

## Классические эксперименты в школьном и университетском курсе физики

С.Б. Рыжиков<sup>1\*</sup> Ю.В. Рыжикова<sup>2†</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,  
физический факультет, кафедра общей физики. Россия,  
119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2

<sup>2</sup>Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,  
физический факультет, кафедра ОСиФН Россия,  
119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2

(Поступила в редакцию 05.06.2022; подписана в печать 17.06.2022)

Рассмотрена проблема плохого знания школьниками экспериментов, подтверждающих основные положения современной физики. Предложен курс физики 10–11 классов, основным стержнем которого является разбор смены трех научных картин мира: античной, классической и современной. Курс не является в строгом смысле историей физики, поскольку он разработан не столько в историческом, сколько в логическом аспекте развития основных физических теорий и не всегда совпадает с хронологией. Школьники прослеживают развитие знаний о природе, изучая эксперименты и возникающие на их основе теории. Материал закрепляется решением основных типов задач. Курс охватывает все разделы школьной физики, изучаемых в 10–11 классах. Подобный подход может быть использован также в университетском курсе общей физики.

PACS: 01.40.Fk; 02.70.-c

УДК: 372.853

Ключевые слова: методика обучения физики, история физики, физика в 10-м классе, курс общей физики.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время при обучении физике как в средней, так и в высшей школе обучающиеся часто изучают формулировки законов, не вдаваясь в детали, как эти законы были открыты, какие эксперименты были при этом проведены. Формальный подход к изучению предмета приводит к тому, что учащиеся часто путаются в законах, плохо помнят область применения законов. Например, при изучении закона Кулона учащиеся редко обращают внимание на то, что закон формулируется для точечных неподвижных зарядов. Мало кто из учащихся задумывается над тем, как Кулон установил, что сила пропорциональна произведению зарядов до того, как сформулировал свой закон. Ведь сейчас мы измеряем заряды как раз на основании закона Кулона.

Аксиоматический подход к изучению физики формирует неверное представление о развитии физической науки: родился великий ученый, собрал установку и открыл новый закон. Важно, чтобы будущие исследователи понимали, что многие законы открывались случайно, при попытке изучить совсем другие процессы, некоторые открывались на основе неверных представлений о природе исследуемых явлений.

Простое перечисление законов, которые непонятно как и почему были открыты, снижает интерес к предмету у учащихся, особенно если они не собираются в дальнейшем продолжить свое обучение в вузе, где физика является профильным предметом.

Для мотивации у учащихся, не планирующих

в дальнейшем изучать физику, но стремящихся к изучению других наук и желающим в дальнейшем заниматься исследовательской деятельностью, авторами был разработан курс физики 10–11 классов, соответствующий обычному курсу физики [1], основным стержнем которого является рассмотрение смены трех научных картин мира: античной, классической и современной. Отдельные элементы курса излагались авторами ранее в учебных пособиях [2–5]. Этот курс нельзя считать историей физики, поскольку он разрабатывался не столько в историческом, сколько в логическом аспекте развития основных физических теорий и не всегда совпадает с исторической хронологией. При этом по мере прохождения курса, школьники изучают физические законы, включая историю их открытий, а также решают основные типы задач по всем разделам школьной физики.

Разработанный курс полностью соответствует базовому уровню обучения физики и отличается только перестановкой МКТ в конец курса термодинамики.

В настоящее время разработанный курс был успешно реализован при обучении учащихся 10 класса лицей «Вторая школа». Частично полученный опыт может быть использован при изучении общего курса физики в вузе.

Курс рассчитан на 4 часа в неделю.

### СТРУКТУРА И ОСОБЕННОСТИ ИЗЛОЖЕНИЯ КУРСА

#### 1. Возникновение физики в античности

Курс начинается с разбора причин возникновения и развития науки в Древней Греции. Разбираются основные положения системы мира Аристотеля, пока-

\* [sbr@physics.msu.ru](mailto:sbr@physics.msu.ru)

†

зывается их логичность, внутренняя непротиворечивость, соответствие наблюдениям того времени. Обсуждается, достаточно ли были обоснованы представления древних о сферичности Земли, движения планет и др. Важно обратить внимание, что в античности не было эксперимента (в современном понимании). Основной метод — это наблюдение за природой и логические умозаключения о причинах вещей. Тем не менее в античности удалось сделать немало важных открытий в механике, оптике и др. разделах физики.

Особое внимание уделяется деятельности Архимеда, разбираются обоснованность правила рычага, «золотого правила механики» и закона Архимеда. При этом, с целью сохранить логику развития науки, эти законы рассматриваются без привлечения знаний о законах Ньютона и закона Паскаля. Полезно вначале школьникам самим дать подумать, как мог рассуждать Архимед, а затем дать правильный ответ. При изучении этих тем школьникам предлагаются задачи на правило рычага, КПД простых механизмов, центр масс и закон Архимеда.

Далее рассказывается о достижении в области астрономии. Особое внимание уделяется обоснованности измерений расстояний до Луны и Солнца Аристарха, обсуждается точность измерений, сравнивается с современными данными. Здесь можно обсудить иллюзию Луны, описанную еще Аристотелем, а именно, что луна у горизонта кажется больше, чем в зените. Можно предложить школьникам измерить размер Луны, закрыв ее мелким предметом или линейкой (лучше штангенциркулем) на расстоянии вытянутой руки.

Рассматриваются проблемы, вставшими перед древними астрономами: расхождение между теорией вращающихся сфер и наблюдениями за движениями планет. Приводится оригинальный способ преодоления этого расхождения Птолемеем, завершившим небесную механику древности. При рассказе о Птолемее приводятся его работы в области преломления света, сравниваются его данные с современными данными (закон Снеллиуса), что несколько нарушает хронологию, но позволяет повторить основные законы отражения и преломления света. Здесь уместно, нарушая хронологию, вернуться ко времени Архимеда, разобрать легенду об уничтожении флота с помощью зеркал, обсудить ее реалистичность.

Далее, нарушая хронологию, можно вернуться к Демокриту и Лукрецию Кару, и разобрать атомарное строение вещества. При этом полезно сравнить представления того времени с современными данными о размерах атомов и молекул, разобрать задачи с использованием числа Авогадро. Поскольку некоторые школьники могут захотеть пойти на олимпиады по физике, то нарушая хронологию, можно без вывода дать основное уравнение МКТ с примерами решения задач, поскольку задачи с этим уравнением могут встретиться на олимпиадах.

Заканчивается античный период Героном Александрийским. Разбирается «хитроумность» его устройств,

требующих знаний по механике и гидростатике. Особо выделяется среди его изобретений эолипил и фонтан Герона. Важно подчеркнуть, что Герон уже знал о свойствах воздуха расширяться при нагревании и сжиматься при охлаждении, что стало предвестником открытия газовых законов. При желании школьников, можно предложить им собрать фонтан Герона из нескольких пластиковых бутылок.

Античный период занимает около 8 недель (32 часа).

## **2. Кризис физики в античности и становление классической физики**

Далее курс продолжается разбором причин, приведших к закату физики Аристотеля и становления классической физики. Здесь нужно выделить астрономические работы Коперника, Кеплера, Галилея, заложивших фундамент классической физики. Особое внимание нужно уделить изменению отношения ученых к эксперименту. Первые эксперименты (в нашем понимании этого термина) были проведены Галилеем. При рассказе о Галилее необходимо вспомнить, что он установил равноускоренный характер падения тел (наклонная плоскость) и свободное падение тел по параболе. При наличии времени и желания школьников, можно разобрать эксперимент с падением тел с Пизанской башни. Расчеты времени падения можно провести численно, как указано в [6]. Они показывают, что разница времен падения ядра и пули должна была составить несколько сотых секунды (в зависимости от выбранных размеров), что находится на грани реакции человеческого глаза, и зрители могли, в зависимости от своего желания, увидеть, что тела упали одновременно, а могли увидеть, что ядро упало чуть раньше. Фотофиниша в то время не было. а если бы он был, то Галилей увидел бы, что пуля отстала от ядра на несколько метров.

При изучении этой темы и можно разобрать большое число задач на вертикальное падение тел и полет тела под углом к горизонту. Немного нарушая хронологию, можно сопоставить современные решения с данными ученых XIV века: Бурдана и Альберта Саксонского о полете пушечных ядер.

Предваряя работы Ньютона, можно рассказать о работах Торричелли, Паскаля и Герике, разобрать ряд задач на сообщающиеся сосуды.

## **3. Возникновение классической механики**

Особое внимание нужно уделить законам Ньютона: разобрать какие новые экспериментальные данные побудили Ньютона пересмотреть основные положения физики Аристотеля, и какие новые идеи позволили ему сформулировать законы движения и закон всемирного тяготения. При этом выстраивается строгая логика открытия законов динамики. Появления вакуумного на-

сосу (сначала его изобрел Герике, а усовершенствовал Бойль) заставило усомниться в том, что воздух поддерживает движение. Ньютон выдвинул гипотезу, что движение поддерживается самим телом — «врожденной силой», другое название — «инерция». Гениальность Ньютона позволила ему выдвинуть гипотезу, что небесные тела также имеют инерцию, что привело его к другой гипотезе — о существовании силы притяжения. Ее существование шло вразрез с физикой Аристотеля, отрицающей «незримые сущности». Таким образом, законы Ньютона были сформулированы на основе экспериментов с «трубкой Ньютона», астрономических наблюдений и нескольких гипотез, идущих вразрез с физикой Аристотеля.

При изучении законов Ньютона нужно разобрать большое число задач на блоки, наклонную плоскость, закон всемирного тяготения. Важно подчеркнуть, что величину первой космической скорости знали уже во времена Ньютона, но технически развить такую скорость оказалось возможным только в XX веке, причем огромный вклад в освоении космического пространства внесли советские ученые.

Завершается изучение основ механики законами Гука, силой трения, законами сохранения импульса и механической энергии.

Этап изучения становления классической механики занимает еще 4 недели.

#### 4. Термодинамика

В 10 классе программа предусматривает кроме механики изучение тепловых явлений. Термодинамику целесообразно начинать с проблемы измерения температуры. Здесь приходится вернуться к эпохе Галилея, разобрать устройство термоскопа Галилея, термометра Санторио, обсудить причины появления нескольких температурных шкал и преимущество шкалы Цельсия перед другими. Следует заметить, что появление шкалы Цельсия логически стало возможно только после того, как стало понятно, что плавление и кипение происходят при определенных температурах. Далее идет история открытия газовых законов. Начинается с работ Бойля и Мариотта, затем, после изобретения термометров логически следуют открытие законов Гей-Люссака и Шарля. Особое внимание уделяется становлению молекулярному учению, для чего рассматриваются работы Авогадро, Дальтона, Клапейрона, Менделеева. Здесь можно дать основы МКТ с рассказом об основных экспериментах, в т.ч. об опытах с броуновским движением. Основное уравнение МКТ уже давалось ранее, теперь можно дать его вывод или хотя бы обоснование, а кроме того, дать обоснование уравнения Клапейрона–Менделеева с точки зрения МКТ. Теоретическую часть этого раздела нужно подкрепить многочисленными задачами на газовые законы. После этого логически идет появление понятия работы в термодинамике, рассказ о трудах Джоуля, Майера и др.,

и формулируется I начало термодинамики. Этот материал также подкрепляется большим числом задач. Далее приходится немного вернуться по времени и разобрать эволюцию тепловых машин от подъемника Папена к паровой машине Джемса Уатта, и далее к двигателю внутреннего сгорания и дизелю. При наличии времени можно рассказать о двигателе Стирлинга. В эту же тему попадает работа Карно с определением наибольшего КПД при заданных температурах нагревателя и холодильника. Учитывая, что физика изучается на базовом уровне, КПД цикла Карно дается без вывода. После этого решаются задачи на циклические процессы и КПД.

#### 5. Фазовые переходы, влажность воздуха

Явления фазовых переходов: плавление, парообразование, сублимация — известны с глубокой древности и сделать временную привязку затруднительно. Поскольку эксперименты, связанные с фазовыми переходами интуитивно понятны, то нет особого смысла выстраивать логическую линию. Заметим, что в этом разделе можно показать большое число демонстраций, в том числе связанных с кипением. Нужно обратить внимание, что кипение — это явление, которое мы часто наблюдаем, но для многих школьников затруднительно правильно описать этот процесс, например, многие полагают, что при кипении мы видим пузырьки воздуха. Также многие не понимают причины шума закипающей воды.

При наличии времени можно рассказать о нестабильных состояниях вещества: перегретая жидкость, переохлажденная жидкость, переохлажденный пар.

Заканчивается этот раздел темой: влажность воздуха, психрометр, точка росы. Здесь также существует множество наглядных демонстраций. Закрепляется материал задачами по этой теме.

В зависимости от успешности освоения материала, изучение термодинамики и молекулярной физики заканчивается в январе, после чего по плану следует электричество и магнетизм.

Таким образом, представленный план изучения материала отличается от обычного только перестановкой МКТ в конец курса термодинамики. Это создает проблемы для школьников, желающих выступить на олимпиадах, но которые изучат основное уравнение МКТ только в конце первого полугодия (или в начале второго). Поэтому представляется целесообразным дать это уравнение при рассказе о представлениях об атомах и молекулах в античности.

#### 6. Электростатика

Тему «Электростатика» целесообразно начинать с наблюдений. Ранние представления об электричестве и магнетизме восходят к Фалесу Милетскому.

Далее можно перейти к работам Вильгельма Гильберта 1600 г., который обобщил все известные наблюдения того времени (добавив к ним собственные наблюдения). Электризация трением находит свое развитие в электрических машинах Отто фон Герике и Фрэнсиса Хоксби. Представления о природе электричества были очень примитивны и выражались в виде особой невесомой электрической жидкости. Рассказ о наблюдениях за электрическими явлениями XVII–XVIII века нужно провести как можно быстрее (3–4 урока), чтобы дойти до решения задач. Задачи на электростатику появляются после изучения закона сохранения заряда и закона Кулона 1785 г. Эксперименты Кулона требуют особого внимания. Почему Кулон вообще занялся этой проблемой? Почему он достиг успеха? Он был военным инженером, изучал свойства материалов, в том числе их упругость. Главная идея — использовать крутильные весы с длинной упругой нитью, которые позволили ему измерить силу взаимодействия зарядов с точностью, которая поражает до сих пор.

Другая проблема — это измерение величин зарядов, которые никто не мог измерить до Кулона. Кулон сделал предположение, что при контакте двух металлических шариков заряд будет распределяться между ними поровну. Нужно обратить внимание школьников, что это верно только для металлических шариков. Еще одна идея, позволившая Кулону открыть закон взаимодействия электрических зарядов — использовать точечные заряды. Если бы шарики имели большие размеры, взаимодействие между ними имело бы более сложный характер.

После изучения закона Кулона можно решать многочисленные задачи, и не спеша рассказывать про историю открытия конденсаторов. Здесь, как и во многих других открытиях, велика роль случайности. Школьникам постоянно следует напоминать, что, хотя многие открытия делались случайно, но «под лежачий камень вода не течет», и даже случайные открытия являются итогом многих «проб и ошибок». Школьникам можно привести аналогию. Научный поиск чем-то напоминает поиск кладов или грибов в лесу. Кто-то идет и собирает полную корзину, а идущий вроде бы рядом ничего не находит. Бывает, что неудача постигнет одного, другого и третьего. Спрятался гриб, пройдет грибник совсем рядом — и не заметит. Но если грибников много, то кто-нибудь обязательно наткнется на грибное место. А если в лес не ходить и грибы не искать, то точно ничего не найдешь.

К таким случайностям относится открытие емкости голландским профессором Питером ван Мушенбруком, который сделал прообраз лейденской банки, исходя из *неверного* предположения, что вода может накапливать электрический заряд. Дальнейшее исследование свойств «электрических» банок логически привело к созданию лейденских банок и конденсаторов. Ввиду недостатка математического аппарата школьников, работу в поле точечного заряда принято давать без вывода (исходя из закона Кулона). Далее

можно получить формулу емкости сферического конденсатора, и как предельный случай — емкость плоского и цилиндрического конденсатора. Тема «электроемкость» закрепляется набором задач, включая параллельное и последовательное соединение конденсаторов.

Исторически к этой теме примыкают работы Франклина по созданию молниеотвода. Здесь приходится рассказывать об электрическом поле вблизи острия, коронном разряде. Хотя тема «электрический ток в средах» по логике должна изучаться после темы «электрический ток», логически работы по созданию молниеотвода примыкают к теме «конденсаторы». При изучении этой темы нужно упомянуть о роли работ М. В. Ломоносова.

## 7. Постоянный электрический ток

Изложение темы «электрический ток» начинается со случайности. Луиджи Гальвани подробно описывает свой эксперимент: «Я разрезал и препарировал лягушку и, имея в виду *совершенно другое*, поместил ее на столе, на котором находилась электрическая машина при полном разобщении от контакта последней и на довольно большом расстоянии от него. Когда один из моих помощников острием скальпеля случайно очень легко коснулся внутренних бедренных нервов этой лягушки, то немедленно все мышцы конечностей стали так сокращаться, что казались впавшими в сильнейшие тонические судороги. . . Тогда я зажегся невероятным усердием и страстным желанием исследовать это явление и вынести на свет то, что было в нем скрыто». Продолжая эти исследования, Алессандро Вольта, после нескольких лет упорных трудов, создает в 1799 г. первую батарейку. При изучении этой темы, а также при ее продолжении «электрический ток в средах», можно обсудить вопрос, что такое ЭДС и какие существуют источники электрического тока. Далее следует изучение законов Ома для участка цепи и для полной цепи, и огромное число задач на постоянный электрический ток. За законом Ома логически следует тема «удельное сопротивление». Здесь также можно рассмотреть большое число задач. Сюда примыкает тема: «зависимость удельного сопротивления от температуры». Здесь также имеется много задач. При наличии времени можно рассказать о сверхпроводимости.

К закону Ома примыкает закон Джоуля-Ленца, который является законом сохранения энергии для электричества. Если останется время, можно дать правила Кирхгофа, но не как самостоятельные законы физики, а как обобщение законов сохранения зарядов и энергии.

## 8. Магнетизм

Хотя еще Фалес Милетский знал и об электрических, и о магнитных явлениях, связь между ними до XIX века не обсуждалась даже на уровне гипотез. Поэтому она могла быть открыта только случайно. Открытию способствовало то, что исследованием электрического тока с помощью элемента Вольты занялись научные лаборатории во всей Европе. При проведении такого большого числа исследований кому-то должно было повезти стать первооткрывателем. Слава досталась в 1820 году датскому физика Гансу Христиану Эрстеду.

Опыт Эрстеда поражает своей простотой и значимостью для дальнейшего развития физики. Его стали повторять по всей Европе. На школьников производит сильное впечатление количество открытий, которые приходится на 1820–21 гг. Были открыты эффект Зеебека (тоже случайно), закон Био–Савара–Лапласа (этот закон приходится давать в сильно упрощенном виде, школьникам достаточно знать, что величина магнитного поля пропорциональна силе тока). Интересен факт, что Ампер до 1820 г. был чистым математиком, но опыт Эрстеда сподвиг его заняться экспериментом, где он добился заметных успехов.

Здесь уместно рассказать об устройстве стрелочного амперметра и о гипотезе Ампера о природе магнетизма. Здесь целесообразно дать формулу для силы Ампера, правило определения направления силы Ампера (правило левой руки) и порешать задачи на эту тему. К теме стрелочного амперметра примыкает тема: «устройство стрелочного вольтметра». Однако, следует помнить, что стрелочный вольтметр уже использует закон Ома. При наличии времени и интереса школьников можно рассказать о шунтировании приборов.

Хотя сила Лоренца была открыта только в конце XIX века, логически ее можно давать вместе с силой Ампера. Это обусловлено схожестью формул для силы Ампера и силы Лоренца, а также использованием в обоих законах правила левой руки. При наличии интереса у школьников, можно обсудить проблемы применения III закона Ньютона для сил Ампера и Лоренца, что стало началом конца классической физики.

## 9. Закон электромагнитной индукции

Закон электромагнитной индукции Фарадея (1831 г.) заслуживает подробного изучения. Можно упомянуть об опытах Ампера и Араго, видевших экспериментальные проявления этого закона, но не понявших природу наблюдаемых явлений. При рассказе о Фарадее полезно рассказать школьникам о его скрупулезности при составлении протоколов экспериментов, что позволило ему стать величайшим физиком–экспериментатором.

Важный исторический факт, что закон электромагнитной индукции был открыт практически одновременно двумя учеными: Майклом Фарадеем в Англии

и Джозефом Генри в Америке, причем Генри сделал это чуть раньше, но не опубликовал. Это хороший повод обсудить со школьниками необходимость публикации результатов своих исследований, что школьники могут делать на конференциях школьных проектно-исследовательских работ. Однако мы связываем имя Фарадея с законом электромагнитной индукции не только потому, что он первым опубликовал результаты экспериментов, но и потому, что он попытался построить теорию электромагнитных явлений. Фарадей ввел понятие «поля». Важно понимать, что понятие «поля» физиками того времени было принято «в штыху». Фарадей не мог дать точного ответа на вопрос «что такое поле», он скорее мог сказать, чем «поле» не является. Даже сегодня, когда к понятию «поле» давно привыкли, рассказывать школьникам про поля, теорию близкодействия и дальнодействия довольно сложно. Ситуацию с ведением понятия «поля» Фарадеем ухудшало то, что Фарадей не мог дать математического описания электрического и магнитного полей. Сделал это (еще при жизни Фарадея) Дж. Максвелл. Но поскольку как-то поле нужно было как-то описывать, то Фарадей ввел силовые линии электрического и магнитного поля. К сожалению, логически силовые линии нужно вводить в курсе раньше, при первом упоминании об электрическом и магнитном полях, но еще раз можно напомнить, что силовые линии ввел именно Фарадей.

Практическое значение открытия закона электромагнитной индукции состояло в создании электрогенераторов. К теме электрогенераторов (постоянного и переменного тока) примыкает тема: «электродвигатели» и электромагниты. Тему «электромагнитов» приходится рассказывать на качественном уровне, поскольку природа ферромагнетизма выходит за рамки школьной программы и о роли железных сердечников можно говорить только на уровне феноменологии.

Заканчивается курс темой «самоиндукция», где среди прочего нужно рассказать об экстратоках размыкания и их опасностью в устройствах с большой индуктивностью.

На протяжении всего курса школьникам предлагается сделать доклады по биографии известных ученых или истории открытий, что охотно принимается учениками.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время разработанный курс успешно реализован в 10 классе лицея «Вторая школа». Школьники с большим интересом прослушали курс с историческим аспектом, многие сделали доклады по заинтересовавшим их темам. В 11 классе будет дан разбор причин появления и краткое изложение квантовой физики (постулаты Бора, фотоэффект и др.) и теории относительности (постулаты Эйнштейна).

Подобный подход может быть использован также в университетском курсе общей физики.

Заметим, что исторический подход к изучению физики в школе в XIX веке использовался профессором Московского университета Николаем Алексеевичем Любимовым. Однако в своем учебнике для гимна-

зий [7] Любимов привел только исторические справки об отдельных экспериментах, но им не был выстроен логический ряд развития физической науки.

- 
- [1] Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики. В 3 томах. М.: Физмалит, 2021.
- [2] Рыжиков С.Б., Рыжикова Ю.В. Энергия и движение. М.: ОЛМА Медиа Групп, 2014.
- [3] Рыжиков С.Б., Рыжикова Ю.В. Загадки оптики. М.: ОЛМА Медиа Групп, 2015.
- [4] Рыжиков С.Б., Рыжикова Ю.В. Загадочные и удивительные способности зрения. М.: Делу время, 2018.
- [5] Рыжиков С.Б., Рыжикова Ю.В. Как была проложена дорога в мир электроники. М.: Делу время, 2021.
- [6] Рыжиков С.Б. Классический опыт Галилея в век цифровой техники. М.: МЦНМО, 2008.
- [7] Любимов Н.А. Начальная физика в объеме гимназического преподавания. М.: Тип. Катков и Ко, 1873.

---

## Classical experiments in school and university physics course

S.B. Ryzhikov<sup>1,a</sup>, Yu.V. Ryzhikova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of General Physics, Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University. Moscow 119991, Russia

<sup>2</sup>Department of optics, spectroscopy and nanosystems physics, Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University. Moscow 119991, Russia

E-mail: <sup>a</sup>sbr@physics.msu.ru

The problem of poor knowledge of experiments by schoolchildren confirming the main provisions of modern physics is considered. A physics course for grades 10-11 is proposed, the main core of which is the analysis of the change in three scientific paradigms: ancient, classical and modern. The course is not in the strict sense the history of physics, since it is developed not so much in the historical, so much in the logical aspect of the development of basic physical theories and does not always coincide with the chronology. Schoolchildren trace the development of knowledge about nature by studying experiments and theories arising from them. The material is fixed by solving the main types of problems. The course covers all sections of school physics studied in grades 10-11. A similar approach can also be used in a university course of general physics.

PACS: 01.40.Fk; 02.70.-c

*Keywords:* methods of teaching physics, history of physics, physics in the 10th grade, general physics course

*Received 05 June 2022.*

### Сведения об авторах

1. Рыжиков Сергей Борисович — доктор пед. наук, доцент; тел.: (495) 939-14-89, e-mail: sbr@physics.msu.ru.
  2. Рыжикова Юлия Владимировна — канд. физ.-мат. наук, вед. науч. сотрудник; тел.: (495) 939-57-40, e-mail: sbr@physics.msu.ru.
-