

Авторлар туралы мәліметтер

Гүлдана Нұрланқызы Раимханова – «Тамақ өндірісінің технологиясы және биотехнология» кафедрасының магистранты, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы.

Жайнагуль Хасеновна Какимова – «Тамақ өндірісінің технологиясы және биотехнология» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, техника ғылымдарының кандидаты, Семей қаласының Шәкәрім атындағы Университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: zhaynagul.kakimova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3501-3042>.

Марина Евгеньевна Успенская – «Тамақ өндірісінің технологиясы және биотехнология» кафедрасының магистранты, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы.

Гүлмира Оразбекқызы Мирашева* – техника ғылымдарының кандидаты, «тамақ өндірісінің технологиясы және биотехнология» кафедрасының аға оқытушысы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; E-mail: mirasha@mail.ru. ORCID: 0000-0003-4286-4563.

Information about the authors

Guldana Raimkhanova – master's student of the Department of Food Production Technology and Biotechnology, Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan.

Zhainagul Khasenovna Kakimova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Production Technology and Biotechnology, Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: zhaynagul.kakimova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3501-3042>.

Marina Evgenievna Uspenskaya – master's student of the Department of Food Production Technology and Biotechnology, Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan.

Gulmira Orazbekovna Mirasheva – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Food Production Technology and Biotechnology, Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: mirasha@mail.ru. ORCID: 0000-0003-4286-4563.

МРНТИ: 29.03.77

А.Н. Сатибеков

Университет имени Шакарима города Семей
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А
e-mail: aug11@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА GEANT4

Аннотация: В современной физике элементарных частиц проведение актуальных экспериментов усложняется по причине удорожания и усложнения технологий, а также долгосрочной фундаментальной подготовки к проведению подобных опытов. Так как процессы, происходящие в физике элементарных частиц, имеют статистический характер, моделирование подобных экспериментов представляет из себя многократное измерение совокупности случайных процессов таких как взаимодействия частиц и прохождение их через детектор. Эту проблему может решить компьютерное моделирование физических экспериментов методом Монте-Карло. В данной работе представлены результаты моделирования эксперимента по исследованию нейтронного излучения при помощи программного пакета geant4. Показано что результаты моделирования коррелируют с реальным поведением нейтронов. Указанные данные показывают, что данный метод можно использовать при моделировании подобных экспериментов.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, метод Монте-Карло, geant4, нейтрон, замедлитель.

Введение

Эксперимент в физике частиц представляет собой, как правило, многократное измерение совокупности случайных процессов – взаимодействия частиц и прохождения их через детектор. Моделирование случайных процессов сводится к моделированию дискретных случайных величин с последующим преобразованием. Как правило такие расчеты практически нереально сделать вручную, а если и возможно, то затраты времени и сил на подобные расчеты очень неоправданные. В таких случаях удобнее пользоваться методами компьютерного моделирования основанными на методе Монте-Карло. Данный метод дает удобный способ расчета результатов подобных измерений. В этой работе проводилось моделирование эксперимента в программном пакете geant4 по исследованию взаимодействия нейтронов космического происхождения с замедлителями из бора, графита и полиэтилена при помощи детектора СНМ-15. Результаты нейтронно-физических исследований имеют особое практическое значение в связи с проблемами получения ядерной энергии, так как в процессах деления основную роль играют нейтроны. Тип частиц и вид замедлителя в целом, как и модель, может изменяться программным методом, таким образом, есть возможность в использовании модели при других вариантах подобных экспериментов.

GEANT4 и метод Монте-Карло

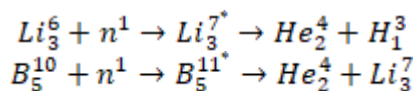
Методы Монте-Карло – это численные методы решения прикладных математических задач при помощи моделирования случайных величин. Идея родилась при работе над “Манхэттенским проектом”.

Термин «метод Монте-Карло» появился в 1949 году, когда была опубликована статья «метод Монте-Карло» под авторством Станислава Улама и Николаса Метрополиса [1]. Название выбрано в честь коммуны в княжестве Монако известной широко распространёнными игорными заведениями, так как именно рулетка казино является одной из самых повсеместно известных генераторов случайных чисел. Согласно автобиографии С.Улама «Приключения математика» название метода было предложено Н. Метрополисом [2].

Geant4 (англ. GEometry ANd Tracking – геометрия и трекинг) – это бесплатный программный пакет, состоящий из инструментов, которые могут быть использованы для точного моделирования прохождения элементарных частиц через вещество с использованием методов Монте-Карло. Разработчиками данного пакета являются специалисты из Geant4 Collaboration (CERN и другие институты) на объектно-ориентированном языке программирования C++. Первая версия пакета появилась в 1995 году. Первое “боевое” применение – эксперимент BaBar. С 2004 года – основная программа моделирования в экспериментах на LHC (кроме ALICE). Также широко применяется в физике частиц, космонавтике (ESA), радиационной медицине. [3]

Методика эксперимента

В модели симулировался эксперимент по исследованию нейтронной компоненты космического излучения при помощи нейтронного детектора СНМ-15 (Счетчик Нейтронов Медленных). СНМ-15 представляет собой пропорциональный счетчик длиной 2 метра, заполненный газом BF₃ (трифторид бора) под давлением 3 атм.. Проблемой при регистрации нейтронов является то, что эти частицы электрически нейтральны из-за чего они не способны вызывать ионизацию вещества, с которым взаимодействуют. Трифторид бора применяют в качестве наполнителя в ионизационных камерах для детектирования нейтронов благодаря захвату нейтронов бором-10 с образованием ядер лития-7 и гелия-4, ионизирующих газ. [4]



Вероятность захвата нейтронов с низкой энергией больше, чем у нейтронов с большой энергией, а так как разброс энергии у нейтронов космического излучения достаточно высок [5], существует необходимость в использовании замедлителей и отражателей нейтронов при подобных экспериментах. Поэтому в данной модели также симулировались обкладки, которые используются в два слоя снаружи детектора из таких веществ как бор, полиэтилен, графит и бериллий.

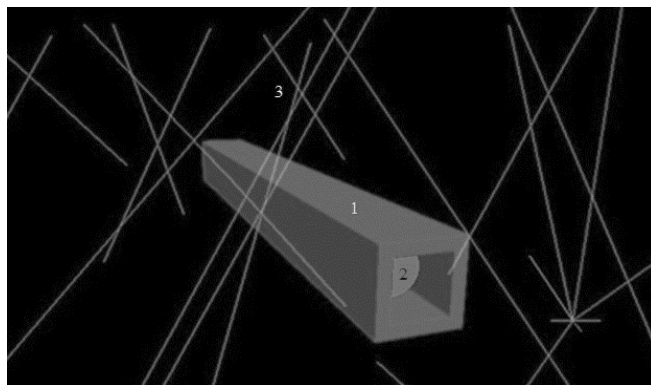
Бериллий во внутреннем слое используется в роли отражателя для того, чтобы не происходило утечки нейтронов из объема детектора. Во внешнем слое имеется замедлитель вторичных нейтронов с начальной энергией около нескольких МэВ: в процессе диффузии нейтронов в водородном компоненте они имеют множественные упругие столкновения с протонами, что приводит к средней тепловой энергии нейтронов (около 10^{-2} эВ) [6].

Вероятность регистрации тепловых нейтронов в пропорциональных измерителях достаточно высока. Внешний слой водородсодержащего вещества также служит для отражения нейтронов, которые испарились в обратном направлении, что повышает эффективность, и служит экраном для защиты от фоновых нейтронов во внешней среде.

Описание модели

В geant4 есть возможность задавать не только геометрию модели, но и начальные физические параметры. Стоит отметить, что проведение симуляции возможно и без визуального представления, в таком случае симуляция происходит быстрее и без излишней нагрузки на мощности электронно-вычислительной машины.

Мир симуляции был заполнен воздухом, в котором существует два объекта цель и детектор, которые представляют собой упрощенную модель детектора СНМ-15 и обкладки окружающей детектор. Физика мира включала в себя такие процессы как стандартный электромагнитный, радиоактивный распад, адронные процессы. Пользователь может настраивать интересующие его процессы по собственному желанию. Также можно задать параметры первичной кинематики, т.е. тип бомбардирующих частиц и их количество. В нашем случае параметры кинематики состояли из 10000 нейтронов с энергией от $E_{\min}=0.1\text{MeV}$ до $E_{\max}=10\text{MeV}$. Такой разброс в энергии был выбран потому что параметры вторичных нейтронов космического излучения сильно зависят от типа и энергии первичной частицы, вызывающей широкий атмосферный ливень. Значения энергии и траектории нейтронов определяются случайным образом при помощи пакета geant4. При визуальном представлении симуляции можно наблюдать треки частиц (рис. 1). Регистрация результатов симуляции происходила в автоматическом режиме при помощи встроенных возможностей программного пакета geant4.



1 – обкладка, 2 – детектор, 3 – треки нейтронов

Рисунок 1 – Графическая визуализация экспериментальной установки и треков частиц

Результаты и обсуждение

Моделирование эксперимента проводилось с тремя видами второго слоя обкладки (полиэтилен, бор и графит), а также с бериллием в качестве отражателя нейтронов в первом слое обкладки. Таким образом проводилось три симуляции с разными типами замедлителей в составе внешних слоев модели экспериментальной установки.

По результатам симуляции при помощи программного пакета geant4 строились графики энергетического распределения зарегистрированных частиц, представленные ниже (рис. 2, 3, 4).

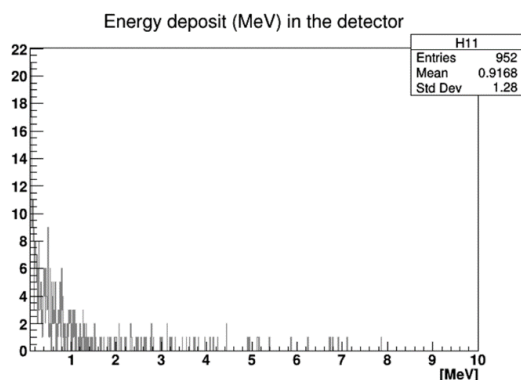


Рисунок 2 – Энергетическое распределение частиц для слоев бериллий-графит

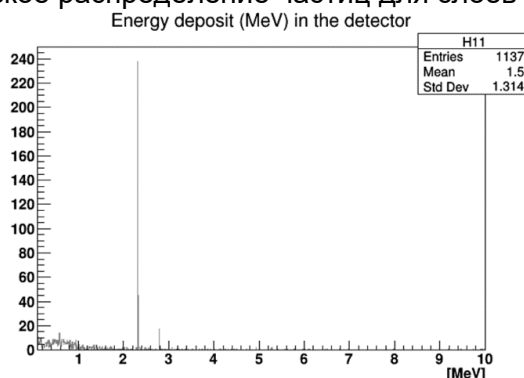


Рисунок 3 – Энергетическое распределение частиц для слоев бериллий-полиэтилен

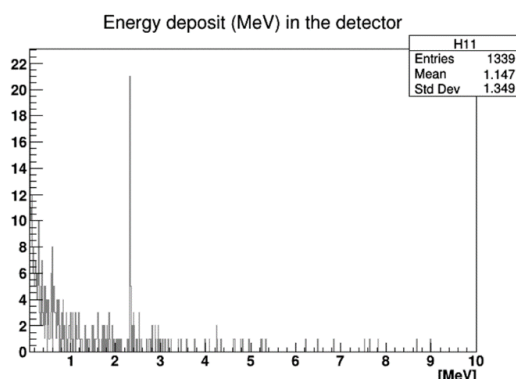


Рисунок 4 – Энергетическое распределение частиц для слоев бериллий-бор

В каждом из случаев в симуляции использовался поток нейтронов в количестве 10000 частиц с энергией от $E_{\min}=0.1\text{MeV}$ до $E_{\max}=10\text{MeV}$.

Для слоев бериллий-графит общее число зарегистрированных частиц составляет 952 нейтрона со средней энергией 0,9168 МэВ, а среднее квадратичное отклонение для данной симуляции составило 1,28 МэВ.

В случае, когда слои состоят из бериллия и полиэтилена общее число зарегистрированных частиц составляет 1137 нейтрона со средней энергией 1,5 МэВ, а среднее квадратичное отклонение для данной симуляции составило 1,314 МэВ.

В последнем варианте при слоях бериллий-бор общее число зарегистрированных частиц составляет 1339 нейтрона со средней энергией 1,147 МэВ, а среднее квадратичное отклонение для данной симуляции составило 1,349 МэВ.

Заключение

В результате проведенной работы с использованием методов математического моделирования на основе метода Монте-Карло при помощи программного пакета geant4 был смоделирован эксперимент по регистрации нейтронной компоненты широкого атмосферного ливня при помощи детектора СНМ-15 с различными видами обкладок (бериллий-бор, бериллий-графит, бериллий-полиэтилен). По результатам проведенных

симуляций получены спектры энергетического распределения частиц в детекторе для различных вариантов обкладки. Возможности программного пакета geant4 позволяют изменять параметры модели, такие как материал обкладки и тип бомбардирующих частиц, что позволяет применять данную модель для симуляции аналогичных экспериментов

Список литературы

1. Metropolis N., Ulam S. The Monte Carlo method // J. Am. Statist. Assoc. – 1949. – V.1. № 247. – С. 335-341.
2. Улам С. Приключения математика. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 272 с.
3. Novak M. Detector Simulation [Электрон. ресурс]. – 2017. – URL: https://indico.cern.ch/event/634284/attachments/1476341/2337717/detector_simulation_lecture_2017.pdf
4. Аллен. В.Д. Регистрация нейтронов. ГОСАТОМИЗДАТ, 1962. – 196 с.
5. Панасюк М.И. Странники Вселенной или эхо большого взрыва. Фрязино: Век 2, 2005, – 272 с.
6. Стогов Ю.В. Основы нейтронной физики: Учебное пособие. – М.: МИФИ, 2008. – 204 с.

А.Н. Сатибеков

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А
e-mail: aug11@mail.ru

GEANT4 БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ПАКЕТІМЕН НЕЙТРОНДЫҚ СӘУЛЕЛЕНУДІ ЗЕРТТЕУ БОЙЫНША ЭКСПЕРИМЕНТТЕРДІ МОДЕЛЬДЕУ

Аңдатпа: Қазіргі физикалық элементтік бөлшектер технологиялардың қымбаттауы мен күрделілігіне сондай-ақ мұндай эксперименттерді өткізуге ұзақ мерзімді іргелі дайындықтың қажеттілігіне байланысты эксперименттерді жүргізу күрделене түседі. Элементар бөлшектер физикасында жүретін процестер статистикалық сипатқа ие болғандықтан, мұндай эксперименттерді модельдеу бөлшектердің өзара әрекеттесуі және олардың детектор арқылы өтуі сияқты кездейсоқ процестердің жиынтығын бірнеше рет өлшеу болып табылады. Бұл мәселені Монте-Карло әдісімен физикалық эксперименттерді компьютерлік модельдеу шеше алады. Бұл жұмыста geant4 бағдарламалық пакетін қолдана отырып нейтрондық сәулеленуді зерттеу бойынша экспериментті модельдеу нәтижелері берілген. Модельдеу нәтижелері нейтрондардың нақты әрекетімен сәйкес келетіні көрсетілген. Көрсетілген деректер бұл әдісті осындай эксперименттерді модельдеуде қолдануға болатындығын көрсетеді.

Түйін сөздер: компьютерлік модельдеу, Монте-Карло әдісі, geant4, нейтрон, баяулату.

А.Н. Сатибеков

Shakarim University of Semey
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str., 20 A
e-mail: aug11@mail.ru

SIMULATION OF EXPERIMENTS ON STUDYING NEUTRON RADIATION USING THE GEANT4 SOFTWARE PACKAGE

Abstract: In modern elementary particle physics, conducting actual experiments becomes more complicated due to the rise in cost and complexity of technologies, as well as long-term fundamental preparation for conducting such experiments. Since the processes occurring in elementary particle physics has a statistical nature, the simulation of such experiments is a multiple measurement of a set of random processes such as particle interactions and their passage through a detector. This problem can be solved by computer simulation of physical experiments by the Monte Carlo method. This paper presents the results of modeling an experiment on studying neutron radiation using the geant4 software package. It is shown that the simulation results

correlate with the actual behavior of neutrons. These data show that this method can be used in modeling such experiments.

Key words: computer simulation, Monte Carlo method, geant4, neutron, moderator.

Сведения об авторах

Азизхан Нуртаевич Сатибеков – магистрант кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика», Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: aug11@mail.ru.

Авторлар туралы мәліметтер

Әзизхан Нұртайұлы Сатибеков – «Техникалық физика және Жылу энергетикасы» кафедрасының магистранты, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: aug11@mail.ru.

Information about the authors

Azizkhan Nurtaevich Satibekov – Master's student of the Department of "Technical Physics and Thermal Power Engineering", Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: aug11@mail.ru .

Материал поступил в редакцию 16.07.2021 г.

FTAXP: 65.09.31

А.К. Игенбаев*, Ж.С. Ажгереева

Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
010011, Қазақстан Республикасы Нұр-сұлтан Қ., Жеңіс даңғылы, 62
e-mail: aidyn_mamyt@mail.ru

ӨСІМДІК ШИКІЗАТЫНЫҢ ІРІ КЕСЕКТІ ЕТ ӨНІМІНІҢ ТАМАҚТЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа: Бұл мақалада итмұрын шикізатынан алынған сығындының әр түрлі мөлшерін (10, 15%) ірі кесекті ет өнімінің құрамына инъекциялау арқылы енгізілген. Зерттеу барысында итмұрын шикізатынан алынған сығындының әр түрлі мөлшерін (10, 15%) ірі кесекті ет өнімінің органолептикалық, физика-химиялық көрсеткіштеріне әсерінің нәтижелері көрестірілген. Ірі кесекті ет өнімдерін дайындау әдісі, өсімдік қоспасын, дәмдеуіштерді, суды және термоөңдеуді пайдалануды көздейді. Зерттеудің осы кезеңінде біз ірі кесекті ет өнімінің технологиясындағы өсімдік қоспаларының оңтайлы арақатынасын анықтау үшін эксперимент жүргіздік. Ірі кесекті ет өнімдерін – бір немесе бірнеше ірі бұлшықеттерден тұратын, біртұтас болып табылатын және біртекті емес технологиялық құндылықпен сипатталатын тек еттердің кесектерінен жасайды. Беті тегіс, бұлшық ет тінінің терең кесіндісіз (10 мм-ден артық емес), сіңірлер мен қатты беттік ұлпалары алынып тасталады. Еттің тағамдық және биологиялық құндылығы. Еттің тағамдық құндылығы оның құрамына кіретін ұлпалар қатынасына байланысты болады. Тағамдық құндылықты анықтаған кезде ең бірінші биологиялық толық құнды және тез сіңетін ақуыздар құрамымен анықталады. Биологиялық құндылық ақуызды компоненттердің сапасына байланысты болады. Құрамына итмұрынның 10%-дық экстрактісі қосылған тұздық енгізілген ірі кесекті ет өнімі және 15% экстрактісі қосылған тұздық енгізілген ірі кесекті ет өнімдерінің ылғалдылығы жоғары, консистенциясы жұмсақ, итмұрын экстрактісінің иісіне тән жағымды иісі бар болды.

Түйін сөздер: ірі кесекті ет өнімі, технология, итмұрын шикізаты сығындысы, физика-химиялық құрамы, органолептикалық көрсеткіштер

Кіріспе

Ет өнімдерінің жаңа түрлерін жасау кезіндегі критерийлердің бірі олардың рецептураларын бағалау ақуыз мен майдың оңтайлы арақатынасы тұрғысынан өнімнің