



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ТҰҢҒЫШ ПРЕЗИДЕНТІ - ЕЛБАСЫНЫҢ ҚОРЫ

**«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ – 2017»**

студенттер мен жас ғалымдардың  
XII Халықаралық ғылыми конференциясының  
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**

XII Международной научной конференции  
студентов и молодых ученых  
**«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ – 2017»**

**PROCEEDINGS**

of the XII International Scientific Conference  
for students and young scholars  
**«SCIENCE AND EDUCATION - 2017»**



14<sup>th</sup> April 2017, Astana



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

**«Ғылым және білім - 2017»  
студенттер мен жас ғалымдардың  
XII Халықаралық ғылыми конференциясының  
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
XII Международной научной конференции  
студентов и молодых ученых  
«Наука и образование - 2017»**

**PROCEEDINGS  
of the XII International Scientific Conference  
for students and young scholars  
«Science and education - 2017»**

**2017 жыл 14 сәуір**

**Астана**

**УДК 378**

**ББК 74.58**

**Ғ 96**

Ғ 96

«Ғылым және білім – 2017» студенттер мен жас ғалымдардың XII Халықаралық ғылыми конференциясы = The XII International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2017» = XII Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2017». – Астана: <http://www.eni.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie/>, 2017. – 7466 стр. (қазақша, орысша, ағылшынша).

ISBN 978-9965-31-827-6

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 978-9965-31-827-6

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия  
ұлттық университеті, 2017

# МОДЕЛЬДІК ПОТЕНЦИАЛДАР

**Сандал Бахытжан**

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ Физика-техникалық факультетінің магистранты,  
Астана, Қазақстан

Ғылыми жетекшісі – Д.И. Кенжалиев

Кез – келген өздік гравитацияланатын денелер жүйесінің динамикалық ерекшелігі оның гравитациялық потенциалымен анықталады.

Джордж Контопулос өзінің ғаламдағы жұлдыз қозғалысының үшінші интегралын тапқан 1960 жылғы мақаласында келесі түрдегі потенциалды қарастырады [1]:

$$2W = \frac{C^2}{r^2} - P\xi^2 - Qz^2 + 2b\xi z^2 \quad (1)$$

«The Applicability of the Third Integral Of Motion: Some Numerical Experiments» -деп аталған 1964 жылғы мақалада М. Энон және К. Хейлс қарастырған потенциал [4]:

$$U(x, y) = \frac{1}{2} \left( x^2 + y^2 + 2x^2y - \frac{2}{3}y^3 \right) \quad (2)$$

Келесі мақаланың авторлары Р. Batsleer Н. Dejonghe 1994 жылғы мақалаларында Штеккель потенциалын қарастырады. Олар нәтижелерін сфероидтық координата жүйесін қарастырады, оның себебі осьтік симметриялықты болжамдайды және сфероидтық координата жүйесінде Штеккель типті потенциал қарапайым түрге ие. Сфероидтық координата  $(\lambda, \varphi, \nu)$  болады, мұндағы  $\lambda$  және  $\nu$  келесі өрнектегі  $\tau$ -дың түбірі болады [4].

$$\frac{\varpi^2}{\tau + \alpha} + \frac{z^2}{\tau + \gamma} = 1 \quad (3)$$

және  $(\varpi, \varphi, z)$  цилиндрлік координата.

Құс жолы сияқты жұлдыздық жүйе және басқа да спиральдар бірнеше масса-компоненттен құралады: балдж, жіңішке және қалың диск, (жарық және қара) гало, шар тәрізді шоғырлар. Олар айналу қисығы жазық және екі компонентті – диск және галодан тұратын модельдік потенциалды құрған. Жоғарыдағы айтылған координаттық жүйеде Штеккель потенциалы ықшамды және симметриялық формада өрнектеледі:

$$V(\lambda, \nu) = -\frac{f(\lambda) - f(\nu)}{\lambda - \nu} \quad (4)$$

$$f(\tau) = (\tau + \gamma)G(\tau), \quad \tau = \lambda, \nu \quad (5)$$

мұндағы  $G(\tau)$   $z = 0$  жазықтағы потенциал. Олар осьтік симметриялы компоненттің екеуін де потенциалдар  $V_D$  және  $V_H$  арқылы белгілеген. Диск әрқашан галомен салыстырғанда жазықтау болып келеді. Оларға осьтер қатынасының екі түрімен және параметрлері  $\alpha_D, \gamma_D$  сәйкесінше  $\alpha_H, \gamma_H$  болатын екі әртүрлі координаттық жүйемен жұмыс істеу керек болған. Сондай-ақ диск массасының толық массамен салыстырғандағы қатысты үлесінің өлшемі болатын  $k$  параметрін енгізген, сонда толық потенциал келесідей:

$$V(\lambda_D, \lambda_H, \nu_D, \nu_H) = -k \frac{f_D(\lambda_D) - f_D(\nu_D)}{\lambda_D - \nu_D} - (1-k) \frac{f_H(\lambda_H) - f_H(\nu_H)}{\lambda_H - \nu_H} \quad (6)$$

$\frac{a}{c}$  айырмашылықты енгізу үшін және Штеккель аумағында қалдыру үшін, келесіні орнатқан  $\lambda_D - \nu_D = \lambda_H - \nu_H$ . Нәтижесі ретінде

$$\lambda_H = \lambda_D - q, \quad \nu_H = \nu_D - q, \quad q \geq 0 \quad (7)$$

$q$  – кез-келген параметр; сәйкесінше  $\alpha_D, \gamma_D$  және  $\alpha_H, \gamma_H$  параметрлер қатынасы келесідей

$$\alpha_H = \alpha_D + q, \quad \gamma_H = \gamma_D + q \quad (8)$$

(7) теңдеуді келесідей жазу мүмкін болады:

$$V(\lambda_D, \nu_D, q) = -\frac{kf_D(\lambda_D) + (1-k)f_H(\lambda_D - q)}{\lambda_D - \nu_D} + \frac{kf_D(\nu_D) + (1-k)f_H(\nu_D - q)}{\lambda_H - \nu_H} \quad (9)$$

Дегенмен,  $f_D$  және  $f_H$  екі функциясы кез-келген, авторлар екеуі де келесідей анықталған Кузмин-Кутозов потенциалын генерациялайды деп қабылдайды

$$G(\tau) = \frac{GM}{\sqrt{\tau} + C} \quad (10)$$

мұндағы  $M$  жүйенің толық массасы және  $G$  гравитация тұрақтысы. Бұл потенциал айтарлықтай, бірақ Штеккель потенциалының өкілі. Потенциалдың өрнегінің бұл дербес тандалуы үшін (10) өрнегі мынадай болады:

$$V(\lambda_D, \nu_D, q) = -GM \left( \frac{k}{\sqrt{\lambda_D} + \sqrt{\nu_D}} + \frac{1-k}{\sqrt{\lambda_H - q} + \sqrt{\nu_H - q}} \right) \quad (11)$$

1975 жылы жарық көрген «Three-Dimensional Models for the Distribution of Mass in Galaxy» атты мақаланың авторлары Masanori Miyamoto және Ryuzaburo Nagai бірнеше автордың тапқан гравитациялық потенциалы және масса үлестірімдігі жұбын қарастыра келе, жалпылыма түріндегі өз модельдерін ұсынған [5].

Пламмердің (1911) шар тәрізді шоғырларды зерттеуінде Эмден теңдеуінің шешімдері қолданылып, гравитациялық потенциал  $\Phi(r)$  және массалық үлестірімдігі  $\rho(r)$  үшін шешімдер сфералық координатада былай жазылатындығы айтылады.

$$\Phi(r) = \frac{GM}{[r^2 + b^2]^{1/2}} \quad (12)$$

$$\rho(r) = \frac{3b^2 M}{4\pi} \frac{1}{[r^2 + b^2]^{5/2}} \quad (13)$$

Мұндағы  $M$  сфералық жүйенің толық массасы және  $b$  нөлге тең емес тұрақты, ұзындық өлшемі.

Одан кейін авторлар Томридің жазықтылығы жоғары осьтік симметриялы ғалам шеңберінде масса үлестірімділігін сипаттау барысында Пуассон теңдеуі үшін нақты шешім тобын алғанын айтады.

$$\Phi(R, z) = \frac{GM}{[R^2 + (a + |z|)^2]^{1/2}} \quad (14)$$

$$\rho(R, z) = \mu(R)\delta(z) = \frac{aM}{2\pi} \frac{GM}{[R^2 + a^2]^{3/2}} \delta(z) \quad (15)$$

Мұндағы  $M$  диск тәрізді жүйенің толық массасы және  $a$  нөлге тең емес тұрақты, ұзындық өлшемі.

Авторлар жоғарыда айтылған сфералық және диск тәрізді жүйелердегі масса үлестірімдігі күйінің, яғни, осы екі күйдің ортасы болатын масса үлестірімдігі күйін тапқан. Бұндағы потенциал келесідей:

$$\Phi(R, z) = \frac{GM}{\left\{ R^2 + \left[ a + (z^2 + b^2)^{1/2} \right]^2 \right\}^{1/2}} \quad (16)$$

Бұл гравитациялық потенциалға сәйкес Пуассон теңдеуінен алынған үш өлшемді масса үлестірімдігі

$$\delta(R, z) = \frac{b^2 M}{4\pi} \frac{aR^2 + \left[ a + (z^2 + b^2)^{1/2} \right] \left[ a + (z^2 + b^2)^{1/2} \right]^2}{\left\{ R^2 + \left[ a + (z^2 + b^2)^{1/2} \right]^2 \right\}^{5/2} (z^2 + b^2)^{3/2}} \quad (17)$$

Келесі бір авторлар, Кристин Аллен және Альфредо Сантиллан (1991) зерттеулерінде ғаламның айналу қисығы радиалдық күш өрісі туралы ақпаратты қамтитындығын, ал перпендикуляр күш әсері туралы ақпаратты алу жолы жоқ екендігін айтады. Бұл мәселе олардың алдыңғы және осы мақалаларында қамтылған екен. Авторлардың жаңа моделі Миямото және Нагаи ұсынған потенциал – тығыздық жұбына негізделген. Олардың мақсаты бұрынғы (бірінші) модельдің математикалық қарапайымдылығын сақтау және айналу қисығы мен перпендикуляр күштің жақсы көрінісін алу үшін қолданылған компоненттер санының абсолют минимум қажеттілігін сақтау. Ұсынылған модель тек үш компоненттен: сфералық орталық массалық үлестірімдігі, диск және массивті гало. Авторлардың осы компоненттерге сәйкес қолданған потенциалдарды келтірейін [6].

1) Орталық масса үлестірімдігі (Миямото және Нагаи 1975)

$$\phi_1(\varpi, z) = -\frac{M_1}{(\varpi^2 + z^2 + b_1^2)^{1/2}} \quad (18)$$

2) Диск компоненті үшін Миямото және Нагаидің диск потенциалы

$$\phi_2(\varpi, z) = -\frac{M_2}{\left( \varpi^2 + \left[ a_2 + (z^2 + b_2^2)^{1/2} \right]^2 \right)^{1/2}} \quad (19)$$

3) Гало компонент үшін потенциал:

$$\phi_3(R) = -\left( \frac{M(R)}{R} \right) - \left( \frac{M_3}{1.02a_3} \right) \left[ -\frac{1.02}{1 + (R/a_3)^{1.02}} + \ln \left\{ 1 + (R/a_3)^{1.02} \right\} \right]_R^{100} \quad (20)$$

Мұндағы

$$M(R) = \frac{M_3 (R/a_3)^{2.02}}{1 + (R/a_3)^{1.02}} \quad (21)$$

Вальтер Дехнен «A family of potential-density pairs for spherical galaxies and bulges» атты мақаласында ондағы таңдалған масса үлестірімдігі түріне сәйкес потенциал [7]:

$$\Phi(r) = \frac{MG}{a} \times \begin{cases} -\frac{1}{2-\gamma} \left[ 1 - \left( \frac{r}{r+a} \right)^{2-\gamma} \right], & \gamma \neq 2 \\ \ln \frac{r}{r+a} & \gamma = 2 \end{cases} \quad (22)$$

«Approximate integrals of motion» (2013) деген мақалада зерттеушілер келтірілуі оңай және жуық қозғалыс интегралдарын бірнеше қарапайым потенциал үшін алған. Оның болашақ қолданысы стационарлық потенциал үшін өздік келісілген ғаламдық модельді құру және оны мекендейтін жұлдыздардың кинематикасын үлестірімдік функциясымен моделдеу бола алады. Осы материалда сандық тәсілмен жуық интегралдар келесі бірнеше потенциал үшін алынған [8].

1) Белдеушесі болатын потенциал

$$\Phi(x, y) = -\exp(-q^2 x^2 - y^2) \quad (23)$$

Осы мақалада екінші қарастырылған потенциал Ричстоун (1980) енгізген логарифмдік потенциал осьтік симметриялы диск ғалам моделі үшін жазық айналу қисығын тудырады екен:

$$\Phi = \log\left(x^2 + \frac{y^2}{q^2}\right) \quad (24)$$

$q$  параметрі потенциалдың және сәйкесінше тығыздықтың жазықтылығын модельдеуге мүмкіндік береді.

- 2) Ядросы бар логарифмдік потенциал. Оны да Ричстоун (1980) ұсынған және Бинни (1981), Магненат (1982) қолданған.

$$\Phi = \log\left(a^2 + x^2 + \frac{y^2}{q^2}\right) - 2\log(a) \quad (25)$$

$a$  – ядро радиусы.

Авторлар Ричстоунның жолымен үш өлшемді жазық логарифмдік потенциалды және импульс моменті нөлге тең емес қозғалысты қарастырған. Ядросы жоқ ( $a = 0$ ) және жазықтылық параметрін  $q = 0.8$  деп алған, тек импульс моменті бірдей  $L_z = 1$  орбиталарды қарастырғандағы эффективті потенциал

$$\Phi_{eff} = \frac{v_c^2}{2} \log\left(R^2 + \frac{y^2}{q^2}\right) + \frac{L_z^2}{2R^2} - \frac{v_c^2}{2} \left(\log L_z + \frac{1}{2}\right) \quad (26)$$

«Astronomical and astrophysical transactions» журналында жарық көрген мақаласында автор Euaggelos E. Zotos бұған дейінгі кейбір зерттеушілердің қарастырған потенциалдың жалпылама түрі ретінде келесі өрнекті келтірген [9]:

$$V_A(x, y) = \frac{1}{2} [\omega_1^2 x^2 + \omega_2^2 y^2] + \varepsilon V_1 \quad (27)$$

мұндағы  $V_1$  ұйытқу мүшесі бар полином.

Ал осы мақаласында автордың қарастырған рационал потенциалы

$$V(x, y) = \frac{1}{2} \left[ \frac{x^2}{A + \alpha_1 y^2} + \frac{y^2}{B + b_1 x^2} \right] \quad (28)$$

мұндағы  $A, B, \alpha_1, b_1$  оң параметрлер. Бұл потенциал ғаламның орталық бөлігіндегі жазық қозғалысты сипаттауға қарастырылуы мүмкін екендігі айтылады. Автор (28) потенциал жоғарыда келтірілген (29) потенциалдың дербес жағдайы болатындығын айтады.

Осы жұмыста жұлдыздар динамикасы, соның ішінде үшінші интеграл мәселесін қарастыруға байланысты интернет желісі көмегімен жинақталған әр жылдардағы мақалалардан модельдік потенциалдар жинастырылды. Бұл потенциалдарды мақалалар авторлары ғаламның белгілі бір моделін жасауда немесе ғаламдағы жұлдыз қозғалысының үшінші интегралының түрін анықтауда қарастырған. Модельдік потенциалдарды жинақтау нәтижесінде біз соңғы кезеңдерде зерттеуде қолданылған жаңа потенциалдарды білдік. Осы жұмыстың нәтижесін жұлдыз динамикасы саласының әртүрлі теориялық зерттеуіне қолдануға болады.

#### Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. George Contopoulos A third integral of Motion in a Galaxy // Zeitschrift fur Astrophysik. – 1960. – №49. P.273-291.
2. Michel Henon and Carl Heiles The Applicability of the Third Integral Of Motion: Some Numerical Experiments // The astronomical journal. V. 69, №1, 1964 P.73-79.
3. P. Batsleer and H. Dejonghe The generation of Stackel potentials for galactic dynamical modeling // Astronomy and astrophysics. 1994. №287. P. 43-54.
4. Masanori Miyamoto and Ryuzaburo Nagai Three-dimensional Models for the Distribution of Mass in Galaxies // Publication of the Astronomical society Japan.1975. №27. P. 533-

- 543.
5. Christine Allen and Alfredo Santillan An improved model of the galactic mass distribution for orbit computations // Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica. 1991. №22. P. 255-263.
  7. Walter Dehnen A family of potential-density pairs for spherical galaxies and bulges // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 1993. №265. P. 250-256.
  8. O. Bienaymé and G. Travençolo Approximate integrals of motion // Astronomy and Astrophysics. 2013. 549, A89.
  9. Euaggelos E. Zotos A rational galactic potential with accurate periodic orbits and quasi-integrals of motion // Astronomical and Astrophysical Transactions (AApTr), 2012, V. 27, №4, P. 625-634,

УДК 537.533; 621.384, 621.785

## ВЫСОКОПЕРВЕАНСКИЙ ПЛАЗМЕННЫЙ ИСТОЧНИК ЭЛЕКТРОНОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

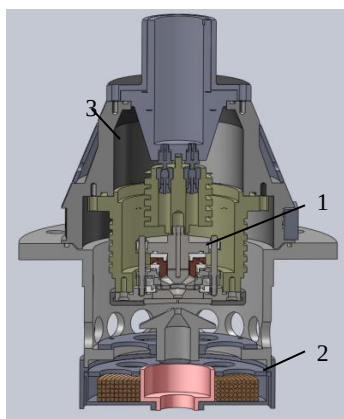
**Солдатенко Павел Николаевич**

Ассистент кафедры физики Полоцкого государственного университета,  
Новополоцк, Беларусь

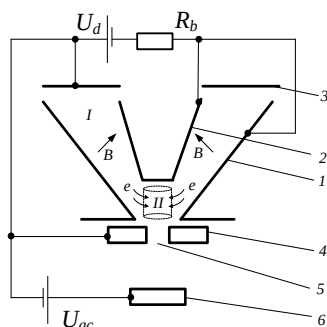
Научный руководитель – Д.А. Антонович

К настоящему времени электронно-лучевые технологии нашли достаточно широкое применение в различных отраслях. Это стимулировало разработку источников электронов, реализующих широкий спектр технологических параметров, различающихся по мощности, плотности тока, режимам работы, газодинамическим условиям. Многообразие требований, предъявляемых к технологическим электронным пучкам, не удается реализовать в источниках одного типа. Наибольшее распространение получили три основных типа источников пучков электронов – источники электронов с термокатодом, источники на основе высоковольтных тлеющих разрядов и плазменные источники электронов [1]. В данной работе представлена конструкция плазменного высокопервеансного источника электронов на основе разряда в скрещенных  $E \times H$  полях, для реализации широкого спектра электронно-лучевых технологий.

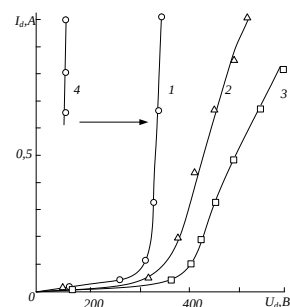
На рис. 1 приведена конструкция (а) и электродная структура (б) плазменного источника электронов в котором реализованы принципы формирования эмиссионного тока за счёт создания условий переключения без осевой неоднородности плазмы с ограничением эффективности извлечения как в более известных источниках электронов на основе полого катода [1].



а)



б)



в)