

Секция 1

Педагогические науки

УДК 53.01

ББК 22.3

ГРНТИ 29.01.45

ВАК 13.00.02

Педагогическое проектирование системы олимпиадных задач по оптике в школе

Т. В. Галоватюк  ¹

МБОУ г. Ульяновска «Средняя школы № 85», 432066, Ульяновск, Россия

Поступила в редакцию 11 июня 2021 года

После переработки 16 июня 2021 года

Опубликована 9 сентября 2021 года

Аннотация. Рассмотрен процесс педагогического проектирования системы олимпиадных задач по оптике в общеобразовательной школе. Разработана система задач и заданий по оптике для подготовки к олимпиадам по физике учащихся одиннадцатых классов общеобразовательной школы. Проведён анализ различных задач олимпиадного типа по оптике. Описаны решения задач олимпиадного типа по оптике. Созданные методические материалы по олимпиадным задачам по оптике могут быть использованы в процессе создания новой методологии обучения методам решения олимпиадных задач в рамках очного бакалавриата и очной магистратуры по педагогическому направлению подготовки физико-математического профиля в педагогическом университете, пополнении научной базы актуальными методическими материалами по обучению методам и способам решения олимпиадных задач по физике в старших классах общеобразовательной школы.

Ключевые слова: физика, физическое образование, задачи по физике, система подготовки учащихся, система задач по физике

PACS: 01.40.-d

¹E-mail: nazarowa.tanja@yandex.ru

Введение

Одной из приоритетных задач современного образования по физике в старших классах общеобразовательной школы становится обучение и воспитание наиболее подготовленных учащихся по физике к участию в олимпиадах различных уровней. При этом важным оказывается не только развитие предметной подготовки учащихся по физике, но и выявление этой подготовки, ещё никак не проявившейся у обучающихся. В настоящее время существует большое количество олимпиад по физике и физико-математическим дисциплинам, поэтому становится актуальной создание системы подготовки школьников к олимпиадам по физике различного уровня.

Целью работы является исследование внедрение системы олимпиадных задач по оптике в общеобразовательной школе.

Объектом исследования является система олимпиадных задач по оптике в 11 классе общеобразовательной школы.

Предметом исследования является процесс обучения решению задач по оптике разного уровня и типа в 11 классе общеобразовательной школы.

Научная новизна работы заключается в совместном использовании традиционных и смешанных форм подготовки к олимпиадам по физике.

Гипотеза исследования состоит в том, что если использовать систему олимпиадных задач по оптике в систематически организованной подготовке в традиционной форме в сочетании с использованием информационных технологий, то можно создать эффективную систему подготовки к олимпиадам по физике в общеобразовательной школе.

В качестве методов исследования применяются методы решения олимпиадных задач по оптике в 11 классе общеобразовательной школы.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что созданные методические материалы по олимпиадным задачам по оптике могут быть использованы в процессе создания новой методологии обучения методам решения олимпиадных задач в рамках очного бакалавриата и очной магистратуры по педагогическому направлению подготовки физико-математического профиля в педагогическом университете, пополнении научной базы актуальными методическими материалами по обучению методам и способам решения олимпиадных задач по физике в старших классах общеобразовательной школы.

Практическая значимость исследования заключается в выявлении характерных особенностей решений олимпиадных задач по оптике, которые могут быть использованы в рамках процесса преподавания методов решения олимпиадных задач в очном бакалавриате и очной магистратуре по педагогическому направлению подготовки физико-математического профиля в педагогическом университете.

Обзор работ по методике решения задач по физике в школе

Система нестандартных задач школьного курса физики по теме «Закон сохранения», расширяющая представления школьников о механических взаимодействиях, рассматривается в статье @auxrussian@auxrussian[1].

Вопрос об активизации работы студентов при проведении практических занятий по курсу общей физики рассматривается в работе [2]. Анализируется выбор задач, решение которых необходимо для закрепления раздела «законы сохранения в механике». Предлагается использовать задачи, извлеченные из трудов выдающихся исследователей: физиков и механиков. Приведена подборка таких задач и выявлены особенности задач, способствующие повышению интереса учащихся к учебе и улучшению их знаний.

В [3] рассматривается содержание понятия «задача» в педагогической науке. Обсуждается проблема видового разнообразия физических задач. На основе информационной

модели учебного процесса предложена классификация физических задач. Показано обновление видового состава задач в условиях информатизации системы образования. Выполнен анализ видового разнообразия учебных физических задач, представленных в школьных задачниках по физике и цифровых учебных ресурсах.

В [4] рассматриваются педагогические инновации с использованием компьютерных технологий в подготовке учителя.

В рамках реализации ФГОС ОО существенно возрастает роль внеурочной деятельности учащихся. В статье [5] анализируется проблема организации различных форм внеурочной работы по физике, выявляются основные направления совершенствования данной работы. Внеурочная деятельность по физике, в том числе, и в каникулярный период, содержит в себе мощный потенциал. Она не только популяризирует образование, но и осуществляет важные функции: способствует развитию способностей, личностных качеств, формированию интеллектуального потенциала обучаемых; помогает ориентироваться в шкале жизненных ценностей, направлена на выработку целевой установки на высокий результат, адекватное отношение к окружающему миру. При этом необходимо учитывать, что работа в данном направлении должна быть целенаправленной, последовательной и систематичной.

В статье [6] представлены основные характеристики обобщённых проектных умений, отмечена необходимость формирования обобщённых проектных умений современных выпускников инженерного вуза в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования. Обосновано применение решения задач с целью формирования указанных умений. Представленные этапы выполнения проектов соотнесены с ходом решения задач. Отмечено сходство учебной деятельности при решении задач и выполнении проектов. В статье [6] представлена модель организации образовательного процесса с целью формирования обобщённых проектных умений, содержащая целевой, методический и дидактический блоки. В представленной модели последовательно отражены содержание, методы и средства формирования обобщённых проектных умений студентов инженерного вуза. Отмечены виды деятельности преподавателя и студентов с целью формирования обобщённых проектных умений.

Усвоение теоретического материала по физике осуществляется полнее и прочнее в процессе решения задач, так как в ходе разрешения задачных ситуаций те или иные теоретические знания становятся насущной необходимостью. При этом раскрывается с разных сторон практическая значимость физических знаний, и устанавливаются границы применимости физических теорий. В этой связи, главная цель, поставленная в данной работе, состоит в том, чтобы как можно полнее показать пути использования и способы применения на практике теоретического материала из разделов физики.

Методические особенности построения системы задач по физике рассматривались в работах [7–9].

В [10] обосновывается необходимость приведения в систему знаний по физике, полученных абитуриентами в средней школе. Обобщаются универсальные принципы, позволяющие учащимся выработать полезные навыки в решении задач по физике. Утверждается особая роль математических средств в формировании таких навыков. Обсуждается первостепенное значение корректных формулировок физических законов и разумного выбора абстрактной модели. Подчеркивается эффективность системного подхода к решению физических задач и анализу смысла полученного результата.

Для многих учащихся целью изучения физики в школе, помимо получения базовых представлений о фундаментальных законах природы, является использование полученных знаний и умения решать задачи при дальнейшем обучении в вузе. Это умение необходимо также при сдаче единого государственного экзамена для успешного поступления в вузы, предусматривающие дальнейшее изучение физики и специальных дисциплин и

курсов, связанных с ней тесным образом.

Решение задач по физике — необходимый элемент учебной работы. Задачи дают материал для упражнений, требующих применения физических закономерностей к явлениям, протекающим в тех или иных конкретных условиях. Поэтому они имеют большое значение для конкретизации знаний учащихся, для привития или умения видеть различные конкретные проявления общих законов. Без такой конкретизации знания остаются книжными, не имеющими практической ценности. Решение задач способствует более глубокому и прочному усвоению физических законов, развитию логического мышления, сообразительности, инициативы, воли к настойчивости в достижении поставленной цели, вызывает интерес к физике, помогает на выработку навыков самостоятельной работы и служит незаменимым средством для развития самостоятельности суждения. Решение задач — это один из методов познания взаимосвязи законов природы.

Решение задач — неотъемлемая часть процесса изучения основ физической науки, поскольку позволяет формировать и обогащать физические понятия, применять положения теории при рассмотрении конкретных ситуаций. В процессе решения задач вырабатываются такие черты характера, как любознательность, самостоятельность в суждениях, развивается логическое мышление, приобретаются навыки моделирования реальных объектов и явлений.

Решение задач на уроке иногда позволяет ввести новые понятия и формулы, выявить изучаемые закономерности, подойти к изложению нового материала. Содержание физических задач расширяет круг знаний учащихся о явлениях природы и техники. В процессе решения задач ученики непосредственно сталкиваются с необходимостью применить полученные знания по физике в жизни, глубже осознают связь теории с практикой. Решение задач — одно из важных средств повторения, закрепления и проверки знаний учащихся.

Часто при решении задачи учащиеся выписывают чуть ли не все формулы, относящиеся к рассматриваемому в задаче явлению, чтобы затем попытаться их соединить для получения ответа. Такое «решение» нецелесообразно, тем более что даже если ответ получен верный, смысл хода решения ускользает, уверенности в правильности его нет, остаётся неприятное чувство неудовлетворенности. При таком подходе отсутствует логика, стройность и завершённость решения.

Особое место в процессе обучения физике занимает обучение решению физических задач. Процесс обучения решению физических задач подводит школьников к последнему этапу формирования физических знаний, установлению причинно-следственных связей, усвоению логических операций, применению математических операций на самом высоком — прикладном — уровне. Обучение школьников решению физических задач должно осуществляться на технологическом уровне, с опорой на соответствующую педагогическую технологию.

С технологической точки зрения процесс решения задачи представляет последовательность реализации пяти этапов: идентификация физического явления; актуализация теоретических сведений; моделирование решения задачи; выполнение расчётов; интерпретация и проверка полученных результатов.

На каждом этапе решения физической задачи возможно использование компьютера. Однако сразу же возникает вопрос целесообразности. Очевидно, что для разных образовательных уровней при обучении школьников решению физических задач ответ на этот вопрос должен быть разным, а иногда и прямо противоположным. Например, в основной школе, в 7 классе на начальном этапе, когда школьники только знакомятся с новым образовательным явлением — физической задачей, использование компьютера вообще нежелательно. В противном случае у ученика может не сформироваться адекватное представление о физической задаче, правилах её оформления и решения, о

требованиях, предъявляемых к ученику в процессе решения задачи [11].

На следующих этапах, уровень физического материала усложняется, физические явления перестают быть очевидными (как при изучении поступательного движения) и возникает необходимость выполнения сложных многоступенчатых математических расчётов, за которыми не всегда виден физический смысл (например, при нахождении корней квадратного уравнения). В этом случае использование компьютера является жизненной необходимостью. С одной стороны, это позволяет сэкономить много драгоценного учебного времени для сосредоточения на основной предметной функции, с другой стороны, и это более важно – усилить акценты в решении задачи на выяснении физического смысла ситуации, в целом, и интерпретации полученных результатов, в частности.

В условиях информационной среды решение сложных физических задач, как и весь процесс обучения, уже немислимы без компьютера. Существуют разные уровни использования компьютера при решении физических задач. Первый уровень – тривиальный – предполагает применение компьютера только как средства расчета (уровень калькулятора). На этом уровне с помощью компьютера (калькулятора) выполняют трудоемкие, но элементарные математические преобразования и вычисления [11].

Второй уровень – пользовательский – предусматривает использование компьютера на других более сложных этапах решения задачи – «идентификации» и «моделирования». Для этого выясняют все существенные стороны физической ситуации, описанной в задаче, и затем, в зависимости от потребностей, строится описывающая физический процесс модель разной степени общности – от рисунка до графика или математического уравнения [11].

Третий уровень – продвинутый – позволяет не только идентифицировать явления, моделировать и выполнять решение, но и интерпретировать полученные результаты. Такой подход позволяет получать результаты, настолько глубоко раскрывающие физику явления, что становятся очевидными даже сведения, выходящие за рамки условия задачи. В этом случае можно говорить о реализации особой функции – изучении при решении задачи ранее недоступных элементов физики явлений. На каждом уровне может применяться программирование [11].

Большое значение для приобщения учащихся к физической науке имеет понимание ими места физической науки в системе общечеловеческих ценностей; понимание необходимости разумного использования достижений физической науки и технологий для дальнейшего развития человеческого общества; опыт морально-этической оценки использования научных достижений; понимание собственной ответственности за защиту окружающей среды, то есть ценностно-смысловые компетенции. Формирование этого вида ключевых компетенций связано не с самим научным знанием (физическими явлениями и законами, методами научного познания природы, физическими теориями и пр.), а этическими и правовыми нормами, прагматическими и эстетическими оценками, которые физика, как элемент общечеловеческой культуры включает наряду со строго научным содержанием. При этом природное явление представляется не просто как набор объективных знаний о его причинах и следствиях, о закономерностях и связях с другими явлениями, а как элемент целостной системы общечеловеческих ценностей, поддерживающих органическую соразмерность человека и природы, общества и науки.

Для того чтобы изучение курса физики оказывало реальное влияние на ценностно-смысловые компетенции учащихся, необходимы деятельностно-ориентированные технологии. При этом наибольшим потенциалом среди традиционных технологий обучения физике обладают физические задачи.

Ценностно-смысловыми задачами могут быть традиционные качественные, расчётные, графические и экспериментальные задачи по физике на оперирование научными

ми знаниями, в ходе выполнения которых становится ясной их научная ценность, или включающие учащихся в ситуацию выбора. При их решении происходит ценностно-смысловое усвоение законов природы, накопление опыта эмоционально-оценочной деятельности и выработка собственных критических суждений.

В статье [12] обоснована необходимость усиления внимания к подбору и решению графических задач в практике обучения физике в старших классах средней школы. Впервые предложена классификация школьных учебных графических задач по различным основаниям.

В статье [13] представлена модель процесса формирования учебных компетенций обучающихся при решении задач по физике в основной общеобразовательной школе. Анализируются теоретические подходы к созданию модели, а также рассматриваются её структурные элементы: цель, содержание, методические подходы, педагогические условия, методы и формы организации занятий. Описан механизм формирования учебных компетенций, с учётом последовательной реализации совокупности учебных ситуаций: представление ситуации, осмысление ситуации, личная рефлексия, переосмысление ситуации, изменение отношения к ситуации, изменение мотивов деятельности и освоение новых мотивов деятельности. Определены основные компоненты учебных компетенций: теоретический, диагностический, процессуальный, результативно-оценочный, личностный и коммуникационный. Перечислены виды и предложена классификация учебных компетентностно-ориентированных задач в соответствии с их направленностью на формирование компонентов учебных компетенций. Определены критерии формирования учебных компетенций, предложены формы контроля и уровни сформированности учебных компетенций (начальный, средний, высокий). В статье [13] приведены показатели уровней сформированности учебных компетенций в соответствии с выделенными критериями.

В статье [14] рассматривается педагогическая технология, позволяющая решать задачи формирования метапредметных, предметных и личностных результатов учащихся в процессе обучения физике. Определяется соотношение метапредметных и предметных знаний, их взаимосвязь, выстраиваются логические связи между понятиями физики. Для формирования таких уровней усвоения знаний, как узнавание, понимание, воспроизведение учащиеся обучаются индуктивному и дедуктивному анализу незнакомой учебной информации по физике. Предлагаемая технология обучения позволяет выполнить дедуктивный и индуктивный анализ большого объема научной информации за несколько минут. Это даёт возможность уже на первом уроке изучения темы сформировать необходимые уровни усвоения учебной информации, познакомить учащихся с терминологией темы, установить взаимосвязи между понятиями, воспроизвести основную информацию по теме, на изучение которой отводится несколько десятков часов. У учащихся формируется общее представление о теме, даётся её структура, классификации, выстраиваются связи: объект исследования — средства описания. Анализ незнакомой информации по физике необходим для обучения учащихся самостоятельному планированию учебной деятельности. Данная педагогическая технология позволяет оптимально и эффективно организовать мыслительную деятельность учащихся и студентов, сформировать систему метапредметных и предметных знаний, сформировать познавательную самостоятельность студентов и школьников.

В [15] рассматриваются причины углубления разрыва между школьной физикой и передовым краем науки. Предлагается в качестве метода преодоления этого разрыва проводить с одарёнными школьниками проектные и исследовательские работы. Проведение проектных и исследовательских работ позволяет в определённой мере построить мосты между ограниченными возможностями школьного курса физики и достижениями современной науки и техники.

В работе [16] рассматривается комплексный проблемно-ориентированный подход к решению задач по физике с системным использованием информационных компьютерных технологий. Предлагаемая методика расширяет проблемное поле обучения физике, приближает его содержание к современному уровню научных знаний, позволяет использовать в учебном процессе методологию физики как науки, ориентирует учащихся не только на освоение системы предметных знаний, но и на развитие творчества. Метод может быть применим как при подготовке студентов по специальности «учитель физики», так и в профильной школе.

В статье [17] рассматриваются основные подходы к процессу реализации внутрипредметных связей при решении задач разного типа по физике. В соответствии с вариантами реализации внутрипредметных связей школьного курса физики задачи могут быть разделены на следующие типы: тривиальные, традиционные, качественные, графические, экспериментальные, олимпиадные и исследовательские. Показано, что для качественного формирования у школьников системы знаний должны быть использованы задачи разных типов: тривиальные и традиционные задачи для выделения связей между физическими понятиями и сопряжения их в физических законах; качественные, экспериментальные и графические задачи позволяют протянуть связь от физических явлений к их моделям; олимпиадные и исследовательские задачи могут служить для построения максимально разветвленной структуры внутрипредметных связей. Также отмечено, что задачи тривиального и традиционного типов представляются оптимальными для использования при диагностике эффективности подходов к реализации внутрипредметных связей.

Одним из самых эффективных методов реализации внутрипредметных связей является решение задач. Но при решении задач разного типа процесс реализации может затрагивать как различные по типу внутрипредметные связи, так и различные по объему группы связей. Процесс решения задачи по физике может быть представлен как переход от исходных данных (информации, предоставляемой условием задачи) к результату (конечным данным) путем использования некоторого набора методов (моделирования, анализа, математических методов и т.д.), отражающих физические законы. Собственно процесс реализации внутрипредметных связей при решении задач условно можно разбить на два шага. Сначала, анализируя содержащиеся в условии задачи данные, необходимо восстановить максимально возможное количество связей между ними. Следующим шагом на основе уже выявленных связей определяются наиболее перспективные, а иногда и просто доминирующие связи, выстраиваемые в логическую цепочку, которая приводит к результату, к решению задачи.

Общие методические вопросы решения задач по физике рассматривались в работах [18–24]. Креативные методы и эвристические приёмы решения сложных и нестандартных задач по физике рассматривались в работах [25–30]. Методическому аспекту формирования умений решения задач, развитию логического, предметно-специфического мышления учащихся всегда уделялось серьезное внимание в научных педагогических исследованиях (по физике, прежде всего, следует отметить работы А. В. Усовой [31], Н. Н. Тулькибаевой, А. А. Боброва, Б. Ф. Абросимова, В. К. Кобушкина, С. Е. Коменецкой, В. П. Орехова [18, 20], О. Ф. Кабардина, В. А. Орлова, И. Л. Касаткиной, Г. А. Дзида, Ю. А. Саурова и др.). В работе [31] была предложена структура учебной деятельности по решению физических задач. Разветвлённая система из разноуровневых задач по физике приводится в [32]. Например, методические аспекты системы задач по физике рассматривалась в работе [7]. Компьютерная интерактивная система решения задач по физике рассматривалась в работе [33]. Общие вопросы педагогики в методике преподавания были рассмотрены в [34–37]. Результаты разработки системы олимпиадных задач по физике были описаны в работах [38, 39].

Элементы системы олимпиадных задач по оптике

Задачи, обычно предлагаемые для решения при обучении физике в школе, можно условно разделить на группы по содержанию (качественные задачи, расчетные, графические и экспериментальные) и по уровню сложности (тривиальные, среднего уровня сложности и олимпиадные). Поскольку достаточно большой объем физических задач носит характер расчетных и соответствует среднему уровню сложности, то задачи данного типа мы будем называть «традиционными».

Система олимпиадных задач по физике направлена на практическую реализацию одной из приоритетных задач современного школьного образования по физике, которая становится ключевым элементом в процессе обучения физике. При этом важным оказывается не только последовательная реализация стандартных методов углубленной подготовки по физике, но и развитие олимпиадной подготовки учащихся по физике, необходимой не только для успешного поступления в ведущие вузы, но и успешного обучения в вузах и становления будущего специалиста в области физики. Значение работы с одарёнными учащимися трудно переоценить в связи с характерными особенностями в социально-экономическом развитии страны в настоящее время, приводящими к острой необходимости подготовки специалистов самого высокого уровня в области физики.

При создании системы задач по физике из задач, связанных между собой и имеющих несколько уровней сложности, проводят всесторонний анализ учебного материала по физике в рамках выбранных разделов и тем, устанавливают соответствие темам, производят отбор содержания, производят выбор методов и методических приёмов для составления и отбора задач, выполняют техническое создание системы задач по физике в соответствии с предъявляемыми требованиями к уровню олимпиадных заданий.

В самостоятельной части работы разработана система олимпиадных задач по оптике для 11 класса. Произведён подбор и анализ олимпиадных задач по оптике по программе Всероссийской олимпиады школьников по физике для 11 класса. Выполним анализ олимпиадных задач по оптике в одиннадцатом классе общеобразовательной школы.

Задача 1. Очень толстая линза

Теоретик Баг выбрал для исследования прозрачную пластину с показателем преломления n , ограниченную двумя сферическими поверхностями с радиусами кривизны R и $r < R$.

1. Какой должна быть толщина пластины L , чтобы падающий на поверхность с радиусом кривизны R параксиальный пучок света преобразовывался в параллельный?

2. Во сколько раз увеличивается интенсивность пучка света (энергия, переносимая за единицу времени через единицу площади) после прохождения через пластину?

3. Какое угловое увеличение для удалённых предметов даёт пластина? Потерями энергии пучка внутри пластины можно пренебречь.

Решение.

Рассмотрим сначала вспомогательную задачу о падении параллельного пучка на сферическую поверхность радиуса R , отделяющую среду с показателем преломления от воздуха. Рассмотрим два луча, падающие на поверхность раздела под малыми углами. Пусть луч DOF (рис. 1) проходит через центр шара.

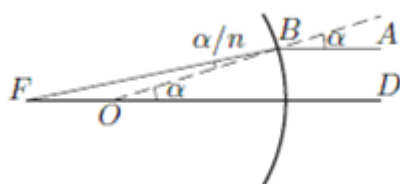


Рис. 1. Два луча, падающие на поверхность раздела под малыми углами.

Другой луч ABF , преломляется в точке B на границе раздела сред, падая на неё под углом α . Тогда $\angle OBF = \alpha/n$ как угол преломления, $\angle BOD = \alpha$; из $\triangle BOF$ находим, что $\angle BFO = \alpha - \alpha/n$. Применим к $\triangle BOF$ теорему синусов и учтём, что синус малого угла приближённо равен самому углу в радианах:

$$\frac{\alpha/n}{|OF|} \approx \frac{\alpha(1 - 1/n)}{|BO|} \approx \frac{\alpha}{|BF|}. \quad (1)$$

Отсюда $|BF| = |BO| / (1 - 1/n) = Rn / (n - 1)$. Таким образом, узкий параллельный пучок лучей после преломления на сферической поверхности раздела сред сходится в фокусе, находящемся от поверхности раздела на расстоянии $Rn / (n - 1)$ на луче, проходящем через центр.

Аналогичным образом получаем, что при падении на вогнутую сферическую поверхность раздела сред (радиус R) параллельный пучок света преобразуется в расходящийся, продолжения лучей пересекаются на расстоянии $Rn / (n - 1)$ от поверхности.

1. Перейдём теперь к ответам на вопросы задачи. Параллельный пучок света будет преобразован оптической системой в параллельный, если фокусы двух сферических поверхностей совпадают. В условии не сказано, выпуклыми или вогнутыми являются поверхности раздела. Поэтому следует рассмотреть все возможные случаи.

Если предположить, что поверхность большего радиуса вогнутая, то получаемый после преломления на ней расходящийся пучок может быть преобразован в параллельный только путём преломления на поверхности радиуса $r > R$, что противоречит условию задачи. Напротив, поверхность радиуса r может быть как выпуклой, так и вогнутой (рис. 2).

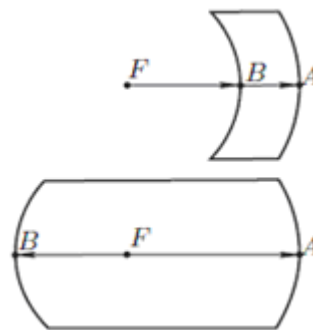


Рис. 2. Поверхность радиуса r .

В обоих случаях $|AF| = Rn / (n - 1)$, $|BF| = rn / (n - 1)$. Следовательно, в первом случае $\ell = |AB| = (R - r)n / (n - 1)$, во втором случае $\ell = |AB| = (R + r)n / (n - 1)$.

2. При прохождении через пластинку пучок света сжимается в R/r раз, следовательно, его интенсивность возрастает в $(R/r)^2$ раз.

3. Найдём угловое увеличение, даваемое пластинкой. Для этого рассмотрим вспомогательную задачу: определим, под каким углом γ к оси симметрии (рис. 3) должен падать параллельный пучок света, чтобы после преломления на сферической поверхности радиуса R сойтись в точке F' на расстоянии y от фокуса F в фокальной плоскости.

Из симметрии относительно поворота вытекает, что

$$\gamma = \frac{y}{|OF|} = \frac{y(n - 1)}{R}. \quad (2)$$

Следовательно, падающий на сферическую поверхность под углом γ параллельный пучок света после преломления сходится в точку в фокальной плоскости, находящуюся на расстоянии $\gamma R / (n - 1)$ от фокуса F .

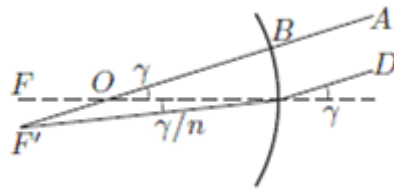


Рис. 3. Падение пучка света на сферическую поверхность радиуса R .

Таким образом, пучок, падающий на пластинку под углом γ_1 к оси симметрии параллельно ей, выходит из пластинки под углом γ_2 , определяемым из соотношения

$$\frac{\gamma_1 R}{n - 1} = \frac{\gamma_2 r}{n - 1}. \quad (3)$$

Отсюда находим угловое увеличение: $\gamma_2/\gamma_1 = r/R$.

Задача 2. Пара неодинаковых линз

Экспериментатор Глюк расположил две тонкие линзы L_1 и L_2 с фокусными расстояниями F_1 и F_2 на расстоянии L друг от друга. Тонкую линзу L_3 располагают между линзами L_1 и L_2 таким образом, что любой луч, падающий на оптическую систему под малым углом к главной оптической оси, выходит из неё параллельно своему первоначальному направлению. Найдите фокусное расстояние F_3 линзы L_3 и расстояния ℓ_1 и ℓ_2 от линзы L_3 до линз L_1 и L_2 . Главные оптические оси всех трёх линз совпадают.

Примечание: Фокусные расстояния собирающих линз принимаются положительными, рассеивающих – отрицательными.

Решение.

Тонкие линзы L_1 и L_2 переводят параллельные пучки лучей в пучки, проходящие через точки и соответственно (рис. 4).

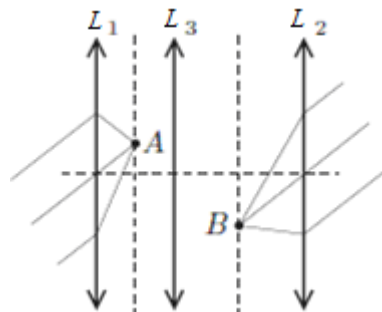


Рис. 4. Система тонких линз.

Следовательно, линза L_3 должна переводить пучок лучей, проходящий через точку A , в пучок лучей, проходящий через точку B . Поскольку луч AB не преломляется, он проходит через центр линзы O_3 ; отсюда однозначно восстанавливается плоскость линзы, перпендикулярная главной оптической оси системы. Фокусное расстояние линзы L_3 определяется по формуле тонкой линзы.

Для получения количественного ответа введём систему координат: в качестве начала координат выберем центр линзы L_1 , направим ось Ox вдоль главной оптической оси, ось Oy перпендикулярно оси Ox таким образом, чтобы лучи из параллельного пучка распространялись параллельно плоскости Oxy . Обозначим малый угол наклона параллельного пучка лучей к главной оптической оси через α .

Точки A и B имеют координаты $A(F_1, F_1\alpha)$, $B(L, -F_2, -F_2\alpha)$. Центр O_3 линзы L_3 ,

имеющий координаты $O_3(\ell_1, 0)$, лежит на прямой AB ; отсюда

$$\frac{\ell_1 - F_1}{-F_1\alpha} = \frac{L - \ell_1 - F_2}{-F_2\alpha}. \quad (4)$$

$$\ell_1 = \frac{LF_2^{-1}}{F_1^{-1} + F_2^{-1}} = \frac{LF_1}{F_1 + F_2}, \quad (5)$$

$$\ell_2 = \frac{\ell F_2}{F_1 + F_2}. \quad (6)$$

При этом должны выполняться соотношения $0 < \ell_1 < L$, $0 < \ell_2 < L$, поскольку линза L_3 по условию лежит между линзами L_1 и L_2 . Следовательно, задача может иметь решение, только если обе линзы (L_1 и L_2) собирающие либо рассеивающие; если одна из линз собирающая, другая рассеивающая, задача решения не имеет.

Для нахождения фокусного расстояния F_3 линзы L_3 запишем формулу тонкой линзы:

$$\frac{1}{\ell_1 - F_1} + \frac{1}{\ell_2 - F_2} = \frac{1}{F_3}. \quad (7)$$

$$F_3 = \frac{F_1 F_2 (\ell_1 - F_1 - F_2)}{(F_1 + F_2)^2}. \quad (8)$$

При $L = F_1 + F_2$ задача решения не имеет.

Задача 3. Плоский световод

Вблизи левого торца хорошо отполированной прозрачной пластины, показатель преломления которой n , расположен точечный источник света S (рис. 5). Толщина пластины $H = 1$ см, её длина $L = 100$ см. Свет от источника падает на левый торец пластины под всевозможными углами падения ($0 - 90^\circ$). В глаз наблюдателя попадают как прямые лучи от источника, так и лучи, многократно испытавшие полное отражение на боковых гранях пластины.

1. Какое максимальное число отражений может испытать луч от источника, выходящий через правый торец пластины? Решите задачу для двух значений коэффициента преломления: $n_1 = 1.73$, $n_2 = 1.3$.

2. Укажите, в каком из этих двух случаев свет частично выходит из пластины через боковые грани.

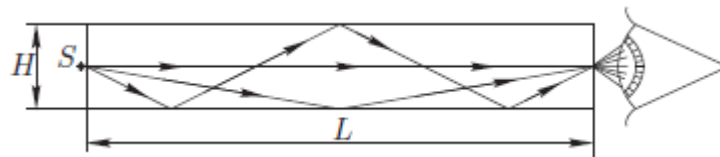


Рис. 5. Плоский световод.

Решение.

Рассмотрим преломление лучей от источника на левом торце пластинки (рис. 6).

Максимальный угол β_{max} преломления на левом торце соответствует углу падения $\alpha = 90^\circ$:

$$\sin \beta_{max} = \frac{1}{n}. \quad (9)$$

Минимальный угол падения на боковую грань

$$\varphi_{min} = 90^\circ - \beta_{max}. \quad (10)$$

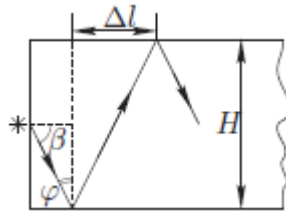


Рис. 6. Ход луча в плоском световоде.

Ход лучей в пластине будет зависеть от соотношения между φ_{min} и φ_{lim} (предельный угол полного отражения).

Случай 1. $\varphi_{min} \geq \varphi_{lim}$, или $\varphi_{min} \geq \sin \varphi_{lim} = \frac{1}{n}$.

В этом случае все лучи, падающие на боковые грани пластины, будут испытывать полное отражение и, следовательно, ни один луч не выйдет из пластины.

$$\sin \varphi_{min} = \cos \beta_{max} = \frac{\sqrt{n^2 - 1}}{n} \geq \frac{1}{n}, \quad (11)$$

следовательно

$$\sqrt{n^2 - 1} \geq 1, \quad (12)$$

откуда следует $n \geq \sqrt{2}$.

Минимальное расстояние ($\Delta \ell$) между соседними отражениями лучей на противоположных гранях:

$$(\Delta \ell)_{min} = H \operatorname{tg} \varphi_{min} = H \frac{\cos \beta_{max}}{\sin \beta_{max}} = H \frac{1/n \sqrt{n^2 - 1}}{1/n} = H \sqrt{n^2 - 1}. \quad (13)$$

Максимальное число отражений $N_1 = (N_1)_{max}$:

$$N_1 = \frac{L}{(\Delta \ell)_{min}} + \frac{1}{2} = \frac{L}{H} \frac{1}{\sqrt{n^2 - 1}} + \frac{1}{2}. \quad (14)$$

Слагаемое $1/2$ возникает из-за того, что перед первым отражением луч проходит вдоль трубы расстояние $\Delta \ell/2$.

При $n = n_1 = 1.73$ $N_1 = 71$.

Случай 2. $\varphi_{min} \leq \varphi_{lim}$ или $\sin \varphi_{lim} \geq \sin \varphi_{lim} = \frac{1}{n}$; $\frac{1}{n} \sqrt{n^2 - 1} \leq \frac{1}{n}$.

В этом случае

$$(\Delta \ell)_{min} = H \operatorname{tg} \varphi_{lim} = \frac{H}{\sqrt{n^2 - 1}}. \quad (15)$$

Часть лучей, падающих на боковую грань под углами от φ_{min} до φ_{lim} , будут испытывать только частичное отражение и не дойдут до правого торца пластины.

Максимальное число отражений $N_2 = (N_2)_{max}$:

$$N_2 = \frac{L}{(\Delta \ell)_{min}} + \frac{1}{2} = \frac{L}{H} \sqrt{n^2 - 1} + \frac{1}{2}, \quad (16)$$

при $n = n_2 = 1.3$, $N_2 = 100 \cdot 0.83 = 83$.

Система олимпиадных задач по оптике направлена на практическую реализацию одной из приоритетных задач современного школьного образования по физике, заключающаяся в качественной подготовке по физике.

Заключение

В процессе выполнения работы была создана система олимпиадных задач по оптике, направленная на практическую реализацию одной из приоритетных задач современного школьного образования по физике, заключающуюся в качественной подготовке учащихся одиннадцатых классов общеобразовательной школы к олимпиадам по физике.

Гипотеза исследования, состоящая в том, что если использовать систему олимпиадных задач по оптике в систематически организованной подготовке в традиционной форме в сочетании с использованием информационных технологий, то можно создать эффективную систему подготовки к олимпиадам по физике в общеобразовательной школе, подтверждена полностью.

В рамках теоретической части работы была разработана система олимпиадных задач по физике для одиннадцатого класса. Разработанная система задач по оптике на практике показала хорошие результаты при подготовке учащихся к олимпиадам по физике. Это факт служит следствием того, что разработанная система задач по оптике для одиннадцатого класса способствует развитию мышления учащихся, их подготовке к участию в олимпиадах и творческих поисках; воспитывает трудолюбие, настойчивость, волю, целеустремлённость и является хорошим средством контроля над знаниями, умениями и навыками. Разработанная система олимпиадных задач по физике позволяет проводить эффективную подготовку к решению олимпиадных задач по физике. Подготовка в традиционной форме, которая организована систематически и планомерно, в сочетании с использованием информационных технологий позволяет организовать эффективную подготовку одарённых учащихся к олимпиадам по физике. Систематическая подготовка по физике, организованная в традиционной форме, в сочетании с использованием информационных компьютерных технологий при изучении оптики позволяет организовать эффективную подготовку к олимпиадам по физике.

Список использованных источников

1. Зульф리카рова Т. В., Матвеева Л. И. Нестандартные задачи по теме «Законы сохранения» // В сборнике: Современные технологии преподавания естественнонаучных дисциплин в системе общего и профессионального образования сборник материалов Международного научно-практического форума. — Борисоглебский филиал ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», 2016. — С. 94–97.
2. Комнатный Д. В. Учебно-исследовательские задачи для закрепления темы «Законы сохранения в механике» курса общей физики // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. — 2013. — Т. 2, № 2 (8). — С. 93–98.
3. Оспенников А. А., Оспенников Н. А. Виды задач по физике и их разнообразие в традиционных и цифровых учебных пособиях по предмету // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании. — 2010. — № 6. — С. 79–89.
4. Трофимова Е. И. Педагогические инновации в подготовке учителя // Высшее образование в России. — 2004. — № 6. — С. 52–59.
5. Краснова Л. А., Нугманова А. С. Особенности внеурочной работы по физике в условиях реализации ФГОС ОО // В сборнике: Проблемы и перспективы информатизации физико-математического образования. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. — 2016. — С. 319–322.

6. Пак В. В., Мельникова Т. Н., Сотириади Г. Н. Использование учебных задач по физике с целью формирования обобщённых проектных умений // Современные наукоемкие технологии. — 2016. — № 6-1. — С. 174–178.
7. Кокин В. А. Система задач по физике // Вестник Поволжской государственной социально-гуманитарной академии. — 2012. — № 7. — С. 272–278.
8. Кокин В. А., Макаров И. Необходимость применения системы качественных и экспериментальных задач по физике в профильной школе // В сборнике: Формирование учебных умений Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова. — 2009. — С. 129–129.
9. Кокин В. А. Система задач во внеклассной работе по развитию познавательного интереса и творческих способностей учащихся школы (на примере кружка) // В сборнике: Естественно-научное образование. Прошлое, настоящее, будущее. Материалы Всероссийской заочной интернет-конференции. — 2011. — С. 176–178.
10. Федоренко И. В. Принципы решения физических задач // Экономические и социально-гуманитарные исследования. — 2017. — № 2 (14). — С. 81–86.
11. Машиньян А. А., Кочергина Н. В. Технологии обучения решению физических задач в условиях современной информационной среды // Мир науки, культуры, образования. — 2017. — № 5 (66). — С. 167–171.
12. Бутырский Г. А. Классификация графических задач по физике и проблемы обучения их решению // Вестник Вятского государственного гуманитарного университета. — 2010. — Т. 3, № 1. — С. 141–146.
13. Сулейманян Е. А. Модель формирования учебных компетенций при решении задач по физике // Ярославский педагогический вестник. — Т. 2, № 1. — С. 138–145.
14. Путина Н. Д. Индуктивный и дедуктивный анализ учебной информации по физике как средство реализации стандарта общего среднего образования // Ярославский педагогический вестник. — 2015. — Т. 2, № 2. — С. 39–44.
15. Рыжиков С. Б. Пути преодоления пропасти между «меловой физикой» и современной наукой // Наука и современность. — 2012. — № 15-3. — С. 92–94.
16. Зеличенко В. М., Ларионов В. В. О проблемно-ориентированном подходе к решению задач по физике в профильной школе и вузе // Вестник Томского государственного педагогического университета. — 2009. — № 5. — С. 10–15.
17. Сторчилов П. А. О проблеме реализации внутрипредметных связей при решении задач по физике // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 2. — С. 471–479.
18. Каменецкий С. Е., Орехов В. П. Методика решения задач по физике в средней школе. Пособие для учителей. — Москва : Просвещение, 1971. — 448 с.
19. Каменецкий С. Е., Солодухин Н. А. Модели и аналогии в курсе средней школы: пособие для учителей. — Москва : Просвещение, 1982. — 96 с.
20. Орехов В. П., Усова А. В. Методика преподавания физики в 8-10 классах средней школы. Часть 2. — Москва : Просвещение, 1980. — 350 с.

21. Резников Л. И., Шамаш С. Я., Эвенчик Э. Е. Методика преподавания физики в средней школе : механика : пособие для учителей. — Москва : Просвещение, 1974. — 238 с.
22. Шаповалов А. А. Размышления при решении физических задач. — Барнаул : Издательство БГПУ, 2001. — 150 с.
23. Разумовский В. Г., Браверман Э. М. Урок физики в современной школе (творческий поиск учителя). — Москва : Просвещение, 1993. — 288 с.
24. Елизаров К. Н. Вопросы методики преподавания физики в средней школе : пособие для учителей. — Москва : Учпедгиз, 1962. — 240 с.
25. Абросимов Б. Ф. Способы и методы поиска решения задач: учебно-методическое пособие. — Москва : Экзамен, 2006. — 287 с.
26. Дегтярев С. Н. Креативные методы и эвристические приёмы решения физических задач. — Тюмень : ТОГИРРО, 2009. — 28 с.
27. Красин М. С. Решение сложных и нестандартных задач по физике. Эвристические приёмы поиска решений. — Москва : ИЛЕКСА, 2008. — 360 с.
28. Красин М. С. Система эвристических приёмов решения задач по физике. Теория, методика, примеры: учебно-методическое пособие. — Калуга : Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, 2009. — 147 с. — ISBN: 978-5-88725-176-9.
29. Ильясов И. И. Система эвристических приёмов решения задач. — Москва : Издательство Российского открытого университета, 1992. — 138 с.
30. Козырева Н. А. Педагогическое сопровождение одарённых детей // Успехи современного естествознания. — 2004. — № 5. — С. 55–58.
31. Усова А. В., Бобров А. А. Формирование учебных умений и навыков учащихся на уроках физики. — Москва : Просвещение, 1988. — 111 с.
32. Балаш В. А. Задачи по физике и методы их решения. — Москва : Просвещение, 1983. — 434 с.
33. Лазарев А. Н., Кузько А. Е., Дремов Е. Н. Компьютерная интерактивная система решения задач по физике // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Лингвистика и педагогика. — 2013. — № 1. — С. 114–121.
34. Бордовская Н. В. Педагогика. — СПб. : Питер, 2000. — 401 с.
35. Латынина Д. Н. История педагогики. Воспитание и образование в России. — Москва : Издательский дом «Форум», 2008. — 315 с.
36. Слостенин В. А. Педагогика. — Москва : Школа-Пресс, 2009. — 512 с.
37. Харламов И. Ф. Педагогика. — Москва : Высшая школа, 2000. — 356 с.
38. Алтунин К. К., Лушникова Ю. О., Назарова Т. В. Электронный курс по олимпиадным задачам по физике // В сборнике: Актуальные вопросы преподавания технических дисциплин. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. — 2018. — С. 6–8.

39. Алтунин К. К., Лушникова Ю. О., Назарова Т. В. Электронный курс по олимпиадным задачам по физике // Наука online. — 2018. — № 2 (3). — С. 53–69.

Сведения об авторах:

Татьяна Валерьевна Галоватюк — учитель физики и математики МБОУ г. Ульяновска «Средняя школы № 85», 432066, Ульяновск, Россия.

E-mail: nazarowa.tanja@yandex.ru

ORCID iD  0000-0003-4222-067X

Web of Science ResearcherID  AAZ-8100-2020

@auxrussian@auxrussian

Pedagogical design of the system of Olympiad problems in optics at school

T. V. Galovatyuk 

MBOU Ulyanovsk “Secondary School No. 85”, 432066 Ulyanovsk, Russia,

Submitted June 11, 2021

Resubmitted June 16, 2021

Published September 9, 2021

Abstract. The process of pedagogical design of the system of Olympiad problems in optics in a comprehensive school is considered. A system of tasks and assignments in optics has been developed to prepare students of the eleventh grade of a comprehensive school for physics olympiads. The analysis of various problems of the Olympiad type in optics has been carried out. Solutions of Olympiad-type problems in optics are described. The created methodological materials on olympiad problems in optics can be used in the process of creating a new methodology for teaching methods for solving olympiad problems within the framework of full-time bachelor’s and full-time master’s programs in the pedagogical direction of preparing a physical and mathematical profile at a pedagogical university, replenishing the scientific base with relevant methodological materials on teaching methods and ways of solving Olympiad problems in physics in the senior classes of a comprehensive school.

Keywords: physics, physical education, problems in physics, student training system, physics problem system

PACS: 01.40.-d

@auxrussian@auxenglish

References

1. Zulfikarova T. V., Matveeva L. I. Non-standard tasks on the topic “Conservation laws” // In the collection: Modern technologies for teaching natural sciences in the system of general and professional education, collection of materials of the International Scientific and Practical Forum. — Borisoglebsk Branch of FSBEI HE “Voronezh State University”, 2016. — P. 94–97.
2. Room D. B. Educational and research tasks to consolidate the topic “Conservation laws in mechanics” of the course of general physics // Emergencies: education and science. — 2013. — Vol. 2, no. 2(8). — P. 93–98.
3. Ospennikov A. A., Ospennikov N. A. Types of problems in physics and their variety in traditional and digital textbooks in the subject // Bulletin of the Perm State Humanitarian and Pedagogical University. Series: Information and computer technologies in education. — 2010. — no. 6. — P. 79–89.
4. Trofimova E. I. Pedagogical Innovation in Teacher Training // Higher education in Russia. — 2004. — no. 6. — P. 52–59.
5. Krasnova L. A., Nugmanova A. S. Features of extracurricular work in physics in the context of the implementation of GEF OO // In the proceedings: Problems and prospects of informatization of physical and mathematical education. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. — 2016. — P. 319–322.

6. Pak V. V., Melnikova T. N., Sotiriadi G. N. Use of learning tasks in physics in order to form generalized design skills // *Modern high technologies*. — 2016. — no. 6-1. — P. 174–178.
7. Kokin V. A. System of problems in physics // *Bulletin of the Volga State Social and Humanitarian Academy*. — 2012. — no. 7. — P. 272–278.
8. Mashinyan A. A., Kochergina N. V. Technologies for teaching solving physical problems in a modern information environment // *World of science, culture, education*. — 2017. — no. 5 (66). — P. 167–171.
9. Ryzhikov C. B. Ways to bridge the gap between «chalk physics» and modern science // *Science and modernity*. — 2012. — no. 15-3. — P. 92–94.
10. Storchilov P. A. On the problem of implementing intra-subject communications when solving problems in physics // *Modern problems of science and education*. — 2015. — no. 2. — P. 471–479.
11. Butyrsky G. A. Classification of graphic problems in physics and problems of learning to solve them // *Bulletin of the Vyatka State University for the Humanities*. — 2010. — Vol. 3, no. 1. — P. 141–146.
12. Putin N. D. Inductive and deductive analysis of educational information in physics as a means of implementing the standard of general secondary education // *Yaroslavl Pedagogical Bulletin*. — 2015. — Vol. 2, no. 2. — P. 39–44.
13. Suleimanyan E. A. Model for the formation of educational competencies in solving problems in physics // *Yaroslavl Pedagogical Bulletin*. — Vol. 2, no. 1. — P. 138–145.
14. Kokin V. A., Makarov I. The need to apply a system of qualitative and experimental problems in physics in a specialized school // In the collection: *Formation of educational skills Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference*. Ulyanovsk State Pedagogical University. I.N. Ulyanova. — 2009. — P. 129–129.
15. Kokin V. A. The system of tasks in extracurricular activities to develop the cognitive interest and creativity of school students (on the example of a circle) // In the proceedings: *Science education. Past present Future. Materials of the All-Russian Correspondence Internet Conference*. — 2011. — P. 176–178.
16. Fedorenko I. V. Principles for solving physical problems // *Economic and social-humanitarian research*. — 2017. — no. 2(14). — P. 81–86.
17. Zelichenko V. M., Larionov V. V. About a problem-oriented approach to solving problems in physics at a specialized school and university // *Bulletin of the Tomsk State Pedagogical University*. — 2009. — no. 5. — P. 10–15.
18. Kamenetsky S. E., Orekhov V. P. *Methodology for solving problems in physics in high school. Teacher's Guide*. — Moscow : Education, 1971. — 448 p.
19. Kamenetsky S. E., Solodukhin N. A. *Models and Analogies in High School Course: A Manual for Teachers*. — Moscow : Education, 1982. — 96 p.
20. Usova A. V., Bobrov A. A. *Formation of educational abilities and skills of students in physics lessons*. — Moscow : Education, 1988. — 111 p.

21. Orekhov V. P., Usova A. V. Methods of teaching physics in grades 8-10 of secondary school. Part 2. — Moscow : Education, 1980. — 350 p.
22. Reznikov L. I., Shamash S. Ya., Evenchik E. E. Methods of teaching physics in high school: mechanics: a manual for teachers. — Moscow : Education, 1974. — 238 p.
23. Shapovalov A. A. Reflections when solving physics problems. — Barnaul : BSPU Publishing House, 2001. — 150 p.
24. Razumovsky V. G., Braverman E. M. A physics lesson in a modern school (creative search for a teacher). — Moscow : Education, 1993. — 288 p.
25. Elizarov K. N. Questions of methods of teaching physics in secondary school: a guide for teachers. — Moscow, publisher = Uchpedgiz, year = 1962, numpages = 240, language = english.
26. Abrosimov B. F. Methods and methods of finding solutions to problems: teaching aid. — Moscow : Exam, 2006. — 287 p.
27. Degtyarev S. N. Creative Methods and Heuristic Techniques for Solving Physics Problems. — Tyumen : TOGIRRO, 2009. — 28 p.
28. Krasin M. S. Solution of complex and non-standard problems in physics. Heuristic techniques for finding solutions. — Moscow : ILEXA, 2008. — 360 p.
29. Krasin M. S. System of heuristic methods for solving problems in physics. Theory, methodology, examples: study guide. — Kaluga : Kaluga State University named after K. E. Tsiolkovsky, 2009. — 147 p.
30. Ilyasov I. I. A system of heuristic methods for solving problems. — Moscow : Publishing House of the Russian Open University, 1992. — 138 p.
31. Kozyreva N. A. Pedagogical support for gifted children // Achievements of modern natural science. — 2004. — no. 5. — P. 55–58.
32. Bordovskaya N. V. Pedagogy. — Saint Petersburg : Peter, 2000. — 401 p.
33. Latynina D. N. History of Pedagogy. Upbringing and education in Russia. — Moscow : Publishing house “Forum”, 2008. — 315 p.
34. Slastenin V. A. Pedagogy. — Moscow : School-Press, 2009. — 512 p.
35. Kharlamov I. F. Pedagogy. — Moscow : High School, 2000. — 356 p.
36. Balash V. A. Problems in physics and methods of solving them. — Moscow : Education, 1983. — 434 p.
37. Lazarev A. N., Kuzko A. E., Dremov E. N. Computer interactive system for solving problems in physics // Bulletin of the Southwestern State University. Series: Linguistics and Pedagogy. — 2013. — no. 1. — P. 114–121.
38. Altunin K. K., Lushnikova Yu. O., Nazarova T. V. Electronic course on Olympiad problems in physics // In the proceedings: Topical issues of teaching technical disciplines. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. — 2018. — P. 6–8.

39. Altunin K. K., Lushnikova Yu. O., Nazarova T. V. Electronic course on Olympiad problems in physics // Science online: electronic scientific journal. — 2018. — no. 2 (3). — P. 53–69.

Information about authors:

Tatiana Valerievna Galovatyuk — teacher of physics and mathematics at MBOU Ulyanovsk “Secondary School No. 85”, 432066, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: nazarowa.tanja@yandex.ru

ORCID iD  0000-0003-4222-067X

Web of Science ResearcherID  AAZ-8100-2020

@auxrussian@auxenglish