УДК 37.013.75

Интерактивно-экспериментальный способ знакомства школьников с ядерной физикой на примере опыта НИИЯФ МГУ

Владимир Вячеславович Радченко, Павел Дмитриевич Ремизов, Евгений Вадимович Широков

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына (НИИЯФ МГУ)
119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 2; e-mail: vrad1950@yandex.ru, pd.remizov@physics.msu.ru, shirokov@phys.msu.ru

В статье описана методика, по которой преподаватели НИИЯФ МГУ приучают детей школьного возраста к экспериментальной атомной/ядерной физике. Хотя у детей нет твёрдого фундамента знаний в этом разделе, на занятиях они проделывают те же задачи, что и студенты МГУ, получают удовольствие и усваивают много нового как в теоретическом, так и практическом аспектах. Это достигается за счёт непрерывного поэтапного сопровождения ребёнка преподавателем во время выполнения экспериментальных работ.
Ключевые слова: ядерная физика, радиация, физический практикум, интерактивное обучение, эксперимент.

Введение

НИИЯФ МГУ – образовательная и научно-экспериментальная площадка, где студенты Физического факультета МГУ осваивают атомную и ядерную физику, а далее занимаются научной работой в этом направлении. НИИЯФ отличает наличие огромного количества уникального лабораторного оборудования, с помощью которого студенты не просто изучают теоретическую ядерную физику, а экспериментально проверяют каждый её аспект.

Однако в последние годы всё больше набирает обороты практика работы НИИЯФ со школьниками (школы Владимирской области, Гимназия МГУ, Дни открытых дверей, космическая школа CanSat, школы Москвы и Московской области).

Имея за плечами огромный опыт работы со студентами и уже достаточный (и довольно интересный) опыт работы со школьниками, мы поделимся в этой статье нашей методикой приобщения их к малознакомому им миру ядерной физики, а также своими размышлениями по поводу специфики восприятия материала и современными школьниками, и современными студентами, так как живут и обучаются они в одном и том же информационно-технологическом пространстве.

1. Физика на Физическом факультете МГУ

Сначала поговорим о методике обучения физике студентов Физического факультета МГУ. В течение семестра студент осваивает тот или иной раздел физики одновременно тремя методами: теоретическим (на лекциях), практическим (решая задачи на семинарах) и экспериментальным (применяя свои теоретические знания и умения решать соответствующие физические задачи в условиях практикума). И если лекции и семинары идут в логически выстроенной методической последовательности, то в случае с практикумом нет возможности придерживаться такого плана, и учащемуся часто выпадает лабораторная работа на тему, которую ни на лекциях, ни на семинарах он ещё не проходил. Поэтому в описании для каждого практикума есть довольно подробный теоретический пласт, знакомящий студента с темой работы и этапами её выполнения. По этой теории он предварительно готовится, чтобы в день практикума получить от преподавателя допуск к выполнению работы, а уже потом приступать к упражнениям.

Хотя студентам дано исчерпывающее описание и теории работы, и экспериментальной установки, и написаны инструкции по выполнению, всё равно до выполнения задачи большинство допускающихся очень расплывчато представляет себе работу установки и смысл упражнений. Это при том, что они являются студентами МГУ и параллельно интенсивно осваивают соответствующий раздел физики.

На первый взгляд может показаться, что если ядерный практикум вызывает сложности у студентов-ядерщиков, то приводить неподготовленных школьников выполнять те же задачи – абсурдная идея. Однако оригинальный подход и любовь к своему делу позволяют сотрудникам НИИЯФ МГУ эффективно преподносить ядерную физику и детям.

2. Ядерная физика в школе

Применительно к этому разделу физики, надо понимать специфику школьников, приходящих, в основном, в НИИЯФ МГУ на разовое знакомство с ним.

Возраст этих детей – от 8 до 18 лет. Тем не менее, нельзя сказать, что уровень знаний очень сильно отличается. Причиной тому служат два основных фактора:

1. Школьное оборудование. В школах с давних времён имеется оборудование, служащее преимущественно для демонстрации простейших принципов физики. Даже школы Москвы, в которые в последние годы идут щедрые поставки различного экспериментального оборудования для инженерных классов, не могут похвастаться установками по ядерной физике в силу того, что этот раздел и требует сложной техники, и имеет повышенную опасность в сравнении с другими.

2. Место ядерной физики и радиоактивности в школьном учебном плане. На ядерную физику отводится несколько уроков в конце 11 класса, когда каждый школьник нацелен лишь на подготовку к выпускным экзаменам. Это находит отражение в том, что ученики, которые сдают экзамен по физике, механически отрабатывают тестовые задания по этому разделу, а прочие в это время готовятся к сдаче своих предметов. Радиоактивность же проходят в школе на уроках ОБЖ, но не как феномен, а с точки зрения защиты от неё. Этими знаниями, надо отдать должное, действительно обладают практически все школьники, посещающие НИИЯФ, но в этих знаниях нет никакой физики.

Как следствие, в НИИЯФ приходят дети разных возрастов, но имеющие представление о ядерной физике лишь по ассоциации с ядерным взрывом. Но это не делает однодневное изучение довольно углублённого материала бессмысленным.

3. Приобщение к ядерной физике детей в НИИЯФ МГУ. Пример из практики

Для примера приведём устоявшуюся схему работы со школьниками в выходной день:

1. Лекция.
2. Экскурсия.
3. Установка «Космический душ».
4. Атомный/ядерный практикум.

3.1. Лекция.

В начале дня школьников обзорно знакомят с физикой микромира и явлением радиоактивности. Это уравнивает их познания в этой области и подготавливает к следующим пунктам плана. Хотя заинтересованными и мотивированными можно считать детей всех возрастов, активно себя ведут на лекции и задают много вопросов именно дети помладше. Жаль, что социальная среда гасит с возрастом эту любознательность и энтузиазм.

3.2. Экскурсия.

Далее группу детей ведут в корпус с ускорительным оборудованием, которое отнюдь не является «музейным». На этих аппаратах учёные МГУ непрерывно решают актуальные научные и технические задачи.

3.3. Установка «Космический душ».

«Космический душ» [1] используется для знакомства школьников с явлением естественной радиоактивности. Его название подчёркивает тот факт, что большой вклад в естественный радиационный фон вносят космические лучи. Разумеется, основным

источником космических лучей на земле является Солнце, на котором происходят реакции ядерного синтеза, сопровождающиеся излучением различных частиц.

Рисунок 1. «Космический душ» на специальной подставке.

Прибор (рис. 1) представляет из себя компактное устройство, включающее одноплатный компьютер (Raspberry Pi) под управлением ОС Linux, двухканальный стабилизированный импульсный источник высокого напряжения (400 В), 16-канальный усилитель сигналов со счетчиков Гейгера с преобразователем последовательности сигналов в цифровой вид и передачей данных в реальном времени по последовательному интерфейсу (RS232), а также компактный источник питания низкого напряжения (12 В) с гальванической развязкой. Компьютер, источник питания и модули обработки сигнала смонтированы на корпусе, в котором закреплены 16 счетчиков Гейгера. Компьютер незаметен — это небольшая коробочка над счетчиками. Ток через каждый счетчик, с учетом подключения мегаомного сопротивления, достаточно мал, и счётчиков можно касаться.

Устройство имеет стандартный набор интерфейсов для подключения периферийных устройств (монитора, клавиатуры, локальной сети). Индикация процесса и результата измерений осуществляется монитором через HDMI. Настройку монитора и считывание информации можно производить по локальной сети.

Подключенный монитор показывает набор событий в реальном времени на каждой паре счетчиков и суммарный счет на всех счетчиках (рис. 2). Измерения продолжаются 20 с, после паузы для демонстрации показания счет начинается заново. Клавиатура и мышь во время работы отсутствуют и не отвлекают внимания.

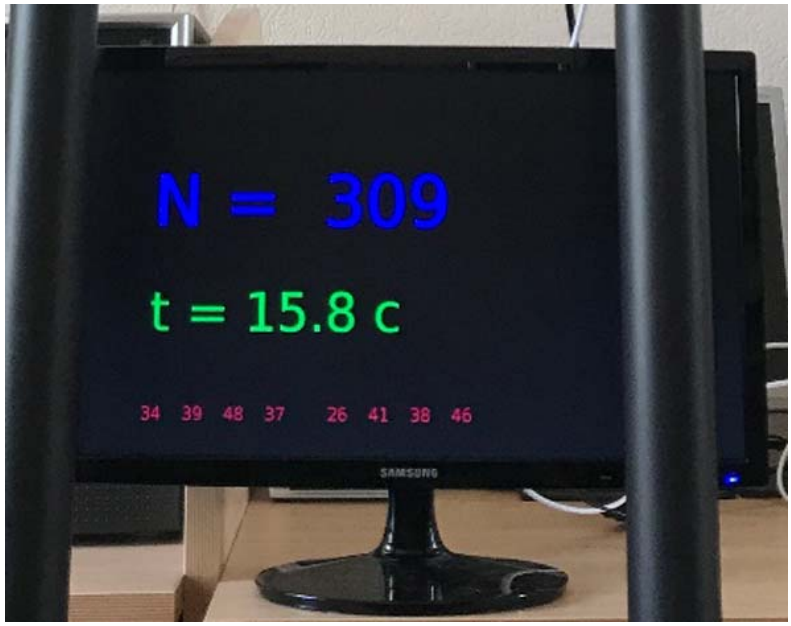

Рисунок 2. Показания монитора, подключенного к «Космическому душу» через HDMI.

На занятиях со школьниками для знакомства с установкой мы избрали методику «квеста в реальности» [2]. Школьники видят аппаратуру и монитор с цифрами, им предоставляется несколько подручных предметов (пакеты калийных и бескалийных удобрений, кусок гранита, счётчик Гейгера-Мюллера) и даётся задание: объяснить, что это за техника и что означают цифры на экране. Преподаватель, разумеется, следит за тем, чтобы школьники не портили аппаратуру и не делали ничего опасного для их здоровья. По мере правильных умозаключений преподаватель объясняет какую-то часть задачи, которую дети уже «разгадали». Обычно всё начинается с того, что кто-то из детей делает поисковой запрос в интернете тех символов, которые он видит на счётчиках Гейгера-Мюллера. Тем самым он узнаёт, что это упомянутые счётчики, вместе они пытаются осознать, что же они делают конкретно в данном случае, догадываются, почему в названии установки есть слово «космический»...

В конце преподаватель рассказывает небольшую лекцию, резюмируя то, с чем познакомились школьники на протяжении занятия.

Этот эксперимент формирует у детей вероятностную картину микромира. Формирование понимания природы таких явлений в школе значительно проигрывает детерминированной картине. А в жизни и в природе далеко не на все вопросы можно ответить только да или нет, 1 или 0. В ядерной же физике абсолютно все явления носят вероятностный характер, и невозможно наверняка сказать, какое число ядер распадётся в конкретную секунду; нельзя наверняка сказать, в каком направлении вылетят продукты распада; также нельзя гарантировать, что аппаратура задетектирует излучение, попавшее в объём её детекторов. Кроме того, аппаратура тоже имеет свои недостатки (шумы и т.д.). Иными словами, каждые 20 секунд суммарное число событий отличается от предыдущих значений. Тем не менее, все показания укладываются в сравнительно небольшой диапазон. Значительное, например, увеличение показаний наверняка свидетельствует о том, что условия эксперимента были изменены. Такое случается, когда дети подносят к аппаратуре калийные удобрения или гранит, богатые калием, в природную смесь которого входит радиоактивный изотоп K-40.

Такой подход отличается тем, что дети увлечены задачей, им предоставляется свобода действия без какого-либо сценария. Разгадывание загадки установки позволяет им попутно развлекаться: часто дети меряются, кто из них «радиоактивней», или смотрят, «радиоактивны» ли их наручные часы. В силу вероятностного характера показаний, кто-то действительно оказывается «более радиоактивным». Потом, однако, становится понятно, что показания всё-таки не зависят от того, кто ближе всех к устройству.

Этот интерактивный практикум сопровождается здоровой конкуренцией, потому что каждый ребёнок старается угадать первым и приветствуется именно его перебор догадок, а не воспроизведение заранее полученной информации. Такой интерактив хорошо подводит группу детей к моменту личного осознания, который наиболее важен в любой методике обучения.

Стоит уделить особое внимание одной упомянутой мелочи. Тому, что дети часто начинают правильно интерпретировать работу установки именно после поиска информации в интернете. Надо признать тот факт, что просторы интернета действительно помогают в момент получить нужную информацию и обучаться новому. Сейчас любой студент скажет, что почти всю информацию для учёбы он находит именно в интернете. Любой школьник превосходно умеет пользоваться интернетом. Возможно, стиль обучения, в котором перед школьником ставятся ситуативные задачи, решение которых он должен найти сам с помощью поиска данных и применения их к поставленной перед ним проблеме, окажется неожиданно эффективной в реалиях быстрого прогресса и отсутствия актуальной времени системы образования. В каком-то виде дети уже бесповоротно привыкли использовать методику поиска ответов в

интернете: они ищут в нём ответы, которые написаны на той же странице учебника, где и вопрос; ищут, откуда списать задачу... Они действуют в соответствии со временем, и неправильно запрещать им использовать новые технологии, ведь даже студенты-отличники своими знаниями обязаны доступности этих знаний. На Физическом факультете МГУ наиболее задействованные в общем образовательном процессе кафедры всё больше материалов загружают именно в интернет (в том числе видео лекционных экспериментов и даже задач практикума).

Возвращаясь к теме детей, для взрослого поколения сейчас, наверное, одна из наиважнейших задач заключается в том, чтобы научить детей правильно обрабатывать доступную информацию, фильтровать её, правильно применять. В отличие от студентов, они ещё не научены критическому мышлению. При знакомстве с «Космическим душем» фильтром выступает преподаватель.

Методика, в которой дети сначала сами ищут ответы, сами их находят, а потом закрепляют материал благодаря стройному и последовательному рассказу преподавателя, кажется очень эффективной и, возможно, перспективной.

3.4. Атомный/ядерный практикум.

Как уже было сказано, хотя студенты и готовятся к практическим работам заранее, им сложно запомнить упражнения, представить установку и, если есть, интерфейс программы. Дети же вовсе приходят, не обременённые никакой подготовкой. Конечно, преподаватели опытным путём подобрали наиболее эффективную методику проведения практикума в таких условиях, объясняя физические и технические аспекты работы по мере выполнения упражнений. Каждое упражнение обычно уделяет внимание одному несложному аспекту задачи, и такое поэтапное выполнение всей работы, разбитое на логически связанные подзадачи, легко воспринимается детьми. Кроме того, они не боятся ошибиться, потому что им не предъявляют требований. Здесь тоже поощряется их умственная деятельность в реальном времени, а не оценивается их способность заучивать материал дома и воспроизводить его спустя сутки и более.

Каждая работа обычно выполняется 2-8 людьми в темпе, корректируемом преподавателем. У быстро соображающих школьников появляется время глубже вникнуть в выполняемую задачу, задать вопросы; менее расторопные не выпадают из работы, преподаватель имеет возможность помочь каждому из них лично. Таким образом, все придерживаются одного режима.

Большим плюсом является то, что большинство задач ядерного практикума является компьютеризированными, программы сами проводят сложные вычисления, неподвластные учащимся школ, а детям не составляет труда освоить их интерфейс (скорее, им это даже интересно), что позволяет направить умственные способности на осознание сути. Между тем, некоторые дети, освоив базовый функционал программы,

необходимый для выполнения упражнений, начинают «проверять её на прочность», пытаясь исследовать все её возможности.

При работе с Гимназией МГУ план отличался. Каждый ребёнок проделывал 8 лабораторных работ по той же методике. После завершения такого практикума дети по освоенному материалу сдавали зачёт. В итоге наряду с теорией они рассказывали ещё и технические аспекты установок и софта, на котором работали.

Отметим, что для вполне понятных целей на практикум детям выдавались дозиметры, и оказывалось, что фон в помещениях ядерного практикума не превышает фона на улице, а где-то даже оказывается значительно ниже.

Заключение

Как заключение, можно сделать вывод, что методика осваивания материала детьми в экспериментально-игровой форме демонстрирует оптимистичные результаты даже при отсутствии предварительной теоретической подготовки. «Количественно» оценить эффективность такого метода пока не представляется возможным, так как такой цели не стояло изначально. Задачей описанной практики НИИЯФ МГУ при работе со школьниками является не методичное повышение уровня их знаний в ядерной физике или подготовка к экзаменам, а экспериментальное знакомство с этой наукой, повышение радиационной грамотности и расширение общего кругозора в очень сжатые сроки.

Конечно, наш опыт не претендует на универсальную эффективность: мы не имели дела со «сложными» детьми с «неправильными» ориентирами; у нас не стояло цели довести детей до какого-либо количественного результата; не каждое учебное заведение располагает таким количеством интереснейшей техники; наши преподаватели работают с детьми не «по распоряжению», а добровольно, поэтому после каждого занятия анализируют свою подачу материала, чтобы в следующий раз она была ещё лучше.

Тем не менее, очевидно, что такой подход к обучению, когда дети не готовятся к работе заранее, а поэтапно и самостоятельно (но, конечно, под надзором преподавателя) решают поставленные перед ними задачи, находит большой отклик в детях и, возможно, стоит увеличивать его вес в школьном и внешкольном образовании, а может быть и вузовском. Современным детям сложнее сосредоточиться на предварительном освоении материала, но они умеют быстро искать и находить информацию, когда им это нужно. Общество и технологии быстро меняются и, возможно, пересмотра требует и наш подход к традиционному обучению детей.

Литература

1. Установка «Космический душ» как одно из средств формирования радиационной грамотности обучающихся во внеурочной деятельности / С. С. Белышев, Е. В. Владимирова, В. В. Вязовский и др. // Наука и школа. — 2017. — № 6. — С. 132–138.
2. *Кичерова М.Н., Ефимова Г.З.* Образовательные квесты как креативная педагогическая технология для студентов нового поколения // Интернет-журнал «Мир науки» 2016, Том 4, номер 5 http://mir-nauki.com/PDF/28PDMN516.pdf (доступ свободный).
3. *Каравка А.А.* Урок-квест как педагогическая информационная технология и дидактическая игра, направленная на овладение определёнными компетенциями // Мир науки. – 2015. – № 3. – С. 20.
4. Однодневная школьная экскурсия на «передовой рубеж» ядерной физики / Е.В. Борисова, Е.В. Владимирова, А.А. Голубенко и др. // Проблемы и перспективы развития образования по физике: Общеобразовательные учреждения, педагогические вузы: доклады научно-практической конференции (г. Москва, 11-12 апреля 2018 г.) / Моск. гос. обл. ун-т; отв. ред. С.А. Холина. – М.: ИИУ МГОУ. — ИИУ МГОУ г. Москва, 2018. — С. 34–42.
5. ПРОВЕДЕНИЕ ЗАНЯТИЙ В ОБЩЕМ АТОМНОМ И ЯДЕРНОМ ПРАКТИКУМЕ С ГИМНАЗИСТАМИ МГУ ПО МЕТОДУ ЛАБОРАТОРНЫХ УРОКОВ ГЛИНКИ / А.А. Брусницын, Е.В. Владимирова, И.М. Зверева и др. // Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве [Электронный ресурс]: материалы Всероссийской научно-практической конференции, 28–29 марта 2019 года. – Ряз. гос. ун-т имени С. А. Есенина Рязань, 2019. – С. 19–22.

Interactive Experimental Method of Schoolchildren Introduction to Nuclear Physics using the Example of SINP MSU Experience

Vladimir Radchenko, Pavel Remizov, Evgeny Shirokov

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education M.V. Lomonosov Moscow State University, Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics (SINP MSU), 1(2), Leninskie gory, GSP-1, Moscow 119991, Russian Federation; e-mail: vrad1950@yandex.ru, pd.remizov@physics.msu.ru, shirokov@phys.msu.ru

Received December 4, 2019 PACS 01.40.Fk

The article describes the methodology by which teachers of the Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics of Moscow State University teach school-age children to experimental atomic / nuclear physics. Although children do not have a solid foundation of knowledge in this section, in the classroom they perform the same tasks as MSU students, they enjoy and learn a lot of new things both in theoretical and practical aspects. The teacher achieves this due to the continuous phased support of the child during the experiments.

Keywords: nuclear physics, radiation, physics workshop, interactive training, experiment.

References

1. Installation "Cosmic shower" as one of the means of radiation literacy forming for students in extracurricular activities / S. S. Belishev, E. V. Vladimirova, V. V. Vyazovskiy et al. // Science and School. — 2017. — № 6. — P. 132–138.
2. *Kicherova M.N., Efimova G.Z.* Educational quests as a creative educational technology for students of the new generation // Online journal “World of Science”. – 2016. – vol. 4. – No. 5, http://mir-nauki.com/PDF/28PDMN516.pdf
3. *Karavka A.A.* Lesson-quest as pedagogical information technology and didactic game aimed at the mastery of specific competencies // “World of Science”. – 2015. – No 3. – P. 20.
4. One-day school excursion to the "front line" of nuclear physics / Borisova E.V., Vladimirova E.V., Golubenko A.A. et. al // Problems and Prospects for the Development of Education in Physics: Educational Institutions, Pedagogical Universities: Reports of a Scientific and Practical Conference (Moscow, April 11-12, 2018) / Moscow Region State University; executive editor Kholina S.A. –

M .: IIU MGOU. – IIU MGOU Moscow, 2018. – P. 34–42.

5. LESSONS IN THE GENERAL ATOMIC AND NUCLEAR WORKSHOP WITH GYMNASISTS OF MSU BY THE METHOD OF LABORATORY LESSONS OF GLINKA / Brusnitsyn A.A., Vladimirova E.V., Zvereva I.M. etc. // Actual problems of physics and technology in education, science and manufacture [Electronic resource]: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference, March 28–29, 2019. – Ryaz. state University named after S. A. Yesenin, Ryazan, 2019. – P. 19–22.