DOI: 10.55090/19964552_2025_4_6_19

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ШКОЛЬНИКОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КИНЕМАТИКИ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ГРАМОТНОСТИ

Андреева Наталия Викторовна,
учитель физики,
МОУ Удельнинская гимназия, г.о Раменский
nataol@list.ru

Пчелкина Мария Анатольевна,
учитель физики,
МОУ Удельнинская гимназия, г.о Раменский
pchelkin.a@mail.ru

Дубицкая Лариса Владимировна,
профессор кафедры физики и химии
ГОУ ВО МО «Государственный социально-гуманитарный университет»,
L.V.Dubi@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена вопросам формирования естественнонаучной грамотности посредством экспериментальных исследований. Особое внимание уделяется особенностям организации и методике проведения таких исследований в школьном курсе кинематики. При этом рассматривается как применение традиционного оборудования, так и современной цифровой лаборатории.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *естественно-научная грамотность, цикл научного познания экспериментальные исследования, кинематика, цифровая лаборатория*

EXPERIMENTAL STUDIES OF SCHOOLCHILDREN IN THE STUDY OF KINEMATICS AS A MEANS OF FORMING FUNCTIONAL LITERACY

Andreeva N.V.,
physics teacher,
MOU Udelninskaya gymnasium, Ramenskiy city district

Pchelkina M. A.,
physics teacher,
MOU Udelninskaya gymnasium, Ramenskiy city district

Dubitskaya L.V.,
Professor, Department of Physics and Chemistry,
State University of Social Sciences and Humanities, L.V.

ABSTRACT
The article is devoted to the formation of scientific literacy through experimental research. Special attention is paid to the specifics of the organization and methodology of such research in the school course of kinematics. At the same time, both the use of traditional equipment and a modern digital laboratory are considered.

KEYWORDS: *natural science literacy, cycle of scientific knowledge, experimental research, kinematics, digital laboratory*

Формирование функциональной грамотности (ФГ) — важнейший вектор школьного образовательного процесса, требующий от учителей постоянного внимания и специальных усилий. ФГ — это способность «решать учебные задачи и жизненные проблемные ситуации на основе сформированных предметных, метапредметных и универсальных способов деятельности, включая овладение ключевыми компетенциями, составляющими основу дальнейшего успешного образования и ориентации в мире профессий» [1]. Как известно, проводимые на протяжении ряда лет исследования показывают, что учащиеся, хорошо справляющиеся с типовыми учебными заданиями на применение формул, испытывают затруднения в применении школьных знаний и умений в реальных жизненных обстоятельствах.

В новых ФГОС ООО и Федеральной рабочей программе по физике перечислены умения, позволяющие справляться с подобными задачами, сре-

ди которых: распознавать проблемы, которые можно решить при помощи физических методов; переводить практическую задачу в учебную; самостоятельно выбирать способ решения учебной физической задачи; объяснять физические процессы и свойства тел, в том числе и в контексте ситуаций практико-ориентированного характера; формулировать проблему/задачу и гипотезу учебного эксперимента; планировать исследование, проводить опыты, фиксировать результаты и делать выводы и др. Можно утверждать, что в совокупности эти умения складываются в компетенции, позволяющие учащимся стать естественно-научно грамотными.

Для решения указанных задач в своей работе в Удельнинской гимназии (Раменский г. о. Московской обл.) используется подход, базирующийся на «трех китах» — трех методических принципах: самостоятельное экспериментальное исследование, выстраивание учебной деятельности в соответствии с выделенным академиком РАО В. Г. Разумовским циклом научного познания [2] и использование историко-хронологического принципа.

Физика — экспериментальная наука. А согласно основному дидактическому принципу, методы обучения предмету должны быть адекватны методам данной науки. Поэтому совместные с учителем и самостоятельные экспериментальные исследования обучающихся служат важнейшим инструментом, способствующим овладению перечисленными выше умениями.

Совместное с учителем планирование эксперимента позволяет ребятам сконцентрироваться на выявлении существенных (с точки зрения поставленной задачи) свойствах объекта/явления, границах применимости физических моделей, принять участие в дискуссии об информативности эксперимента, о выборе средств и порядке его проведения.

Очевидно, что условия учебного эксперимента и уровень подготовленности учащихся существенно ограничивают возможности их участия на прогностическом и организационном этапах эксперимента. На наш взгляд, преодолевать эти затруднения помогает выстраивание учебного процесса — всегда, когда это возможно — в соответствии с историко-хронологическим принципом и с опорой на ключевые исторические эксперименты (опыт Клавдия Птолемея по преломлению света, эксперименты Х. К. Эрстеда, А.-М. Ампера, М. Фарадея, знаменитый альфа-эксперимент Г. Галилея, о котором речь пойдет ниже, и др.). Создавая условия для участия школьников в актуальных для данного периода научных дискуссиях, противоборстве гипотез, знакомя их с историческим оборудованием и вос-

создавая, когда это возможно, решающий эксперимент, мы получаем возможность акцентировать внимание учащихся на разных этапах научного поиска.

Важно побуждать ребят искать ответы на вопросы, касающиеся элементов и структуры естественно-научного познания: какие явления наблюдал тот или иной исследователь? Какие вопросы/задачи он перед собой ставил (например, знаменитая запись в дневнике М. Фарадея: «превратить магнетизм в электричество» [3])? Как поставленные цели и результаты исторического эксперимента зависят от имеющихся технических средств, а также уровня развития математического аппарата (на примере опытов Птолемея, Галилея, Фарадея)? Как наличие современного оборудования может повлиять на план проведения эксперимента, его результаты, а также цели? Какие изменения в организации эксперимента существенно повлияли на его результаты (сравнение опытов Эрстеда и Ампера по электромагнетизму)? Какие существенные признаки исследуемого явления отражены в данной теоретической или физической модели (соленоид Ампера [4], наклонная плоскость Галилея)?

Когда в итоге обсуждения под руководством учителя учащимся удается воссоздать исторический эксперимент с использованием аналогов исторического оборудования, а затем современными средствами, результатом учебной деятельности является не только достижение запланированной цели исследования, но и погружение учеников в «научную лабораторию», знакомство с этапами и методами научного познания.

Незаменимым инструментом для самостоятельных экспериментальных исследований учащихся, является цикл научного познания, введенный в педагогическую практику академиком РАО В. Г. Разумовским (*рис. 1*). Смысл использования этого инструмента состоит в том, что циклическая структура научного знания: наблюдения → гипотеза → следствие → эксперимент → переносится в учебную деятельность и становится организующим принципом самостоятельного исследования учеников. Оснащенные этим Циклом ребята выделяют соответствующие элементы естественно-научного знания при рассмотрении научного поиска великих физиков, а затем и сами при решении исследовательских задач осуществляют наблюдения, предлагают гипотезы, ищут проверяемые следствия из них и планируют эксперимент [5, 6]. Понимание структуры научного знания способствует, с нашей точки зрения, более эффективному овладению компетенциями, составляющими естественно-научную грамотность.

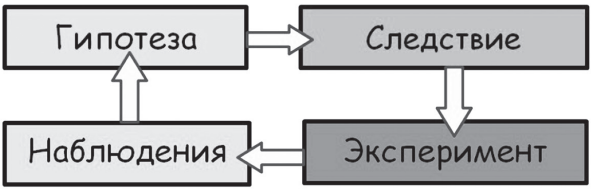


Рис. 1. *Цикл научного познания*

Очевидно, что организация совместных и самостоятельных экспериментальных исследований наиболее эффективным для обучения образом имеет свою специфику для каждого из разделов физики. Остановимся на особенностях организации и методике проведения таких экспериментальных исследований в школьном курсе кинематики.

1. Кинематику ребята изучают на протяжении практически всего школьного курса физики. Это один из наиболее формализованных разделов физики, в котором описание движения осуществляется преимущественно математическими методами. Вместе с тем, с механическим движением тел ребята сталкиваются повсеместно в своей жизни. А разбираться в закономерностях окружающих нас движений, переносить изученные свойства и характеристики кинематических моделей на объекты реальной жизни — важный результат обучения. Поэтому необходимо, с самого начала изучения школьного курса кинематики, обсуждать с ребятами реальные виды движения, с которыми они встречаются на практике, и выявлять их закономерности.
2. Нужно стремимся к тому, чтобы экспериментальные исследования по кинематике с 7 по 10 класс представляли собой систему, в которой комплексное и постепенно углубляющееся изучение равноускоренного движения и свободного падения тел было интегрировано с освоением всё более сложных и адекватных поставленным задачам методов исследования.
3. Исследование зависимости пути от времени при равномерном прямолинейном движении в 7 классе. Оборудование: автомобильчик на батарейках, мерная лента, секундомер.

Значение этой работы трудно переоценить, так как, помимо достижения прямой цели исследования, на нем учащиеся осваивают основные приемы

и методы измерения и оценки погрешности измерений [7]. Ребята узнают, что результатом совместных измерений является не точка, а область; учатся отмечать область погрешности вокруг экспериментальных точек и с помощью прозрачной линейки строить по ним график. Адаптируя под уровень семиклассников метод наименьших квадратов, учитель формулирует правило построения графика через экспериментальные точки: график должен проходить по всем областям погрешности как можно ближе к экспериментальным точкам, так чтобы «сумма расстояний от точек над графиком была примерно равна сумме расстояний от точек под графиком».

Построенные ребятами графики позволяют ввести новую физическую величину — скорость — как коэффициент пропорциональности в зависимости пути от времени. Введение новой величины будет продиктовано необходимостью объяснить различия построенных ребятами графиков и сформирует правильное представление о новой величине как быстроте изменения пройденного пути.

4. Введение ускорения через самостоятельное исследование движения по наклонной плоскости.

Как известно, равноускоренное движение в 7 классе появилось совсем недавно. Раннее введение ускорения, по нашему мнению, целесообразно потому, что падение тел на землю — это первое поддающееся исследованию движение, которое человек видит в своей жизни, и это движение равноускоренное. Исследование ребятами этого вида движения сразу попадает в широкий исторический контекст: падение тел на землю изучалось с античных времен, с ним связаны исторические опыты Галилея и введенный им уникальный инструмент исследования — наклонная плоскость.

Обращаем внимание ребят на то, что именно этот инструмент делает доступным количественное исследование равноускоренного движения.

Методика исследования включает определение скорости тела в заданных точках как средней скорости на минимально возможных отрезках в окрестности этих точек. Величина отрезка определяется конструкцией соединенных с секундомером цифровых датчиков, плотно прижатых друг к другу, и равна 2,5 см, изменением скорости на таком отрезке мы пренебрегаем. После измерения времени движения бруска между точками ребята смогут представить результаты своего эксперимента в виде подобной фразы: «При движении бруска из точки 1 в точку 2 его скорость изменилась на 1,3 м/с за 0,2 с».

Координата, см	ΔS, см	Δt, с	Скорость v, см/с	Скорость v, м/с	Изменение скорости Δv, м/с	За какое время изменилась скорость t, с
4	2,5	0,045	55,6	0,556	0,53	0,146
16	2,5	0,023	108,7	1,087		
16	2,5	0,023	108,7	1,087	0,48	0,144
36	2,5	0,016	156,3	1,563		
36	2,5	0,016	156,3	1,563	0,52	0,146
64	2,5	0,012	208,3	2,083		

Рис. 2. *Исследование равноускоренного движения в 7 классе*

Чтобы успеть провести это трудоемкое исследование в 7 классе, мы применяем прием разделения работы, устанавливая на все столы наклонные плоскости с одинаковым углом наклона и задавая 1-му ряду координаты точек 4 см и 16 см, 2-ому ряду — 16 см и 36 см, 3-ему ряду –36 см и 64 см. (Учитель задает перемещения, относящиеся как 3:5:7, это позволит ему далее сформулировать признак равноускоренного движения без начальной скорости.)

После представления результатов коллективной работы в таблице ребята увидят, что на таких разных по длине участках скорость меняется одинаково. И сформулируют определение равноускоренного движения (*рис. 2*). Если позволяет уровень подготовки класса, можно построить график υ(t) по коллективно полученным точкам, показать, что скорость зависит от времени линейно, и даже при желании рассчитать по графику ускорение. И обязательно применить полученные знания о равноускоренном движении на практике! Можно показать ребятам видеоролики разгона электропоезда «Ласточка» Московского Центрального Кольца и автомобилей ВАЗ и Шевроле. Наблюдая за меняющимися цифрами на табло в вагоне «Ласточки» и на спидометре автомобиля, семиклассники с легкостью классифицируют реальные движения, аргументируя, разгон какого транспортного средства можно считать равноускоренным, а какого нет.

5. Исследования зависимостей скорости от времени и пути от времени при равноускоренном движении в 9 классе.

Если в 7 классе была пропедевтика кинематики, то в 9 классе формируются основные кинематические представления. Рассматривая с ребятами историю изучения явления свободного падения тел, противоборства гипотез (Аристотель, Альберт Саксонский, Николай Орезмский, Доминго де Сото, наконец, Галилео Галилей), концентрируем внимание на влиянии методов исследования на господствующие на каждом этапе представления. Изучение знаменитого альфа-эксперимента Галилея позволяет наглядно представить основные этапы и структурные элементы научного знания: от наблюдения падения тел и выдвижения гипотезы о характере этого движения — к идее «уменьшить действие притяжения» [8], заменив падение движением по наклонной плоскости, и проведению эксперимента. Исследование движения по наклонной плоскости как модели свободного падения становится возможным, так как в результате многочисленных опытов Галилей устанавливает, что закономерности движения не изменяются с увеличением угла наклона плоскости вплоть до прямого.

Учащиеся получают возможность «пройти по пути Галилея», проведя собственные исследования (*рис. 3*). При исследовании зависимости скорости от времени через измерение скорости бруска в четырех точках и измерение времени движения до этих точек отдельного разъяснения требует технология определения мгновенной скорости как предела средней скорости на бесконечно малом промежутке времени. Перед исследованием измеряем среднюю скорость на все сужающихся вокруг одной точки отрезках и видим, как этот ряд средних скоростей сходится к мгновенной скорости.

Рис. 3. *По пути Галилея*

График ребята строят на миллиметровке по экспериментальным точкам. Рассчитать ускорение можно по двум любым точкам, взятым на графике. А можно рассчитать аппроксимирующую функцию υ(t) по методу наименьших квадратов, встроенному в научный калькулятор, тогда коэффициент линейного слагаемого и будет ускорением.

При исследовании зависимости пути от времени график учащиеся также строят на миллиметровой бумаге, получая представление о нелинейном характере зависимости s(t).

6. В реальной жизни ребята сталкиваются не только с равноускоренным, но и с равнозамедленным прямолинейным движением (например, торможение автомобиля). Поэтому мы предлагаем ученикам исследовать равнозамедленное движение, используя наклонную плоскость с двумя видами покрытия. Увеличить коэффициент трения μ на втором участке можно, например, с помощью бархатной бумаги (*рис. 4*).

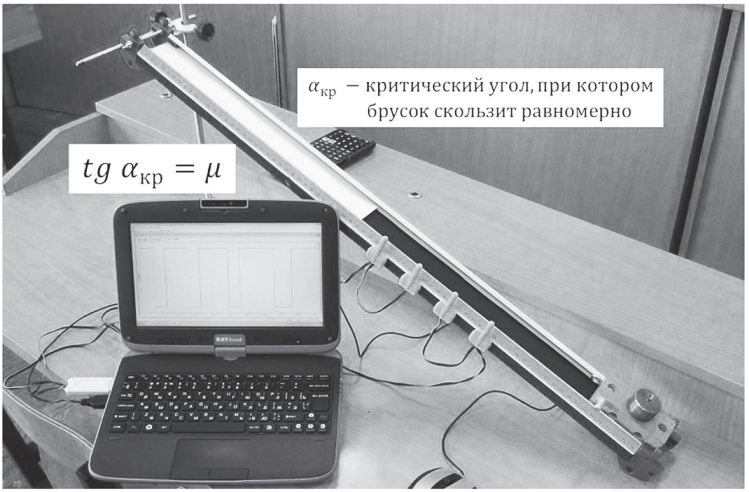


Рис. 4. *Исследование равнозамедленного движения*

7. Чрезвычайно важно давать ученикам возможность сравнивать разные способы измерения ускорения и выбирать оптимальный с точки зрения точности и сложности организации эксперимента. Охарактеризуем кратко эти способы.

В случае первых двух упомянутых способов (по графику скорости и по графику пути) идет усреднение по всем экспериментальным точкам, что повышает точность метода, особенно если расчет коэффициентов аппроксимирующей функции проводить в режиме статистики калькулятора.

Способ «по определению». Измерение скорости в двух точках и времени движения между ними и расчет по формуле:

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t},$$

к сожалению, дает очень большую ошибку из-за многократного преумножения погрешности герконовых датчиков.

Что касается описанного в учебнике физики 9 класса метода вычисления ускорения по формуле:

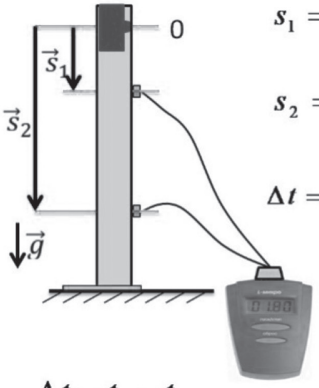
$$a = \frac{2s}{t^2},$$

то этот способ не очень точный, так как в ответе будет неизбежно присутствовать погрешность первого сантиметра из-за невозможности приблизить вплотную датчик к месту старта.

Используемый нами выход из этой ситуации для частного случая — свободного падения (но все то же самое верно и для движения по наклонной плоскости) представлен на *рис. 5*. Погрешность измерения ускорения таким способом не превышает 10%.

И лишь проводимое в 10 классе исследование зависимости пути от времени с использованием Цифровой лаборатории дает самую маленькую погрешность измерения ускорения. Предоставим ученикам возможность еще раз аргументировано сделать вывод о влиянии выбора оборудования на качество эксперимента.

8. Цифровая лаборатория (ЦЛ) — современное цифровое оборудование, использование которого занимает всё более прочное место в системе школьного эксперимента. Вопреки опасениям, высказываемым частью учительского сообщества [9], ЦЛ не превращает реальный эксперимент в компьютерный, наоборот — знакомит учащихся с методами экспериментальных исследований, получения и обработки информации, близкими к используемым современной наукой. Принцип действия ЦЛ — соединение традиционного аналогового оборудования с цифровыми датчиками, передающими сигнал на компьютер для последующей обработки цифровыми средствами [10]. Это



$$s_1 = \frac{gt_1^2}{2} \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2s_1}{g}}$$

$$s_2 = \frac{gt_2^2}{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2s_2}{g}}$$

$$\Delta t = \sqrt{\frac{2s_2}{g}} - \sqrt{\frac{2s_1}{g}} \qquad \Delta t = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{g}} \cdot \left(\sqrt{s_2} - \sqrt{s_1}\right)$$

$$\sqrt{g} = \frac{\sqrt{2}}{\Delta t} \cdot \left(\sqrt{s_2} - \sqrt{s_1}\right)$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

$$\boxed{g = 2 \cdot \left(\frac{\sqrt{s_2} - \sqrt{s_1}}{\Delta t}\right)^2}$$

Рис. 5. *Вывод расчетной формулы ускорения предложен к.п.н. Никифоровым Г.Г.*

существенно повышает точность и сокращает время проведения эксперимента.

Использование ЦЛ в 10 классе дает учителю возможность предложить ребятам провести самостоятельные исследования зависимости скорости от времени при движении по наклонной плоскости на более высоком уровне, а также пути от времени как при движении по наклонной плоскости, так и при свободном падении. Автоматическое занесение в таблицу данных, полученных с цифровых датчиков; построение программой графика выбранной аппроксимирующей функции; возможность быстро построить математическую модель движения и по ней рассчитать ускорение движения бруска; оформление отчета в электронном виде — осуществление всех этих процедур повышает компьютерную грамотность учащихся и качественно улучшает их представление о явлениях (*рис. 6*). Особенно важна эта технология при измерении ускорения свободного падения. Ведь ребятам известно табличное значение этого параметра, и большое расхождение с ним может поставить для них под сомнение выбранную процедуру. Однако при использовании ЦЛ относительное расхождение с табличным значением составляет всего несколько процентов.

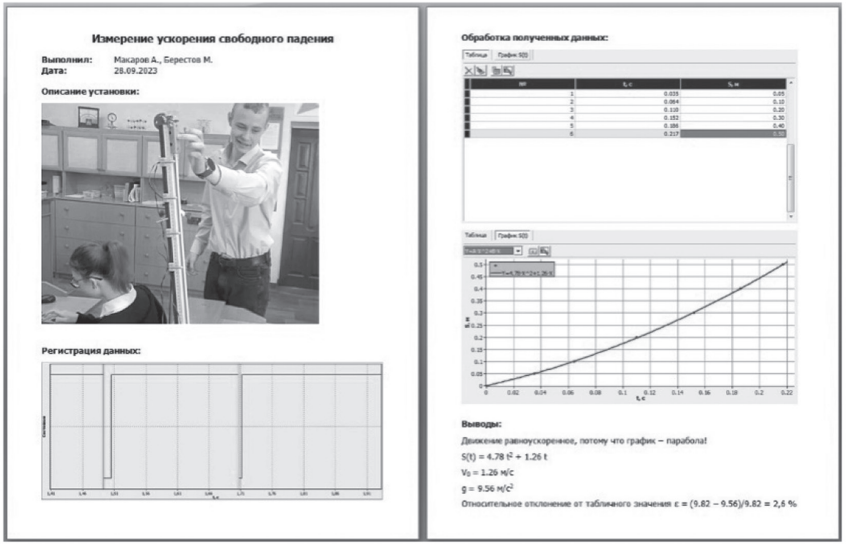


Рис. 6. *Исследование свободного падения с помощью Цифровой лаборатории*

Проведя описанные нами исследования, ребята могут оглянуться назад — на научные поиски Аристотеля, исследователей XIV–XVI вв., Галилея — и оценить эволюцию методов, используемых наукой, и возможностей, открывающихся перед ней. ■

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования: Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 31.05. 2021 № 287. URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107050027?index=2&rangeSize=1 (дата обращения: 28.11.2024).
2. *Разумовский В. Г., Майер В. В.* Физика в школе. Научный метод познания и обучение. — М.: Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2004. — 463 с. С. 58–66, 86–108.
3. Наука. Величайшие теории: 19: Наука высокого напряжения. Фарадей. Электромагнитная индукция. / Пер. с исп. / пер. с итал. — М.: Де Агостини, 2015. 160 с. С. 73–82.

4. Наука. Величайшие теории: 37: Неопределенный электрический объект. Ампер. Классическая электродинамика. / Пер. с франц. — М.: Де Агостини, 2015. 160 с. С. 107–109.
5. *Разумовский В. Г.* Научный метод познания и его образовательный потенциал // Педагогика, 2011. № 2. С. 15–25.
6. *Сауров Ю. А.* Принцип цикличности в методике обучения физике: Историко-методологический анализ. — Киров: Изд-во КИПК и ПРО, 2008. — 224 с. С. 75–81.
7. *Никифоров Г. Г., Пентин А. Ю., Попова Г. М.; под ред. Пентина А. Ю.* Изучение физики на основе научного метода познания. 7 класс: методическое пособие. — М.: Дрофа, 2019. — 235 с. С. 176–184, 186–197.
8. Наука. Величайшие теории: 9: Природа описывается формулами. Галилей. Научный метод. / Пер. с итал. — М.: Де Агостини, 2015. 160 с. С. 15–36, 105–115.
9. *Никифоров Г. Г.* «Компьютерный эксперимент» в курсе физики средней школы: будем осторожны // Физика в школе. 2008. № 7. С. 6–8.
10. Цифровые лаборатории. Методическое руководство по работе с комплектом оборудования и программным обеспечением фирмы «Научные развлечения» / А. Н. Болгар, Н. К. Ханнанов. — М.: «Научные развлечения», 2011. 89 с. С. 2–6.
11. *Епифановская А. С., Морозова Е. Ю., Дубицкая Л. В.* Формирование функциональной грамотности на основе интеграции гуманитарных и естественнонаучных предметов / А. С. Епифановская, Е. Ю. Морозова, Л. В. Дубицкая // Физико-математическое и технологическое образование: проблемы и перспективы развития: материалы VII и VIII Международных научно-методических конференций, Москва, 01 марта 2021 года — 02 2022 года. — Москва: Московский педагогический государственный университет, 2023. — С. 784-787. — EDN WMPRBQ.
12. *Афанасьева Е. С. Дубицкая Л. В.* Интегрированный подход к развитию креативного естественнонаучного мышления обучающихся / Е. С. Афанасьева, Л. В. Дубицкая // Школа будущего. — 2021. — № 6. — С. 46-61. — EDN DBXWXU.

LIST OF SOURCES AND REFERENCES

1. Federal'nyj gosudarstvennyj obrazovatel'nyj standart osnovnogo obshhego obrazovanija: Prikaz Ministerstva prosveshhenija Rossijskoj Federacii ot 31.05. 2021 № 287. URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107050027?index=2&rangeSize=1 (data obrashhenija: 28.11.2024).
2. *Razumovskij V. G., Majer V. V.* Fizika v shkole. Nauchnyj metod poznanija i obuchenie. — M.: Gumanitar. izd. centr VLADOS, 2004. — 463 s. S. 58–66, 86–108.

3. Nauka. Velichajshie teorii: 19: Nauka vysokogo naprjazhenija. Faradej. Jelektromagnitnaja indukcija. / Per. s isp. / per. s ital. — M.: De Agostini, 2015. 160 s. S. 73–82.
4. Nauka. Velichajshie teorii: 37: Neopredelennyj jelektricheskij ob#ekt. Amper. Klassicheskaja jelektrodinamika. / Per. s franc. — M.: De Agostini, 2015. 160 s. S. 107–109.
5. *Razumovskij V. G.* Nauchnyj metod poznanija i ego obrazovatel'nyj potencial // Pedagogika, 2011. № 2. S. 15–25.
6. *Saurov Ju. A.* Princip ciklichnosti v metodike obuchenija fizike: Istoriko-metodologicheskij analiz. — Kirov: Izd-vo KIPK i PRO, 2008. — 224 s. S. 75–81.
7. *Nikiforov G. G., Pentin A.Ju., Popova G. M.; pod red. Pentina A.Ju.* Izuchenie fiziki na osnove nauchnogo metoda poznanija. 7 klass: metodicheskoe posobie. — M.: Drofa, 2019. — 235 s. S. 176–184, 186–197.
8. Nauka. Velichajshie teorii: 9: Priroda opisyvaetsja formulami. Galilej. Nauchnyj metod. / Per. s ital. — M.: De Agostini, 2015. 160 s. S. 15–36, 105–115.
9. *Nikiforov G. G.* «Komp'juternyj jeksperiment» v kurse fiziki srednej shkoly: budem ostorozhny // Fizika v shkole. 2008. № 7. S. 6–8.
10. Cifrovye laboratorii. Metodicheskoe rukovodstvo po rabote s komplektom oborudovanija i programmnym obespecheniem firmy «Nauchnye razvlechenija» / A. N. Bolgar, N. K. Hannanov. — M.: «Nauchnye razvlechenija», 2011. 89 s. S. 2–6.
11. *Epifanovskaja A. S., Morozova E. Ju., Dubickaja L. V.* Formirovanie funkcional'noj gramotnosti na osnove integracii gumanitarnyh i estestvennonauchnyh predmetov / A. S. Epifanovskaja, E. Ju. Morozova, L. V. Dubickaja // Fiziko-matematicheskoe i tehnologicheskoe obrazovanie: problemy i perspektivy razvitija: materialy VII i VIII Mezhdunarodnyh nauchno-metodicheskih konferencij, Moskva, 01 marta 2021 goda — 02 2022 goda. — Moskva: Moskovskij pedagogicheskij gosudarstvennyj universitet, 2023. — S. 784-787. — EDN WMPRBQ.
12. *Afanas'eva E. S. Dubickaja L. V.* Integrirovannyj podhod k razvitiju kreativnogo estestvennonauchnogo myshlenija obuchajushhihsja / E. S. Afanas'eva, L. V. Dubickaja // Shkola budushhego. — 2021. — № 6. — S. 46-61. — EDN DBXWXU.