

РАЗДЕЛ II. ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ И ВОСПИТАНИЯ

УДК 378.147.88

DOI: 10.18384/2310-7219-2019-4-30-40

ЗАДАЧИ КАК ОСНОВА ОРГАНИЗАЦИИ МЕЖПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ ФИЗИКИ, МАТЕМАТИКИ И ОСНОВ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНEDЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ РАДИАЦИИ

Буш А. Ф.¹, Зайцева О. С.², Зверева И. М.³

¹ Муниципальное общеобразовательное учреждение Гимназия №4
1410083, Московская обл., г. Лыткарино, квартал 3А, д. 11, Российская Федерация

² Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение лицей №17
141400, г. Московская обл., г. Химки, ул. Машинцева, д. 6, Российская Федерация

³ Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д. В. Скobelцына
119991, г. Москва, ул. Ленинские горы, д. 1, стр. 2, Российской Федерации

Аннотация. Обсуждаются важность и сложность формирования радиационной грамотности школьников. Приводятся два примера использования задачного подхода при изучении явления естественной радиоактивности: решение арифметических задач по простым ядерным реакциям на уроке математики в 6-ом классе, выполнение экспериментального задания по измерению радиационного фона на уроке ОБЖ в 8-ом классе. Анализируются результаты педагогического эксперимента: прогресс в понимании 6-классниками основ строения вещества, стимуляция проектной деятельности по физике 8-классников и динамика изменения их годовых оценок.

Ключевые слова: естественный фон, радиационная грамотность, задачный подход, годовые оценки по физике

PROBLEMS AS A BASIS FOR THE ORGANIZATION OF INTERDISCIPLINARY RELATIONS OF PHYSICS, MATHEMATICS AND FUNDAMENTALS OF LIFE SAFETY IN THE STUDY OF RADIATION

A. Bush¹, O. Zaytseva², I. Zvereva³

¹ Municipal educational institution gymnasium # 4
11, 3A. quarter, Lytkarino 1410083 Moscow region, Russian Federation

² Municipal autonomous educational institution lyceum # 17
6 Mashintseva, Khimki 141400, Moscow region, Russian Federation

³ M.V. Lomonosov Moscow State University, Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics
1, str. 2, Leninskoe gory, GSP-1, Moscow 119991, Russian Federation

© CC BY Буш А. Ф., Зайцева О. С., Зверева И. М., 2019.

Abstract. Importance and complexity of schoolchildren's radiation literacy formation are discussed. Two examples of problem-based approach in studying the phenomenon of natural radioactivity are given: the solution of arithmetic problems for simple nuclear reactions at the lesson of mathematics in grade 6; performance of an experimental task on measuring the background radiation at the lesson Fundamentals of Health and Safety in grade 8. The results of the pedagogical experiment are analyzed: progress in understanding the bases of the substance structure by the 6 graders, stimulation of project activities and change of annual physics marks of the 8 graders.

Keywords: natural background, radiation literacy, task-based approach, annual physics marks

Естественнонаучная, и в частности экологическая, грамотность включает в себя и радиационную грамотность, учитывая важность радиации как параметра среды [5, с. 110]. Под радиационной грамотностью мы понимаем систему знаний, умений и мотивов, позволяющих оценить, измерить и обосновать параметры безопасной радиационной обстановки и способы защиты внешней среды и человека от необоснованно высоких радиационных опасностей.

Термин «радиационная грамотность» не нов. Об актуальности «ядерной грамотности» говорится в исследовании Е. Ю. Дирковой [4, с. 3]. Среди условий и мероприятий для обеспечения радиационной безопасности в Основных санитарных правилах обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ – 99/2010) значится «повышение радиационно-гигиенической грамотности персонала и населения» [7, с. 8]. Радиационную грамотность молодёжи изучали на рубеже XXI в. сотрудники Санкт-Петербургского технологического института [15]. Об «элементарной радиоэкологической грамотности на уровне экологической информированности» говорит Е. В. Романов в работе «Ретроспективный анализ подходов к изучению вопросов радиационной безопасности в общеобразовательной школе» [11].

За рубежом термин «радиационная грамотность» (*radiation literacy*) встречается в работах А. Джонсона, победителя конкурса журнала *Science* за лучший исследовательский ориентированный школьный курс 2012 г. «Введение в радиоактивность» [20]. При изучении есте-

ственномонаучной грамотности у общественности, проводимом Национальным научным фондом (независимое агентство при правительстве США, отвечающее за развитие науки и технологий), в кратких вопросниках проверки фактических знаний из 9 вопросов один также касается радиации [21, с. 45]: *Все радиоактивное сделано человеком: верно или ложно?* (правильный ответ – ложно).

Почему важна радиационная грамотность? Почему не выдвинуть на первое место электростатическую грамотность? Мы живём в электрическом поле Земли (поле ясной погоды 120 В/м). Электроэнергия широко применяется, она весьма опасна. Аналогично можно было бы ввести понятие магнитной грамотности.

Сейчас в мире работает 450 ядерных реакторов. В России функционирует 35 ядерных реакторов, 8 из которых запущены давно, и их планируется остановить. Строятся 6 ядерных реакторов [19]. Радиоактивные излучения часто применяются в медицине и технике. Прагматическое обоснование, безусловно, важно. Однако главным обоснованием важности радиационной грамотности представляется глобальное влияние радиационных технологий в государственном и мировом масштабе.

Слаборадиоактивный человек (~7000 Бк) живет в слаборадиоактивном мире (0,1 ч 0,2 мкЗв/ч). В то же время мощь энергии ядра способна смети с Земли человечество, и именно ядерным ключом открывается дорога в космос. К этому самому мощному источнику энергии из осваиваемых человечеством

у каждого должно быть исключительно ответственное отношение [6, с. 41–42]. Потому центр тяжести формирования радиационной грамотности в большей степени лежит в воспитательной области, в мотивационной сфере.

Причины сложности формирования радиационной грамотности:

- эволюционные: у человека нет органов регистрации ионизирующего облучения;

- метрологические: многообразие и неоднократное изменение норм и единиц дозы излучений и активности;

- научные: продолжается научный спор о границе безопасной дозы;

- физические: радиационный фон зависит от широты, от положения над уровнем моря, от состава грунта и стен, от вентиляции помещения;

- экономические: школы не всегда обеспечиваются в должной мере приборами дозиметрического контроля;

- психологические: после Кыштыма, Чернобыля и Фукусимы в массовом со-

знании нет доверия к ядерным технологиям;

- методологические: отдельные блоки темы «Радиация» при изучении разных школьных предметов разнесены по времени изучения, недостаточно закрепляются решением задач.

Предложен вариант комплексной подготовки учеников в рамках недели радиационной грамотности силами 10-ти учителей-предметников [6, с. 40–41].

Резервом для формирования радиационной грамотности является пропедевтическое введение элементов физики атомного ядра при решении простых арифметических задач на уроках математики [10]. Пример такой задачи:

Пример 1. Все мы, живые, на Земле – представители углеродной жизни. Именно углерод помогает «склеивать» другие атомы между собой в наших тела (стволах, клетках). Среди ядер углерода в природе встречаются нестабильные. Они превращаются... (рис. 1).

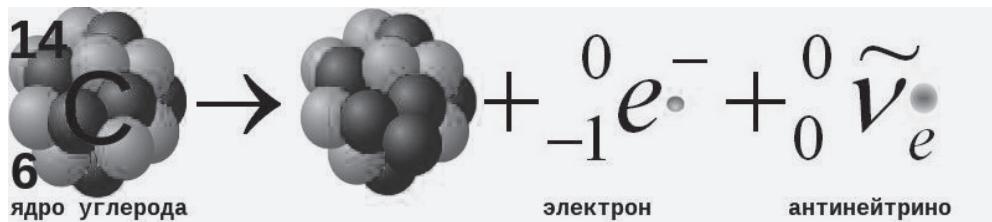


Рис. 1. Задача – ядерная реакция, где шарики двух цветов моделируют протоны и нейтроны в ядре

Во что превращаются нестабильные ядра углерода-14? [10, с. 14]

Поскольку при решении задач такого типа встречаются отрицательные числа (заряд электрона, выраженный в элементарных электрических зарядах, равен «-1»), со стороны младших классов мы ограничены временем изучения отрицательных чисел в математике – шестым классом.

Урок «Ядерная арифметика» в 6-ом классе. Мы описываем педагогический эксперимент, проведённый в мае 2018 г.

в лицее № 17 г. Химки. До урока ученики заполнили анкеты (см. рис. 2а).

В 5–6-ых классах лицее не ведётся предмет «Естествознание», и ответы на вопрос: «Человек дышит кислородом. Ваше мнение: из чего состоит кислород?» – были временами неожиданные. Примеры:

анкета 2: Я думаю, что кислород состоит из каких-нибудь сложных хим. формул. Я знаю, что в химии кислород обозначают O₂. Не знаю почему;

анкета 5: Состоит из химических элементов;

Человек дышит кислородом. Ваше мнение - из чего состоит кислород?

<p><u>Кислород</u></p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	<p>Здесь можно его нарисовать</p>
--	-----------------------------------

Как бы Вы поставили опыт, чтобы узнать состав кислорода?

Взять кислород, потом посмотреть на него через микроскоп и узнать

Человек дышит кислородом. Ваше мнение - из чего состоит кислород?

<p>Из атомов</p> <hr/> <p><u>Из 8 НЕЙТРОНОВ, 8 ПРОТОНОВ, 8 ЭЛЕКТРОНОВ (в обычном ^{16}O)</u></p> <hr/> <hr/>	<p>Здесь можно его нарисовать</p>
---	-----------------------------------

⊕ - ПРОТОНЫ O - НЕЙТРОН
⊖ - ЭЛЕКТРОНЫ

Как бы Вы поставили опыт, чтобы узнать состав кислорода?

Излучение направят на пластину

Рис. 2. а) пример типичной анкеты до урока «Ядерная арифметика», оценена в 0 баллов
б) пример лучшей анкеты через 13 дней после урока «Ядерная арифметика», оценена в 4 балла

анкета 6: Из молекул;

анкета 12: Кислород состоит из водорода и других элементов таблицы Менделеева;

анкета 15: Кислород состоит из атомов и молекул и каких-то частиц, и все это образует некую цепь;

анкета 24: Из O_2 , H_2O , Озона и других газов (заметим, что буква «О» в «озоне» написана с большей буквы – автор явно думает, что это не просто название газа, а следствие того, что в нём содержится кислород).

В неблагородной «массированной»

пропедевтике есть риск создания устойчивых, но неверных представлений, поэтому ответы на первые анкеты нас в этом плане успокоили – путаница в мыслях у детей уже была до начала экспериментального урока. Класс 6А, в котором проводился урок «Ядерная арифметика», необычный. С 1-го класса дети занимаются проектной деятельностью. Возможно, поэтому многие в ответах упоминают таблицу Менделеева, без ошибок приводят химические обозначения элементов.

Оценка за ответ на вопрос, из чего состоит кислород, могла принимать значения от 0 до 4 и складывалась из баллов:

- есть утверждение о том, что кислород состоит из частиц, – 1 балл;
- в ответе есть названия частиц, из которых состоит атом, – 1 балл;
- есть упоминание о том, что некоторые частицы в атоме имеют заряд, – 1 балл;
- на рисунке правильное схематическое изображение атома – 1 балл.

При таком оценивании приведённые выше ответы анкеты 6 и 15 получают по 1 баллу, а остальные – ноль баллов.

Начался урок с краткого объяснения состава атома и атомного ядра. Для наглядного моделирования состава ядра на уроке мы использовали набор магнитных жёлтых и стальных белых шариков, из которых школьникам можно было самостоятельно «создавать» ядра. Для объяснения того, как было доказано такое строение, показывались слайды со схемой эксперимента Резерфорда. В классе была развернута карта атомных ядер [2, с. 47], где число нейтронов и число протонов отложены по осям. Объяснялось, что «цветным» ядрам выгодно превращаться в другие, «в «голубых» нейtron превращается в протон, а в «розовых», наоборот, протон в нейtron. Подчёркивалось, что общее число протонов и нейтронов в ядерных превращениях не меняется (закон сохранения массового числа) и общий заряд остаётся постоянным (закон сохранения заряда). Демонстрировалось,

что математические уравнения из примера 1:

$$14=A+0+0$$

$$6=Z-1+0,$$

по сути, являются выражением законов сохранения. Решения двух задач разбирались классом совместно, потом выдавались задания [18] для самостоятельного решения. Для урока были подобраны «горячие» задачи о ядерных реакциях, дающих тепло Земле (распад ядер тория-232, урана-238, калия-40), задачи из CNO- и протон-протонного циклов, протекающих в Солнце. На распечатанном отрывке карты атомных ядер предлагалось найти ядро с нечётным числом протонов и нечётным числом нейтронов.

В течение урока дети проявляли повышенный интерес к материалу урока. Задавали вопросы о ядерных реакциях: «А почему здесь вылетает альфа-частица? А здесь – электрон?» Учитель для объяснения, по какому пути пойдёт реакция, привела аналогию с выбором школьником оптимального пути для дороги в школу (удачная иллюстрация для классического объяснения «энергетически выгодно»). После «Ядерной арифметики» один 6-классник подошёл и задал нестандартный телеслогический вопрос:

– А зачем нужен нейтрон, если у него нет заряда?

Тут полезна карта атомных ядер:

– А сколько есть стабильных ядер, состоящих только из протонов?..

– Одно, аш-1...

– В мире, где нет нейтронов, школьники не задают такие вопросы.

Первое анкетирование проводилось 11 мая, второе – 24 мая (рис. 26). Повторения перед вторым анкетированием не проводилось. Поскольку число градаций при оценке анкетирования мало (от нуля до 4), уместнее использовать критерии, не предполагающие нормального распределения. Согласно критерию Манна-Уитни и критерию Q Розенбаума, различия между двумя выборками (табл. 1) можно считать достоверными ($p < 0,01$). Школь-

Таблица 1

**Результаты анкетирования 26-ти 6-классников до урока
«Ядерная арифметика» и через 13 дней после урока**

Общее число баллов за ответ анкеты	Число анкет с данным числом баллов анкетирование 11 мая 2018 г.	Число анкет с данным числом баллов анкетирование 24 мая 2018 г.
0	17	0
1	6	1
2	3	12
3	0	8
4	0	5

ники действительно повысили свои знания о строении атома и атомного ядра после урока «Ядерная арифметика».

Важной представляется и качественная проверка экспериментальных навыков учеников. Показательны ответы на вопрос: «Как бы Вы поставили опыт, чтобы узнать состав кислорода?» – при первом тестировании:

анкета 16: чтобы узнать состав кислорода, нужно воспользоваться ИКТ;

анкета 20: Интернет;

анкета 21: Спросили помочь учителя биологии;

анкета 24: Заглянула бы в учебник химии, биологии, географии.

Из 26 школьников до урока «Ядерная арифметика» 8 попытались предложить какой-то реальный эксперимент для выяснения состава кислорода. Шестеро из них предложили посмотреть в микроскоп.

При повторном анкетировании реальный эксперимент предложили четверо из 26. Только один из них упорно использовал микроскоп:

анкета 4 (11 мая): Рассмотрел бы под микроскопом;

анкета 4 (24 мая): Увеличил бы атом кислорода микроскопом.

Из ответов следует, что большая часть 6-классников запомнили объяснение, что атом так мал, что в микроскоп увидеть его не удастся. Показанный в виде слайда эксперимент Резерфорда не был понят и не удержался в памяти большинства, поэтому, видимо, некоторые 6-классники либо по-прежнему записывали «помощь учите-

ля», «посмотрела бы в учебнике и таблице Менделеева», либо оставляли графу ответа пустой. Хотя число предложивших реальный эксперимент уменьшилось вдвое (с 8 до 4 из 26-ти), согласно угловому критерию Фишера [13, с. 332], гипотеза «Доля лиц, предлагающих реальный эксперимент, в выборке 11 мая не больше, чем в выборке 24 мая» не отвергается.

Дозиметрия на уроках ОБЖ. Важным этапом в формировании радиационной грамотности и связанных с нею экспериментальных навыков, в частности, могут стать уроки по предмету «Основы безопасности жизнедеятельности» (ОБЖ) в 8-ом классе.

При обсуждении проекта требований к результатам ФГОС ООО по предмету ОБЖ в апреле 2019 г. нами предложено добавить в них *умение использовать дозиметр для измерения радиационного фона*. Мы привели следующее обоснование:

Важным навыком является умение пользоваться дозиметром. С явлением радиации школьники впервые встречаются именно в курсе ОБЖ в 8-ом классе. Некоторые энтузиасты уже проводят лабораторные работы по дозиметрии в курсе ОБЖ [3]. Примеры из отечественной истории XXI в. показывают, что население, как правило, неадекватно реагирует в случае возникновения «слухов» и паники. В ноябре 2004 г., когда на Балаковской АЭС был остановлен энергоблок, в десяти областях России возникла паника, подогреваемая публикациями

Гринписа с информацией о правилах поведения в условиях радиоактивного поражения. Десятки людей получили ожоги и отравления йодом вследствие «самолечения», поэтому умение воспользоваться дозиметром (или посмотреть радиационный фон в интернете) очень важно для проверки необоснованных слухов. В нашей местной школе не было дозиметра. Эффективным оказался метод обучения «в коридоре». На нескольких переменах 10-классник обучал ребят работать с принесённым дозиметром в холле 1 этажа в рамках своей проектной работы. Следует помнить, что в интернете есть много онлайн работающих дозиметров. Таким образом, умение школьника использовать дозиметр важно, полезно, и его формирование вполне достижимо [9].

Практические работы по измерению радиационного фона уже проводятся в 9-ых классах в рамках курса биологии [1], физики [17]. Оптимальным нам представляется рассматривать вопрос измерения радиационного фона в курсе ОБЖ 8 класса параллельно со вступлением к изучению главы «Аварии с выбросом радиоактивных веществ», вместе с рассказом о естественной радиоактивности [8, с. 80]. Дефицит задач по теме «Радиоактивность и радиационно опасные объекты» на уроках ОБЖ может восполнить подборка качественных ситуационных задач времён ядерной эйфории (первой половины XX-го в.): «Часы», «Радиоактивная косметика», «Размер обуви с помощью рентгена» [12, с. 214–216].

Измерение радиационного фона счётчиком Гейгера в счётном режиме проводилось в 8А классе гимназии № 4 г. Лыткарино (учитель физики вела в этом классе и уроки ОБЖ). Благодаря договору школы с НИИЯФ МГУ у школьников 8-го класса также была возможность выполнить несколько экспериментальных работ по физике атомного ядра в практикумах НИИЯФ в рамках внеурочной деятельности. Для подготовки к поездке в практикум восьмиклассники провери-

ли полученные сведения о типах радиоактивности и защите от них, проходя анкетирование [14, с. 135]. В дальнейшем двое школьников 8А предложили тему и выполнили проектную работу по измерению радиационного фона в классе, в подвале школы и на улице. Они приняли участие в XII Международной научно-практической конференции учащихся и студентов «Молодёжь и инноватика». Их работа опубликована в сборнике конференции [16]. Хотя представленные тезисы имеют ряд недочётов, их содержание демонстрирует значительное расширение кругозора учеников, а проявленные ими самостоятельность и упорство доказывают личностный рост.

В то же время анализ успеваемости по физике по всему 8А классу показал, что в сравнении с 7-ым классом (средняя оценка $3,67 \pm 0,65$ балла в 7А), качество знаний учеников осталось на прежнем уровне ($3,67 \pm 0,56$ балла в 8А). Поскольку успеваемость по физике в других классах этой параллели немного снизилась по сравнению с 7-ым классом ($3,93 \pm 0,81$ в 8Б вместо $4,11 \pm 0,88$ в 7Б и $3,40 \pm 0,50$ в 8В вместо $3,52 \pm 0,59$ в 7В), стало ясно, что желательно провести статистический анализ изменения успеваемости за год по физике для всех классов. Чтобы исключить влияние возможной разницы в уровнях разных классов, сравнивались также и годовые оценки школьников 7-ых классов 2015–2016 учебного года и 8-ых классов 2016–2017 учебного года (табл. 2).

Мы применили для оценки статистической достоверности сдвига годовой оценки по физике учеников разных классов G-критерий знаков [13, с. 77]. Сравнивались результаты только тех школьников, которые учились в 7-ом и в 8-ом классах. К примеру, годовая «пятерка» одного из 8-классников, выполнивших проектную работу, не учитывалась, так как он не учился в 7-ом классе в этой школе. Не было отмечено ни одного случая, где бы оценка ученика изменилась больше, чем на ± 1 .

Таблица 2

**Результаты анализа изменения годовых оценок по физике учеников
7-ых и 8-ых классов Лыткаринской гимназии №4**

Классы (годы)	Сдвиг в годовых оценках учеников		
	положительный	нулевой	отрицательный
7А–8А (2015–2017)	0	19	6
7Б–8Б (2015–2017)	1	23	2
7В–8В (2015–2017)	1	23	2
7Б–8Б (2016–2018)	0	23	5
7В–8В (2016–2018)	1	20	4
всего по контрольным классам	3	108	19
7А–8А (2016–2018) экспериментальный класс	3	18	3

Нулевые сдвиги в критерии знаков исключаются из рассмотрения, а количество пар уменьшается на число нулевых сдвигов [13, с. 78]. Для контрольных классов (табл. 2) мы получили $3+19=22$ сравниваемые пары и проверяли гипотезу «Преобладание отрицательных сдвигов в годовой оценке по физике в 8-ых классах по сравнению с 7-ми в контрольных классах является случайным». По таблице критических значений критерия знаков G [13, с. 323] для $n = 22$ $G_{0,01} = 5$, а $G_{эмп} = 3 < G_{0,01}$, следовательно, гипотеза отвергается. Значит, преобладание отрицательных сдвигов в годовой оценке по физике в 8-ых классах по сравнению с 7-ми в контрольных классах является достоверным ($p \leq 0,01$).

Аналогичная гипотеза для экспериментального класса не отвергается ($p \leq 0,05$), так как для $n = 6$ $G_{0,01}$ не определено, а $G_{0,05} = 0$. Число же эмпирических положительных сдвигов годовой оценки для экспериментального класса равно 3.

Выводы. Результаты педагогических измерений показывают, что урок «Ядерной арифметики» значительно повысил понимание строения атома и ядра у

6-классников, не изучавших естествознание в 5–6 классе. Однако при объяснении следует уделить большее внимание экспериментальным доказательствам протон-нейтронной модели ядра (возможно, подобрать лучшую наглядную демонстрацию эксперимента Резерфорда, чем простой слайд). Измерения радиационного фона в 8-ом классе стимулируют проектную деятельность *отдельных* школьников. Хотя дополнительная экспериментальная деятельность школьников по курсу ядерной физики не повышает успеваемости по физике в классе в целом, она достоверно препятствует её падению. Можно сделать вывод, что пропедевтическое введение арифметических задач с физическим содержанием в курсе математики 6-го класса и экспериментальной задачи по измерению радиационного фона в курсе ОБЖ обогащает содержательную часть этих предметов и закладывает фундамент для формирования радиационной грамотности школьников при дальнейшем изучении курса физики.

Статья поступила в редакцию 23.05.2019

ЛИТЕРАТУРА

- Беляева Ж. В. Обучение учащихся основной школы естественнонаучным методам познания на основе межпредметных связей биологии, химии и физики: дис. ... канд. пед. наук. М., 2015. 233 с.
- Гуденко Е. В., Зверева И. М., Якубова Н. В. Карта атомных ядер на уроках в школе // Проблемы и перспективы развития образования по физике: Общеобразовательные учреждения,

- педагогические вузы: доклады научно-практической конференции, Москва, 10–11 апреля 2019 г.; отв. ред. С. А. Холина. М., 2019. С. 47–54.
3. Данченко С. П. Практикум в курсе «Основы безопасности жизнедеятельности» как условие адаптации учащихся к экстремальным ситуациям: дисс. ... канд. пед. наук. СПб., 2004. 185 с.
 4. Диркова Е. Ю. Создание и методика применения комплекса средств обучения субатомной физике для средней школы: дисс. ... канд. пед. наук. М., 1991. 198 с. Прил. (с. 199–325: ил.).
 5. Зверева И. М. Межпредметные связи физики с другими школьными курсами как одно из средств формирования радиационной грамотности обучающихся // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Педагогика. 2017. № 2. С. 109–116. DOI: 10.18384/2310-7219-2017-2-109-116
 6. Однодневная школьная экскурсия на «передовой рубеж» ядерной физики / Е. В. Борисова и др. // Проблемы и перспективы развития образования по физике: Общеобразовательные учреждения, педагогические вузы : доклады научно-практической конференции, Москва, 11–12 апреля 2018 г.; отв. ред. С. А. Холина. М., 2018. С. 34–42.
 7. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ – 99/2010) [Электронный ресурс]. [2010]. URL: <http://nucloweb.jinr.ru/nucloserv/inform/instructions/osprb-99-2010.pdf> (дата обращения: 19.05.2019).
 8. Основы безопасности жизнедеятельности: 8 кл.: учеб. для общеобразоват. учреждений / М. П. Фролов и др.; под ред. Ю. Л. Воробьёва. М., 2012. 175 с.
 9. Преобразование: Обсуждение проекта Основ безопасности жизнедеятельности: требования к результатам ФГОС ООО [Электронный ресурс]. URL: <https://www.preobra.ru/improject-5711?page=2> (дата обращения: 19.05.2019).
 10. Пропедевтические задания по ядерной физике [Электронный ресурс] / Е. В. Владимира и др. // Актуальные проблемы преподавания физики в школе и вузе: материалы Всероссийской научно-методической конференции, 5–6 апреля 2018 г. Рязань, 2018. 1 электрон. опт. диск. (CD-ROM: 2,73 MB).
 11. Романов Е. В. Ретроспективный анализ подходов к изучению вопросов радиационной безопасности в общеобразовательной школе // Мир науки, культуры, образования. 2013. № 3 (40). С. 204–207.
 12. Сафонова О. А. Радиоактивное излучение и его действие на организм человека // Физика в школе. 2017. № 3. С. 202–217.
 13. Сидоренко Е. В. Методы математической обработки в психологии. СПб., 2000. 350 с.
 14. Установка «Космический душ» как одно из средств формирования радиационной грамотности обучающихся во внеурочной деятельности / С. С. Белышев и др. // Наука и школа. 2017. № 6. С. 132–138.
 15. Черемисина Ю. П., Белоус Д. А. Роль радиационной грамотности молодежи в восприятии ядерных технологий: результаты социологического исследования // Научно-инновационное сотрудничество: сборник научных трудов научно-технической конференции, 21–25 января 2002 г. Ч. 3. М., 2002. С. 135–136.
 16. Шанин С., Рязанцев М. Радон – надуманные страхи или исцеление // Молодёжь и инноватика: сборник материалов XII Международной научно-практической конференции учащихся и студентов. Ч. I / науч. ред. Е. Ю. Гирба. Серпухов, 2019. С. 243–246.
 17. Шилов В. Ф. Лабораторные работы в школе и дома : Квантовая физика. М., 2006. 96 с.
 18. Ядерная арифметика на уроках математики в 6-ом классе [Электронный ресурс] / Е. В. Владимира, И. М. Зверева, Л. А. Янин. URL: http://prac-gw.sinp.msu.ru/teacher/nuclear_math.pdf (дата обращения: 19.05.2019).
 19. IAEA Power Reactor Information System (PRIS) [Электронный ресурс]. URL: <https://pris.iaea.org/pris/> (дата обращения: 17. 05. 2019).
 20. Johnson A. Radiation and Atomic Literacy for Nonscientists // Science. 2013. Vol. 342. P. 436–437.
 21. Science Literacy: Concepts, Contexts, and Consequences / ed. C. E. Snow, K. A. Dibner. Washington, 2016. 152 p.

REFERENCES

1. Belyaeva Zh. V. *Obuchenie uchashchikhsya osnovnoi shkoly estestvennonauchnym metodam poznaniya na osnove mezhpredmetnykh svyazei biologii, khimii i fiziki: dis. ... kand. ped. nauk* [Training secondary school students the natural science methods of knowledge on the basis of interdisciplinary relationship of biology, chemistry and physics: PhD thesis in Pedagogic sciences]. Moscow, 2015. 233 p.
2. Gudenko E. V., Zvereva I. M., Yakubova N. V. [Map of the atomic nuclei in the classroom at school]. In: Kholina S. A., ed. *Problemy i perspektivy razvitiya obrazovaniya po fizike: Obshcheobrazovatel'nye uchrezhdeniya, pedagogicheskie vuzy: doklady nauchno-prakticheskoi konferentsii, Moskva, 10–11 aprelya 2019 g.* [Problems and prospects of education development in physics: Educational institutions, pedagogical universities: reports of the scientific-practical conference, Moscow, April 10–11th, 2019]. Moscow, 2019, pp. 47–54.
3. Danchenko S. P. *Praktikum v kurse «Osnovy bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti» kak uslovie adaptatsii uchashchikhsya k ekstremal'nym situatsiyam: diss. ... kand. ped. nauk* [Workshop in the course “Basics of life safety” as a condition of the adaptation of students to extreme situations: PhD thesis in Pedagogic sciences]. St. Petersburg, 2004. 185 p.
4. Dirkova E. Yu. *Sozdanie i metodika primeneniya kompleksa sredstv obucheniya subatomnoi fizike dlya srednei shkoly: diss. ... kand. ped. nauk* [The creation and technique of application of a set of learning tools of subatomic physics for high school: PhD thesis in Pedagogic sciences]. Moscow, 1991. 198 p.
5. Zvereva I. M. [Intersubject communications of physics with other school courses as a means of formation of the radiation literacy students]. In: *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Pedagogika* [Bulletin of the Moscow Region State University. Series: Pedagogics], 2017, no. 2, pp. 109–116.
6. Borisova E. V. et al. [One-day school trip on the “front line” of nuclear physics]. In: Kholina S. A., ed. *Problemy i perspektivy razvitiya obrazovaniya po fizike: Obshcheobrazovatel'nye uchrezhdeniya, pedagogicheskie vuzy: doklady nauchno-prakticheskoi konferentsii, Moskva, 11–12 aprelya 2018 g.* [Problems and prospects of education development in physics : Educational institutions, pedagogical universities: reports of the scientific-practical conference, Moscow, April 11–12th, 2018]. Moscow, 2018, pp. 34–42.
7. *Osnovnye sanitarnye pravila obespecheniya radiatsionnoi bezopasnosti (OSPORB – 99/2010), 2010* [Basic sanitary rules for ensuring radiation safety (OSPORB – 99/2010), 2010]. Available at: <http://nuclearweb.jinr.ru/nucloserv/inform/instructions/osprb-99-2010.pdf> (accessed: 19.05.2019).
8. Frolov M. P. et al. *Osnovy bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti: 8 kl.* [Security basics of life: 8 grade]. Moscow, 2012. 175 p.
9. *Preobrazovanie: Obsuzhdenie proekta Osnov bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti: trebovaniya k rezul'tatam FGOS OOO* [Conversion: the discussion of the draft of the Fundamentals of life safety: requirements for the results of GEF, OOO]. Available at: <https://www.preobra.ru/improject-5711?page=2> (accessed: 19.05.2019).
10. Vladimirova E. V. et al. [Propaedeutic tasks on nuclear physics]. In: *Aktual'nye problemy prepodavaniya fiziki v shkole i vuze: materialy Vserossiiskoi nauchno-metodicheskoi konferentsii, 5–6 aprelya 2018 g.* [Actual problems of teaching physics at schools and universities : materials of all-Russian scientific-methodical conference, 5-6 April 2018]. Ryazan, 2018. 1 CD-ROM: 2,73 MB.
11. Romanov E. V. [Retrospective analysis of approaches to the study of radiation safety at a secondary school]. In: *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya* [The world of science, culture, education], 2013, no. 3 (40), pp. 204–207.
12. Safranova O. A. [Radiation and its effects on the human body]. In: *Fizika v shkole* [Physics at school], 2017, no. 3, pp. 202–217.
13. Sidorenko E. V. *Metody matematicheskoi obrabotki v psikhologii* [Methods of mathematical processing in psychology]. St. Petersburg, 2000. 350 p.
14. Belyshev S. S. et al. [The installation “Space shower” as one of the means of formation of the radiation literacy of students in extracurricular activities]. In: *Nauka i shkola* [Science and school], 2017, no. 6, pp. 132–138.
15. Cheremisina Yu. P., Belous D. A. [The role of radiation literacy among young people perception of nuclear technology: the results of sociological research]. In: *Nauchno-innovatsionnoe sotrudничество: sbornik nauchnykh trudov nauchno-tehnicheskoi konferentsii, 21–25 yanvarya 2002 g., Ch. 3* [Scientific-innovative cooperation: Collection of scientific works scientific-technical conference, January 21–25th, 2002, Part 3]. Moscow, 2002, pp. 135–136.

16. Shanin S., Ryazantsev M. [Radon – far-fetched fears or healing]. In: Girba E. Yu., ed. *Molodezh' i inovativika: sbornik materialov XII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii uchashchikhsya i studentov. Ch. I* [Youth and innovation: the collection of materials of XII International scientific-practical conference of students. Part I]. Serpukhov, 2019, pp. 243–246.
17. Shilov V. F. *Laboratornye raboty v shkole i doma: Kvantovaya fizika* [Laboratory work at school and at home : Quantum physics]. Moscow, 2006. 96 p.
18. Vladimirova E. V., Zvereva I. M., Yanin L. A. *Yadernaya arifmetika na urokakh matematiki v 6-om klasse* [Nuclear arithmetics at lessons of mathematics in grade 6]. Available at: http://prac-gw.sinp.msu.ru/teacher/nuclear_math.pdf (accessed: 19.05.2019).
19. IAEA Power Reactor Information System (PRIS). Available at: <https://pris.iaea.org/pris> (accessed: 17.05.2019).
20. Johnson A. Radiation and Atomic Literacy for Nonscientists. In: *Science*, 2013, vol. 342, pp. 436–437.
21. Snow C. E., Dibner K. A., eds. *Science Literacy: Concepts, Contexts, and Consequences*. Washington, 2016. 152 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Буш Алсу Фаритовна – заместитель директора МОУ Гимназия № 4 г. Лыткарино;
e-mail: bush_alsu@mail.ru

Зайцева Ольга Сергеевна – учитель МАОУ Лицея № 17 г. Химки;
e-mail: ia-oska@yandex.ru

Зверева Ирина Михайловна – ведущий программист Лаборатории общего и специального практикума Научно-исследовательского института ядерной физики Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова;
e-mail: zim@srd.sinp.msu.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Alsou F. Bush – deputy director of municipal educational institution gymnasium # 4 of Lytkarino;
e-mail: bush_alsu@mail.ru

Olga S. Zaytseva – teacher of MAOU lyceum # 17 Khimki;
e-mail: ia-oska@yandex.ru

Irena M. Zvereva – leading programmer, Laboratory of general and special practicum, Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, M. V. Lomonosov Moscow State University;
e-mail: zim@srd.sinp.msu.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Буш А. Ф., Зайцева О. С., Зверева И. М. Задачи как основа организации межпредметных связей физики, математики и основ безопасности жизнедеятельности при изучении радиации // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Педагогика. 2019. № 4. С. 30–40.
DOI: 10.18384/2310-7219-2019-4-30-40

FOR CITATION

Bush A., Zaytseva O., Zvereva I. Problems as a basis for the organization of interdisciplinary relations of physics, mathematics and fundamentals of life safety in the study of radiation. In: *Bulletin of the Moscow Region State University. Series: Pedagogics*, 2019, no. 4, pp. 30–40.
DOI: 10.18384/2310-7219-2019-4-30-40