

Защита отчётов о выполнении задач общего физического практикума с использованием дистанционных технологий: опыт, проблемы, перспективы

В. Е. Буравцова,* А. В. Селиверстов†
Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, кафедра общей физики
Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2
(Поступила в редакцию 04.08.2021; подписана в печать 06.08.2021)

Проанализирован опыт применения дистанционных методов обучения для комплексного развития у студентов ряда общепрофессиональных, профессиональных и общекультурных компетенций. В качестве метода обучения предложена конкретная предметная деятельность, осуществляемая в рамках освоения учебной дисциплины «Общий физический практикум», анализ этой деятельности и её результатов с позиции деловой игры — проводимого студентами научного исследования. Приведен анализ результатов применения дистанционных методов обучения, обнаружен ряд их существенных достоинств.

PACS: 01.40.gb, 01.50.Qb, 01.55.+b

УДК: 53.05, 53.08, 167, 37.026, 372.853, 378.4.

Ключевые слова: общий физический практикум, компетенции, современные информационные технологии, дистанционное обучение.

ВВЕДЕНИЕ

Пандемия коронавируса COVID-19, длящаяся уже более года, стимулировала массовое внедрение ряда новых методов обучения в учебный процесс — в частности, с использованием дистанционных технологий. Несколько месяцев занятий онлайн дали богатый материал для исследования опыта использования такой формы обучения, возникающих проблем, перспектив применения и поиска оптимальных стратегий.

На физическом факультете МГУ занятия по курсу общей физики для студентов-младшекурсников делятся на лекции, семинары и физический практикум. И если лекции возможно реализовать в виде онлайн-трансляций или видеозаписей, а семинары — в виде онлайн-конференций, то занятия в общем физическом практикуме требуют самостоятельного проведения эксперимента, то есть непосредственного присутствия студента в учебных аудиториях. Для минимизации рисков в ходе выполнения задачи измерения проводились студентами очно (за ограниченное время), а защита отчётов о выполнении задач осуществлялась в дистанционном формате: студенты присылали отчёты преподавателю и получали обратную связь по электронной почте.

Отчёт должен был включать в себя следующие элементы:

- конспект теоретического материала, необходимо для понимания явления;
- параметры экспериментальной установки и непосредственные результаты измерений (как правило, оформленные в виде таблиц);

- обработку и анализ экспериментальных данных с построением необходимых графиков и схем;
- основные результаты обработки и основанные на них выводы.

I. ПРОБЛЕМЫ СДЕВАЕМЫХ ОТЧЕТОВ

Новый и непривычный для всех сторон учебного процесса формат сдачи задач подчеркнул известные проблемы в подготовке младшекурсников и расширил их спектр. Первой бросается в глаза избыточность конспектов: теоретическое введение переписывается целиком, без анализа физической ситуации, выделения главного и пропуска второстепенного. Как следствие, студентам неочевидна необходимость идеализации экспериментальной установки и создания её модели, даже если полученные впоследствии экспериментальные данные противоречат теоретическим предсказаниям: приведённая в описании теория абсолютизируется и не подлежит критическому анализу, то есть не модель приводится в соответствие с явлением, а экспериментальные данные подгоняются под заданную модель.

1.1. Графики

Представление результатов в графическом виде также имеет ряд серьезных проблем. Приведём несколько примеров из реальных отчётов, ярко демонстрирующих основные трудности в понимании студентами назначения этой формы представления данных.

На рис. 1 теоретическая кривая строится по одной экспериментальной точке. Вывод о подтверждении теории экспериментом аргументируется тем, что экспериментальные точки совпали с рассчитанными значениями в пределах погрешности. В данном случае

* brahicom@physics.msu.ru

† panopticum@physics.msu.ru

нет понимания, насколько можно доверять полученным экспериментальным данным и насколько удачно подобрана модель, одна точка никак не подтверждает вид зависимости.

Пример непонимания смысла погрешностей измерений иллюстрирует рис. 2 — теоретическая зависимость строится без их учета. Вывод о совпадении теории и эксперимента основан всего на одной точке.

На рис. 3 сразу бросается в глаза отсутствие линий тренда, приведены только экспериментальные точки. Во-первых, это означает непонимание цели исследования: студент не знает, с чем сравнить экспериментальные данные. Во-вторых, указание о построении графика воспринимается чисто механически, пренебрегая правилами оформления, — не указана важная информация: какие величины измерялись, чему соответствуют три серии данных.

График на рис. 4 совершенно неинформативен. Его масштаб выбран неудачно, а из названия не следует, отражение чего исследуется и в чём особенность второго случая. Легенда также не вносит ясности, что же изображено красным и синим цветами. Погрешности измерений не нанесены, теоретические кривые проведены через все экспериментальные точки, что заставляет сомневаться в корректности их построения.

Кроме того, надписи и обозначения, как правило, также имеют ряд недостатков. Наиболее часто встречаются отсутствие достаточного описания представленных величин (наименование и единицы измерения) и ненужные уточнения. В заголовке на рис. 2 слово «график» лишнее, а информации о том, какой коэффициент связи исследовался, нет.

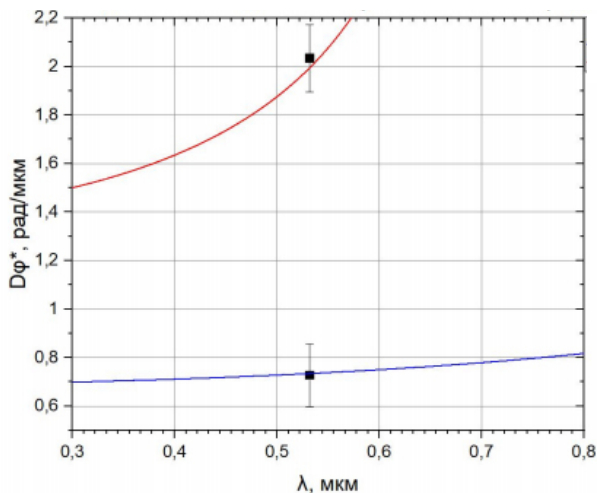


Рис. 1. Пример построения теоретических кривых по одной экспериментальной точке. Зависимость угловой дисперсии дифракционной решётки от длины волны для максимумов 1-го и 2-го порядков. Синяя линия — теоретическая кривая для 1-го порядка, красная линия — теоретическая кривая для 2-го порядка

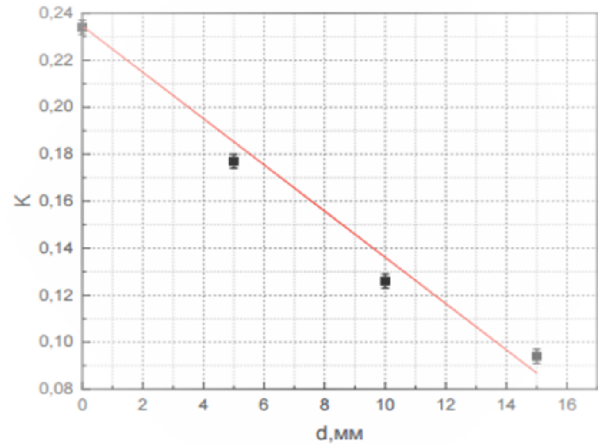


Рис. 2. Пример несоответствия экспериментальных данных и теоретической модели. График зависимости коэффициента связи от расстояния между катушками

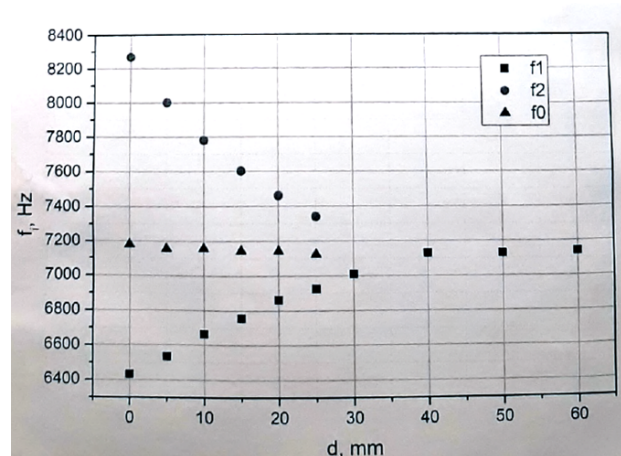


Рис. 3. Пример отсутствия анализа соответствия полученных данных теоретической модели

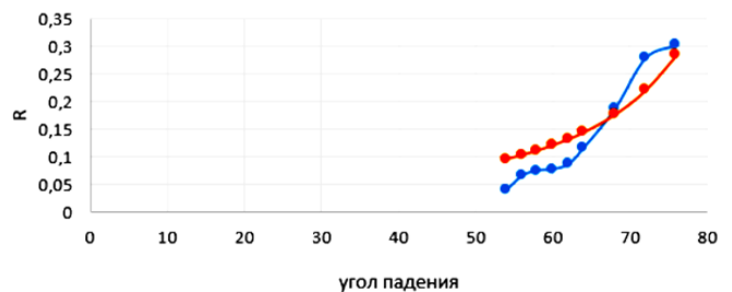


Рис. 4. Зависимость коэффициента отражения от угла падения для второго случая. Пример многочисленных ошибок в графическом представлении результатов эксперимента

1.2. Методика эксперимента, результаты и выводы

Перечисленное выше легко исправить. Однако есть и такие проблемы, которые показывают неготовность студентов к самостоятельной научной работе. Часть их связана с осознанием логики экспериментального исследования как метода познания: многие выполняют работу механически, «по методичке», не задумываясь, зачем нужны те или иные измерения, расчёты, график и т.п. Цели практикума часто понимаются узко — не знакомство со свойствами явления и методами измерений (в том числе, границами их применения), а эксплуатация конкретной установки. Пример вывода: *«установка работает правильно»* (здесь и далее курсив отмечает цитирование или пересказ текстов студенческих отчётов), при этом вывод о соответствии предсказаний модели проведённым наблюдениям отсутствует.

Обычно студенты успешно справляются с проведением эксперимента и обработкой результатов, а обсуждение этих результатов при отсутствии эпидемиологических ограничений проводится в виде личной беседы с преподавателем, и в подавляющем большинстве случаев преподаватель помогает студенту сформулировать выводы. Кроме того, такая беседа учит правильному использованию терминов, научного стиля изложения. Дистанционный формат защиты отчётов повысил степень самостоятельности работы студентов и показал, что многие из них не видят разницы между понятиями «результаты работы» и «выводы». Так, большая их часть считают, что *«провёл измерения»*, *«рассчитал значения»* и *«построил графики»* являются выводами к работе. При этом практически все из них понимают, что вывод — это ответ на вопрос, поставленный в целях работы.

Что студенты могут написать вместо выводов:

- итоги: *«Были выполнены следующие действия: провёл измерения, рассчитал значения и построил графики»;*
- результаты: *«Были получены следующие результаты...»;*
- оценка метода измерения: *«Метод измерения можно считать достаточно точным».*

Приведём примеры оригинальных «выводов»:

- *«Полученные значения сходятся в пределах погрешностей с табличными, что говорит о том, что эксперимент проведен корректно и установка работает правильно, и ее можно использовать для подобных измерений»;*
- *«Теория совпала с экспериментом, значит, это — истина»;*
- *«Теоретические и экспериментальные значения не совпали, но близки, поэтому теория верна»;*

- *«Был исследован анизотропный кристалл <...> Установлено, что кристалл анизотропный».*

Обсуждение выводов в переписке с преподавателем приводит в конечном итоге к улучшению их собственных формулировок, а также пониманию роли эксперимента в целом — проверка физической и математической моделей явления, анализ влияния не входящих факторов, постановка вопроса о необходимости дальнейших исследований.

Как же различить результаты и выводы? Можно ли считать выводом формулировку *«В результате исследования был получен график зависимости величины А от величины В; рассчитана погрешность величины С»?*

Мы называем **результатами работы**:

- **результаты наблюдений** явлений в определённых условиях: *«Было выявлено явление двойного лучепреломления (наблюдались две точки/два круга). То, что у этих лучей перпендикулярное направление поляризации можно было понять при повороте исландского шпата и наблюдения того, что один луч пропадает, а другой остается. Они как-бы попеременно мигают»;*
- **результаты измерений** — полученные значения физических величин (таблицы), в том числе совместно измеренные (таблицы зависимости от некоторого параметра А величин В и С);
- **результаты обработки** — утверждения о том, подтверждается ли определённая гипотеза, сделанные на основе количественного анализа полученных данных: *«Зависимость величины А от величины В носит линейный характер».*

Под **выводами работы** мы подразумеваем:

- **утверждения о соответствии** полученных данных **приведённым в литературе**: *«Полученные значения коэффициента отражения не совпадают с данными к установке. Возможные причины: 1. неприменимость формулы (14) в условиях данной задачи, 2. действительное значение R меньше, например, ввиду устаревания зеркал, чем указано на установке»;*
- **утверждения о соответствии** полученных данных определённой **физической модели**, в том числе утверждения о свойствах модели: *«Построены графики зависимости коэффициентов отражения от угла падения света, нанесены экспериментальные точки и теоретические зависимости — теория хорошо описывает экспериментальную зависимость»;*
- **утверждения о свойствах** использованных в исследовании **приборов и методов измерений**:

«...особого внимания заслуживает возможность с помощью ИФП [интерферометра Фабри-Перо] находить длины волн с высокой точностью, например $5748,2 \pm 1,5 \text{ \AA}$ — длина волны желтого света. А разрешающая способность 85000 ± 8000 . Такая же точность была бы достигнута, например, если бы измерили расстояние от Москвы до Санкт Петербурга с точностью до 5 метров. <...> ИФП крайне простой в применении и точный при определении спектрального состава [излучения]».

Большинство студентов младших курсов не имеют как опыта самостоятельного формулирования выводов, так и навыков изложения научным языком. Ещё 10–15 лет назад необходимые компетенции формировались при работе в лаборатории специализации, подготовке и защитах квалификационных работ, участии в семинарах и конференциях. Сейчас они оказываются востребованными в образовании, науке и производстве гораздо раньше.

Приучение студентов к анализу моделей, методов и самого процесса исследования уже на младших курсах позволит подготовить конкурентоспособных специалистов для поисковой деятельности в инновационных отраслях. Поэтому подобному анализу собственной практической деятельности их необходимо обучать: от лабораторных работ, выполняемых в школе, вряд ли стоит ожидать выхода за рамки схоластического подхода.

II. ОБУЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В качестве метода обучения мы предлагаем конкретную предметную деятельность, осуществляемую студентами в рамках освоения учебной дисциплины (ОФП), анализ этой деятельности и её результатов с позиции научного исследования [1]. Обучение проводится в форме деловой игры: одна из учебных задач практикума по общей физике представляется в виде научного исследования, по результатам которого студенты готовят отчёты в новом для них формате научной статьи, презентации к научному докладу или самого доклада небольшого объёма.

Ранее авторами настоящей работы в течение двух лет был проведен эксперимент в двух учебных группах студентов: отчёт по одной из 12 задач практикума в семестре сдавался в виде статьи или презентации. Для этих целей выбирались задачи с небольшим объёмом обработки результатов: «Определение коэффициента трения качения» [2] в механике, «Измерение теплоемкости воздуха» [3] в молекулярной физике, «Магнитная индукция в ферромагнетиках» [4] в электромагнетизме.

Требуемая структура статьи была общепринятой:

- введение;

- теория явления;
- метод исследования;
- результаты и обсуждение;
- выводы.

К структуре презентации уже не предъявлялось таких жёстких требований. Основными задачами студента были продумывание логики изложения, умение скомпоновать слайды и простым языком объяснить суть работы.

Общими чертами статьи и презентации было то, что упор делался не на теоретическое описание или рекомендованный ход измерений, а на анализ влияния неучтенных в описании к задаче факторов, отклонений от предлагаемой теоретической модели.

Расхождение между результатами эксперимента и предсказаниями теории увеличивает ценность проведённой работы:

- поиск объяснения, почему расходятся данные;
- выявление неучтённых факторов;
- оценка дополнительных свойств изучаемого объекта;
- пренебрежение несущественными параметрами.

Это учит анализу поведения объекта, критическому восприятию литературы, самостоятельному выбору и обоснованию моделей.

Иногда описывающие модель уравнения оказываются сложными для аналитического решения. В этом случае на помощь приходит простое численное моделирование с помощью офисных программ (LibreOffice Calc, Microsoft Excel, облачные табличные процессоры и т.п.).

Нестандартные, «непричёсанные», не загоняемые в рамки ожидаемого результата экспериментальные данные позволяют научиться более эффективным способам их обработки, в частности, на основе использования графиков.

Однако эти формы отчётов нацелены на различные аспекты представления результатов исследования. Статья помогает понять логику и структуру изложения, освоить терминологию, научиться сопоставлять экспериментальные результаты с теоретическими выводами: «*Понять детали и разобраться в них*». Презентация перемещает фокус на выделение основных положений, умение просто, лаконично и образно донести их смысл до слушателя: «*Обобщить и выделить главное*».

2.1. Реализованные сценарии

В рамках эксперимента было выбрано несколько студенческих групп 1–2 курсов, обучение которых велось по различным сценариям.

В течение **первого и второго семестров** студентам предлагается только написание статьи.

Цель **третьего семестра** — подготовка презентации к научному докладу.

В **четвёртом семестре** в рамках эксперимента были запланированы защиты задач в форме единичных научных докладов и миконференций, однако начавшаяся пандемия не позволила провести в полной мере подготовку к ним.

Студенты могли проводить такую работу как индивидуально, так и в небольших коллективах (2–3 человека). Коллективная работа особенно оправдана в четвёртом семестре, когда студенты уже приобрели необходимые навыки. Также необходимо принимать во внимание, что в этом семестре учебная нагрузка существенно растёт, а коллективная работа позволяет снизить перегруз.

2.2. Формируемые компетенции

На наш взгляд, эксперимент оправдал себя, поскольку способность студентов самостоятельно выполнять поставленные задачи повысилась. Кроме того, дистанционные защиты показали, что ранее принявшие участие в эксперименте студенты справлялись с составлением отчётов успешнее остальных.

Причину этого мы видим в том, что предложенный подход комплексно развивает у студентов целый ряд необходимых общепрофессиональных, профессиональных и общекультурных компетенций, предусмотренных образовательными стандартами [5, 6].

Общепрофессиональные компетенции:

- использование базовых знаний из математики и естественных наук;
- самостоятельное приобретение новых знаний с использованием современных образовательных и информационных технологий;
- критическое переосмысление накопленного опыта;
- понимание методологии научного исследования, структурирование информации в соответствии с ней;
- использование в коммуникации научного стиля изложения.

Профессиональные компетенции:

- использование теоретических знаний по физике и математике для создания моделей и интерпретации полученных результатов;
- понимание принципов работы и методов эксплуатации измерительного оборудования;
- применение на практике знания теории и методов исследований;

- использование современных методов обработки, анализа и синтеза физической информации;
- способность понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований;
- способность участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме;
- корректное использование физической терминологии.

Общекультурные компетенции:

- коммуникация в устной и письменной формах;
- самоорганизация и самообразование;
- работа в коллективе.

III. ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ДИСТАНЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ОТЧЕТОВ

Опыт дистанционных защит отчётов выявил ряд недостатков такой формы работы, и основной из них — существенное увеличение времени, необходимого преподавателю для обсуждения со студентом выявленных в отчёте проблем. Их обсуждение в личной беседе занимает гораздо меньше времени, но устный диалог не сохраняется в переписке.

Другим важным недостатком является различие требований, предъявляемых разными проверяющими к отчётам. Типичным примером является объём теоретического введения: в одних случаях требуется максимально подробное воспроизведение теории из описания задачи, в других — выделение главного, отсутствие промежуточных вычислений и т.п. Унификацию этих требований можно провести на базе анализа компетенций.

Требования к отчётам можно условно разделить на формальные и неформальные. К первым, общепрофессиональным, можно отнести структуру и логику изложения, общепринятые в научной среде, а также стилистическую и терминологическую корректность текста.

Узкопрофессиональные требования формализовать сложнее, их понимание требует кругозора и творческого уровня усвоения физических знаний: на репродуктивном, а зачастую и на базовом уровне используемые методы и методики эксперимента не требуют анализа их точности и понимания ограничений применяемой физической модели.

Отчёт творческого уровня находит недостатки модели и предлагает изменения в ней или методике выполнения измерений. Для его написания преподавателю важно не только научить студентов грамотно представлять результаты и видеть внутреннюю логику работы, но и уметь создавать проблемные ситуации и при необходимости подсказывать пути их разрешения. А для обучения методам решения возникших

в ходе работы проблем нужен преподаватель с опытом не только самостоятельного представления научных результатов, но и педагогического взаимодействия с обучаемыми, — важно поощрять самостоятельность работы студентов, не делая всю работу самому.

Однако у дистанционной формы сдачи отчётов нашлись и существенные достоинства. С её помощью студентов проще обучать использованию научной терминологии; не имея возможности давать пояснения устно им приходится принять необходимость понятных и лаконичных формулировок, а также корректного оформления работы, в частности, графического представления результатов: в приемлемом масштабе, с обозначением погрешностей, построением линий тренда, понятными заголовками графика, разметкой и обозначениями осей.

Важными моментами являются осознание целостности задачи практикума, её внутренней логики, что позволяет студенту полностью самостоятельно сформировать отчёт (от целей работы до выводов), а также необходимость анализа и формулировки выводов для понимания возможного исследовательского продолжения проделанной учебной задачи (развитие модели явления, улучшение экспериментальной установки, модификация методики измерения).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты анализа применения современных информационных технологий в общем физическом практикуме выявили ряд новых проблем в обучении студентов 1–2 курсов. Стала очевидной необходимость обучать студентов младших курсов продумывать цели работы, проводить анализ полученных результатов и представлять их в общепринятом виде.

Экспериментальный формат сдачи отчётов в виде статьи или презентации повышает способность студентов выполнять поставленные задачи в рамках самостоятельной работы, осознать целостность задачи ОФП от постановки цели работы до формулирования выводов, представлять результаты должным образом

Для получения максимальной эффективности вышеописанных методов считаем необходимым требовать печатный отчёт по задаче, включающий цели работы, обработанные результаты, графики и схемы, результаты и выводы. При условии унификации требований, предъявляемых к отчёту разными преподавателями, это повысит уровень самостоятельности студентов в учёбе и подготовит к самостоятельной исследовательской деятельности.

- [1] Буравцова В.Е., Митин И.В., Селиверстов А.В. // В сб. «Научная конференция “Ломоносовские чтения 2020”», секция Физика. М., 2020. С. 185.
- [2] Клавсюк А.Л., Никанорова Е.А., Салецкий А.М., Слепков А.И. // Лабораторная работа № 108 «Определение коэффициента трения качения». М., 2014.
- [3] Киров С.А., Николадзе Г.М., Салецкий А.М., Харабадзе Д.Э. // Лабораторная работа № 218 «Измерение молярной теплоёмкости воздуха c_p ». М., 2017.
- [4] Дурасова Ю.А., Матюнин А.В., Погожев В.А. // Лабораторная работа № 305 «Магнитная индукция в ферро-

магнетиках». М., 2013.

- [5] Недопекин О.В., Скворцов А.И., Таюрский Д.А. // Программа дисциплины «Общий физический практикум». Казанский (Приволжский) федеральный университет, Институт физики. Казань, 2016. С. 3.
- [6] Недопекин О.В., Скворцов А.И., Таюрский Д.А. // Рабочая программа дисциплины «Общий физический практикум». «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева». Красноярск, 2017. С. 3.

Reports defending in General physics laboratory course using e-learning technologies: experience, drawbacks, perspectives

V. E. Buravtsova^a, A. V. Seliverstov^b

Department of General Physics, Faculty of Physics,
Lomonosov Moscow State University, Moscow 119991, Russia
E-mail: ^abrahicom@physics.msu.ru, ^bpanopticum@physics.msu.ru

The experience of e-learning methods usage for integrated development of student competences had analyzed. As a teaching method students' specific activity within the General physics laboratory course had proposed: the laboratory activities considered as scientific research. The results of distance education methods usage had described, some significant advantages have found.

PACS: 01.40.gb, 01.50.Qb, 01.55.+b.

Keywords: General physics laboratory course, student competences, e-learning.

Received 04 July 2021.

Сведения об авторах

1. Буравцова Виктория Евгеньевна — канд. физ.-мат.наук, ассистент; тел.: (495) 939-14-89, e-mail: brahicom@physics.msu.ru.
 2. Селиверстов Алексей Валентинович — канд. пед. наук, ст. преподаватель; тел.: (495) 939-14-89, e-mail: ranopticum@physics.msu.ru.
-