إعادة اتحاد الإلكترونات السالبة بالأيونات الموجبة وعمليات التكاثف بالحسبان بالإضافة إلى العمليات الكلاسيكية مثل الناقلية الحرارية (التبادل الحراري). وللأسف لا توجد في المراجع دراسة كمية تبين الحصة التي تقدمها كل من الآليات السابقة في العلاقة العامة للمنابع الداخلية للطاقة.

أهمية البحث وأهدافه:

ترجع أهمية البحث إلى تسليطه الضوء على المفاعيل الحرارية الناتجة عن عمليات التكاثف وعمليات إعادة اتحاد الإلكترونات السالبة مع الأيونات الموجبة في الوسط البلازمي ودراسة تأثيرها في التوزع الحراري لهذا الوسط ويهدف هذا البحث إلى إيجاد نموذج فيزيائي رياضي لعمليات التبادل الحراري في الوسط البلازمي آخذين بعين الاعتبار عمليات التكاثف وعمليات إعادة الاتحاد.

طرائق البحث ومواده:

ندرس في هذا البحث تأثير عمليات إعادة الاتحاد وعمليات التكاثف على شكل التوزع الحراري للوسط البلازمي، ونحدد الحصص التي تقدمها هذه المفاعيل الحرارية في عملية الإصدار الحراري وذلك عن طريق حل معادلة الناقلية الحرارية المعطاة بالمعادلة (1) .

النتائج والمناقشة:

ندرس في هذا البحث الوسط البلازمي الذي يتألف من ذرات وجزيئات الطور الغازي عند درجة حرارة محددة T . لنفرض أن الوسط الغازي متجانس ويحوي منابع نقطية داخلية للطاقة. وبالتالي عندما تكون درجة حرارة الوسط المحيط ثابتة فإن الوسط البلازمي يصبح وسطاً مستقراً وتوزعه الحراري سيكون توزعاً قطرياً حيث يوصف هذا التوزع باللابلاسيان المعطى بالإحداثيات الكروية.

إذا كانت درجة حرارة الوسط بجوار المنبع أكبر من درجة حرارة تكاثف كل مركبات الطور الغازي ، فإن العمليات التي سوف تحدث في الوسط البلازمي هي عمليات التأين إعادة الاتحاد وعمليات التفكك. وعند تبريد الوسط البلازمي فإن التوزع القطري للحرارة سوف يتناقص وسوف تكون عمليات إعادة الاتحاد هي المسيطرة بالمقارنة مع عمليات التأين . ولهذا فإننا سوف نأخذ بعين الاعتبار الطاقة الصادرة عن عمليات إعادة الاتحاد عند دراسة معادلة الناقلية الحرارية . عند انخفاض درجة حرارة الوسط إلى الدرجة التي يصبح عندها ممكناً تشكل نوى جسيمات جديدة

ومن ثم نمو هذه النوى عن طريق التكاثف ، فإنه من الضروري أن نأخذ بالحسبان طاقة الانتقال الطوري في معادلة الناقلية الحرارية.

في الحالة العامة تكتب معادلة الناقلية الحرارية بالإحداثيات الكروية بالشكل التالي:

$$\frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}r^2\frac{\partial}{\partial r}T=-\frac{Q_r}{\lambda}\frac{dn_e}{dt}-\sum_i\frac{q_i\delta(r-ri)}{4\pi\lambda}.\frac{dm_i}{dt} \quad , \quad (1)$$

حيث Q_r هو المفعول الحراري الناتج عن عمليات إعادة الاتحاد

λ – القيمة الوسطى لمعامل الناقلية الحرارية للوسط.

n_e – القيمة الوسطى لتركيز الإلكترونات.

$\frac{dmi}{\mathrm{dt}}$–سرعة المجموعة لتكاثف المركبة i

q_i – الحرارة النوعية للانتقال الطوري.

يعبر الحد الأول من الطرف الأيمن من المعادلة (1) عن الإصدار الحراري في الوسط البلازمي الناتج عن سيطرة عمليات إعادة الاتحاد على عمليات التأين عن انخفاض درجة الحرارة والتوزع المنتظم للمنابع في الوسط . أما الحد الثاني فيصف مجموع منابع الإصدار الحراري الناتجة عن تكاثف مركبات الوسط البلازمي . في هذه الحالة بالذات نعتقد بأن منابع الإصدار الحراري التي هي على شكل نوى جسيمات وجسيمات والتي تنمو نتيجة عمليات التكاثف عليها، تكون محصورة في منطقة ضيقة من الوسط البلازمي وبالتحديد في المنطقة التي درجة حرارتها تساوي درجة حرارة غليان المادة التي قيمة ضغط بخارها معطاة. ولهذا فإن العلاقة تحوي التابع دلتا ذا الإحداثيات ri والتي عندها تتحقق الشروط الحدية للانتقال الطوري يجب أن نشير إلى أن تابعية الشروط الحدية للانتقال الطوري لضغط بخار المركبات ممكن أن تحدد من معادلة كلابيرون – كلاوزيوس التي تربط بين ضغط الأبخرة المشبعة ودرجة حرارة الانتقال الطوري.

$$\frac{dT}{dp}=\frac{T(V-V_l)}{L} \qquad (2)$$

وبمعرفة قيم درجات حرارة التكاثف وتشكل نوى جسيمات جديدة وأيضاً الحجوم النوعية للمادة في الطور السائلV_l وفي الطور الغازيV ، فإنه يمكننا حساب درجة حرارة الانتقال الطوري .

في هذه المعادلة تم استخدام رموز متعارف عليها للمقادير الفيزيائية مثل T لدرجة حرارة الانتقال الطوري و p للضغط الذي يحدث عنده هذا الانتقال و L – الحرارة النوعية للتكاثف . وهكذا نجد أن قيم درجات حرارة الانتقالات الطورية هي توابع للضغوط ، ولهذا فإن درجة حرارة تكاثف المواد في الوسط الغازي المتعدد المركبات، هي كميات مرتبطة بالضغوط البخارية لمركبات الوسط.

ويمكن حل هذه المعادلة تحليلياً باستخدام فرضيات بسيطة محددة دون اللجوء إلى النمذجة العددية . نفرض على سبيل المثال أن الغاز مثالي في منطقة الحجوم النوعية الكبيرة . وهذا مبرر بما فيه الكفاية لأن الحجم النوعي للمادة في الطور الغازي أكبر بمرتين أو ثلاث من حجمها في الطور السائل . عندها تكتب معادلة كلابيرون – كلاوزيوس بالشكل:

$$\frac{dT}{dp}=\frac{T^2R}{Lp} \qquad (3)$$

حيث تم في هذه المعادلة كتابة الحجم النوعي للغاز V بدلالة الضغط p ودرجة الحرارة T وفقاً لقانون مندلييف – كلابيرون:

$$V=RT/P$$

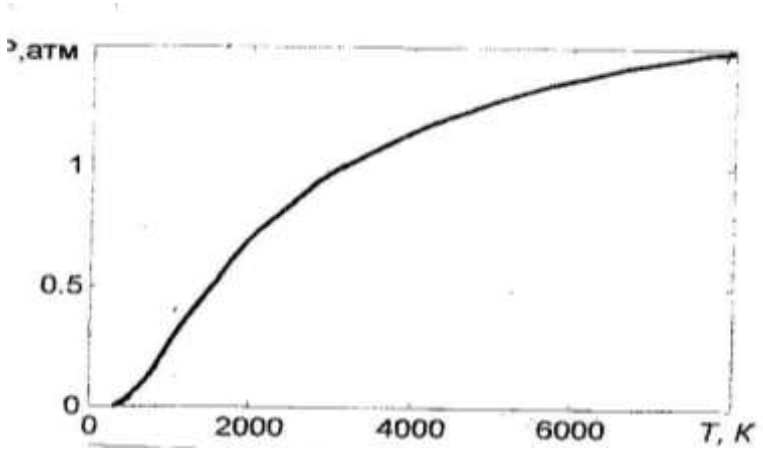
وبعد فصل المتحولات نحصل على المعادلة:

$$\frac{LdT}{RT^2}=\frac{dp}{p}$$

وعندها فإن التابعية التكاملية p(T) المنشورة تعطى بالعلاقة:

$$p = p_0 \exp(-L/RT) \qquad (4)$$

حيث $p_0 = p_k \exp\left(L/RT_k\right)$ والدليل K يرمز لأي قيمتين معلومتين للضغط وللحرارة على منحني التكاثف . وبالأخص قد تكون هذه القيم حدية على كامل التابعية p(T) . نعرض في الشكل (1) مخطط الإشباع المنحني للحديد ممثلاً بتابعية درجة حرارة التكاثف للضغط.



الشكل (1) يمثل تابعية درجة حرارة غليان (تكاثف) الحديد للضغط وفقاً لمعادلة كلابيرون – كلاويزيوس.

نجد من الشكل (1) أنه بتناقص الضغط الخارجي (أو ضغط البخار بالنسبة للجملة متعددة المركبات) فإن درجة حرارة التكاثف تتناقص بشكل واضح وباستخدامنا معطيات تجريبية نستطيع إجراء حسابات أكثر دقة بالنسبة لبارامترات التكاثف المتوازنة . ولهذا من أجل إجراء الحسابات تم استخدام العلاقة التجريبية التالية [4]:

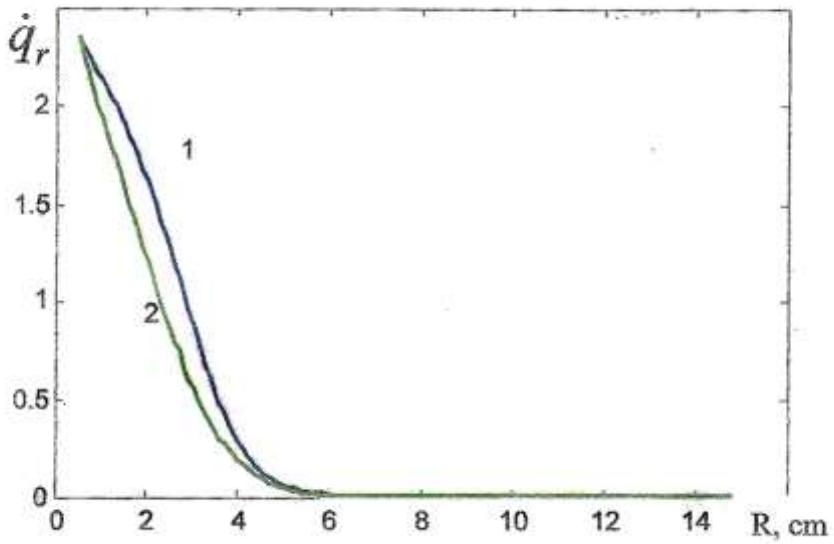
$$\text{Log } P=-a/T+b+c \log(T) +0.01\ dT$$

حيث إن a,b,c,d ثوابت خاصة متعلقة بكل مادة . إن الطرف الأيمن من المعادلة (1) مساوٍ للصفر من أجل الوسط الخامل وعندها تتحول المعادلة إلى معادلة لابلاس المشهورة والتي لها حل تحليلي على شكل قطع زائد يتضمن المشتق التام لتدرج الحرارة على مؤثرين مختلفين . الأول فيزيائي $q_r'(T,T_r)$ وهو يعبر عن تأثير كل منابع الإصدار الحراري ، أما الثاني فهو هندسي ويتناسب مع $\frac{1}{r}$. إن المعامل الهندسي مرتبط بتناظر المسألة (في حالتنا هذه فهو قطري – كروي) وهو يؤثر في شكل الحل الأساسي لمعادلة لابلاس وظهوره دائماً يؤدي إلى ما يسمى بالمفعول القطري.

ومن أجل إيضاح السؤال حول تأثير عمليات المادة اتحاد الإلكترونات السالبة مع الأيونات الموجبة على شكل التوزع الحراري فقد تم حل المسألة في العمل [3] بطريقة التكاملات العددية مع الأخذ بعين الاعتبار فقط التوزع

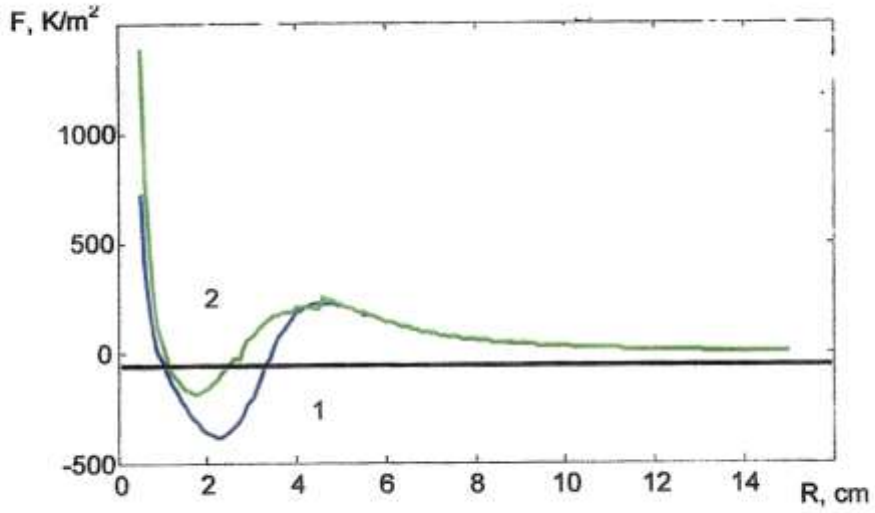
المتجانس للمنابع في معادلة بواصون .وقد تبين أن هناك فرقاً واضحاً في سلوك درجات الحرارة في جوار المنبع الداخلي من أجل الوسط الخامل وفي الوسط الذي تجري فيه عمليات إعادة الاتحاد بشكل كثيف.

ومن أجل المقارنة فإننا نعرض في الشكل (2) حلول تابع شدة الإصدار الحراري المتعلقة بالناقلية الحرارية من أجل حالات التكاثف على خلفية عمليات إعادة الاتحاد وأيضاً عمليات إعادة الاتحاد دون الأخذ بعين الاعتبار التكاثف.



الشكل (2) يمثل التوزع القطري للكثافة النسبية لشدة الإصدار الحراري (1- أخذت بعين الاعتبار فقط عمليات إعادة الاتحاد،2- أخذت بعين الاعتبار عمليات إعادة الاتحاد والتكاثف للسيليسيوم والحديد وأكسيد السيليسيوم).

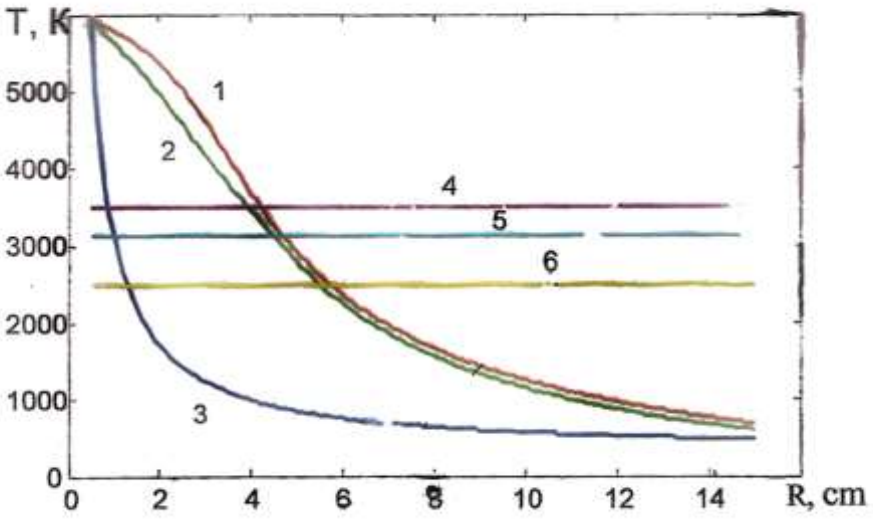
إن الحالة الأكثر عموماً هي الحالة التي تحتوي على العاملين ، وكما هو واضح من الشكل (3) نجد أن للتابع علاقة غير بسيطة بالإحداثيات . على المنحنى 2 وفي المنطقة الواقعة بين $2cm<R<5cm$ نرى نقاط انعطاف للمشتق الثاني للحرارة بالنسبة للإحداثيات وهي مميزة لعمليات التكاثف.



الشكل (3) 1- التوابع القطرية لمنابع الإصدار الحرارية (1- عمليات إعادة الاتحاد دون عمليات التكاثف ، 2- عملية إعادة الاتحاد مع ثلاث عمليات تكاثفية)

إن التأثر المشترك لهما يقود إلى تابعية غير عادية للشدة الفعالة للإصدار الحراري F للإحداثيات.

نلاحظ أن وجود جذرين لهذا التابع يقود إلى ظهور نقطتي انعطاف على منحني تابعية درجة الحرارة بالنسبة لـR الشكل (3) ويتقارب التابعان من محور السينات بشكل متشابه (واحد) ، وهذا يدل على أن تأثير كل التفاعلات عند درجات حرارة منخفضة يكون ضعيفاً ويغلب العامل الهندسي.



الشكل (4) التوزع الحراري في الوسط البلازمي (1- أخذنا بعين الاعتبار عمليات التكاثف وإعادة الاتحاد ،2- أخذنا فقط عمليات إعادة الاتحاد، 3- منحني الاختبار من اجل الوسط الخامل).

إن نتائج النمذجة العددية لمعادلة بواصون تسمح بإيجاد توضع مناطق التكاثف.حيث إن الخطوط المستقيمة في الشكل (4) تمثل سويات درجات التكاثف، الخط المستقيم رقم 4 يقابل درجة حرارة تكاثف السيليسيوم والخط رقم 5 يمثل درجة حرارة تكاثف الحديد ، أما الخط رقم 6 فيمثل درجة حرارة تكاثف أكسيد السيليسيوم.

وقد وجدنا أنه عند تغيير نسب المركبات في الجملة ومن ثم الضغوط البخارية لها نستطيع أن نحصل على نفس سويات درجات الحرارة من أجل المركبات المختلفة .

الاستنتاجات والتوصيات:

مما سبق تستطيع الخروج بنتيجة مفادها:

1- يمكن من خلال النموذج الفيزيائي الرياضي المقترح للتبادل الحراري في البلازما التي تحوي منابع داخلية للطاقة تحديد التوزعات الحرارية الناتجة عن عمليات إعادة اتحاد الإلكترونات السالبة مع الأيونات الموجبة وعن عمليات التكاثف.

2- تصبح الحصة التي تقدمها عمليات إعادة الاتحاد في عملية الإصدار الحراري واضحة أكثر عند درجات حرارة أكبر من 2500K ، وهذا ناتج عن التابعية الأسية لمستوى تأين البلازما لدرجة الحرارة .

3- ترتبط الحصة التي تقدمها عمليات التكاثف في عملية الإصدار الحراري بالضغط البخاري، ولهذا فإنه من الممكن تكاثف إحدى المركبات ومن ثم يليها تكاثف مواد أخرى [5] ، حيث يؤدي هذا إلى الحصول على جسيمات متكاثفة مختلفة الأنواع حيث يمكننا أن نستخدم ذلك من أجل التحكم بعمليات تشكل الأطوار المتكاثفة للمزيج المعطى.

المراجع:

1- ANNAN,A.A.; TB . 1- th Intern . *NAOTCH . Brakt. Conf , Zasheta akroujayoche SRede , Zdarovie, Bezapasnaste f sfaratchNom praizvodstve* . Odessa , ASTROPRENT 2002, c.10-35

2- غياث، إبراهيم. ياسين. *؛ تأثير عمليات إعادة إتحاد الالكترونات مع الأيونات الموجبة على التوزع الحراري في وسط بلازمي تدرجه الحراري سالب.* مجلة جامعة تشرين ، سوريا، قيد النشر.

3- DRAGAN, G.S.; et . aL."*contr. 2- th . Intern. Conf " DUSty plasma in application "* Odessa , UKRINE, 2007, 30-32.

4- SMetlz , K .d ; Metalles . *SPRAVOTCHNEK* . 1980,447.

5- KONe, F.M.; SHEKIN,A .K. ; GRENEN,A.B.*UFN.T.171,N-4,Ukraine* ,2001 , 345-385.