

**Е. А. НЫСАНОВ, С. Ж. ҚҰРАҚБАЕВА*, А. Х. МАХАТОВА, А. Е. ҚОЖАБЕКОВА,
А. А. МУСАБЕКОВ**

*М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан
e-mail: nysanov51@bk.ru, sevam@mail.ru*

АЛЬФА-БӨЛШЕКТЕРДІҢ ЫДЫРАУЫН ЖӘНЕ ИЗОТОПТАРДЫҢ БӨЛІНУІН КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ МЕН СИПАТТАУ

Мақалада альфа-бөлшектердің ыдырауын және изотоптардың бөлінуін компьютерлік модельдеу ерекшеліктері қарастырылған. Оң зарядталған альфа-бөлшектермен заттың жұқа пластинасын соққыласа, онда олар ядролардан жақын қашықтықта өту кезінде атом ядросынан кері итеріліп, тұзу сызықты жолдан ауытқи бастайды, тіпті ядродан қатты кері итеріліп және альфа-бөлшектер көзіне қарай қозғала отырып, ұшу бағытын өзгерте алады. Қазіргі заманғы компьютерлік математика жүйесі *Mathcad* көмегімен осы жағдайлар компьютерлік модельденген және альфа-бөлшектер траекторияларының графиктері салынған. Альфа-бөлшектер қозғалысының траекториясын сипаттайтын дифференциалдық теңдеулерді дайындау және *Bulstoer* функциясы арқылы оларды шешу ұсынылған. Модельдеу бөлшектердің болжамды мінезқұлқын тамаша растайды-олардың бір бөлігі ядро болмаған жағдайда болатын олардың тұзу сызықты ұшуынан ауытқуды, ал кейбір бөлшектер қозғалыс бағытын қарама-қарсыға өзгертуді бастан кешіреді. Физикалық қондырғының әр түрлі орындарында орнатылған бөлшектердің датчиктері заттар мен материалдар құрылысының атом теориясының растауы болып табылатын траекторияның осындай өзгерістерін белгілеп отырады. Изотоптарды бөлудің спектроскопиялық әдісін сипаттауға арналған қолданбалы бағдарлама құрылып, жан-жақты талқыланды. Әрине, сипатталған модельдер абсолютті дәл деп айтуға болмайды. Мысалы, бөлшектер ядроға дәл бағытталса, онда елеулі қателіктер туындауы мүмкін. Егер бөлшектердің жылдамдығы үлкен болса, онда бөлшектер ядроның кері итеру күшін жеңе алады, нәтижеде бөлшектер оларға сіңеді. Мұндай сіңіру жағдайлары құрылған модельдерде есепке алынбаған. Ядролық физиканың маңызды есептерінің бірі изотоптарды бөлу болып табылады. Изотоптарды бөлудің спектроскопиялық әдісін сипаттауға арналған қолданбалы бағдарлама құрылған. Бұл әдіс ұшып шығатын және магниттік өрістің әсерінен ауытқитын иондардың траекториясының ерекшеліктеріне негізделген. Иондардың қозғалысын сипаттайтын дифференциалдық теңдеулер жүйесі келтірілген. Электр заряды бар бөлшектердің бірқалыпты магнит өрісінде қозғалу есебі *Mathcad* ортасында шешілген.

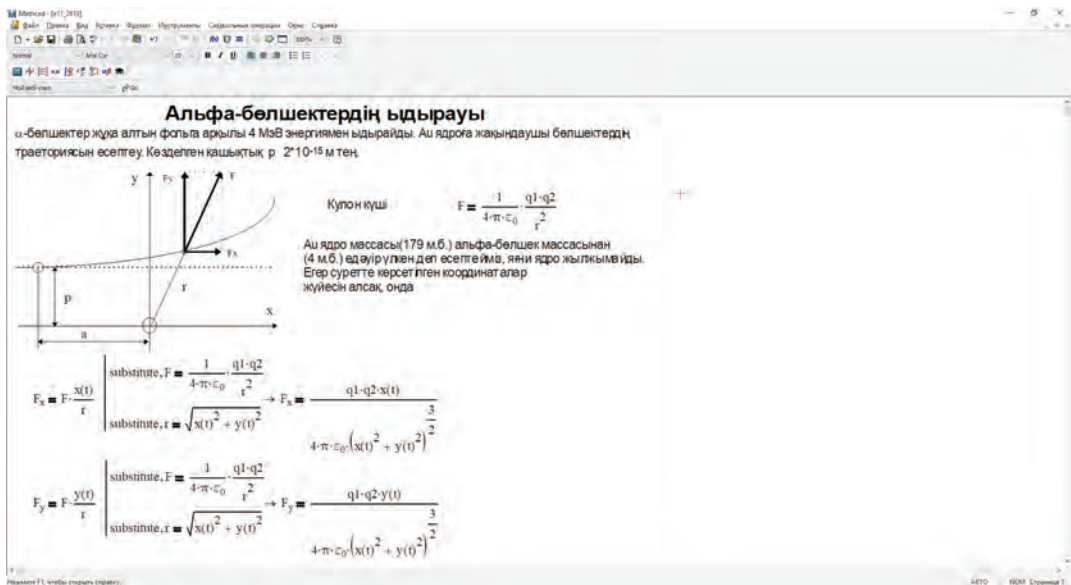
Түйін сөздер: альфа-бөлшектер, изотоптар, иондар, магнит өрісі, компьютерлік модельдеу, *Mathcad*, қолданбалы бағдарлама.

Кіріспе. Қазіргі кезде қолданбалы бағдарламаларды құру, қолдану және тарату негізгі мәселелердің бірі болып отыр. Кейінгі кезде қолданбалы бағдарламалық кешендер құруда бағдарламалау тілдерімен бір қатарда компьютерлік математика жүйесі кеңінен қолданылуда. Түрлі салалардағы құбылыс сипаттамаларын толыққанды және жан-жақты өңдеу заманауи компьютерлік технологиялар мен модельдеу әдістерінсіз мүмкін емес. Сондықтан компьютерлік математика жүйесін қолданып молекулалар мен атомдық құбылыстарды компьютерлік модельдеу және оларды өңдеу үшін қолданбалы бағдарламалар құру өзекті мәселелердің бірі болып табылады.

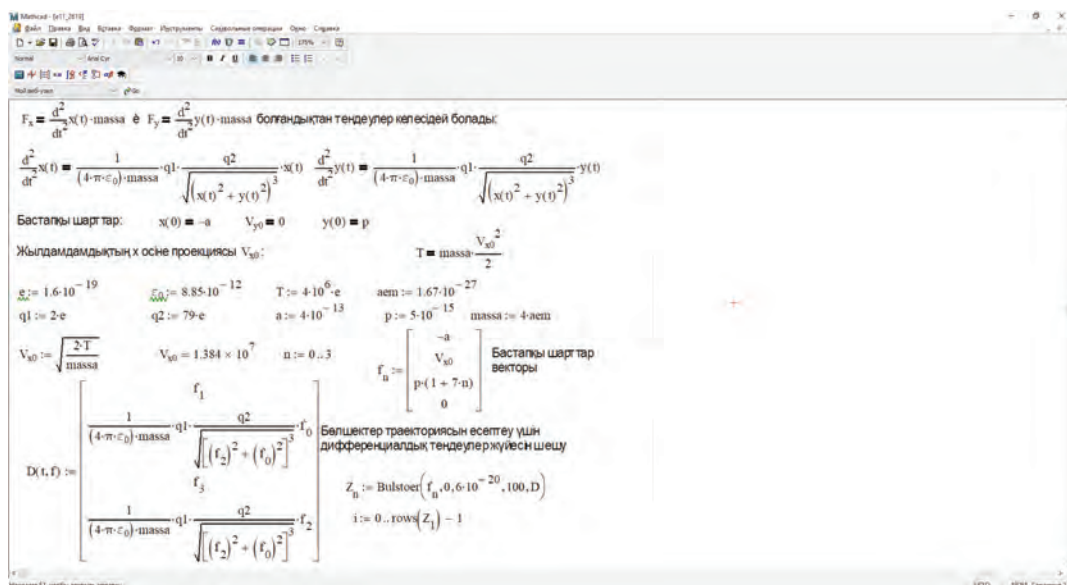
* E-mail корреспондирующего автора: sevam@mail.ru

Мақалада молекулалар мен атомдық құбылыстарды сипаттайтын кейбір өзекті мәселелерді шешу үшін Mathcad компьютерлік математика ортасында алғаш рет қолайлы қолданбалы бағдарламалар құрылған. Бұл бағдарламаларда көрнекілік үшін компьютерлік графика кеңінен қолданылған. Құрылған қолданбалы бағдарламаларды инженерлік, ғылыми-техникалық есептеулерде кеңінен қолдануға болады.

Енді іргелі мағынасын асыра бағалау қиын бөлшектер әлемінен мысал қарастырайық [1-3]. Біз альфа-бөлшектерін жұқа алтын фольга көмегімен ыдырату туралы сөз қозғаймыз. Қазір біз материяның оң зарядталған ядросы бар атомдардан тұратынын білеміз, оның айналасында орбиталар бойынша теріс зарядталған электрондар қозғалады. Алайда, заттың атом құрылысы туралы гипотеза айтылған кезде, бір маңызды сәт - атомдардың ядросы бар болуының эксперименталды дәлелі жетпеді. Сол уақытта күрделі эксперименттердің нәтижесінде бұл шындық тікелей емес, жанама түрде көрсете алынды (тікелей дәлел молекулалар мен атомдарды бақылауға және суретке түсіруге мүмкіндік берген электронды микроскоптардың көмегімен кейінірек алынды). Ғалымдар, егер оң зарядталған альфа-бөлшектермен заттың жұқа пластинасын соққыласа, онда олар ядролардан жақын қашықтықта өту кезінде атом ядросынан кері итеріліп, түзу сызықты жолдан ауытқуы керек деп ойлады. Сонымен қатар, есептеулер кейбір бөлшектер тіпті ядродан қатты кері итеріліп және альфа-бөлшектер көзіне қарай қозғала отырып, ұшу бағытын өзгерте алатынын көрсетті. Қазіргі заманғы компьютерлік математика жүйесі Mathcad [4-14] көмегімен біз осы жағдайды модельдей аламыз. Альфа-бөлшектер қозғалысының траекториясын сипаттайтын формулалар 1-суретте келтірілген. F Лоренц күшінің құраушылары үшін формулалар аналитикалық түрде алынған (атом ядросынан альфа-бөлшектердің кері итерілу күші).



1-сурет – Альфа-бөлшектер ыдырауын модельдеуге қажетті формулалар



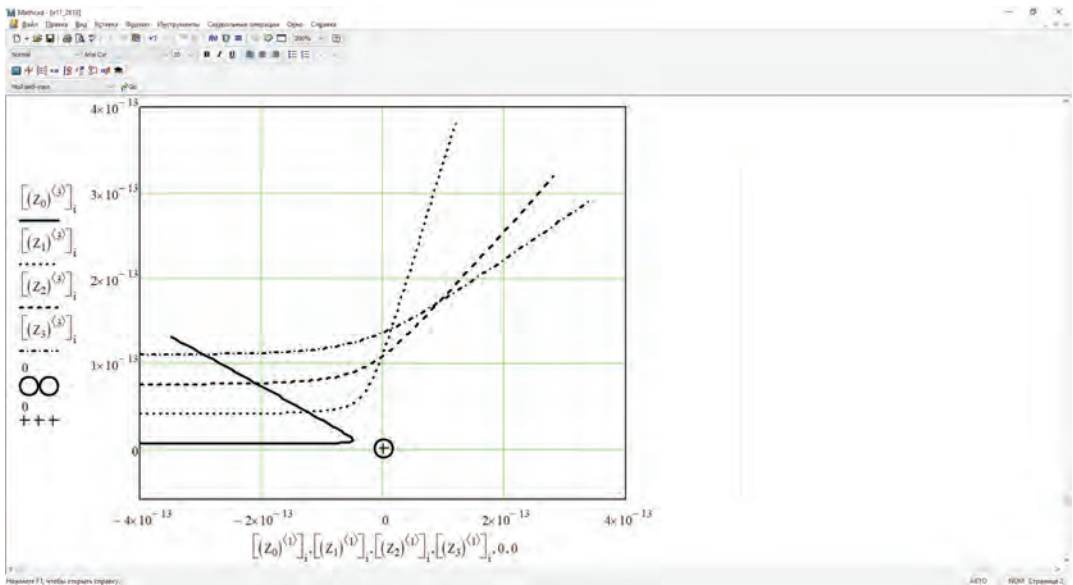
2-сурет – Альфа-бөлшектер ыдырауын модельдеуге қажетті дифференциалдық теңдеулер жүйесі

2-суретте альфа-бөлшектер қозғалысының траекториясын сипаттайтын дифференциалдық теңдеулерді дайындау және Mathcad-тың Bulstoeer функциясы арқылы оларды шешу ұсынылған. Ядро ортасынан әртүрлі қашықтықтағы альфа-бөлшектерді "іске қосудың" бірнеше нұсқаларына арналған шешім z матрицасында сақталады.

Әдістер мен материалдар. Сәйкес шекаралық шарттары бар екінші ретті жай дифференциалдық теңдеулер жүйесін шешу үшін Mathcad ортасының сандық әдісі, ал алынған нәтижелерді графикалық түрде бейнелеу үшін оның графикалық мүмкіндіктері қолданылды.

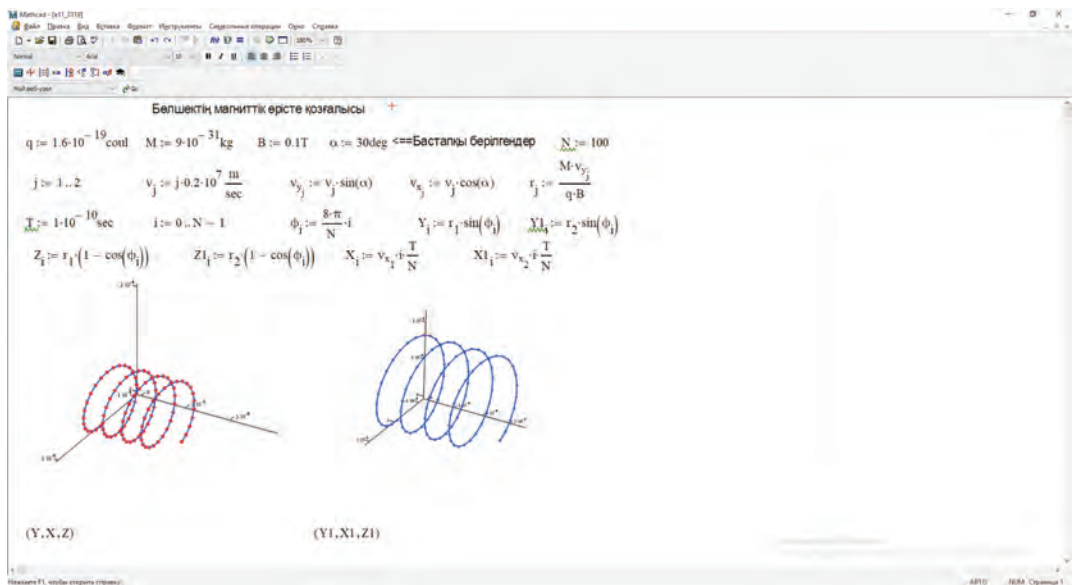
Нәтижелер мен оларды талқылау. Альфа-бөлшектер қозғалысының траекториясын сипаттайтын сәйкес шекаралық шарттары бар екінші ретті жай дифференциалдық теңдеулер жүйесінің шешімі 3-суретте графикалық түрде бейнеленген. Модельдеу бөлшектердің болжамды мінез-құлқын тамаша растайды-олардың бір бөлігі ядро болмаған жағдайда болатын олардың түзу сызықты ұшуынан ауытқуды, ал кейбір бөлшектер қозғалыс бағытын қарама-қарсыға өзгертуді бастан кешіреді. Физикалық қондырғының әр түрлі орындарында орнатылған бөлшектердің датчиктері заттар мен материалдар құрылысының атом теориясының растауы болып табылатын траекторияның осындай өзгерістерін белгілеп отырады.

Әрине, сипатталған модель абсолютті дәл деп айтуға болмайды. Мысалы, бөлшектер ядроға дәл бағытталса, онда елеулі қателіктер туындауы мүмкін. Егер бөлшектердің жылдамдығы үлкен болса, онда бөлшектер ядроның кері итеру күшін жене алады, нәтижеде бөлшектер оларға сіңеді. Мұндай сіңіру жағдайларын сипатталған модель есепке алмайды.



3-сурет – Альфа-бөлшектер ыдырауының траекториялары

Ядролық физикада бірдей электр заряды бар, бірақ массасы әртүрлі атомдар изотоптар деп аталады. Ядролық физиканың маңызды есептерінің бірі изотоптарды бөлу болып табылады. Модельдеуде изотоптарды бөлудің спектроскопиялық әдісін пайдаланамыз. Бұл әдіс ұшып шығатын және магниттік өрістің әсерінен ауытқитын иондардың траекториясының ерекшеліктері мен иондардың қозғалысын сипаттайтын дифференциалдық теңдеулер жүйесін шешуге негізделген. Электр за-



4-сурет – Магнит өрісіндегі электр заряды бар бөлшектер қозғалысының траекториялары

ряды бар бөлшектердің бірқалыпты магнит өрісінде қозғалу есебі осындай. Сонымен, q зарядты және M массалы бөлшек H кернеулігі бар магнит өрісі әсер ететін облысқа α бұрышымен ұшып шықсын. 4-сурет әр түрлі массасы бар екі бөлшек үшін траекториялардың құрылуын көрсетеді. Бөлшектердің қозғалысы Лоренц күшінің әсерінен болады. 4-суретте көрініп тұрғандай, бөлшектер X осі бойымен кеңістіктік спиралына сәйкес траектория бойынша қозғалады. Неғұрлым бөлшектердің бастапқы жылдамдығы жоғары болса, спираль диаметрі соғұрлым жоғары болады. Бұл мысал кеңістіктегі күрделі қозғалысты визуализациялау туралы жақсы түсінік береді.

Альфа-бөлшектер қозғалысының траекториясын сипаттайтын дифференциалдық теңдеулерді дайындау және Bulstoer функциясы арқылы оларды шешу ұсынылған. Ядролық физиканың маңызды есептерінің бірі изотоптарды бөлу болып табылады. Изотоптарды бөлудің спектроскопиялық әдісін сипаттауға арналған қолданбалы бағдарлама құрылып, жан-жақты талқыланған. Бұл әдіс ұшып шығатын және магниттік өрістің әсерінен ауытқитын иондардың траекториясының ерекшеліктеріне негізделген. Иондардың қозғалысын сипаттайтын дифференциалдық теңдеулер жүйесі келтірілген. Электр заряды бар бөлшектердің бірқалыпты магнит өрісінде қозғалу есебі Mathcad ортасында шешілген.

Қорытынды. Модельдеу бөлшектердің болжамды мінез-құлқын тамаша растайды-олардың бір бөлігі ядро болмаған жағдайда болатын олардың түзу сызықты ұшуынан ауытқуды, ал кейбір бөлшектер қозғалыс бағытын қарама-қарсыға өзгертуді бастан кешіреді. Физикалық қондырғының әр түрлі орындарында орнатылған бөлшектердің датчиктері заттар мен материалдар құрылысының атом теориясының растауы болып табылатын траекторияның осындай өзгерістерін белгілеп отырады. Әрине, құрылған модель абсолютті дәл деп айтуға болмайды. Мысалы, бөлшектер ядроға дәл бағытталса, онда елеулі қателіктер туындауы мүмкін. Егер бөлшектердің жылдамдығы үлкен болса, онда бөлшектер ядроның кері итеру күшін жеңе алады, нәтижеде бөлшектер оларға сінеді. Мұндай сіңіру жағдайларын құрылған модель есепке алмайды. Электр заряды бар бөлшектердің бірқалыпты магнит өрісінде қозғалу есебі шешілген. Неғұрлым бөлшектердің бастапқы жылдамдығы жоғары болса, спираль диаметрі соғұрлым жоғары болады. Бұл мысал кеңістіктегі күрделі қозғалысты визуализациялау туралы жақсы түсінік береді.

ӘДЕБИЕТ

1 Гульд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике. Часть 1. – М.: Мир, 1990. – 349 с. ISBN: 5-03-001593-0

2 Детлафф А.А., Яворский Б.М. Курс физики: учебное пособие для вузов. – 8-е изд., – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 720 с. ISBN: 978-5-7695-6478-9

3 Трофимова Т.И. Курс физики: учебное пособие для вузов. – Изд. 11-е. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 560 с. ISBN: 5-7695-2629-7

4 Дьяконов В. Компьютерная математика. Теория и практика. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 115 с. ISBN: 5-89251-065-4

5 Hecht Eugene. (2017). Optics. Pearson Education, Inc. ISBN: 978-0133977226

6 Ракитин В.И. Руководство по методам вычислений и приложения Mathcad. – М.: Физматлит, 2005. – 264 с. ISBN 5-9221-0636-8

- 7 Макаров Е. Инженерные расчеты в Mathcad 15. Учебный курс. – СПб. : Питер, 2011. – 448 с. ISBN: 978-5-459-00357-4
- 8 Brent Maxfield. (2006). Engineering with Mathcad: Using Mathcad to Create and Organize your Engineering Calculations. Butterworth-Heinemann. ISBN: 9780080466941
- 9 Охорзин, В. А. Компьютерное моделирование в системе Mathcad / В.А. Охорзин. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 144 с. ISBN 5-279-03037-6.
- 10 Philip Pritchard. (2008). Mathcad: A Tool for Engineering Problem Solving. McGraw-Hill Companies, Incorporated. ISBN: 9780073191850
- 11 Охорзин, В. А. Прикладная математика в системе Mathcad / В.А. Охорзин. – М.: Лань, 2008. – 352с. ISBN: 978-5-8114-0814-6
- 12 Maxfield B. (2009). Essential Mathcad for Engineering, Science, and Math ISE. ISBN: 9780123748461
- 13 Maxfield B. (2013). Essential Ptc(r) MathCAD Prime(r) 3.0: A Guide for New and Current Users. Academic Press. ISBN: 9780124104105
- 14 David Randolph, Martin II. (2020). Engineering Calculations with Creo Parametric and PTC Mathcad Prime. Independently published . ISBN: 979-8649196673

REFERENCES

- 1 Gould H., Tобоchnik Ya. Computer modeling in physics. Part 1. -М.: Mir, 1990.-349 p. ISBN: 5-03-001593-0
- 2 Detlaff A.A., Yavorsky B.M. Course of physics: textbook for higher educational institutions. - 8th ed., - М.: Publishing Center "Academy", 2008. - 720 p. ISBN: 978-5-7695-6478-9
- 3 Trofimova T.I. Course of physics: textbook for universities. – Ed. 11th. - М.: Publishing Center "Academy", 2006. - 560 p. ISBN: 5-7695-2629-7
- 4 Dyakonov V. Computer Mathematics. Theory and practice. -M: Hotline - Telecom, 2001.- 115s. ISBN:5-89251-065-4
- 5 Hecht Eugene. (2017). Optics. Pearson Education, Inc. ISBN: 978-0133977226
- 6 Rakin V.I. Guide to Calculation Methods and Mathcad Applications. –М.: Fizmatlit, 2005.- 264 p. ISBN 5-9221-0636-8
- 7 Makarov E. Engineering calculations in Mathcad 15. Training course. - St. Petersburg. : Peter, 2011. - 448 p. ISBN: 978-5-459-00357-4
- 8 Brent Maxfield (2006). Engineering with Mathcad: Using Mathcad to Create and Organize your Engineering Calculations. Butterworth-Heinemann. ISBN: 9780080466941
- 9 Okhorzin, V.A. Computer modeling in the Mathcad system / V.A. Okhorzin. - М.: Finance and statistics, 2006. - 144 p. ISBN 5-279-03037-6.
- 10 Philip Pritchard. (2008). Mathcad: A Tool for Engineering Problem Solving. McGraw Hill Companies, Incorporated. ISBN: 9780073191850
- 11 Okhorzin, V.A. Applied mathematics in the Mathcad system / V.A. Okhorzin. - М.: Lan, 2008. -352с. ISBN: 978-5-8114-0814-6
- 12 Maxfield B. (2009). Essential Mathcad for Engineering, Science, and Math ISE. ISBN: 9780123748461
- 13 Maxfield B. (2013). Essential Ptc(r) MathCAD Prime(r) 3.0: A Guide for New and Current Users. Academic Press. ISBN: 9780124104105
- 14 David Randolph, Martin II. (2020). Engineering Calculations with Creo Parametric and PTC Mathcad Prime. Independently published. ISBN: 979-8649196673

**Е. А. НЫСАНОВ, С. Д. ҚУРАКБАЕВА, А. Х. МАХАТОВА,
А. Е. КОЖАБЕКОВА, А. А. МУСАБЕКОВ**

Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПИСАНИЕ РАСПАДА АЛЬФА-ЧАСТИЦ И РАЗДЕЛЕНИЯ ИЗОТОПОВ

В статье рассмотрены особенности компьютерного моделирования распада альфа-частиц и разделения изотопов. Когда положительно заряженные альфа-частицы ударяются о тонкую пластинку материи, тогда они при близком расстоянии к ядрам отталкиваются от ядра атома, отклоняясь в движении от прямой линии, и могут даже изменить направление полета, сильно отталкиваясь от ядра и двигаясь к источнику альфа-частиц. Эти случаи моделированы и построены графики траекторий альфа-частиц с помощью современной компьютерной математической системы Mathcad. Предлагается составить дифференциальные уравнения, описывающие траекторию движения альфа-частицы, и решить их с помощью функции Vultstoeer среды Mathcad. Моделирование прекрасно подтверждает предсказанное поведение частиц – некоторые из них отклоняются от своего линейного полета в отсутствие ядра, а некоторые частицы меняют направление движения в противоположном направлении. Датчики частиц, установленные в разных частях физического устройства, обнаруживают такие изменения траектории, что является подтверждением атомной теории строения веществ и материалов. Разработана и подробно описана прикладная программа для описания спектроскопического метода разделения изотопов. Конечно, описанные модели не можем считать абсолютно точными. Например, если частицы нацелены точно на ядро, могут возникнуть значительные ошибки. Если скорость частиц высока, то частицы могут преодолеть силу отталкивания ядра, в результате чего частицы поглощаются ими. Такие условия поглощения не учитываются в разработанных моделях. Одна из важных задач ядерной физики является разделение изотопов. Разработана прикладная программа для описания спектроскопического метода разделения изотопов. Этот метод основан на характеристиках траектории ионов, которые излучают и колеблются под действием магнитного поля. Приведена система дифференциальных уравнений, описывающая движение ионов. Задача о движении электрически заряженных частиц в однородном магнитном поле решена в среде Mathcad.

Ключевые слова: альфа-частицы, изотопы, ионы, магнитное поле, компьютерное моделирование, Mathcad, прикладная программа.

**E. A. NYSANOV, S. D. KURAKBAYEVA, A. KH. MAKHATOVA,
A. E. KOZHABEKOVA, A. A. MUSABEKOV**

M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

COMPUTER SIMULATION AND DESCRIPTION OF ALPHA PARTICLE DECAY AND ISOTOPE SEPARATION

The computer simulation features of the alpha particle decay and isotope separation are discussed in presented paper. When positively charged alpha particles hit a thin plate of matter, then at a close distance to the nuclei they are repelled from the nucleus of an atom, deviating from a straight line in motion, and can even change the rectilinear motion, strongly repulsing from the nucleus and moving towards the source of alpha particles. These cases are simulated and graphs of the trajectories of alpha particles are plotted using modern computer mathematical system Mathcad. It is proposed to compose differential

equations describing the trajectory of the alpha particle and solve them by using the Bulstoer function in the Mathcad. The simulations perfectly confirm the predicted behavior of particles - some of them deviate from their linear motion in the absence of a nucleus, and some of the particles change direction in the opposite one. Particle sensors installed in different parts of the physical device detect such changes in the trajectory, which is a confirmation of the atomic theory of the structure of matter and materials. An application program for describing the spectroscopic method of isotope separation has been developed and discussed in detail. Of course, the described models cannot be considered absolutely accurate. For example, if the particles are aimed exactly at the nucleus, significant errors can occur. If the particle speed is high, then the particles can overcome the repulsive force of the nucleus, causing the particles to be absorbed by them. Such absorption conditions are not taken into account in the developed models. One of the important tasks of nuclear physics is the separation of isotopes. An application program has been developed to describe the spectroscopic method of isotope separation. This method is based on the characteristics of the trajectory of ions that radiate and oscillate under an impact of a magnetic field. A system of differential equations describing the motion of ions is given. The problem of the motion of electrically charged particles in a uniform magnetic field is solved in the Mathcad.

Key words: *alpha particles, isotopes, ions, magnetic field, computer simulation, Mathcad, applied program.*