



Студенттер мен жас ғалымдардың  
**«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ - 2018»**  
XIII Халықаралық ғылыми конференциясы

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**

XIII Международная научная конференция  
студентов и молодых ученых  
**«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ - 2018»**

The XIII International Scientific Conference  
for Students and Young Scientists  
**«SCIENCE AND EDUCATION - 2018»**



12<sup>th</sup> April 2018, Astana

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**Студенттер мен жас ғалымдардың  
«Ғылым және білім - 2018»  
атты XIII Халықаралық ғылыми конференциясының  
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
XIII Международной научной конференции  
студентов и молодых ученых  
«Наука и образование - 2018»**

**PROCEEDINGS  
of the XIII International Scientific Conference  
for students and young scholars  
«Science and education - 2018»**

**2018 жыл 12 сәуір**

**Астана**

**УДК 378**

**ББК 74.58**

**Ғ 96**

Ғ 96

«Ғылым және білім – 2018» атты студенттер мен жас ғалымдардың XIII Халықаралық ғылыми конференциясы = XIII Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2018» = The XIII International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2018». – Астана: <http://www.enu.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie/>, 2018. – 7513 стр. (қазақша, орысша, ағылшынша).

**ISBN 978-9965-31-997-6**

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 378

ББК 74.58

ISBN 978-9965-31-997-6

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия  
ұлттық университеті, 2018

## ТЕРМОЯДРОЛЫҚ РЕАКТОРДА ҚАБЫРҒАЛЫҚ ПЛАЗМАДАҒЫ ТОЗАҢДЫ БӨЛШЕКТЕР ПОТЕНЦИАЛЫ

**Әбимолдаева Ақтоты Еркінқызы**

Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ Ядролық физика, жаңа материалдар және технологиялар  
халықаралық кафедрасының магистрі, Астана, Қазақстан  
Ғылыми жетекшісі – Р.Ж. Аманғалиева

Қазіргі таңда заманауи физиканың басты мәселесі - басқарылатын термоядролық синтезді (БТС) жүзеге асыру. БТС болашағы зор энергия көзінің түрі болып табылады. Бүгінгі таңда ядролық реакторлар ауыр ядроларды (уран, торий) бөлу және жеңіл ядроларды синтездеу (дейтерий және тритий) негізінде салынып жатыр. Термоядролық синтезді жүзеге асыру үшін газ өте жоғары температураға дейін қыздырылу керек, яғни температура оң зарядталған ядролардың кинетикалық энергиясы олардың электростатикалық тебілуінен әлдеқайда артық болатындай болу керек. Мұндай температурада барлық атомдар толығымен иондалады және газ плазма күйінде болады. Энергиясы өте үлкен ағынмен реактор қабырға материалының өзара әсерлесу, яғни реактор камерасының элементтерінің эрозиясының нәтижесінде плазмаға макроскопиялық (микронды) өлшемді бөлшектер түседі. Мұндай тозаңды бөлшектер үлкен теріс зарядқа ие болады және реактор жұмысына кері әсерін тигізеді [1-2].

Плазмадағы тозаңды бөлшектің зарядталуы мұқият зерттеуді қажет ететін негізгі мәселелердің бірі болып табылады. Себебі тозаңды бөлшектің заряды - тозаңды плазманың маңызды параметрі. Тозаңды бөлшектің заряды макробөлшектің өлшемі мен қоршаған плазманың локальдік параметріне тәуелді.

Бөлшек бетіне түскен электрондар мен иондар жұптасады. Рекомбинация нәтижесінде пайда болған бейтарап бөлшектер плазмаға оралады. Иондарға қарағанда электрондардың қозғалғыштығы жылдамырақ. Сондықтан тозаң бөлшекке қарай электрондардың ағыны иондардың ағынына қарағанда басымырақ болады. Нейтрал тозаң бөлшек теріс зарядтала бастайды, бөлшек маңында теріс потенциалдың пайда болуына әкеледі. Ал бұл бөлшектен басқа электрондар тебіледі де, иондар тартыла бастайды. Бөлшектегі электрондардың және иондардың ағындары теңескенше тозаң бөлшектің заряды өсе береді.

Плазмадағы тозаңды бөлшектердің зарядын анықтау үшін шектелген орбиталды қозғалыстың моделін (orbit motion limited (OML) theory) пайдаланамыз [3]. Бұл модель импульс моменті мен энергияның сақталу заңынан шығатын тозаңды бөлшектердің электрондары мен иондарының жұтылу қимасын анықтауға мүмкіндік береді. Берілген жуықтаудың қолдану шарты мынадай:

$$a \ll \lambda_d \ll l_{i(e)},$$

мұндағы  $a$  – тозаң бөлшектің радиусы,  $\lambda_d$  – плазманың экрандалу ұзындығы,  $l_{i(e)}$  – иондардың (электрондардың) орташа еркін жол жүру ұзындығы.

Тозаңды бөлшектің электрондарды және иондарды жұту қимасы жылдамдыққа (немесе кинетикалық энергияға) тәуелді:

$$\sigma_{cap,e}(V) = \begin{cases} \pi a^2 \left(1 + \frac{2e_0\phi_s}{m_e V^2}\right) = \pi a^2 \left(1 + \frac{e_0\phi_s}{U}\right), & \frac{2e_0\phi_s}{m_e V^2} > -1, (U > -e_0\phi_s), \\ 0, & \frac{2e_0\phi_s}{m_e V^2} < -1, (U < -e_0\phi_s), \end{cases}$$

$$\sigma_{cap,i}(V_i) = \pi a^2 \left(1 - \frac{2e_0\phi_s}{m_i V_i^2}\right),$$

мұндағы  $m_{e(i)}$  – электрондар мен иондар массасы,  $V$  и  $V_i$  – электрондар мен иондар жылдамдығы.

Бөлшектің стационар потенциалы мен заряды бөлшек бетіне электрондар мен иондар ағыны теңесу шартымен анықталады:

$$I_e = I_i,$$

Тозаңды бөлшектің зарядталуының плазманың бөлшектерінің (электрондар мен иондар) жұтылуынан да басқа механизмдер бар. Тозаң бөлшек бетіндегі электрон термоэлектронды және екінші электронды эмиссия процесстерінің нәтижесінде ыршып шығуы мүмкін. Электрондар эмиссиясы бөлшек зарядын өсіреді және белгілі бір шарттарда оң болуы мүмкін [4].

Тозаңды бөлшектің бетіндегі температураның ұлғаюы термоэлектронды эмиссия тогы өсуіне әкеледі және оның зарядының шамасына тәуелді болады. Себебі бөлшек бетіндегі электронды жұлып алғаннан кейін бөлшек бетіндегі өрістен квазинейтрал плазма аумағына тасымалдау үшін жұмыс жасау керек. Термоэлектрондардың ағыны үшін келесі теңдеуді жазуға болады:

$$I_{th} = \begin{cases} \frac{(4\pi\alpha T_e)^2 m_e}{h^3} \exp\left(-\frac{W}{T_e}\right), & (\varphi_s < 0), \\ \frac{(4\pi\alpha T_e)^2 m_e}{h^3} \exp\left(-\frac{W}{T_e}\right) \left(1 + \frac{e_0\varphi_s}{T_e}\right) \exp\left(-\frac{e_0\varphi_s}{T_e}\right), & (\varphi_s > 0), \end{cases}$$

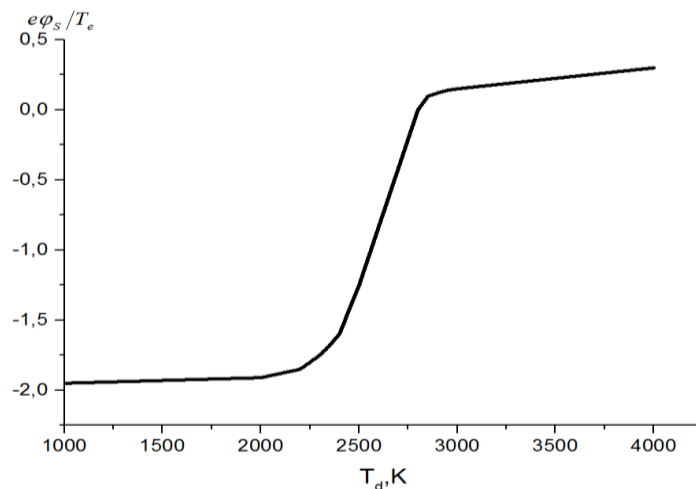
мұндағы  $h$  – Планк тұрақтысы,  $W$  – тозаңша материалының шығу жұмысы.

Екінші электронды эмиссия ағыны электрондардың бірінші ағыны арасындағы байланыс мынадай:

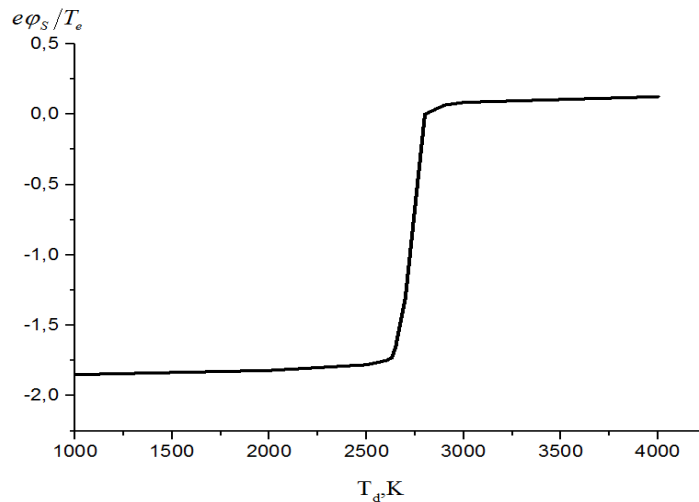
$$I_{se} = \delta I_e,$$

мұндағы  $\delta$  – екінші электронды эмиссия коэффициенті.

Бұл коэффициент алғашқы электрондардың энергиясына және тозаңды бөлшектің материалына тәуелді. Егер  $\delta$  параметрін  $\delta_{max}$  электрондардың максимал шығуына, ал  $E$  энергияны  $E_{max}$  нормаласақ, онда  $\delta(E)$  тәуелділігі барлық материалдар үшін әмбебап болады. Кейбір материалдар үшін  $\delta_{max}$ ,  $E_{max}$  параметрлерінің шамалары [3] жұмыста көрсетілген.



Сурет 1-  $T_e = T_i = 20eV$ ,  $n_e = n_i = 10^{13} cm^{-3}$  параметрлі плазмадағы тозаңды бөлшектің тепе-тең потенциалының тозаңды бөлшектің температурасына тәуелділігі



Сурет 2-  $T_e = T_i = 35eV$ ,  $n_e = n_i = 10^{13} \text{ cm}^{-3}$  параметрлі плазмадағы тозанды бөлшектің тепе-тең потенциалының тозанды бөлшектің температурасына тәуелділігі

1-2 суретте термоядролық реакторда қабырғалық плазма параметрлері үшін электрондар мен иондардың жұтылуын, термоэлектронды эмиссия және екінші электронды эмиссияны есептегендегі тозанды бөлшектің тепе-тең потенциалы көрсетілген. Термоэлектронды эмиссия салдарынан тозанды бөлшектің бетінен электрондардың ыршып шығуына байланысты бөлшектің потенциалы өсе бастайды, содан кейін нольге тең болады да, таңбасын оңға ауыстырады.

#### Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Крауз В.И., Мартыненко Ю.В., Свечников Н.Ю., Смирнов В.П., Станкевич В.Г., Химченко Л.Н. Наноструктуры в установках управляемого термоядерного синтеза // УФН. - 2010. - Т.180.- №10. - С. 1055-1071.
2. Цытович В.Н., Винтер Дж. Пыль в установках управляемого термоядерного синтеза // УФН. - 1998. - Т. 168. - №8. - С. 899-907.
3. Фортов В.Е., Храпак А.Г., Храпак С.А., Молотков В.И., Петров О.Ф. Пылевая плазма // УФН. - 2004. - Т. 174.- №5. - С. 495-544.
4. Мартыненко Ю.В., Нагель М.Ю. Образование пыли в токамаке // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез.- 2009.- вып.3. - С.43-48.

УДК 535.8

#### ВЛИЯНИЕ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ АЛЬФА-ЧАСТИЦАМИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ НИТРИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

**Байбекова Назерке Серікпайқызы**

Магистрант Международной кафедры ядерной физики, новых материалов и технологии ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан  
 Научный руководитель – Абланов М.Б.

Одним из направлений разработки новых конструкционных материалов для ядерных установок является нанесение защитных покрытий с высокой устойчивостью физических и механических свойств на воздействие ионизирующей радиации на существующие