

# Секция 1

---

## Педагогические науки

---

УДК 53.01  
ББК 22.3  
ГРНТИ 29.01.45  
ВАК 13.00.02

### Педагогическое проектирование системы олимпиадных задач по термодинамике в школе

Т. В. Галоватюк  <sup>1</sup>

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

Поступила в редакцию 5 сентября 2021 года

После переработки 12 сентября 2021 года

Опубликована 10 декабря 2021 года

---

**Аннотация.** Рассмотрен процесс педагогического проектирования системы олимпиадных задач по термодинамике 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 термодинамике. Описаны решения задач олимпиадного типа по термодинамике. Созданные методические материалы по олимпиадным задачам по термодинамике 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, термодинамика, физическое образование, задачи по физике, система подготовки учащихся, система задач по физике, методы решения задач

PACS: 01.40.-d

---

<sup>1</sup>E-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 термодинамике в общеобразовательной школе.

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

Предметом исследования является процесс обучения решению задач по термодинамике 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 термодинамике 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 термодинамике в 11 классе общеобразовательной школы.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что созданные методические материалы по олимпиадным задачам по термодинамике 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 процессе 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 [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. Обсуж-

дается проблема видového разнообразия физических задач. На основе информационной модели учебного процесса предложена классификация физических задач. Показано обновление видového состава задач в условиях информатизации системы образования. Выполнен анализ видového 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. Без решения физических задач 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].

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, основанный на методике, которая расширяет проблемное поле обучения физике, приближает его содержание к современному уровню научных знаний, позволяет использовать в учебном процессе методологию физики как науки, ориенти-

рует учащихся не только на освоение системы предметных знаний, но и на развитие творчества.

В статье [17] рассматриваются основные подходы к процессу реализации внутри-предметных связей при решении задач разного типа по физике.

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 серьёзное 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].

Проведённый обзор литературы по методическим вопросам преподавания методов решения олимпиадных задач по физике показывает актуальность разработки системы олимпиадных задач по физике.

### **Элементы системы олимпиадных задач по термодинамике**

Задачи, обычно предлагаемые для решения при обучении физике в школе, можно условно разделить на группы по содержанию (качественные задачи, расчётные, графические и экспериментальные) и по уровню сложности (тривиальные, среднего уровня сложности и олимпиадные). Поскольку достаточно большой объем физических задач носит характер расчётных 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. Какой КПД больше? (Слободянин В.)**

Идеальный одноатомный газ совершает циклический процесс  $A$ , состоящий из двух изохор и двух изобар. Затем тот же газ совершает аналогичный процесс  $B$  (рис. 1). КПД какого процесса больше? Полагая КПД процесса  $A$  заданным и равным  $\eta_A$ , вычислите  $\eta_B$ . В обоих процессах  $\Delta p_{21} = \Delta p_{32} = \Delta p$  и  $\Delta V_{21} = \Delta V_{32} = \Delta V$ , но их числовые значения неизвестны.

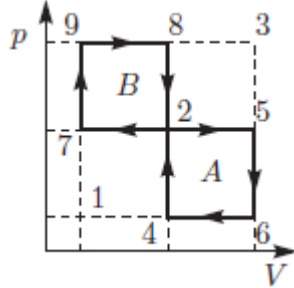


Рис. 1. Цикл.

**Решение.**

Пусть за цикл газ совершает работу  $A_0 = \Delta p \Delta V$ . Тогда  $\eta_A = A_0 / Q_{425}$ , где подведённое к газу количество теплоты  $Q_{425} = U_{54} + A_{25}$ . Аналогично  $\eta_B = A_0 / Q_{789}$ , где  $Q_{789} = U_{87} + A_{98}$ . Заметим, что  $A_{98} = A_{25} + A_0$ . Сравним изменения внутренних энергий  $U_{54}$  и  $U_{87}$ . Выражение для  $U_{87}$ :

$$U_{87} = C_V (T_8 - T_7) = \frac{C_V}{R} (p_3 V_2 - p_2 V_1) = \frac{C_V}{R} (p_2 V_2 - p_1 V_1 + \Delta p \Delta V) = \frac{C_V}{R} (p_2 V_2 - p_1 V_1 + A_0) . \quad (1)$$

Аналогичным образом получим, что

$$U_{54} = \frac{C_V}{R} (p_2 V_3 - p_1 V_2) = \frac{C_V}{R} (p_2 V_2 - p_1 V_1 + \Delta p \Delta V) = \frac{C_V}{R} (p_2 V_2 - p_1 V_1 + A_0) , \quad (2)$$

то есть  $U_{54} = U_{87}$ . Отсюда

$$\eta_A = \frac{A_0}{Q_{425}} = \frac{A_0}{U_{54} + A_{25}} , \quad \eta_B = \frac{A_0}{Q_{789}} = \frac{A_0}{U_{54} + A_{25} + A_0} = \frac{\eta_A}{1 + \eta_A} . \quad (3)$$

Отсюда  $\eta_B < \eta_A$ .

**Задача 2. Какой КПД больше? (Слободянин В.)**

Идеальный одноатомный газ совершает циклический процесс  $C$ , состоящий из двух изохор и двух изобар. Затем тот же газ совершает аналогичный процесс  $D$  (рис. 2). КПД какого процесса больше? Полагая КПД процесса  $C$  заданным и равным  $\eta_C$ , вычислите  $\eta_D$ . В обоих процессах  $\Delta p_{21} = \Delta p_{32} = \Delta p$  и  $\Delta V_{21} = \Delta V_{32} = \Delta V$ , но их числовые значения неизвестны.

**Решение.**

Пусть за цикл газ совершает работу  $A_0 = \Delta p \Delta V$ . Тогда  $\eta_C = A_0 / Q_{172}$ , где подведённое к газу количество теплоты  $Q_{172} = U_{12} + A_{72}$ . Аналогично  $\eta_D = A_0 / Q_{283}$ , где  $Q_{283} = U_{23} + A_{83}$ . Заметим, что  $A_{83} = A_{72} + A_0$ . Сравним изменения внутренних энергий  $U_{12}$  и  $U_{23}$ . Выражение для  $U_{12}$ :

$$U_{12} = C_V (T_2 - T_1) = \frac{C_V}{R} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{C_V}{R} (p_1 \Delta V + V_1 \Delta p + \Delta p \Delta V) = \frac{C_V}{R} (p_1 \Delta V + V_1 \Delta p + A_0) . \quad (4)$$

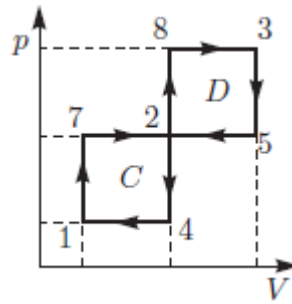


Рис. 2. Цикл.

Аналогичным образом получим, что

$$\begin{aligned}
 U_{23} &= \frac{C_V}{R} (p_3 V_3 - p_2 V_2) = \frac{C_V}{R} (p_2 \Delta V + V_2 \Delta p + A_0) = \\
 &= \frac{C_V}{R} (p_1 \Delta V + V_1 \Delta p + 3A_0) = U_{12} + 2 \frac{C_V}{R} A_0 . \quad (5)
 \end{aligned}$$

Отсюда

$$\eta_C = \frac{A_0}{Q_{172}} = \frac{A_0}{U_{12} + A_{72}} , \quad (6)$$

$$\eta_D = \frac{A_0}{Q_{283}} = \frac{A_0}{U_{23} + A_{83}} = \frac{A_0}{U_{12} + A_{72} + \frac{2C_V + R}{R} A_0} = \frac{\eta_C}{1 + \frac{C_V + C_P}{R} \eta_C} . \quad (7)$$

Отсюда  $\eta_D < \eta_C$ .

Задача 3. Неидеальный газ (Слободянин В.)

Кривая  $ABC$  (рис. 3) является адиабатой для некоторого вещества, у которого внутренняя энергия зависит от произведения  $pV$ , то есть  $U = U(pV)$ . Найдите полное количество тепла, которое тело получило в процессе 1-2, изображённом на рис. 3.

**Решение.**

Первый закон термодинамики  $\delta Q = pdV + dU$  для процесса 1-2 (рис. 4) приводит к выражению:

$$Q_{12} = \int_{(1)}^{(2)} pdV + U(2) - U(1) . \quad (8)$$

Интеграл  $\int_{(1)}^{(2)} pdV$  равен площади  $S_1$  под графиком процесса 1-2.

Так как  $U$  зависит только от  $pV$ , то  $U = const$  на гиперболах  $pV = const$ . Проведены гиперболы через точки 1 и 2 и найдены пересечения с кривой адиабаты — точки  $1^*$  и  $2^*$ :

$$U(1) = U(1^*) , \quad U(2) = U(2^*) . \quad (9)$$

Для адиабаты  $0 = Q_{1^*2^*} = \int_{(1^*)}^{(2^*)} pdV + U(2^*) - U(1^*)$  получим

$$U(2^*) - U(1^*) = -S_2 , \quad (10)$$

где  $S_2$  — площадь под графиком адиабаты. Тогда получаем, что  $Q_{12} = S_1 - S_2$ . Подсчитав площади  $S_1$  и  $S_2$ , найдём

$$S_1 = 9.8 p_0 V_0 , \quad (11)$$

$$S_2 = (7.8 \pm 0.2) p_0 V_0 , \quad (12)$$

$$Q_{12} = (2.0 \pm 0.2) p_0 V_0 . \quad (13)$$

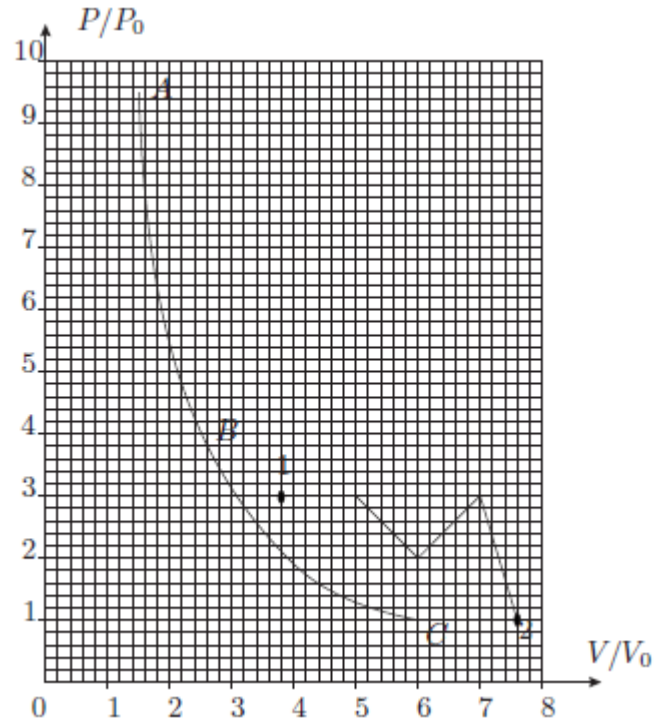


Рис. 3. Термодинамический процесс неидеального газа.

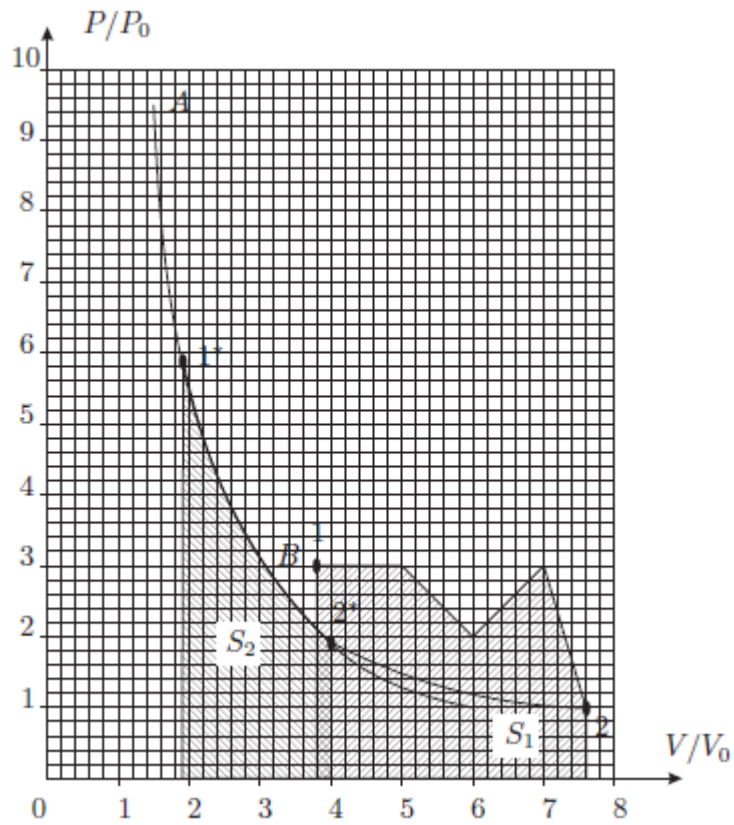


Рис. 4. Термодинамический процесс неидеального газа.



### Задача 4. Обрывки рукописи (Шаронов А.)

Говорят, что в архиве лорда Кельвина нашли обрывок рукописи, на котором был изображён замкнутый цикл для  $\nu = 1$  моль гелия в координатах  $pV$ . Цикл состоял из изотермы 1–2, изохоры 2–3 и адиабаты 3–1. КПД данного цикла  $\eta = 0.125$ . Масштаб по оси объёма : 1 дел = 0.5 л; по оси давления: 1 дел =  $5 \cdot 10^3$  Па. Найдите объём газа в изохорическом процессе. На рис. 5 ось давления вертикальна, а ось объёма горизонтальна.

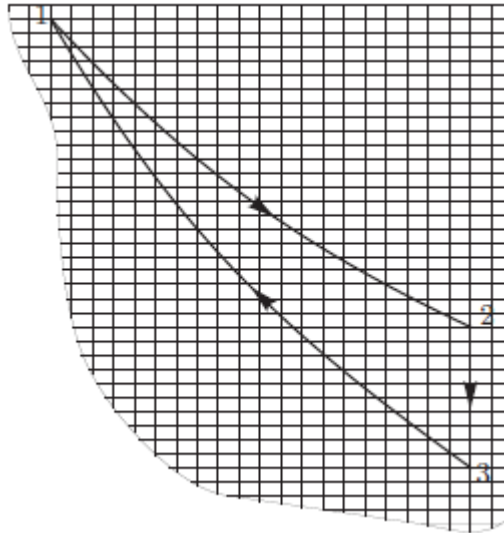


Рис. 5. Термодинамические процессы на обрывке рукописи.

#### Решение.

По определению КПД цикла равен  $\eta = A/Q_+$ , где  $A$  – работа, совершённая газом за цикл,  $Q_+$  – количество теплоты, отданное нагревателем газу за цикл. для данного цикла  $A = A_T + A_V + A_Q = A_T + A_Q$ , где  $A_T, A_V, A_Q$  – работы, совершённые газом соответственно в изотермическом, изохорическом и адиабатическом процессах. Очевидно,  $Q_+ = A_T$ . Следовательно,  $\eta = A/A_T$ . Обратите внимание на то, что количество теплоты, полученное газом от нагревателя численно равно положительной работе, совершённой газом.

$$\eta = \frac{A_T + A_Q}{A_T} = 1 + \frac{A_Q}{A_T} = 1 + \frac{A_Q}{A - A_Q} . \quad (14)$$

Работа, совершаемая газом за данный цикл, равна площади, ограниченной линиями 1 – 2 – 3 – 1:  $A \approx (81 + \frac{1}{2} \cdot 70)$  ед. = 116 ед. = 290 Дж (1 ед. =  $5 \cdot 10^3$  Па· $5 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup> = 2.5 Дж). При этом погрешность численного определения  $A$  не более 5 ед.

Работа газа на адиабатическом участке равна с обратным знаком изменению внутренней энергии на участке 3 – 1:

$$A_Q = -\nu C_V (T_1 - T_3) = -\nu \frac{3}{2} R (T_2 - T_3) = -\frac{3}{2} V_2 (p_2 - p_3) . \quad (15)$$

Из рис. 5 видно, что  $p_2 - p_3 = 5 \cdot 10^4$  Па. Из (14) и (15) получим:

$$V_2 = \frac{2(1 - \eta)}{3} \frac{A}{\eta (p_2 - p_3)} . \quad (16)$$

Подсчитываем численное значение  $V_2 = (27 \pm 1)$  л.

### Задача 5. Цикл.

Экспериментатор Глюк собрал тепловую машину, рабочим телом которой является идеальный одноатомный газ, совершающий циклический процесс 1–2–3–1. В циклическом процессе при работе тепловой машины внутренняя энергия  $U$  газа изменяется в зависимости от давления  $p$  газа, показанной на рис. 6. Термодинамическому процессу 1–2, показанному на рис. 6, соответствует дуга параболы, отражающая зависимость внутренней энергии от давления по закону  $U \sim p^2$ , а термодинамическим процессам 2–3 и 3–1 на диаграмме зависимости внутренней энергии от давления газа соответствуют отрезки прямых. а) Постройте график этого циклического процесса в координатах  $pV$ . б) Рассчитайте коэффициент полезного действия циклического процесса тепловой машины.

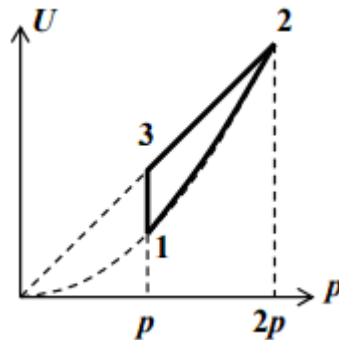


Рис. 6. Цикл на диаграмме зависимости внутренней энергии  $U$  от давления  $p$ .

**Решение.**

а) Поскольку рабочим телом является одноатомный идеальный газ, то выражение внутренней энергии для термодинамического процесса 1–2 имеет вид:

$$U = \frac{3}{2}pV \sim p^2, \tag{17}$$

следовательно,  $p \sim V$ , значит, в координатах  $V$  графиком этого термодинамического процесса является прямая, проходящая через начало координат.

Поскольку рабочим телом является одноатомный идеальный газ, то выражение внутренней энергии для термодинамического процесса 2–3 имеет вид:

$$U = \frac{3}{2}pV \sim p, \tag{18}$$

следовательно,  $V = const$ , то есть термодинамический процесс 2–3 является изохорическим процессом.

Для термодинамического процесса 3–1 выполняется равенство  $p = const$ , то есть термодинамический процесс 3–1 является изобарическим процессом. Теперь можно построить график циклического процесса 1–2–3–1 в координатах  $V$ .

б) Коэффициент полезного действия циклического процесса тепловой машины рассчитывается по формуле

$$\eta = \frac{A_{cycle}}{Q_{full}}, \tag{19}$$

где  $Q_{full}$  – полное количество теплоты.

Работа за один циклический процесс рассчитывается по формуле

$$A_{cycle} = \frac{1}{2}pV, \tag{20}$$

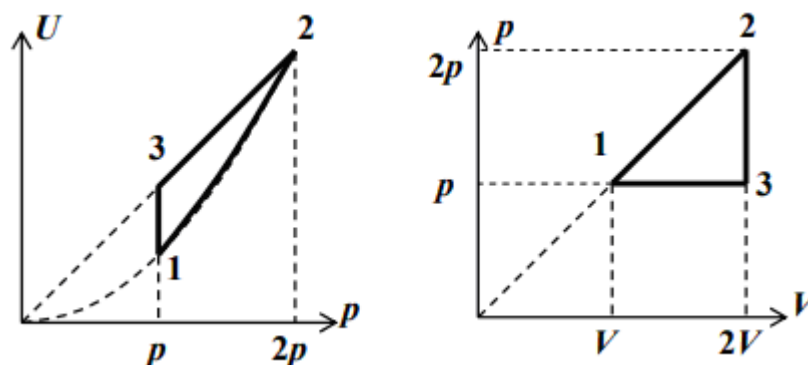


Рис. 7. График циклического процесса 1–2–3–1 в координатах  $pV$ .

Газ получает теплоту только в термодинамическом процессе 1–2, поэтому полученное количество теплоты определяется по формуле

$$Q_{full} = Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2}(2p \cdot 2V - pV) + \frac{1}{2}(p + 2p)(2V - V) = 6pV, \quad (21)$$

следовательно, значение коэффициента полезного действия циклического процесса тепловой машины  $\eta = \frac{1}{12} \approx 8.3\%$ .

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

### Результаты педагогического эксперимента по внедрению системы олимпиадных задач по физике

Целью педагогического эксперимента было выявление в экспериментальном классе одарённых учеников и дальнейшее развитие творческого потенциала учеников, проявивших склонности к решению олимпиадных задач.

Педагогический эксперимент проводился в 10 В классе из университетских классов ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова» в 2017-2018 учебном году. В 10 В классе реализуется программа физико-математического профиля подготовки. Педагогический эксперимент состоял в выявлении одарённых школьников в экспериментальном классе на основе внедрения методики решения разноуровневых и олимпиадных задач по физике. В начале педагогического эксперимента была проведена краткосрочная контрольная работа по обычным задачам на изучаемую тему, а затем в конце изучения материала текущей главы учебника по физике была проведена полномасштабная контрольная работа по обычным задачам для выявления уровня успеваемости экспериментального класса и отдельных учеников в этом классе.

В расписании физико-математического класса 10 В класса была ещё отдельная учебная дисциплина «Решение олимпиадных задач по физике». В рамках этой дисциплины проводили контрольную работу по олимпиадным задачам, в которой были предложены пять задач по разным темам.

Обработав все экспериментальные данные контрольных работ по обычным и экспериментальным задачам, получили таблицы по этим данным, а затем построили графики успеваемости школьников по решению вариантов заданий из обычных и олимпиадных задач по физике. Это сделано для возможности сравнения результатов.

В таблице 1 в качестве контрольных работ рассматривались следующие работы: 1) краткосрочная контрольная работа по обычным задачам, 2) полномасштабная кон-

Таблица 1. Результаты проведения контрольных работ по обычным и олимпиадным задачам по физике

Ученики	Контрольные работы		
	1	2	3
Ученик 1	4	4	5
Ученик 2	5	5	4
Ученик 3	5	4	4
Ученик 4	5	4	5
Ученик 5	5	4	5
Ученик 6	5	4	4
Ученик 7	5	3	3
Ученик 8	5	5	5
Ученик 9	4	3	4
Ученик 10	4	3	4
Ученик 11	5	2	3
Ученик 12	5	4	4
Ученик 13	5	4	3
Ученик 14	5	5	5
Ученик 15	3	2	3

контрольная работа по обычным задачам, 3) полномасштабная контрольная работа по задачам олимпиадного характера.

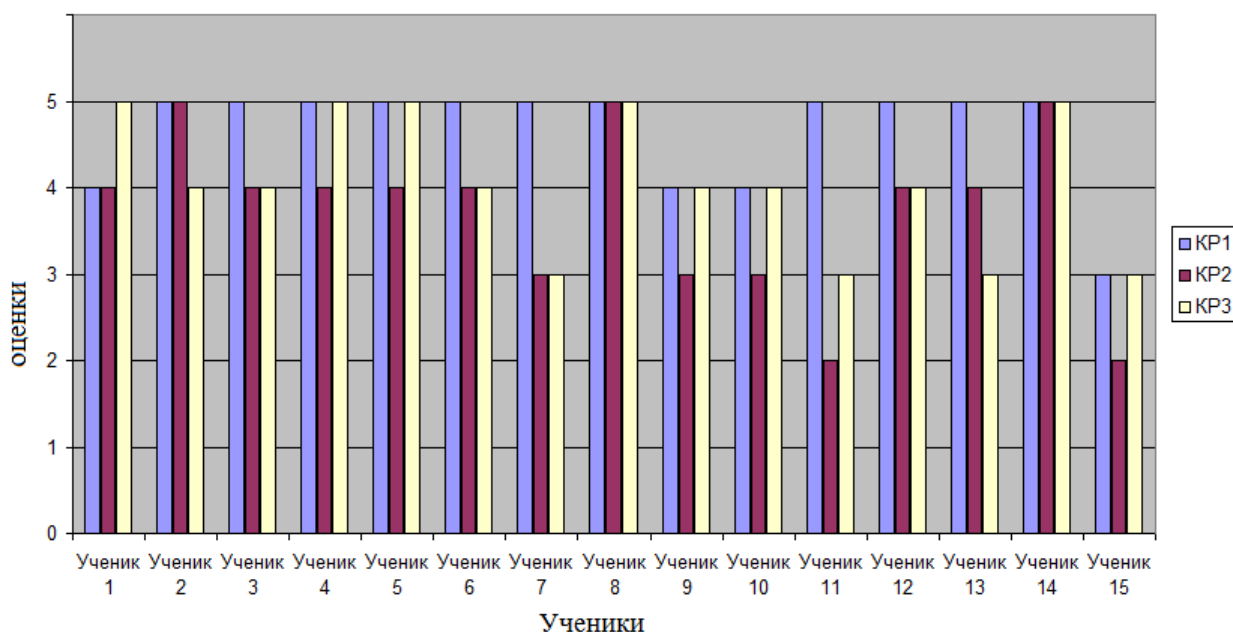


Рис. 8. Гистограмма распределения оценок учеников на контрольных работах, проведённых во время педагогической практики в 10 В классе.

На рис. 8 изображена гистограмма распределения оценок на контрольных работах по ученикам 10 В класса, проведённым во время педагогической практики в 10 В классе.

На рис. 9 изображена гистограмма распределения оценок на контрольной работе 1, проведённой во время педагогической практики в 10 В классе. Контрольная работа 1 была составлена из обычных задач и являлась кратковременной работой. На рис. 10 изображена гистограмма распределения оценок на контрольной работе 2, проведённой

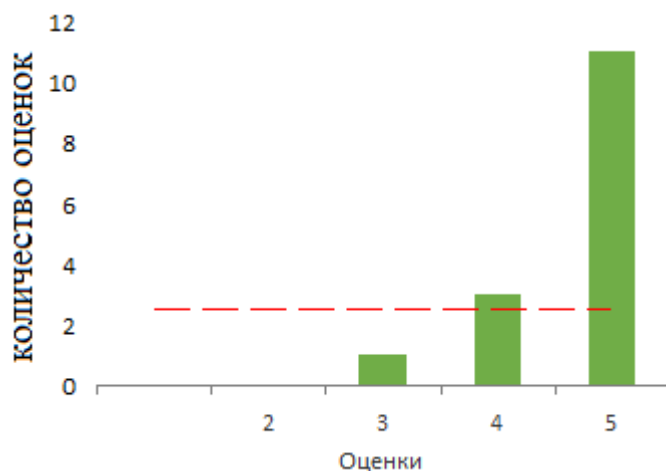


Рис. 9. Гистограмма распределения оценок на контрольной работе 1, проведённой во время педагогической практики в 10 В классе.

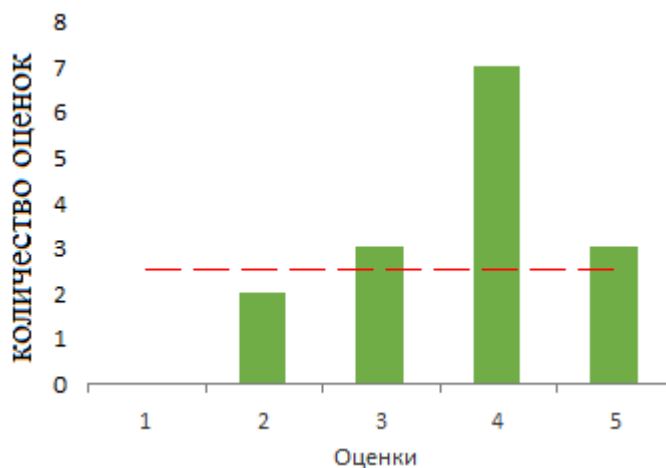


Рис. 10. Гистограмма распределения оценок на контрольной работе 2, проведённой во время педагогической практики в 10 В классе.

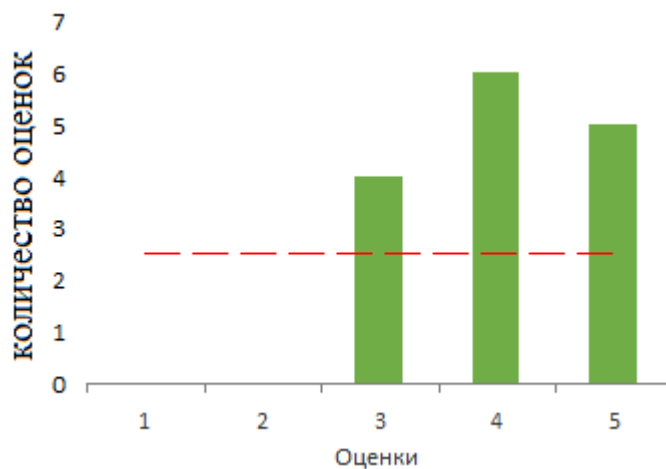


Рис. 11. Гистограмма распределения оценок на контрольной работе 3, проведённой во время педагогической практики в 10 В классе.

во время педагогической практики в 10 В классе. Контрольная работа 2 была составлена из обычных задач и являлась полномасштабной работой. На рис. 11 изображена гистограмма распределения оценок на контрольной работе 3, проведённой во время педагогической практики в 10 В классе. Контрольная работа 3 была составлена из олимпиадных задач и являлась полномасштабной работой.

Таблица 2. Результаты расчёта  $\chi^2$  для контрольных работ по обычным и олимпиадным задачам по физике, проведённых во время педагогической практики.

Оценки	Контрольные работы		
	1	2	3
1	0	0	0
2	0	2	0
3	1	3	4
4	3	7	6
5	11	3	5
$\chi^2$	34.9	10.9	13.3

В таблице 2 представлены результаты расчёта  $\chi^2$  для контрольных работ по обычным и олимпиадным задачам по физике, проведённых во время педагогической практики. Из таблицы 2 видно, что экспериментальные значения  $\chi^2$  больше теоретического значения  $\chi_t^2 = 11.07$ , что свидетельствует о хорошем выполнении гипотезы и достаточном уровне значимости полученных результатов педагогического эксперимента по внедрению системы олимпиадных задач по физике.

## Заключение

В процессе выполнения работы была создана система олимпиадных задач по термодинамике, направленная на практическую реализацию одной из задач современного 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 термодинамике 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 термодинамике на практике показала хорошие результаты при подготовке учащихся к олимпиадам по физике. Это факт служит следствием того, что разработанная система задач по термодинамике 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 термодинамики позволяет организовать эффективную подготовку к олимпиадам по физике.

### Список использованных источников

1. Зульфикарова 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. Сластенин 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

# Pedagogical design of the system of Olympiad tasks in thermodynamics at school

T. V. Galovatyuk 

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

Submitted September 5, 2021

Resubmitted September 12, 2021

Published December 10, 2021

---

**Abstract.** The process of pedagogical design of the system of Olympiad problems in thermodynamics 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 thermodynamics was carried out. Solutions of Olympiad-type problems in thermodynamics are described. The created methodological materials on olympiad problems in thermodynamics 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 grades of a comprehensive school.

**Keywords:** physics, thermodynamics, physical education, problems in physics, student training system, system of problems in physics, problem solving methods

PACS: 01.40.-d

---

## 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: Ulyanovsk State Pedagogical University., 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