مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (32) العدد (2) 2010
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (32) No. (2) 2010

دراسة التأثيرات المتبادلة بين عمليات التأين والنكلنة (تشكل نواة جسيمة جديدة) في وسط بلازمي وتحت تأثير الكترونات خارجية (أشعة بيتا)

الدكتور غياث ياسين*

(تاريخ الإيداع 14 / 5 / 2009. قُبِل للنشر في 22 / 2 /2010)

□ ملخّص □

تمت في هذا البحث دراسة تأثير الوسط المتأين وأشعة بيتا على عملية تشكل نواة جسيمة جديدة في الهواء، ومن ثم التأكد من ارتباط شحنة هذه النواة(الجسيمة المتشكلة) ونصف قطرها الحرج بثوابت الوسط المتأين. وقد تبين أن تأثير أشعة بيتا على عملية تشكل النواة يؤدي إلى شيئين متعاكسين:

الأول: تحت تأثير جسيمات بيتا يحدث تغير في شحنة النواة وهذا يقود بدوره إلى زيادة نصف القطر الحرج للنواة المتشكلة، مع زيادة عدد جسيمات بيتا(زيادة شدة الإشعاع).

الثاني: إن تسخين جسيمات بيتا للغاز يقود إلى زيادة نسبة التأين للوسط ونقصان نصف القطر الحرج لنواة المتشكلة.

الكلمات المفتاحية: النكلنة (تشكل نواة جسيم)، الوسط المتأين، شحنة النواة، نصف القطر الحرج، شدة الإشعاع، درجة التأين.

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

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (32) العدد (2) 2010
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (32) No. (2) 2010

A Study of The Interaction Between Ionization Processes and New Nucleation Formation Processes in Plasmas Medium Under Effect of External Electrons (B- Radiations Activity)

Dr. Ghyas Yassin *

(Received 14 / 5 / 2009. Accepted 22 / 2 /2010)

□ ABSTRACT □

Influence of ionization environment and β - radiations on processes of nucleation rate at atmospheric pressure in air is surveyed. Dependence of a charge and critical radius of a particle nucleus on parameters of ionized environment is determined. It is shown that the action of β - particles on nucleation goes in two opposite-direction tendencies. On the one hand, under the actions of β - particles, there is a change of a charge of nucleus that causes an increment in critical radius of a nucleus with increasing intensity of radiation. On the other hand, having warmed up gas of β - particles leads to an increment of the ionization degree of the environment and to the diminution of critical radius of the nucleus.

Key words: Nucleation, Ionization environment, Charge nucleus, Critical radius, Intensity of radiation, ionization degree.

* **Assistant Professor, Department of physics, Faculty of sciences, Tishreen university, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

إن البلازما الناتجة عن احتراق المعادن وأكاسيدها، أو البلازما الناتجة عن القوس الكهربائية التي تستخدم في صهر المعادن، تحوي على أبخرة هذه المعادن التي تتكاثف على شكل قطرات، أو جسيمات صلبه، وهذه الجسيمات المتكاثفه تؤثر ليس فقط على الوسط المحيط وانما على صحة القائمين بالعمل، فهي تؤدي إلى كثير من الأمراض وأهمها أمراض الرئة. ولهذا فإن دراسة الصفات الفيزكيميائية لهذه الجسيمات وآلية نشوئها يسمح بايجاد طرق فعاله لفهم المواضيع التقنيه المرتبطه بمعالجه وتنظيف الجو من هذه الجسيمات. حيث أجريت كثير من التجارب على جزيئات الغبار المتشكلة عند حدوث انفجار مفاعل تشرنوبل [1]، وتم تبيان كيفية تشظي الكلاستيرات وانقسامها السطحية، وتشكل جزيئات الغبار في الوسط الملوث. أيضا تم التأكد من امكانية استخدام عملية شحن جزيئات الغبار من أجل تصنيع تقنيه جديدة لتنظيف الاماكن الملوثة بالغبار النووي [2,3].

إن درجة حرارة الشعلة الناتجة عن قوس الانفراغ الكهربائية هي بحدود 6×10^3 كيلفن ، ولهذا فإن الطور الغازي يكون مؤين بشكل كبير، وبالتالي عندما تتشكل الجسيمات الناتجة عن صهر المعادن وأكاسيدها سوف تكتسب هذه الجسيمات بعض الشحنات السطحية حتى في المراحل الأولى لتشكلها . ومن الطبيعي أن تؤثر هذه الشحنات الكهربائية السطحية للجسيمة المتكاثفة على خواصها السطحية، وخصوصاً على قيمة التوتر السطحي ، وبالتالي علينا أن نتوقع حدوث تغير في الطاقة الحرة لهذه الجسيمة، وهذا بدوره يجب أن يؤدي إلى تغير ملموس في قياسها الحرج .

أهمية البحث وأهدافه:

إن دراسة عملية النكلنة (nucleation) وظهور جسيمات جديدة تحت تأثير الإشعاع موضوع ذو أهمية كبيرة نابعة من الحاجة اليه في عمليات التحكم بالغبار عند حدوث انفجارات ضخمة، ومن أجل تنظيف الجو من الغبار النووي وفهم ألكثير من المواضيع التقنية المرتبطة بمعالجة الهواء وتنظيفه من المواد الملوثة . إن تاثير الاشعاع على الوسط المحيط يؤدي الى تاين ذرات وجزيئات الوسط، وهذا بدوره يؤدي الى ظهور البلازما التي تحوي جسيمات متكاثفة (البلازما الغباريه). إن وجود الجسيمات المتكاثفه في البلازما يغير وبشكل ملموس عمليات التاين وعمليات إعادة الاتحاد للالكترونات مع الايونات الموجبة (recombination)، وذلك بسب التفاعلات بين الأطوار المختلفة، التي بدورها تسبب تجمع الشحنات على الجسيمات المتشكلة [4]. وبما إن القياس الحرج للنواة المتشكلة عن عملية التكاثف يرتبط بالشحنة الكهربائية لهذه النويه، فإننا سوف ندرس في هذا العمل تأثير الوسط المتاين والإلكترونات الحرة على نوى الجسيمات المتشكلة، وعلى نصف قطرها الحرج في أثناء عمليات التكاثف في البلازما الغبارية. أيضا إن فهم آلية تشكل هذه الجسيمات مهم جداً من أجل إيجاد تقنية جديدة للحصول على مساحيق معدنية جديدة من مرتبة النانومتر. وهي تستخدم كمسرعات للتفاعلات الكيميائية وأيضا في تصنيع الخزف المرن (ceramics) .

طرائق البحث ومواده:

ندرس في هذا البحث عملية تشكل نواة جسيم جديد في وسط غازي مؤين بشكل جزئي، ويحوي جسيمات متكاثفه، ومن ثم تاثير الخواص الكهربائية للبلازما على آلية تشكل نوى الجسيمات، وذلك من خلال نمذجة رياضية على الحاسب كما هو مبين في صلب البحث .

النتائج والمناقشة:

عند غياب التأثير الخارجي فإن تكاثف البخار وتحوله إلى قطرات، يرافقه تغير في الطاقه الحرة [5]

$$\delta F = -\frac{4}{3}\pi R^3 \frac{\mu_g - \mu_L}{V_L} + \sigma 4\pi R^2 \qquad (1)$$

إذ إنَّ R نصف قطر النواة الوليدة السائلة (القطرة)، V_l الحجم المولي للطور السائل، σالتوتر السطحي للسائل، $\mu_g = KT\ln(nV_q)$ الكمون الكيميائي للطور الغازي، $\mu_L = KT\ln(n_s V_q)$ الكمون الكيميائي للطور السائل، n تركيز البخار في الطور الغازي، n_s - تركيز البخار المشبع عند سطح القطرة المتوازنة، $V_q = \left(\frac{2\pi mKT}{h^2}\right)^{\frac{-3}{2}}$الحجم الكوانتي.

نعوض قيمة الكمون الكيميائي في العلاقة (1) فنحصل على:

$$\delta F = 4\pi R^2\sigma - \frac{4\pi R^3 KT}{3V_L}\ln\frac{n}{n_s} \qquad (2)$$

عند تشكل النواة المستقرة يأخذ تابع الطاقه(2) قيمه صغرى، وبالتالي يمكن إيجاد نصف القطر الحرج للنويه من الشروط :

$$\frac{d(\delta F)}{dR} = 0 \quad , \quad R_{cr0} = \frac{2\sigma V_L}{KT\ln\left(\frac{n}{n_s}\right)} \qquad (3)$$

إن النواة ذات القطر Rcr_0 سوف تكون مستقرة، وتستمر في النمو لتشكل جسيمة جديدة و سطح هذه الجسيمة المتشكلة سوف يكتسب بعض الشحنات نتيجة تفاعله مع الالكترونات الخارجية أو بنتيجة الإصدار الحراري للالكترونات من سطحها، ولهذا فإنه في العلاقة (2) يجب أن نركز على الطاقة الكهربائية الساكنة

$$U = \frac{1}{2}eZ(\phi_s + \phi_{PL}) \qquad (4)$$

إذ إنَّ eZ هي الشحنة الكهربائية التي تكتسبها الجسيمة، ϕ_{Pl} هي كمون البلازما ، ϕ_s كمون السطح المرتبط بالشحنة بالعلاقة التالية [6]: $eZ = 4\pi\varepsilon_0 R\phi_s(1+KR) \cong 4\pi\varepsilon_0 R\phi_s \qquad (5)$

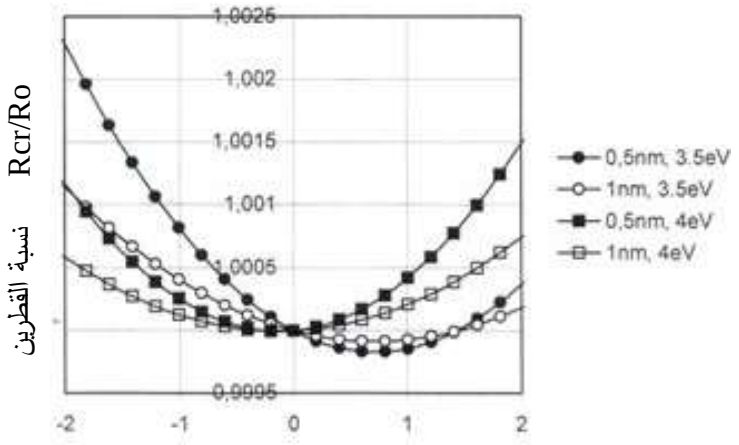
إذْ إننا اعتبرنا أن KR<<1 و ثابتة الحجب $K^2 = 2e^2 \frac{n_q}{\varepsilon_0 KT}$

n_q– التركيز الشبه مستقر[7]: وعندها فإننا نحصل على علاقة جديدة من أجل نصف القطر الحرج R_{cr}

$$\frac{1}{R_{cr0}} = \frac{1}{R_{cr}} + \frac{\varepsilon_0 \phi_s (\phi_s + \phi_0)}{4\sigma R_{cr}^2} \qquad (6)$$

إذْ إن ϕ_{PL}هو كمون البلازما الذي يصف تفاعل الوسط المتأين في جوار الجسيمة المتشكلة العمل[7] . وممكن أن تكون قيمته مختلفة عن الصفر، حتى من أجل الجسيمات المعتدلة كهربائيا ،أي إن وجود الكترونات غير متوازنة في جوار النواة المتشكلة يؤثر على نصف قطرها الحرج، وعلى شحنتها من خلال التأينات غير المنتظمة في جوارها.

في الشكل(1) نعرض نتائج نموذج رياضي على الحاسوب لجملة افتراضية مؤلفة من نواتي جسيمتين مختلفتي القياس (0,5-1) نانومتر، ومن أجل قيمتين لتابع العمل (3,5-4) إلكترون فولط، وكما نرى فإن وجود الكترونات حرة في معظم الحالات يقود الى زيادة نصف القطر الحرج للنواة المتشكلة، إلا أنه توجد منطقة لقيم شحنة القطرة، التي عندها نصف القطر الحرج يتناقص بالمقارنة مع الجملة المثارة، وهذه المنطقة هي منطقة القيم الموجبة لشحنة القطرة، وبالتالي نستطيع الخروج بنتيجة مفادها إن جسيمات الغبار المشحونة بشحنات موجبة أقل من الجسيمات المعتدلة أو المشحونة بشحنات سالبة



كمون السطح $e\phi s / KT$

الشكل.1 تابعيه نسبه نصف القطر الحرج المشحون للنواة إلى نصف القطر غير المشحون، لكمون سطحها.

–تشكل النويات تحت تأثير اشعه– β :

لندرس تشكل نوى جسيمات جديدة في الوسط الذي يحوي كمية كبيرة من الالكترونات المنبعثة من مصدر خارجي أي من اشعه – β . لنفترض أن تركيز الإلكترونات من الشكل على نحوٍ يمكن معه إهمال تأين الوسط. في مثل هذه الحالة فإن معادلة بواصون، التي تصف توزع الجهد (الكمون) حول جسيمات الغبار لها الشكل

$$\nabla^2\varphi = \frac{en_\infty}{\varepsilon_0}\exp\frac{e\phi - e\phi_\infty}{KT} \qquad (7)$$

إذْ إنَّ n_∞ هو تركيز الإلكترونات على بعد كبير من الجسيمات ، $-\phi_\infty$ قيمة الكمون على بعد كبير من الجسيمات وفي حال الانتقال من الشكل الأسي للمعادلة إلى الشكل الخطي، فإن توزع الكمون يوصف بالتابع

$$U(R) = U_s\frac{R}{D}\exp\frac{R-r}{D}$$

إذْ إن : $U = 1+\frac{e(\phi-\phi_\infty)}{KT}$, $U_s = 1+\frac{e(\phi_s-\phi_\infty)}{KT}$

ϕ_s : كمون سطح القطرة المرتبط بالشحنة بالعلاقة (5) وطول الحجب: $D = \sqrt{\frac{\varepsilon_0 KT}{e^2 n_\infty}}$

إن جهد الوسط الناتج عن الإلكترونات غير المتوازنة ممكن تحديده عن طريق حساب التغير الحاصل في جهد المجس φ_f [5,7] عندما يوضع في الوسط السابق، وعندما يوضع في وسط بلازمي متوازن φ_{f0} :

$$e\varphi_{f0} = -\omega - KT\ln\frac{n_0}{V_e}$$

$n_0^2 = n_{a0}K_s$: التركيز غير المضطرب، Ks- ثابته ساخ [7] وبالتالي نحصل على المعادلة

$$e\varphi_f = -\omega - KT\ln\frac{n_\infty}{V_e}$$

عندها جهد الوسط يساوي:

$$\varphi_\infty = \varphi_f - \varphi_{f0} = -\frac{KT}{e}\ln\frac{n_\infty}{n_0} \qquad (8)$$

ومن أجل تحديد الطاقة الكهربائية الساكنة المؤثرة على ظهور النواة، يجب تحديد القيمة الوسطى للكمون في طبقه ديباي:

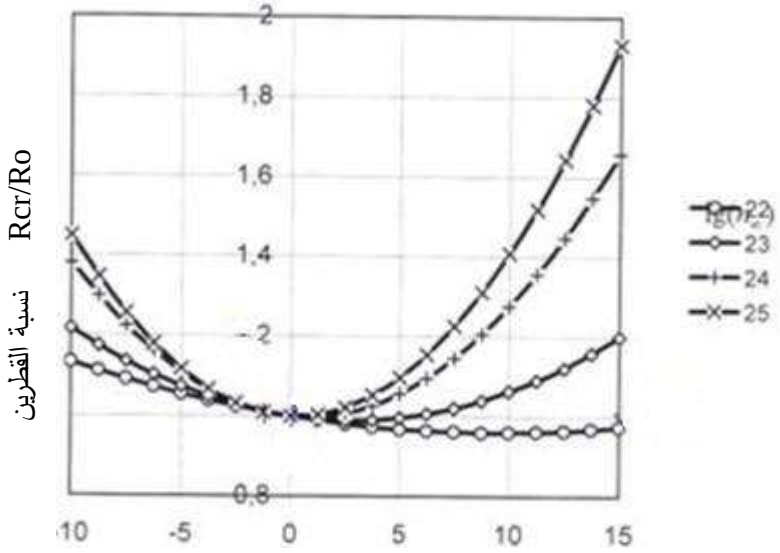
$$\langle\phi\rangle = \frac{3}{D^3}\int_a^{a+D} r^2\phi(r)dr \qquad (9)$$

وعندها يجب أن نستخدم بدل العلاقة (6)العلاقة التالية:

$$\frac{1}{R_{cr0}} = \frac{1}{R_{cr}} + \frac{\varepsilon_0\phi_s\langle\phi\rangle}{4\sigma R_{cr}^2} \qquad (10)$$

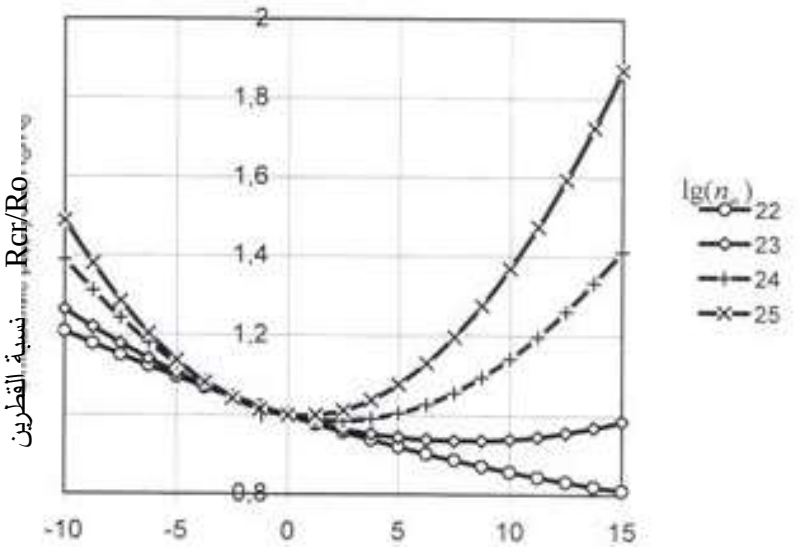
في الشكل (2) والشكل(3)نعرض نتائج نموذج (موديل) رياضي على الحاسوب للعلاقة بين النسبة (Rcr/Rcro) والشحنة الكهربائية للنواة المتشكلة، من أجل تراكيز مختلفة للإلكترون ودرجات حرارة مختلفة للوسط، ومن أجل قيمة لتابع العمل (4,39ev) للكربون، ونصف قطر النواة 1نانومتر . من المنحنيات البيانية المعروضة لاحقا نجد أن منطقة شحنات النواة المقابلة لنقصان نصف القطر الحدي، تنقص بزيادة تركيز الالكترونات الخارجية،

غير أنها تزداد بزيادة درجة الحرارة، وهذا يعني أن زيادة مستوى تأين الغاز تؤدي إلى نقصان نصف القطر الحرج للنواة المتشكلة.



شحنة النواة Z عند درجة حرارة T=500K

الشكل.2 تابعية Rcr/Rcro لشحنة النواة ،500 كلفن



شحنه النواة–Z عند درجه حرارة T=1000K

الشكل.3 تابعية النسبة Rcr/Rcr0 لشحنة النواة،1000كلفن.

نشير إلى أنه إذا كانت الجملة تميل إلى التوازن فإن تركيز الإلكترونات على سطح النواة وبالتالي شحنتها يحددان بالإصدار الحراري للإلكترونات :

$$n_s = 2\left(\frac{2\pi m_e KT}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}} \exp\frac{-\omega}{KT} \qquad (11)$$

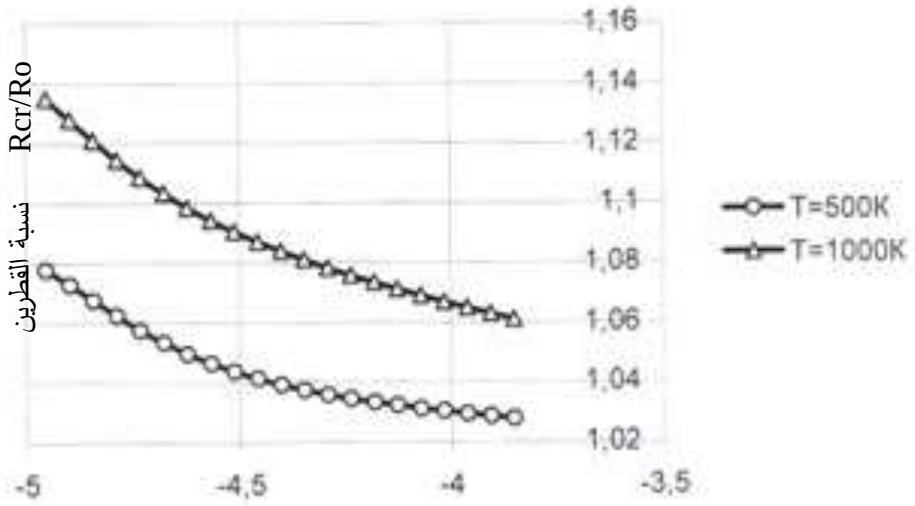
وبالتالي كمون السطح يساوي :

$$\phi_s = \phi_\infty + \frac{KT}{e}\ln\frac{n_s}{n_\infty} = \frac{KT}{e}\ln\frac{n_s n_0}{n_\infty^2} \qquad (12)$$

عندئذ فان شحنة النواة تساوي :

$$Z = 4\pi\varepsilon_0 R\frac{KT}{e^2}\ln\frac{n_s n_0}{n_\infty^2} \qquad (13)$$

الشكل 4 يمثل تابعية النسبة R_{cr}/R_{cr0} للنواة لتركيز الالكترونات الخارجية، من أجل حاله التوازن بين النواة المتشكلة والوسط المحيط، ومن هنا نستطيع أن نخرج بنتيجة مفادها: إن نصف القطر الحرج للنواة يزداد بزيادة تركيز الإلكترونات وفي هذه الحالة تزداد شحنتها أيضا.



شحنه النواة Z

الشكل.4 تابعية R_{cr}/R_{cr0} للوغاريتم تركيز الالكترونات في الوسط المحيط.

الاستنتاجات والتوصيات:

بالاعتماد على الدراسة السابقة نستطيع أن نخرج بالنتائج التالية:

1- شحنة النواة المتشكلة تؤثر على نصف قطرها الحرج.

2- تأثير أشعه $-\beta$ على عملية النكلنة (تشكل النواة) في البلازما الغبارية تكمن في إنقاص نصف القطر الحرج للنواة في بعض مناطق الشحنات، أما في باقي الحالات فإن نصف القطر الحرج يزداد .

3- تتناقص مناطق الشحنات التي توافق نقصان نصف القطر الحرج عند زيادة تركيز الإلكترونات الخارجية.

4- تتزايد مناطق الشحنات التي توافق نقصان نصف القطر الحرج للنواة عند زيادة درجة حرارة الوسط، وهذا يقود بدوره إلى زيادة نسبة التأين للغاز الذي تتشكل فيه النواة.

5- حالة التوازن الافتراضية للنواة مع الالكترونات الخارجية تقتضي زيادة نصف القطر الحرج للنواة مع زيادة تركيز الإلكترونات الخارجية، وهكذا فإن تأثير الإلكترونات الخارجية على عملية تشكل النواة يقود إلى عمليتين متناقضتين من جهة أولى: إن تغير شحنة النواة تحت تأثير الإلكترونات الخارجية يؤدي إلى زيادة نصف القطر الحرج للنواة مع زيادة تركيز الإلكترونات. ومن جهة أخرى: فإن تسخين الغاز من قبل الإلكترونات ذات الطاقات العالية (أشعه $-\beta$) يقود إلى زيادة نسبه تأين ذرات الوسط، وبالتالي إلى نقصان نصف القطر الحرج للنواة المتشكلة. وأي من الأمرين هو السائد، يتوقف على النسبة بين طاقه الإلكترونات الخارجية وتركيزها .

المراجع:

1-BARYAKHTAR,V.; GONCHAR,V.; ZHIDKOV, A.; ZHYDKOV, V. *radiation damages and selfsputtering of high-radioactive dielectrics,spontaneous emission of submicronic dust particles, condenced matter physi*csRUS,vol.15,N.3,2003,120-150.

2-DIPUTATOVA,L.; FILINOV,V.; FORTOV,V.; OTHER. *collection phenomena in nuclear induced dusty plasmas and its technological aspects.IV intern,conf,plasma phys,and plasma technol.* MINSK ,VOL2, 2003,63-85.

3. REKOV,V.A.; KHODYAKOV, A.V. *charge adust particals in the nuclear plasma .plasma phyRUS, T.*28,N6,2002,419.

4. DRAGAN,G.S. *interaction thermo dynamical between phasesin the plasma of combustion products,jurnal univer OdessaUkraina, Nonideal plasma condition,which contain* , T.8V.2,2003,163-188.

5. MARGASHOK, S.N.; SOKOLOV,U.V. *Acondensed phase.physics of condensed disperse particalOdessa,high school,*V.31,1987,82-86.

6. VISHNEKOV, V.I. *the iso thermal contact points properties metal-plasma of combustion products. physics of condensed disperse particles. Kiev- Odessa ,high school,*V.33,1989,212.

7. VISHNEKOV,V.I.; DRAGAN,G.S.; MARGASHOK, S.V *interaction between low temperatureplasma phases. plasma chemistry RUS,*V.16,1990,98-120.