

Изучение в физическом лабораторном практикуме методов определения продуктов распада в ядерных реакциях

Н. П. Юркевич,

доцент кафедры «Физика»,
кандидат физико-математических наук, доцент,

Г. К. Савчук,

доцент кафедры «Физика»,
кандидат физико-математических наук, доцент;
Белорусский национальный
технический университет;

А. П. Ахмедов,

доцент кафедры «Электротехника»,
кандидат физико-математических наук, доцент,

С. Б. Худойбергенов,

старший преподаватель
кафедры «Электротехника»;
Ташкентский государственный
транспортный университет

Формы обучения студентов при изучении курса общей физики в технических вузах направлены на развитие будущих профессиональных умений. Содержание физического образования находится во взаимосвязи с содержанием специальных дисциплин, как, например, это отражено в работах [1–3]. При обучении курсу общей физики преподавателю необходимо показать студентам профессионально-практическую значимость знаний каждого раздела физики, провести оценку приобретаемых навыков и знаний изучаемого материала [4]. Совокупность получаемых физических знаний и изучение понятийной базы необходимы студентам для умения ориентироваться в современном информационном потоке, разбираться в нестандартных ситуациях и принимать правильные практические решения в будущей трудовой деятельности.

При изучении курса общей физики в технических вузах особая роль отводится физическому практикуму, который содержит элементы научных исследований, учит студента самостоятельно ставить и решать физические задачи [5–7].

Одним из основных подходов к проведению лабораторного практикума по общей физике в техническом вузе является виртуальный подход [3; 5], который предполагает использование компьютерных лабораторных работ, что актуально для практикума по квантовой, атомной и ядерной физике, где эксперимент не может быть проведен в лабораторных условиях.

Целью данной работы является разработка методических рекомендаций проведения лабораторного физического практикума по изучению методов определения продуктов распада в ядерных реакциях с помощью компьютерного моделирования.

При выполнении компьютерной лабораторной работы студентам необходимо изучить основные закономерности радиоактивного распада и реакций взаимодействия ядер химических элементов с элементарными частицами.

Компьютерное моделирование включает также возможность ознакомления с основными методами регистрации элементарных частиц. Обнаружить в продуктах ядерных реакций элементарные частицы можно виртуально с помощью камеры Вильсона, счетчика Гейгера, а также по изменению траектории движения заряженных частиц в магнитном поле (действие силы Лоренца).

Анализируя распад ядер из семейства актиноидов (уран $^{239}_{92}\text{U}$ и торий $^{233}_{90}\text{Th}$), студенты изучают правила смещения и применимость законов сохранения к ядерным реакциям. Важным элементом в компьютерном моделировании реакций радиоактивного распада является определение продуктов выхода ядерных реакций с помощью методов регистрации элементарных частиц. В результате компьютерного исследования студенты

определяют продукты распада и самостоятельно записывают ядерные реакции.

На рис. 1 показано основное меню компьютерной программы, в котором содержатся специальные окна выбора ядер химических элементов (белые символы элементов на сером фоне внизу слева) и вида реакции, выбора метода исследования (светло-серое поле), а также окно с набором частиц и изотопов, получающихся в результате ядерных реакций (черные символы на светло-сером поле внизу). В центре экрана показана мишень, представляющая собой вещество, содержащее изотопы химического элемента, а также пушка-источник, из которой мишень обстреливается потоками частиц: протонами, α -частицами или нейтронами.

Студентам предлагается изучить всевозможные варианты ядерных реакций, выбирая ядра химических элементов и элементарные частицы, с которыми они будут взаимодействовать (зона выбора элементов). Для проведения компьютерных экспериментов обучающемуся необходимо использовать все методы для определения типа элементарных частиц, испускаемых в реакции.

В качестве примера рассмотрим реакцию взаимодействия ядер $^{27}_{13}\text{Al}$ с ядрами гелия. При бомбардировке α -частицами ядер алюминия $^{27}_{13}\text{Al}$ камера Вильсона регистрирует треки (рис. 2). При этом пропускание потока частиц через магнитное поле не показывает отклонения от первоначальной траектории (рис. 3), а счетчик Гейгера не регистрирует поток гамма-квантов (рис. 4). Это значит, что в реакции после взаимодействия испускается частица, не обладающая зарядом, но обладающая массой, т. е. нейтрон.

Далее, используя закон сохранения заряда и закон сохранения массовых чисел, студенту необходимо выбрать изотоп, образующийся в результате реакции $^{27}_{13}\text{Al} + ^4_2\alpha \rightarrow ^{30}_{15}\text{P} + ^1_0\text{n}$. Выбор изотопов и частиц осуществляется нажатием соответствующих клавиш на сером поле программного экрана.

На рис. 5 показан компьютерный эксперимент, анализирующий поведение частиц в магнитном поле, испускаемых в результате распада ядер изотопа урана $^{239}_{92}\text{U}$.

Для проведения эксперимента студенты в окне выбора ядер химических элементов выбирают изотоп урана $^{239}_{92}\text{U}$ и вид реакции – распад. При нажатии клавиши «Магнитное поле» на экране можно видеть моделирование потока

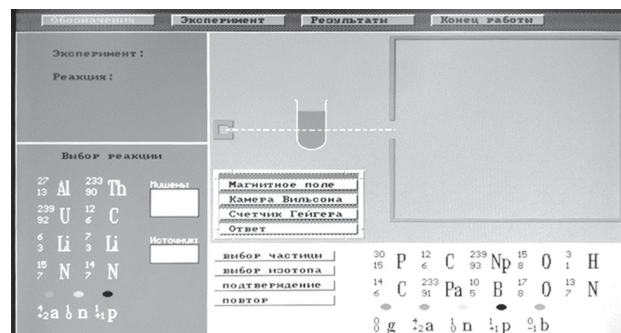


Рис. 1. Общий вид экрана компьютерной программы для изучения ядерных реакций

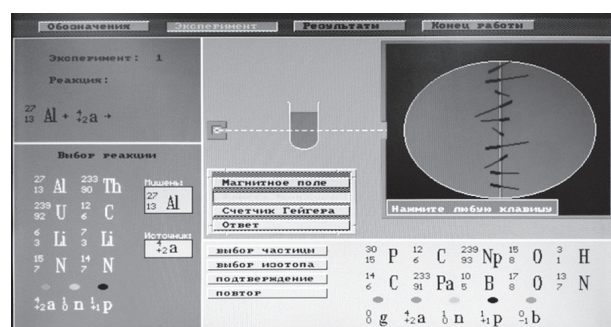


Рис. 2. Регистрация треков камерой Вильсона при бомбардировке ядер $^{27}_{13}\text{Al}$ потоком α -частиц

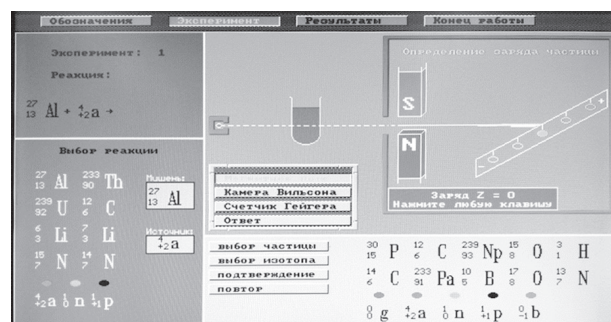


Рис. 3. Прохождение через магнитное поле потока частиц, появляющихся в результате бомбардировки ядер $^{27}_{13}\text{Al}$ потоком α -частиц

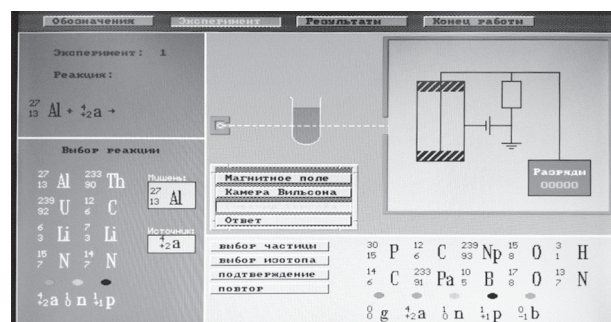


Рис. 4. Отсутствие регистрации гамма-квантов счетчиком Гейгера при бомбардировке ядер $^{27}_{13}\text{Al}$ потоком α -частиц

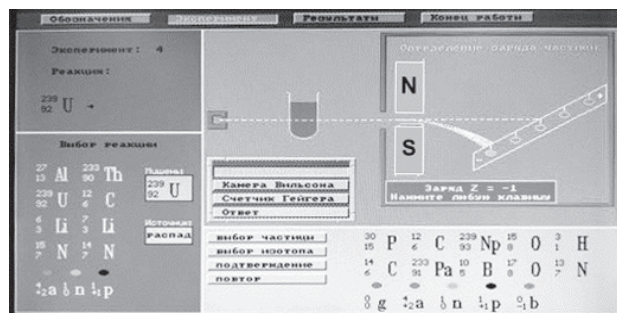


Рис. 5. Отклонение потока частиц в магнитном поле при распаде ядер урана $^{239}_{92}\text{U}$

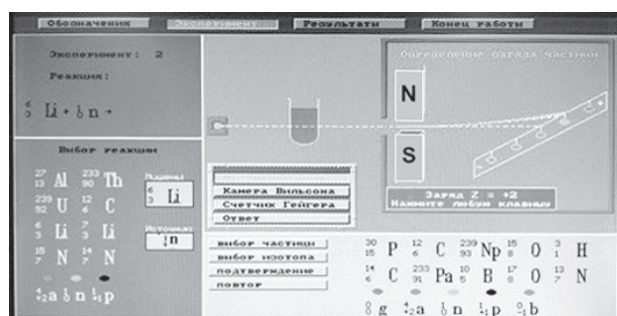


Рис. 6. Отклонение потока частиц в магнитном поле при бомбардировке ядер изотопа лития ^6_3Li нейтронами

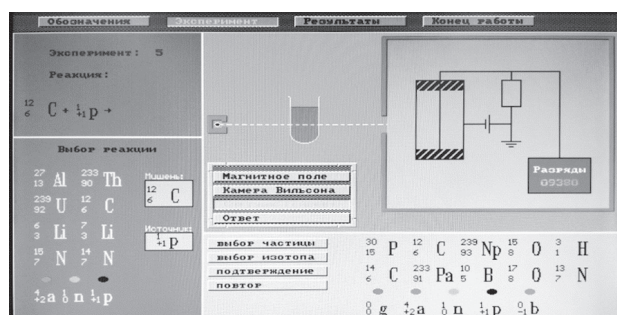


Рис. 7. Регистрация гамма-квантов счетчиком Гейгера при бомбардировке ядер изотопа углерода $^{12}_6\text{C}$ протонами

испускаемых в реакции частиц, который отклоняется магнитным полем. Результат отклонения, а также величина и знак заряда частицы высвечиваются на экране. При этом камера Вильсона не регистрирует треков, а счетчик Гейгера – гамма-квантов. Студенты делают вывод, что в результате распада ядра изотопа урана $^{239}_{92}\text{U}$ вылетает β^- -частица, и реакция записывается в виде $^{239}_{92}\text{U} \rightarrow ^{239}_{93}\text{Np} + ^0_{-1}\beta$.

Если мишень содержит изотопы лития ^6_3Li и обстреливается потоком нейтронов, то в магнитном поле под действием силы Лоренца наблюдается отклонение частиц, испускаемых

в результате реакции, в противоположном направлении, что свидетельствует о положительном знаке образовавшихся частиц. На экране программы видно (рис. 6), что заряд отклоняемых частиц равен +2.

Таким образом, данная реакция сопровождается вылетом α -частицы $^4_2\alpha$ и образованием изотопа водорода – трития: $^6_3\text{Li} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^3_1\text{H} + ^4_2\alpha$.

Если в итоге протекания ядерных реакций испускаются гамма-кванты, то запускается счетчик Гейгера, что отражается на экране компьютерного эксперимента в виде числа разрядов (рис. 7). Так, например, реакция $^{12}_6\text{C} + ^1_1\text{p} \rightarrow ^{13}_7\text{N} + ^0_0\gamma$ сопровождается вылетом гамма-кванта с массовым и зарядовым числами, равными нулю. Гамма-кванты не отклоняются в магнитных полях и не создают треков в камере Вильсона. Компьютерное моделирование позволяет студентам это увидеть наглядно на экране монитора.

В конце компьютерного эксперимента у студентов есть возможность в меню «Результаты» проверить себя на правильность написания ядерных реакций. Данная проверка доступна только при проведении всех экспериментов и подтверждении выбора студентами элементарных частиц и изотопов химических элементов.

После выполнения компьютерного исследования студентам необходимо подготовить отчет, который должен содержать краткое описание областей применения методов регистрации элементарных частиц, полученные уравнения реакций, а также выводы о применении правил смещения и законов сохранения массового и зарядового чисел в ядерных реакциях.

Таким образом, компьютерное моделирование протекания ядерных реакций позволяет наглядно продемонстрировать применение методов регистрации элементарных частиц. Представленная методика является комплексной, так как с ее помощью решается целый ряд вопросов, касающихся обучения студентов разделу «Физика ядра и элементарных частиц». Поэтому данный материал очень актуален, особенно с учетом подготовки специалистов для работы на АЭС.

Предлагаемая компьютерная методика может с успехом применяться для проведения офлайн-и онлайн-занятий, а также для организации самостоятельной работы студентов, участвующих в Международной совместной программе обучения, в частности для студентов из Республики Узбекистан.

Список использованных источников

1. Использование компьютерного эксперимента при изучении электромагнитных колебаний / Н. П. Юркевич [и др.] // Инновационные технологии обучения физико-математическим и профессионально-техническим дисциплинам: материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., Мозырь, 24 марта 2023 г. – Мозырь, 2023. – С. 66–68.
2. Использование интерактивных образовательных технологий по теме «Трансформаторы» дисциплины «Электротехника» / А. П. Ахмедов [и др.] // International Journal of Advanced Research in Education, Technology and Management. – 2023. – V. 2, № 3. – P. 63–71.
3. Ахмедов, А. П. Совмещение реальных и виртуальных лабораторных работ в образовательном процессе студентов / А. П. Ахмедов, С. Б. Худойбергенов, Н. П. Юркевич // Актуальные проблемы современного естествознания: материалы XI Респ. науч.-метод. семинара, Минск, 3 дек. 2020 г. – Минск, 2020. – С. 91–95.
4. Использование компьютерных технологий для контроля знаний студентов при выполнении физического практикума в рамках работы совместного факультета ТИПСЭАД-БНТУ / Н. П. Юркевич [и др.] // Выш. шк. – 2020. – № 3. – С. 26–28.
5. Потапова, М. В. Основные подходы к проведению лабораторного практикума по общей физике в техническом вузе / М. В. Потапова, Н. В. Кочергина, Э. О. Герасимова // Мир науки, культуры, образования. – 2022. – Т. 95, № 4. – С. 146–150.
6. Савчук, Г. К. Обучение студентов инженерно-строительного профиля основам рентгеновской дифрактометрии с использованием компьютерной структурной кристаллографии / Г. К. Савчук, Н. П. Юркевич // Физ. образование в вузах. – 2005. – Т. 11, № 2. – С. 56–65.
7. Юркевич, Н. П. Исследование распределения магнитного поля в многослойном соленоиде конечной длины / Н. П. Юркевич, Г. К. Савчук, П. Г. Кужир // Физ. образование в вузах. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 49–60.

Аннотация

В статье рассматриваются структура и содержание компьютерной лабораторной работы для определения продуктов распада в ядерных реакциях, а также методические рекомендации по ее внедрению в лабораторный практикум по курсу общей физики при изучении строения атомного ядра и особенностей ядерных реакций.

Abstract

The article deals with the structure and content of computer laboratory work for the determination of decay products in nuclear reactions, as well as methodological recommendations for its implementation in the laboratory practice in the course of general physics when studying the structure of the atomic nucleus and the features of nuclear reactions.

ГУО «Республиканский институт высшей школы»
Редакционно-издательский центр предлагает



А. А. Безродный

**ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

Допущено Министерством образования Республики Беларусь в качестве учебного пособия для студентов учреждений высшего образования по специальности «Прикладная информатика»

Учебное пособие содержит теоретические основы проектирования современных информационных (и в целом сложных человеко-машинных) систем как основного класса объектов для исследования и управления. В качестве предметной области рассматривается в основном нефтепродуктообеспечение, или обеспечение энергией на транспорте, интенсивно развивающееся в последнее время. Представленные в издании модели структур и алгоритмы управления, созданные с использованием системного причинно-следственного подхода, учитывают различную природу изучаемых объектов, их внутренний язык, неполноту реальных данных, алгоритмический характер решения и др.

Адресовано студентам специальности «Прикладная информатика», специалистам в области управления сложными системами, а также всем, кто решает непростые задачи на длительных промежутках времени в условиях высокой изменчивости внешней среды функционирования.

ISBN 978-985-586-797-6

Информацию о реализуемой учебной и методической литературе можно посмотреть на сайте www.nihe.bsu.by.
Заказы принимаются по адресу: 220007, г. Минск, ул. Московская, 15, к. 126, тел./факс 219 06 63.