



научно-методический журнал

ISSN 0130-5522

4 2024

ФИЗИКА В ШКОЛЕ



**Роль и место проблемного обучения
на уроках физики**

**О задаче российского Турнира юных физиков
«Саксонская миска»**

Раздел «Астрономия» _____

**Школьный космический телескоп «Умка-1».
История проекта**

**Журналу
90 лет!**

Иллюстрации к статье И.О. Царькова, Д.И. Цфронова, В.Н. Наткина, А.А. Шефцова, В.В. Заводилова «Школьный космический телескоп «УмКА-1». История проекта»



Рис. 2. Управление антенным комплексом из ЦУПа



Рис. 3. Отладка объектива космического телескопа



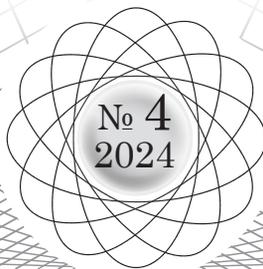
Рис. 4. Команда проекта ШКТ 2023 год



Рис. 5. Сборка инженерного экземпляра спутника



Рис. 7. Вибродинамические испытания УмКА-1



ФИЗИКА В ШКОЛЕ

Образован в 1934 году Наркомпросом РСФСР. Учредитель — 000 «Школьная Пресса». Журнал выходит 8 раз в год

МЕТОДИКА. ОБМЕН ОПЫТОМ (METHODOLOGY. EXCHANGE OF EXPERIENCE)

- ▶ **С.М. Андрюшечкин**
Роль и место проблемного обучения на уроках физики 3
- ▶ **Н.А. Антонова**
Приемы формирования читательской грамотности
при организации работы с учебными текстами. 12

ЭКСПЕРИМЕНТ (EXPERIMENT)

- ▶ **М.А. Фаддеев, Ю.В. Масленникова**
Исследование колебаний математического маятника 21

ЗАДАЧИ И ВОПРОСЫ (TASKS AND QUESTIONS)

- ▶ **В.М. Котлович, С.С. Пивоваров, М.И. Иванов**
О задаче российского Турнира юных физиков «Саксонская миска» 29

ШКОЛА — ВУЗ (SCHOOL — UNIVERSITY)

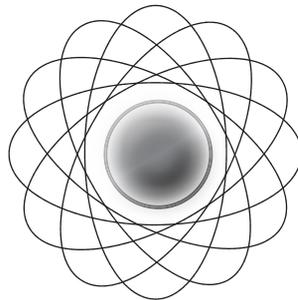
- ▶ **Ю.С. Сайко**
Профессиональная проба в вузовском музее 41

КНИЖНАЯ ПОЛКА (BOOKSHELF)

- ▶ **Ш.Г. Зиятдинов**
К истории создания атомной бомбы. 46

АСТРОНОМИЯ (ASTRONOMY)

- ▶ **И.С. Царьков, Д.И. Ефремов, В.М. Мативв, А.А. Шафиев, В.В. Заводиленко**
Школьный космический телескоп «Умка-1». История проекта. 55



Журнал рекомендован Высшей аттестационной комиссией (ВАК) Министерства образования и науки Российской Федерации в перечне ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.
Журнал зарегистрирован в базе данных Российского индекса научного цитирования.
Распространяется в печатном и электронном виде.

Главный редактор **Е.Б. Петрова**, д.п.н., доцент / **Petrova, E.B.** DrSci in Education, Associate Professor
Зав. редакцией **Е.Б. Перская** / **Perskaya, E.B.**

Состав редколлегии

Демидова М.Ю. , д.п.н., доцент	Demidova M.Yu. , DrSci in Education, Associate Professor
Засов А.В. , д.ф.-м.н., академик МАН, профессор	Zasov A.V. , DrSci of Physics and Mathematics, Academician of the MAS, Professor
Королев М.Ю. , д.п.н., к.ф.-м.н., доцент	Korolev M.Yu. , DrSci in Education, PhD of Physics and Mathematics, Associate Professor
Майер В.В. , д.п.н., профессор	Mayer V.V. , DrSci in Education, Professor
Милинский А.Ю. , д.ф.-м.н., доцент	Milinskiy A.Yu. , DrSci of Physics and Mathematics, Associate Professor
Наумов А.В. , д.ф.-м.н., доцент, профессор РАН, член-корреспондент РАН	Naumov A.V. , DrSci of Physics and Mathematics, Professor Russian Academy of Sciences, Corresponding Member of Russian Academy of Science
Пентин А.Ю. , к.ф.-м.н.	Pentin A.Yu. , PhD of Physics and Mathematics
Плахотник Т.В. , к.ф.-м.н., приват доцент, школа математики и физики университета Квинсленда, Австралия	Plakhotnik T.V. , PhD of Physics and Mathematics, privat-docent, school of mathematics and physics, University of Queensland, Australia
Сауров Ю.А. , д.п.н., профессор, член-корреспондент РАО	Saurov Yu.A. , DrSci in Education, Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Education
Федорова Н.Б. , д.п.н., доцент	Fedorova N.B. , DrSci in Education, Associate Professor
Ханнанов Н.К. , к.х.н.	Khannanov N.K. , PhD in chemical Sciences
Царьков И.С. , к.т.н., зам. директора	Tsarkov I.S. , PhD in Technology, associate Director
Чулкова Г.М. , д.ф.-м.н., доцент	Chulkova G.M. , DrSci of Physics and Mathematics, Associate Professor

ООО «Школьная Пресса»

Корреспонденцию направлять по адресу: 127254, г. Москва, а/я 62

Тел.: 8 (495) 619-52-87, 619-52-89.

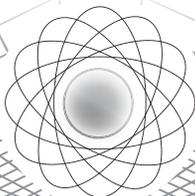
Интернет [http:// www.школьнаяпресса.рф](http://www.школьнаяпресса.рф) E-mail: fizika@schoolpress.ru

Формат 84×108/16. Усл. п. л. 4,0. Изд. № 3874. Заказ

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия, свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-38550 от 21.12.09.

Издание охраняется Гражданским кодексом РФ (часть 4). Любое воспроизведение материалов, размещенных в журнале, как на бумажном носителе, так и в виде ксерокопирования, сканирования, записи в память ЭВМ, и размещение в Интернете запрещается.

Отпечатано в АО «ИПК «Чувашия», 428019, г. Чебоксары, пр. И. Яковлева, д. 13.



РОЛЬ И МЕСТО ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ НА УРОКАХ ФИЗИКИ

THE ROLE AND PLACE OF PROBLEM-BASED LEARNING IN PHYSICS LESSONS

Научная статья

Scientific article

ББК 74.262.23

УДК 372.853

DOI 10.47639/0130-5522_2024_4_3

С.М. Андリュшечкин , младший научный сотрудник, Омская гуманитарная академия, г. Омск; asm57@mail.ru	S.M. Andryushechkin , junior researcher, Omsk Humanitarian Academy; asm57@mail.ru
Ключевые слова: преподавание физики в школе, проблемное обучение, проблемная ситуация на базе виртуального и реального эксперимента	Keywords: teaching physics at school, problem-based learning, problem situation based on virtual and real experiments
Аннотация. Обсуждены причины снижения уровня физического образования в школе. Предложены пути повышения уровня методической подготовки учителя физики. Обоснована приоритетная роль проблемного обучения, как отвечающего объективным законам умственного развития, и позволяющего реализовать на уроках физики фундаментальные виды учебной деятельности (моделирование и экспериментирование). Приведены примеры организации проблемных ситуаций при обнаружении учащимися расхождения результатов проведенных ими виртуальных и реальных экспериментов	Abstract. The reasons for the decline in the level of education in physics at school are discussed. Ways to improve the level of methodological training of a physics teacher are proposed. The priority role of problem-based learning is substantiated as meeting the objective laws of mental development, as allowing the implementation of fundamental types of educational activities (modeling and experimentation) in physics lessons. Examples are given of organizing problem situations when students discover discrepancies in the results of their virtual and real experiments

© Андリュшечкин С.М., 2024

Часто, ведя речь о современных Федеральных государственных стандартах образования (ФГОС), в частности, о стандарте основного общего образования, указывают на системно-деятельностный подход и ориентацию на развивающее обучение как новую отличительную характерную черту тех требований, что предъявляет стандарт. Действительно, «Единство обязательных требований к результатам освоения программ основного общего образования

реализуется во ФГОС на основе системно-деятельностного подхода, обеспечивающего системное и гармоничное развитие личности обучающегося, освоение им знаний, компетенций, необходимых как для жизни в современном обществе, так и для успешного обучения на следующем уровне образования, а также в течение жизни» [1].

В среде «бывалых» учителей физики, как правило, это высказывание сопровождается удивленным подъемом бровей: «Разве

раньше мы работали не в рамках деятельностного подхода?» Действительно, вспоминая себя, ученика провинциальной школы прошлого века. Учитель физики С.Н. Челобанов мог предложить, например, при изучении архимедовой силы определить плотность картофеля, а при рассмотрении равноускоренного движения — установить время двигательной реакции, используя только линейку. И число таких примеров множество. Учителя «старой закалки» не испытывают затруднений принципиального характера в ФГОС-рамках; их работе не мешает то, что они «получили образование в то время, когда господствующей была традиционная (знаниевая) парадигма, а урок носил преимущественно репродуктивный характер» [2, с. 47].

Менее радужно обстоят дела в среде «новой генерации» учителей физики.

– В.Г. Разумовским, В.В. Майером отмечено, что «выросло новое поколение учителей физики, которому не нужны ни физический кабинет, ни физическое оборудование, поскольку проще учить и выживать без опытов, чем так, как этого требует предмет» [3, с. 274].

– В концепции преподавания учебного предмета «Физика» в образовательных организациях Российской Федерации, реализующих основные общеобразовательные программы, указано, что «в обучении физике не уделяется должное внимание формированию таких умений, как постановка задачи исследования, выдвижение научных гипотез и предложение способов их проверки, ... Необходимы изменения в методике обучения способам решения задач. Эти способы должны сводиться не к заучиванию алгоритмов решения типовых расчетных задач, а основываться на умениях переводить на язык физики описание реальной ситуации, самостоятельно выбирать физическую модель при решении задачи» [4].

В качестве причин такой ситуации выделяют следующее.

1. Слабый уровень подготовки абитуриентов, выбравших профессию учителя физики, которым «на входе» даже не обязательно иметь сертификат о сдаче ЕГЭ по физике, «что приводит к набору на эту специальность выпускников, не мотивированных к изучению физики и не имеющих достаточного уровня знаний для освоения в образовательной программе высшего образования курса общей физики» [4]. Все это выливается в слабую профессиональную подготовку учителя физики.

2. Недостаточное материально-техническое оснащение кабинетов физики. «Для реализации современных принципов развивающегося и личностно ориентированного обучения нужны современные учебно-технические средства, без которых немислима подготовка человека к жизни в условиях постоянно меняющегося информационного общества» [5, с. 23]. При этом до сих пор благим намерением, например, остается пожелание об установлении единых требований к техническим характеристикам лабораторных и демонстрационных приборов, цифровых лабораторий. В результате, как отмечает автор практикума по физике для учеников 7–11 классов А.Е. Тарчевский, «современные сборники методичек для цифровых лабораторий ... зачастую написаны с основной целью — продать дорогое оборудование ... Отработки методичек с реальными школьниками не проводилось» [6, с. 11]. Что касается перечня оборудования кабинета физики, то в известном приказе Министерства просвещения Российской Федерации он занимает всего четыре страницы, причем в указанном приказе при описании оснащения лаборантской кабинета физики нет никаких указаний ни на инструменты, ни на вспомогательное оборудование [7]. Достаточно сравнить это с классическим пособием «Учебное оборудование по физике в средней школе», которое было настольной книгой не для одного поколения учителей физики [8].

3. «Имеющиеся учебно-методические

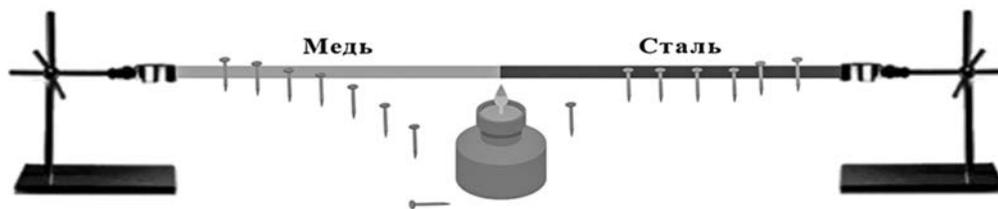


Рис. 1

комплекты для преподавания учебного предмета «Физика» на уровне основного общего и среднего общего образования на базовом уровне (физика и естествознание) не решают в полной мере задачу формирования естественнонаучной грамотности обучающихся» [4]. Знакомство с учебно-методическими комплектами для курсов физики основной и средней школы (базовый и профильный уровни) показывает, что авторские коллективы этих комплектов прописывают цели обучения физике в ФГОС-тренде, подтверждают приверженность деятельностным формам и методам организации учебного процесса. При этом, несмотря на имеющиеся дидактические достоинства, комплекты созданы без выраженной декларации того, какая же именно педагогическая идеология положена в их основу. Это снижает их внутреннее единство и препятствует превращению комплекта в дидактическую систему. Не изжиты и отдельные методические погрешности. Так, например, в известном учебнике для сравнения теплопроводности различных металлов предлагается провести опыт (рис. 1) [9, с. 13].

Однако в рассмотренном опыте гвоздики отваливаются, когда воск расплавляется, достигая температуры плавления. Тем самым данный опыт демонстрирует в первую очередь не передачу энергии, а изменение температуры. Оно зависит не только от переданного количества теплоты, но и от теплоемкости и плотности вещества.

Процессы теплопроводности и температуропроводности характеризуют соответственно коэффициенты теплопроводности α и температуропроводности γ . Эти коэф-

фициенты связаны между собой соотношением

$$\gamma = \frac{\alpha}{c \cdot \rho},$$

где γ — коэффициент температуропроводности, $\text{м}^2/\text{с}$; α — коэффициент теплопроводности, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; c — удельная теплоемкость, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; ρ — плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Расчеты показывают, что не во всех случаях высокая теплопроводность металла соответствует его высокой температуропроводности. По этой причине описанный выше опыт не является корректным.

4. Учитель, даже заинтересованный в высоких результатах своей профессиональной деятельности, порой не может получить необходимой ему методической поддержки, обозревая «океан» научно-методической литературы. Допустим, его заинтересовала статья с притягательным названием «Структура работы учителя физики по развитию исследовательских умений обучающихся», в аннотации к которой говорится о разработке соответствующей методики [10]. Знакомясь более подробно с содержанием статьи, учитель узнает о разработке авторами статьи пяти лабораторных работ исследовательского типа с использованием цифровых лабораторий, однако описание самих работ в статье отсутствует.

Как же учителю физики приобрести статус мастера своего дела?¹ Во-первых, необходимо досконально освоить определенный и лично близкий, психологически комфортный ему арсенал методов и приемов эффективной

¹ Очевидно, что, говоря о педагогическом мастерстве учителя физики, мы имеем в виду учителя, который свободно владеет школьным курсом физики.

педагогической деятельности. *Во-вторых*, оснастить этот арсенал дидактическим «инструментарием», адекватным выбранным методам и приемам педагогической деятельности, позволяющим реализовывать их на практике оптимальным образом.

С учетом нормативных требований ФГОС, отражающих запросы государства и общества к системе образования, в настоящее время приоритетом является система личностно ориентированного развивающего образования — «система работы учителя и школы в целом, направленная на максимальное раскрытие и выращивание личностных качеств каждого ребенка» [11, с. 15]. При этом развивающее обучение мы понимаем здесь как «обучение, которое, действуя в зоне ближайшего развития, наращивает дифференциацию и интеграцию когнитивных структур, «надстраивая» все новые и новые актуальные уровни развития» [12, с. 10].

Нельзя не согласиться с замечанием известного психолога Н.И. Чуприковой. «Обучение детей в школе есть вид практики. Чтобы быть успешным, оно, как всякая практика, должно соотноситься с объективными законами природы, отвечать им» [13, с. 5]. Среди же законов, «отвечающих» за умственное развитие, ведущим является закон «о ключевой базисной роли процессов дифференциации в умственном развитии» [14, с. 11]. Н.И. Чуприкова раскрывает содержание закона следующим образом: «Закон состоит в том, что всякое развитие есть развитие некоторой исходной “примитивной” целостности и идет в направлении от общего к частному, ... формам все более внутренне дифференцированным и иерархически упорядоченным» [15, с. 213].

С учетом сказанного выше учителю при решении вопроса о «наполнении» его методического арсенала следует, по нашему убеждению, отдать *приоритет проблемному обучению*. Р.И. Малафеев, один из тех, кто ввел проблемное обучение в школьный курс физики, определил его как «систему

развития учащихся в процессе обучения, в основу которой положено использование учебных проблем в преподавании и привлечение школьников к активному участию в разрешении этих проблем» [16, с. 3]. Современные описания проблемного обучения близки к этому классическому определению, например: «Сущность проблемного обучения заключается в том, что оно рассматривается как организованный педагогом способ активного взаимодействия субъекта с проблемно-представленным содержанием обучения, в ходе которого он приобщается к объективным противоречиям научного знания и способам их решения, учится мыслить, творчески усваивать знания» [17, с. 46].

Применение проблемного обучения как раз и позволяет построить учебный процесс в соответствии с объективно действующими законами умственного развития: постановка проблемы (либо учителем, либо, что предпочтительнее, «подвод» самого ученика к постановке проблемы) — анализ проблемы (а значит, активная познавательная деятельность учащихся) — синтез субъективно нового (для ученика) знания. Именно при проблемном обучении ученик приобретает не только предметные знания, но и опыт «езды в неведомое», он овладевает способами познания, и, в полном соответствии с принципом дифференциации, перед ним раскрывается структура знаний. «Показать динамику и «внутренние пружины» развития важнейших идей и теорий крайне важно для развития физического мышления и творческих способностей учащихся» [16, с. 7, 8]. При активном познавательном процессе развивается, что также немало важно, не только интеллект ученика, но и его личностные качества, происходит не только умственное, но и нравственное его развитие. Таким образом, соответствие проблемного обучения законам психического развития обуславливает его эффективность вне зависимости от педагогической «моды» и требует от учителя освоения методики проблемного обучения при построении учебно-

го процесса, отвечающего требованиям современных ФГОС.

При организации проблемного обучения учителю необходимо выделить в изучаемом учащимися учебном материале важнейшие понятия, которые и будут освоены ими «проблемно»; разработать набор соответствующих проблемных ситуаций и продумать сценарии их разрешения; разработать для учеников рекомендации методологического плана. Добавим к этому ситуацию определенного психологического дискомфорта для учителя — «он уже не “царь горы”, который единолично ведет дидактический монолог, а один из равноправных участников интеллектуального диалога» [12, с. 25]. Таким образом, успешное преодоление «проблем» проблемного обучения требует создания *специализированного дидактического инструментария*, в содержании которого были бы отражены особенности проблемного обучения и указаны пути разрешения методических затруднений.

В качестве такого инструментария укажем на дидактический комплекс проблемного обучения «Физика — 7–9» (ДКПО «Физика — 7–9»), разработанный автором статьи.

Как писал К. Маркс в первом томе знаменитого «Капитала», «но и самый плохой архитектор от наилучшей пчелы с самого начала отличается тем, что, прежде чем строить ячейку из воска, он уже построил ее в своей голове». По этой причине создание проблемно ориентированного дидактического инструментария началось с разработки теоретической конструкции — концепции дидактического комплекса проблемного обучения. Ее базисом являются: идея системности дидактических средств практической реализации проблемного обучения, идея технологичности процесса обучения, идея нравственного и умственного развития ученика средствами учебного предмета. Концепция стала теоретической основой построения модели ДКПО «Физика — 7–9». Проведенный процесс моделирования и

созданная при этом модель комплекса «вывели» на определение элементного состава комплекса (всего в комплексе более 30 пособий, и они составляют не комплект, а именно комплекс, т.е. дидактическую систему). Моделирование позволило сформулировать и «техзадания» — требования к содержанию учебно-методических и дидактических пособий — элементов комплекса. Например, пособия для факультативных занятий [18–20] были разработаны с учетом следующих требований:

- опора на научный метод познания;
- содержание пособий служит углублению предметного содержания основного учебного курса;
- ориентация на продуктивную деятельность.

Профессор Ю.А. Сауров неоднократно подчеркивал, что фундаментальными видами учебной деятельности для процессов обучения физике являются *моделирование* и *экспериментирование*. Усилиями вятских методистов-физиков (Ю.А. Сауров, К.А. Коханов) регулярно организуется и проводится Всероссийская научно-практическая конференция «Модели и моделирование в методике обучения физике»; работы по методике экспериментирования ведутся в Нижнем Новгороде (И.В. Гребенев) и городе Глазов (В.В. Майер). В последнем ежегодно проводится Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Учебный физический эксперимент: Актуальные проблемы. Современные решения» (к сожалению, в научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU материалов конференции нет в открытом доступе, что существенно снижает возможность ознакомления с ними).

Моделирование и экспериментирование, как виды учебной деятельности, безусловно эффективно «сопрягаются» с проблемным обучением. Так, например, при организации освоения деятельности моделирования при работе с учебными физическими задачами «необходимо, что принципиально, ставить

и решать проблемы описания реальности. Именно тогда вскрывается модельность наших представлений, именно тогда формируются творческие умения находить (строить) нужные методы решения, понимать их ограниченность» [21, с. 112]. При этом дидактический эффект мультиплицируется, если задача является экспериментальной: «Общество физиков, методистов, учителей должно быть едино в усиллии — ни урока без экспериментальной задачи!» [21, с. 112].

Подчеркнем, что в приведенной выше цитате Ю.А. Сауров под учебной физической задачей фактически понимает учебную проблему — «проблему описания реальности». Или, как отмечал еще П.Л. Капица, «задачи, которые дают обычно в сборниках, не всегда имеют тот характер, который воспитывает самостоятельность мышления. Обычно эти задачи сводятся к тому, что надо подставить заданные данные в нужные формулы, ... следует ставить задачи менее определено. Вот примеры таких простых задач. Предложить определить мощность мотора насоса, необходимого для поддержания струи, чтобы тушить пожар шестиэтажного дома» [22, с. 247–248].

В качестве примера приведем ряд таких задач на базе виртуальных и реальных экспериментов и покажем, как может быть организована работа учеников по сравнению результатов таких экспериментов и разрешению при этом проблемы несовпадения их результатов².

Задача 1. Изучение силы упругости.

- На сайте [23] имеется (в открытом доступе) виртуальная лабораторная работа «Зависимость силы упругости от удлинения». Компьютерная модель позволяет, «изменяя нагрузку» на пружину, «изме-

рять растяжение» пружины. В результате можно построить график зависимости силы упругости от величины деформации, которая идеально «подчиняется» закону Гука.

- В случае проведения реального эксперимента используют полоску плоской резины шириной 5–6 мм и длиной 20–25 см (для удобства крепления динамометра на одном конце полоски резины следует с помощью тонкой медной проволоки прикрепить канцелярскую скрепку), линейку и лабораторный динамометр. Ученики убеждаются, что при значительном растяжении полоски резины прямо пропорциональная зависимость «растяжение — сила упругости» не выполняется.

Разрешение возникшей проблемы позволяет сформулировать вывод о границах применимости закона Гука.

Задача 2. Оптическая сила тонкой собирающей линзы.

- На сайте [23] имеется (в открытом доступе) виртуальная лабораторная работа «Определение оптической силы и фокусного расстояния тонкой линзы». Компьютерная модель позволяет, «изменяя расстояние от предмета до линзы», наблюдать изменения изображения предмета «на экране» и, «измерив» соответствующие расстояния, провести расчет оптической силы и фокусного расстояния линзы.
- Используя миллиметровую сетку, нанесенную на стекло (ранее такой прибор выпускался промышленностью, при его отсутствии можно, наклеив прозрачный скотч на пластинку стекла, нанести сетку самостоятельно), красный и зеленый светофильтры, собирающую линзу с оптической силой 4–5 дптр, источник света, лабораторный экран, рулетку, измеряют оптическую силу линзы для красного и зеленого света. При измерениях удобнее использовать увеличение $\Gamma = 2-3$. Так, в проведенных нами опытах были получены следующие результаты:

² См. также: Андришечкин С.М. Развитие критического мышления учащихся в процессе решения проблемных экспериментальных задач // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 38. — М.: ИСПО РАО, 2023. — С. 8–11.

$$D_{кр} = (4,17 \pm 0,03) \text{ дптр},$$

$$D_{зел} = (4,26 \pm 0,05) \text{ дптр}.$$

При разрешении возникшей проблемы «непостоянства» оптической силы линзы ученики приходят к выводу о зависимости оптической силы от длины волны, что обусловлено явлением дисперсии света. Так как показатель преломления для красного света меньше, чем для зеленого, то линза и преломляет красный свет «слабее», что и обуславливает меньшую оптическую силу линзы в этом случае³.

Задача 3. Упругий нецентральный удар.

– Рассматривается упругий нецентральный удар шара массой m , имеющего импульс \vec{p}_0 , в неподвижный шар такой же массы. После удара шары приобретают

импульсы \vec{p}_1 и \vec{p}_2 соответственно. Требуется определить угол α разлета шаров. Используя закон сохранения механической энергии поступательного движения шаров и закон сохранения импульса, получим

$$\frac{p_0^2}{2m} = \frac{p_1^2}{2m} + \frac{p_2^2}{2m}, \quad \vec{p}_0 = \vec{p}_1 + \vec{p}_2.$$

Возведя второе уравнение в квадрат, имеем

$$(\vec{p}_0)^2 = (\vec{p}_1)^2 + (\vec{p}_2)^2 + 2(\vec{p}_1 \cdot \vec{p}_2).$$

Сравнивая с первым уравнением, видим, что

$$(\vec{p}_1 \cdot \vec{p}_2) = 0.$$

Значит,

$$\alpha = \frac{\pi}{2}.$$

В качестве иллюстрации можно продемонстрировать видео, где показано движение бильярдных шаров и приведен иной способ доказательства того, что угол α разлета шаров равен $\frac{\pi}{2}$ (<https://www.youtube.com/watch?v=hRVw3Ilg4WB4>).

– Проведем опыт, используя вместо шаров монеты одинаковой массы. Для того чтобы достаточно точно зафиксировать направление скорости налетающей монеты, будем отправлять ее «в полет» вдоль ребра линейки. Также отметим точку нахождения центра неподвижной монеты перед ударом, местонахождение центра движущейся монеты перед ударом и положения монет после разлета (рис. 2).

Опыт показывает, что угол α разлета монет существенно меньше $\frac{\pi}{2}$, и «списать» наблюдаемое расхождение на погрешность измерений не представляется возможным.

В процессе разрешения данной проблемы ученики обращают внимание, что направление скорости налетающей монеты в процессе удара изменилось, она развернулась, а значит, монета приобрела некоторую кинетическую энергию вращательного движения. Следовательно,

³ Уместно также здесь процитировать описание одного из оптических опытов, данное Ньютоном (см.: Ньютон И. Оптика или трактат об отражениях, преломлениях, изгибаниях и цветах света / Пер. с 3-го англ. изд. 1721 г. с примеч. С.И. Вавилова. — 2-е изд. / просмотр. Г.С. Ландсбергом. — М.: Гостехиздат, 1954. — С. 24–25): «На ... кусок бумаги, две половины которого были окрашены в красный и синий цвет, ... я намотал несколько раз тонкую нить очень черного шелка таким образом, что несколько витков на окрашенной бумаге казались рядом черных линий, нанесенных на бумагу... Я мог бы начертить черные линии пером, но нитки были более тонкими и отчетливыми... Вблизи бумаги, около раздела красок, внизу я поместил свечу для сильного освещения бумаги, так как опыт производился ночью... Далее... я поставил стеклянную линзу..., собирающую лучи... и заставляющую их сходиться. ... белую бумагу... я передвинул несколько раз то по направлению к линзе, то от нее, для того, чтобы найти те места, где изображения синей и красной частей окрашенной бумаги кажутся наиболее отчетливыми. Я легко узнавал эти места по изображениям черных линий, полученных при помощи шелка, намотанного на бумагу... расстояние белой бумаги от линзы в случае отчетливого изображения красной половины окрашенной бумаги было на один дюйм с половиной больше, чем расстояние той же белой бумаги от линзы, когда изображение синей половины казалось наиболее отчетливым».

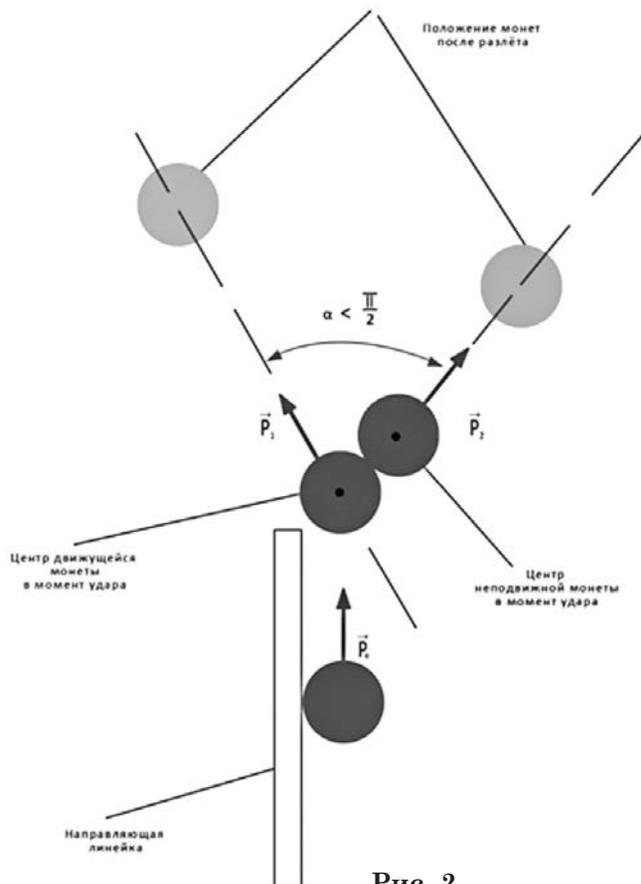


Рис. 2

$$\frac{p_1^2}{2m} + \frac{p_2^2}{2m} < \frac{p_0^2}{2m}.$$

Это и обуславливает уменьшение угла разлета монет от «очевидных» девяноста градусов.

В заключение вновь обратимся к словам П.Л. Капицы из его доклада на Международном конгрессе по вопросам подготовки преподавателей физики для средней школы (1970). Он отмечал, что основой воспитания творческих способностей молодых людей является развитие самостоятельности их мышления по следующим направлениям: индукция, дедукция и диалектика. «Для воспитания же диалектического мышления преподаватель на ряде примеров может показать, как противоречие между теоретическими представлениями и экспериментом приводит в физике к новым научным открытиям» [22, с. 247]. Проецируя эти слова

на школьный курс физики, скажем: для интеллектуального и нравственного развития учащихся учителю следует использовать учебные проблемы, в процессе разрешения которых ученик «откроет» новые для себя научные знания.

Литература

1. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования, утвержденный приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 31 мая 2021 г. № 287, с изменениями, внесенными приказами Министерства просвещения Российской Федерации от 18 июля 2022 г. № 568, от 8 ноября 2022 г. № 955.

2. Кудинов В.В. Трудности в проектировании современного урока // Современные проблемы науки и образования. 2023. № 2. С. 47.

3. Разумовский В.Г., Майер В.В. Физика в шко-

ле. Научный метод познания и обучения. — М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2004. — 463 с.

4. Концепция преподавания учебного предмета «Физика» в образовательных организациях Российской Федерации, реализующих основные общеобразовательные программы. Утверждена решением Коллегии Министерства просвещения Российской Федерации, протокол от 3 декабря 2019 г. № ПК-4 вн.

5. Смирнов А.В. Современный кабинет физики. — М.: 5 за знания, 2006. — 304 с.

6. *Тарчевский А.Е.* Практикум по физике. Профильный уровень обучения. 7–11 классы. — М.: МЦНМО, 2021. — 408 с.

7. Приказ Минпросвещения России от 6 сентября 2022 г. № 804 «Об утверждении перечня средств обучения и воспитания, соответствующих современным условиям обучения, необходимым для оснащения общеобразовательных организаций в целях реализации мероприятий государственной программы Российской Федерации «Развитие образования», направленных на содействие созданию (создание) в субъектах Российской Федерации новых (дополнительных) мест в общеобразовательных организациях, модернизацию инфраструктуры общего образования, школьных систем образования, критериев его формирования и требований к функциональному оснащению общеобразовательных организаций, а также определении норматива стоимости оснащения одного места обучающегося указанными средствами обучения и воспитания».

8. Учебное оборудование по физике в средней школе. Пособие для учителей / Под ред. А.А. Покровского. — М.: Просвещение, 1973. — 480 с.

9. *Пёрышкин А.В.* Физика. 8: учебник. — М.: Экзамен, 2022. — 271 с.

10. *Даммер М.Д.* Структура работы учителя физики по развитию исследовательских умений обучающихся / М.Д. Даммер, Н.Ф. Косарев, Э.В. Хафизова // Педагогический журнал Башкортостана. 2022. № 2 (96). С. 27–41.

11. *Бунеев Р.Н.* Теоретико-методологические основы образовательной системы нового поколения: дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.01. — М., 2009. — 387 с.

12. *Андрюшечкин С.М.* Дидактический ком-

плекс проблемного обучения: теория, модель, практическая реализация: монография. — М.: Баласс, 2018. — 151 с.

13. *Чуприкова Н.И.* Умственное развитие и обучение (к основанию системно-структурного подхода). — М.: Изд-во психолого-социального института; Воронеж: Изд-во НПО «МОДЭК», 2003. — 320 с.

14. *Чуприкова Н.И.* Умственное развитие: Принцип дифференциации. — СПб.: Питер, 2007. — 448 с.

15. *Чуприкова Н.И.* Психика и психические процессы (система понятий общей психологии). — М.: Языки славянской культуры, 2015. — 608 с.

16. *Малафеев Р.И.* Проблемное обучение физике в средней школе: Из опыта работы. Пособие для учителя. — М.: Просвещение, 1980. — 127 с.

17. *Быстрова Н.В.* Проблемное обучение в современном образовании / Н.В. Быстрова, С.А. Зиновьева, Е.В. Филатова // Проблемы современного педагогического образования. 2020. № 67-1. С. 43–46.

18. *Андрюшечкин С.М.* Физика в опытах и задачах. 7 класс: факультативный курс: к учебнику «Физика». 7 класс. — М.: Баласс, 2018. — 96 с.

19. *Андрюшечкин С.М.* Физика в опытах и задачах. 8 класс: факультативный курс: к учебнику «Физика». 8 класс. — М.: Баласс, 2018. — 106 с.

20. *Андрюшечкин С.М.* Физика в опытах и задачах. 9 класс: факультативный курс: к учебнику «Физика». 9 класс. — М.: Баласс, 2019. — 173 с.

21. *Сауров Ю.А.* Построение постнеклассической методики обучения физике: методологический и методический синтез: монография. — Киров: ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС», 2022. — 212 с.

22. *Капица П.Л.* Эксперимент. Теория. Практика: статьи и выступления. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. — 496 с.

23. Физика: приложения (материалы к уроку). Интерактивные лабораторные работы. — URL: http://seninvg07.narod.ru/004_fiz_lab.htm (дата обращения: 15.09.2023).

Дата поступления рукописи (Received): 23.10.2023.

Опубликовано (Published): 16.05.2024.