

DOI: 10.55090/19964552_2023_1_60_70

ПРАКТИКУМ ПО ФИЗИКЕ: ВЗАИМОСВЯЗЬ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Лебедева Ольга Васильевна,

доктор педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой физики, математики и физико-математического образования


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина», г. Нижний Новгород

 Lebedeva@phys.unn.ru

Белова Ольга Васильевна,

преподаватель кафедры кристаллографии и экспериментальной физики

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», г. Нижний Новгород

 olyb@mail.ru

Еремичева Наталья Ивановна

учитель физики

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Школа №137», г. Нижний Новгород

 lopuhnatasha@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Предложено проектирование содержания практикума по физике для учащихся 9-11 классов, основанное на взаимосвязи двух основных видов практической учебной деятельности по физике – решении задач и экспериментальной деятельности. Физическая модель изучаемого явления или процесса выступает центральным, связующим звеном решения задачи и эксперимента. В основе проектирования содержания практикума лежит следующая последовательность: в процессе решения задачи строится сначала физическая, затем математическая модель изучаемого процесса или явления, дающая возможность получить функциональные зависимости, физический смысл которых проверяют в эксперименте. В результате экспериментальной проверки может возникнуть необходимость уточнения разработанной физической модели и новой проверки. Учащиеся на практике проверяют и более глубоко понимают

границы применения законов и моделей. Практикум может быть организован как в системе дополнительного образования, например, на базе вуза, так и в общем образовании во внеурочной деятельности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *подготовка учащихся по физике, решение физических задач, экспериментальные задачи*

PHYSICS WORKSHOP: THE RELATIONSHIP BETWEEN PROBLEM SOLVING AND EXPERIMENTAL ACTIVITY

Lebedeva O. V.,

Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physics, Mathematics and Physical and Mathematical Education

Nizhny Novgorod State Pedagogical University named after KozmaMinin,

Belova O. V.,

Lecturer at the Department of Crystallography and Experimental Physics

National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod

Eremicheva N. I.,

Physics Teacher

Municipal Budgetary Educational Institution "School 137"

ABSTRACT

The design of the content of the workshop on physics for students of grades 9-11 is proposed, based on the relationship between the two main types of practical educational activity in physics - problem solving and experimental activity. The physical model of the phenomenon or process under study acts as a central, connecting link in the solution of the problem and the experiment. The basis for the design of the content is the following sequence: in the process of solving problems, a physical, then a mathematical model of the process or phenomenon under study is built, which makes it possible to obtain functional dependencies, the physical meaning of which is checked in the experiment. As a result of experimental verification, it may be necessary to refine the developed physical model and a new test. Students in practice test and better understand the boundaries of the application of laws and models. The workshop can be organized both in the system of additional education, for example, on the basis of a university, and in general education in extracurricular activities.

KEYWORDS: *preparation of students in physics, solution of physical problems, experimental problems*

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время основной формой итоговой аттестации по курсу физики средней школы является единый государственный экзамен (ЕГЭ), по результатам которого выпускники имеют возможность поступить в тот или иной вуз. Профессиональный уровень учителя физики также во многом оценивается по количеству выпускников, выбирающих ЕГЭ по физике, и тем результатам, которые они показали. В результате целевые установки при обучении физике в школе сместились в сторону подготовки к ОГЭ и ЕГЭ, что подтверждается проведенными исследованиями [1]. Многие публикации по методике обучения физике посвящены именно проблеме подготовки школьников к ЕГЭ по физике, а не проблемам достижения основных целей физического образования [2, 3]. Такой подход приводит к тому, что некоторые темы школьного курса физики изучаются не в полном объеме, и, что наиболее важно, не осваиваются основные способы деятельности, в частности, экспериментальные, не в полной мере реализуются задачи формирования научного мировоззрения. Как следствие, при освоении курса общей физики в вузе у студентов возникают большие проблемы [4]. В системе дополнительного обучения школьников на базе вуза, а также в качестве факультативного предмета в школе целесообразно использовать практикум по физике как совокупность двух взаимосвязанных видов практической деятельности — решения задач и выполнения учебного физического эксперимента. Подчеркнем, что речь идет не о физическом практикуме как совокупности специально подобранных лабораторных работ, а о форме занятий, направленных на формирование практических умений учащихся и включающих два основных вида практической деятельности по физике. Целью данной работы является описание основных подходов к проектированию содержания практикума по физике для учащихся 9-11 классов.

ВЗАИМОСВЯЗЬ РЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Идея согласования лабораторного практикума и решения задач при обучении физике в школе разрабатывалась О.А. Дмитриевой [5], Л.В. Тищенко [6]. Проблема взаимосвязи решения задач и выполнения учебного физического эксперимента при обучении физике поднимается в ряде работ, в большинстве из них речь идет об экспериментальных задачах. В 1955 г.

было опубликовано пособие для учителей С.С. Мошкова, в котором дано определение экспериментальной задачи, приведена классификация, подчеркнута отличие экспериментальной задачи от экспериментального задания. Роль экспериментальных задач остается актуальной и в современном образовании: «Решение экспериментальных задач помогает осмыслить и понять закономерность, т.к. показывает ее в действии в конкретной обстановке, где каждая из величин, входящих в закономерность, выступает перед учениками вполне реально и в реально действующей обстановке» [5, С. 7].

Принципиальное отличие экспериментальной задачи состоит в том, что она решается только с помощью эксперимента. Если задача решена аналитически, а затем полученный результат проверяется с помощью эксперимента, то эта задача не является экспериментальной. Но и в случае решения экспериментальной задачи, и в случае решения задачи аналитической, обязательным этапом является построение физической модели изучаемого объекта, явления или процесса [6, 7]. Модель — это новый объект, который отражает существенные особенности изучаемого объекта. На этом этапе выделяются существенные черты и признаки рассматриваемого объекта, а также те признаки, от которых можно абстрагироваться. Затем строится математическая модель, в которой с помощью языка математики (уравнения, системы уравнений) описывается изучаемая физическая ситуация или процесс. Общая последовательность этапов решения задачи практикума (как экспериментальной, так и аналитической) показана на рис. 1.

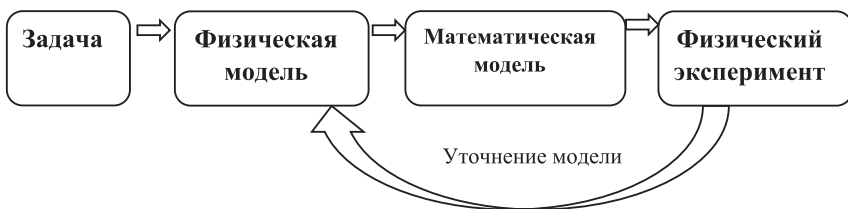
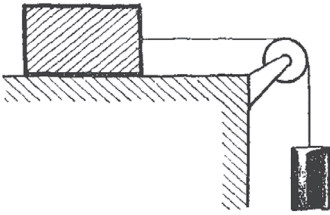


Рис. 1. Последовательность этапов решения задач практикума

Приведем примеры выполнения приведенной последовательности этапов, как в случае решения аналитических задач, так и задач экспериментальных.

Пример 1. Условие задачи. Два груза массами m и M связаны нитью, перекинутой через неподвижный блок. Груз массой M находится на гори-



горизонтальной поверхности (см. рис. 2), коэффициент трения скольжения равен μ . С какими ускорениями движутся грузы? Определите модуль силы натяжения нити.

Рис. 2. Система тел (пример 1).

Построение физической модели. На этом этапе необходимо ответить на следующие вопросы. Какие силы действуют на грузы? Влияет ли на характер движения грузов сила сопротивления воздуха? Какие характеристики нити и блока важно знать? Отвечая на поставленные вопросы, выполняем рисунок с расстановкой сил, действующих на грузы. Вводим идеализации: сопротивлением воздуха можно пренебречь, нить невесома и нерастяжима, блок невесомый, трением в блоке можно пренебречь. Движение грузов рассматриваем в инерциальной системе отсчета, где применимы законы Ньютона. Выбираем декартову систему координат (две оси — горизонтальная и вертикальная) и приступаем к следующему этапу.

Построение математической модели. Записываем в векторной форме выражения для 2-го закона Ньютона для грузов. Находим проекции на выбранные оси координат, получаем систему скалярных уравнений. Определяем количество неизвестных, находим дополнительные связи, учитывая идеализации, принятые на предыдущем этапе, чтобы система уравнений имела решение. Получаем выражения для искомых величин.

Физический эксперимент. Планируем эксперимент по проверке решения. Подбираем оборудование для установки, с учетом физической модели. Необходимо использовать такую нить, чтобы ее можно было считать в условиях проводимого эксперимента невесомой и нерастяжимой. Нужно выбрать блок (если нет выбора, то можно ли не учитывать массу блока, трение в блоке). Далее возникает вопрос: как определить, влияет ли сопротивление воздуха на характер движения (т.е. нужно проверить постоянство ускорения). Какие величины, какими приборами нужно измерить для того, чтобы определить ускорение грузов по формуле, полученной в решении? Отвечая на этот вопрос понимаем, что нужно измерить три величины: массы того и другого груза, коэффициент трения скольжения груза M по поверхности. Возникает новая задача: как измерить коэффициент трения скольжения? Эта задача является экспериментальной. Запускаем новый цикл решения экспериментальной задачи (рис. 1).

Задача: определить коэффициент трения скольжения бруска по поверхности. В данном случае учащиеся могут предложить различные способы решения. Например, по предельному углу наклона, если данная поверхность представляет собой доску и ее можно наклонять. Другой способ — как в лабораторной работе, которую выполняли ранее на уроках физики, измеряя с помощью динамометра силу, необходимую для равномерного скольжения бруска по поверхности, и вес бруска. Можно предложить учащимся использовать основную собранную установку и придумать способ с ее помощью определить коэффициент трения скольжения. Например, вместо груза подвесить ведро и очень медленно досыпать в него песок, определяя момент, когда трения покоя переходит в трение скольжения. В последнем случае модель уже построена, нужно только провести необходимые измерения и определить искомый коэффициент трения.

Физический эксперимент (продолжение). Возвращаемся к проверке решения основной задачи. Зная коэффициент трения и массы грузов, рассчитываем ускорение грузов по формуле, полученной при решении задачи. Как измерить это ускорение экспериментально? Нужно измерить путь одного из грузов и время, за которое он пройден. В настоящее время многие школы оснащены цифровыми лабораториями, которые позволяют эти измерения произвести достаточно точно (рис. 3). Проводим серию измерений, рассчитываем ускорение и сравниваем его значение с тем, которое получено аналитически.

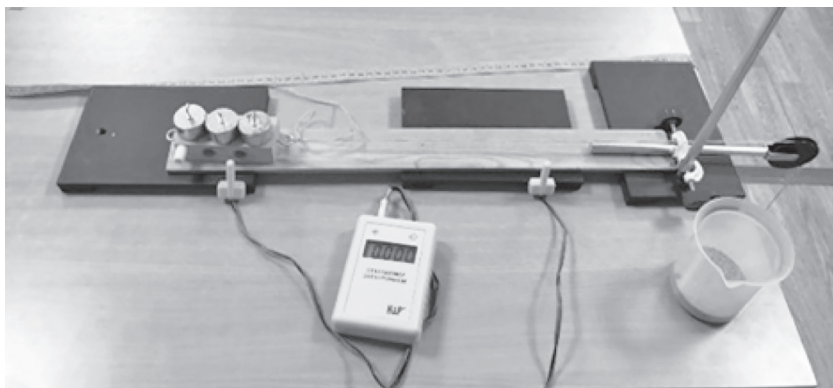


Рис. 3. Установка для измерения ускорения грузов (экспериментальная проверка решения)

Отдельно планируем эксперимент по проверке значения силы натяжения нити. Можно непосредственно измерить силу с помощью динамометра: груз m подвесить к динамометру, который прикрепить к концу нити.

Такое решение задачи позволяет учащимся понять смысл тех идеализаций, которые применяются при решении задачи. В настоящее время и в контрольно-измерительных материалах ЕГЭ по физике появилось задание, проверяющие понимание применяемых физических законов и моделей, в котором нужно обосновать их применимость. Являясь экспертом ЕГЭ по физике и проверяя работы учащихся, автор данной статьи, не раз убеждался в том, что учащиеся не понимают смысла, зачастую заучивают наизусть. Например, могут написать, что ускорения грузов равны по модулю из-за невесомости нити, а силы натяжения нити, действующие на грузы, равны из-за ее не растяжимости, или по 3-му закону Ньютона.

Важно подобрать систему задач, необходимую для усвоения основных методов решения каждого раздела школьного курса физики. Безусловно, не все задачи требуют экспериментальной проверки или могут быть поставлены как экспериментальные. В случае рассматриваемой темы «Движение связанных тел» многие задачи могут быть проверены на эксперименте, но достаточно хотя бы одну ситуацию разобрать поэтапно (рис. 1), проверить применимость всех идеализаций, другие задачи могут быть решены аналитически.

Приведем еще один пример, в котором необходима коррекция модели из-за того, что в эксперименте невозможно воссоздать идеальные условия, описанные в условии задачи.

Пример 2. *Условие задачи:* На наклонную плоскость падает упругий шарик с высоты h . Сколько раз шарик ударится о наклонную плоскость, если длина ее L , а угол наклона к горизонту 30° ?

Построение физической модели. Определяемся, нужно ли учитывать сопротивление воздуха при движении шарика (в каком случае нужно его учитывать). Разбираемся, что означает «упругий» шарик? Удар будем рассматривать как абсолютно упругий, значит механическая энергия шарика сохраняется при ударе, т.е. скорость шарика после отскока такая же по величине как до удара, а угол между скоростью шарика до удара и нормалью к плоскости равен углу между скоростью шарика после удара и нормалью к плоскости.

Построение математической модели. Рассматриваем движение шарика до первого удара, находим скорость перед ударом. Записываем уравнения

движения шарика между ударами, находим расстояние между точками ударов шарика о плоскость ($4h$), при заданном угле получаем, что количество ударов равно $L/4h$.

Физический эксперимент. Планируем эксперимент по проверке задачи. Подбираем упругий шарик. Важно опускать шарик без начальной скорости. Ставим на штативе линейку, чтобы отпускать шарик с заданной высоты h . Возможно, мы не сможем найти достаточно длинной наклонной плоскости, тогда можно измерять расстояние между ударами. Проводим эксперимент и убеждаемся, что расстояния между ударами меньше, чем мы рассчитали, и количество ударов больше (либо шарик последний раз ударяется на расстоянии, меньшем L).

Уточнение физической модели. В чем причина несоответствия? Если шарик пролетает между ударами меньшее расстояние, значит, он после удара обладает меньшей энергией. Удар нельзя считать абсолютно упругим. Как оценить потери энергии при ударе? Воспроизводим удар шарика о горизонтальную площадку и определяем отношение высот: с которой падает шарик (h) и до которой поднимается после удара (h_1), находим коэффициент потерь энергии k , равный отношению h_1/h . Корректируем математическую модель, получаем расстояние между ударами равное $4kh$. Проверяем это в эксперименте.

Данную задачу можно поставить и иначе. Пусть шарик после удара о плоскость падает на горизонтальную поверхность (рис. 4). В этом случае можно рассчитать и измерить расстояние, на которое шарик между двумя ударами сместится по горизонтали.

В первых двух примерах рассматривалось решение задачи аналитически, а затем ее экспериментальная проверка. Рассмотрим другой случай: решается экспериментальная задача.

Пример 3. *Условие задачи:* Пользуясь указанным оборудованием, необходимо определить максимальную мощность тока, выделяемую на реостате. Оборудование: батарея элементов, реостат, ключ, амперметр, вольтметр, соединительные провода.

Построение физической модели. Нарисуем схему цепи. Отвечаем на вопросы: Как определить мощность, выделяемую на реостате? Как найти силу тока в цепи? Решаем, нужно ли учитывать сопротивление соединительных проводников, источника?

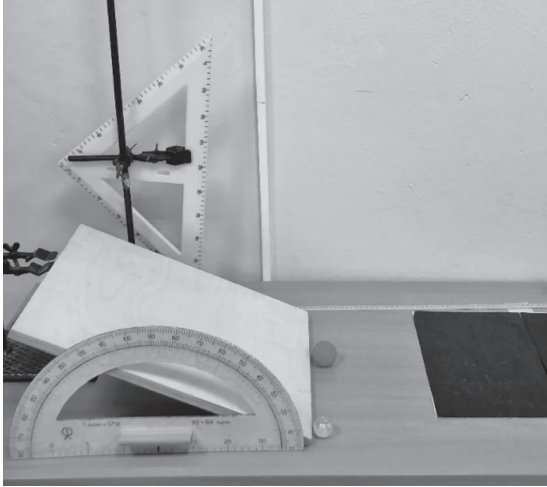


Рис. 4. Экспериментальная установка для измерения смещения тела по горизонтали между ударами о наклонную плоскость и горизонтальную поверхность

Построение математической модели. Записываем закон Ома для полной цепи, находим зависимость мощности, выделяемой на реостате от его сопротивления:

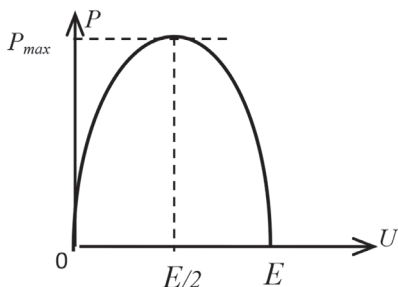
$$P = \frac{E^2 R}{(R + r)^2}.$$

Нужно найти значение сопротивления, при котором мощность максимальна. Математически это значит найти максимум функции, для этого необходимо взять производную и приравнять ее к нулю. Находим значение, что максимальная мощность достигается, если сопротивление реостата совпадает с сопротивлением источника, а сама мощность равна

$$P_{\max} = \frac{E^2}{4r}.$$

Может оказаться, что 10-классники не владеют основами математического анализа и не умеют находить производную функции. Тогда находим функцию зависимости мощности, выделяемой на реостате от его напряжения:

$$P = \frac{EU}{r} - \frac{U^2}{r}.$$



Зависимость квадратичная, строим график этой зависимости (рис. 5) и находим, что напряжение, при котором на реостате выделяется максимальная мощность равно половине ЭДС источника, и значение максимальной мощности.

Рис. 5. График зависимости мощности, выделяемой на реостате, от напряжения на нем

Физический эксперимент. Сначала нужно определить ЭДС и внутреннее сопротивление источника. Это учащиеся умеют, поскольку в курсе физике есть соответствующая работа. Определив параметры источника, находим максимальную мощность. Для экспериментальной проверки проводим серию измерений, причем особенно внимательно вблизи максимума функции.

Решив данную экспериментальную задачу, учащиеся затем без проблем решают аналогичные задачи, встречающиеся в материалах ЕГЭ: Электрическая цепь состоит из источника тока и реостата. ЭДС источника 6 В. Максимальная мощность, выделяемая на реостате равна 4,5 Вт. Чему равно внутреннее сопротивление источника? [10, С. 51].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный курс практикума по физике апробируется на физическом факультете ННГУ им. Н.И. Лобачевского в рамках дополнительного образования учащихся и в виде отдельного курса для учащихся школы № 137 г. Нижний Новгород. Подводя предварительные итоги внедрения практикума, можно утверждать, что взаимосвязь решения задач и экспериментальной деятельности на основе предложенной модели позволяет избежать формализма в обучении, развивать интерес учащихся к изучению физики, более глубоко понимать изучаемые физические явления и процессы. ■

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. *Пурышева Н.С.* Итоговая аттестация по физике учащихся школ России и Сингапура/ Н.С. Пурышева, Д.А. Исаев // Преподаватель XXIвек. — 2016. — №1. — С. 81-95.
2. *Васильева А.М.* Создание курса для подготовки к ЕГЭ по физике в Google Classroom / А.М. Васильева, М.С. Иванова // Вестник Псковского государственного университета. Серия: естественные и физико-математические науки. — 2022. — Т.15. — № 3. — С. 85-94.
3. *Говорков А.В.* Ситуационные задачи по физике как методический прием для подготовки учащихся к решению задач с развернутым вариантом ответа на ЕГЭ / А.В. Говорков, Л.В. Говоркова // Актуальные проблемы обучения математике, физике и информатике в вузе и в школе: Материалы всеросс. науч.-практич. конференции. — Курганский государственный университет. — 2017. — С. 93-96.
4. *Белова О.В.* Эффективность обучения физике студентов физического факультета и пути ее повышения / О.В. Белова, О.В. Лебедева // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. — 2019. — № 4 (56). — С. 182-186.
5. *Дмитриева О.А.* Инновационный подход к решению задач и лабораторному практикуму в курсе физики средней школы: Дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02. — СПб.: РГПУ им. А.И. Герцена, 2005. — 162 с.
6. *Тищенко Л.В.* Экспериментальный практикум по физике как средство обучения старшеклассников решению задач (углубленный уровень) / Л.В. Тищенко // Азимут научных исследований: педагогика и психология. — 2018. — Т. 7. — № 2(23). — С. 279-286.
7. *Мошков С.С.* Экспериментальные задачи по физике в средней школе: Пособие для учителей. — М, 1955. — 204 с
8. *Якубовская В.В.* Формирование понятия модели при обучении физике в школе / В.В. Якубовская, А.П. Усольцев // Школа будущего. — 2022. — № 3. — С. 198-203.
9. *Тишкова С.А.* Применение метода построения физической модели ситуации задачи при подготовке школьников к ЕГЭ по физике /С.А. Тишкова, Г.П. Стефанова // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 5. [электронный ресурс] URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=14973> (дата обращения: 16.03.2023).
10. *Демидова М.Ю.* ЕГЭ 2021. Физика. 14 вариантов. Типовые варианты экзаменационных заданий /М.Ю. Демидова, В.А. Грибов, А.И. Гиголо. — М.: Издательство «Экзамен», 2021. — 183 с.