

**Подход к решению олимпиадной задачи о состоянии идеального газа в системе двух одинаковых цилиндрических сосудов, соединённых трубками с краном**

**Лушникова Юлия Олеговна,**

Студентка 5 курса группы ФМ-13 факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия

**Аннотация.** Рассмотрен последовательный подход к решению олимпиадной задачи о состоянии идеального газа в системе двух одинаковых цилиндрических сосудов, соединённых трубками с краном на основе формул молекулярно-кинетической теории. Приведён краткий обзор методов решения задач по физике.

**Ключевые слова:** задача по физике, олимпиадная задача по физике, цилиндрические сосуды, трубки, поршень, идеальный газ, кран, температура, давление.

В настоящее время существует большое количество олимпиад по физике и физико-математическим дисциплинам для школьников, поэтому становится актуальной создание системы подготовки одарённых школьников к олимпиадам по физике различного уровня. Резко возрастает роль дистанционных курсов, видео курсов, трансляция разбора решений олимпиад в современной подготовке к олимпиадам по физике. В 10 классе закладываются фундаментальные основы подготовки по физике в классах

профильного и углубленного уровней, что является принципиально важным в начале подготовки к олимпиадам по физике различного уровня.

В [1] показано, что главной задачей современного образования является воспитание интеллектуально развитой личности, стремящейся к познанию. В соответствии с планами модернизации образования актуальными становятся вопросы разработки содержания образования и методики обучения физике в школах разного профиля. Одним из направлений в решении этой задачи является разработка содержания элективных курсов (курсов по выбору) для реализации профильного обучения. Олимпиады, являясь одной из общепризнанных форм работы с одарёнными школьниками, способствуют развитию их творческого, нравственного и духовного потенциала. Функции олимпиад – создание условий, при которых пробуждается интерес к изучению физики и техники у большого числа школьников, углубление теоретических знаний и практических умений; реализация идеи непрерывного образования путем подготовки одарённой учащейся молодежи для продолжения обучения в вузах.

В [3] рассматриваются методы обучения решению задач по разделу «Динамика», который традиционно считается одним из самых трудных «задачных» разделов школьного курса физики. Обычно ученикам предлагают решать такие задачи, пользуясь хорошо известным «алгоритмом»: сделать чертёж, на котором изображены все силы и так далее. Однако часто действия требуют предварительного анализа ситуации, вникания в существо описанного в условии явления. Так, действуя по алгоритму, ученик должен начинать решение с построения чертежа, на котором изображены все силы. Однако до конца решения или, по крайней мере, до тщательного анализа условия ему ещё не известны модули сил, а порой даже и их направления. Подобные «неоднозначности» характерны для задач выше среднего уровня сложности, в особенности для задач ЕГЭ части С. В таких случаях до начала «формульного» решения и даже до построения

чертежа надо провести «расследование» условия на качественном уровне, а именно качественные задачи вызывают у учеников наибольшие трудности (в том числе на ГИА и ЕГЭ): решение таких задач требует понимания физики, а не бездумной подстановки чисел в формулы. Значит, для решения качественных задач необходимо и более качественное знание физики! Предложен исчерпывающий разбор ситуаций, которые могут быть рассмотрены при решении задач на движение тела по наклонной плоскости.

В [4, 5, 7, 8] продолжается рассмотрение методов обучения решению задач по физике. В [8] в рамках темы «Законы сохранения» подробно разобрана задача о движении монеты, скатывающейся с гладкой двугорбой горки, лежащей на гладком же столе. В [4] в рамках тем «Статика» и «Закон Архимеда» подробно разобрана задача о равновесии стеклянной палочки в стакане с водой, опирающейся на край стакана. В [5] в рамках тем «Механические колебания» и «Плавание тел» подробно разобрана задача о колебаниях бруска в воде.

В [2, 6, 7, 9] рассматриваются методы обучения решению задач по физике, в том числе с целью подготовки к ЕГЭ. В [7] в рамках темы «Кинематика» рассмотрена задача о сложении скоростей при равномерном прямолинейном движении не только вдоль одной прямой, но и по разным прямым в одной плоскости. В [6] в рамках тем «Статика» и «Закон Архимеда» подробно разобрана задача о равновесии стеклянной палочки в стакане с водой, опирающейся на край стакана. В [2] в рамках темы «Молекулярная физика и термодинамика» подробно разобраны задачи на применение газовых законов в случаях, когда рассматривается один вид газа, причём масса газа остаётся неизменной. В [9] в рамках темы «Динамика», рассмотрена задача о движении системы тел (два связанных через блок с грузом бруска - один на другом) с учётом силы трения.

Процесс решения задачи по физике может быть представлен как переход от исходных данных (информации, предоставляемой условием задачи) к

результату (конечным данным) путём использования некоторого набора методов (моделирования, анализа, математических методов и т.д.), отражающих физические законы.

Любую физическую задачу можно рассматривать как одно из средств развития обучающихся, а содержание их деятельности по решению задач может быть разнообразным. Физические задачи, в особенности сам процесс их решения, меняют свой характер – из приложения к объясняемой теме они превращаются в новый способ добывания знаний.

В десятом классе существует два типа программ. По одному из них первые месяцы углубленно повторяется механика. И лишь к концу первого полугодия начинается изучение газовых законов. Заканчивается год электростатикой и конденсаторами. Весь остальной материал – постоянный ток, магнитные явления, переменный ток, оптика, атомная и ядерная физика изучается в одиннадцатом классе. В таблице 1 приведено тематическое планирование подготовки олимпиадного уровня по физике в 10 классе.

Таблица 1. Тематическое планирование подготовки олимпиадного уровня по физике в 10 классе

№ п/п	№ темы	Тема
1	1.1.	Кинематика материальной точки. Системы отсчёта. Равномерное движение. Средняя скорость. Мгновенная скорость. Ускорение. Прямолинейное равнопеременное движение. Свободное падение. Графики движения (пути, перемещения, координат от времени); графики скорости, ускорения и их проекций в зависимости от времени и координат.
2	1.2.	Движение по окружности. Нормальное и тангенциальное ускорение. Угловое перемещение и угловая скорость.

3	1.3.	Относительность движения. Закон сложения скоростей. Абсолютная, относительная и переносная скорость.
4	1.4.	Криволинейное равноускоренное движение. Полёты тел в поле однородной гравитации. Радиус кривизны траектории.
5	1.5.	Кинематические связи (нерастяжимость нитей, скольжение без отрыва, движение без проскальзывания). Плоское движение твёрдого тела.
6	1.6.	Динамика материальной точки. Силы. Векторное сложение сил. Законы Ньютона.
7	1.7.	Динамика систем с кинематическими связями
8	1.8.	Гравитация. Закон Всемирного тяготения. Первая космическая скорость. Перегрузки и невесомость. Центр тяжести.
9	1.9.	Силы трения. Силы сопротивления при движении в жидкости и газе.
10	1.10.	Силы упругости. Закон Гука.
11	1.11.	Импульс. Закон сохранения импульса. Центр масс. Теорема о движении центра масс. Реактивное движение.
12	1.12.	Работа. Мощность. Энергия (гравитационная, деформированной пружины). Закон сохранения энергии. Упругие и неупругие взаимодействия. Диссипация энергии.
13	1.13.	Статика в случае непараллельных сил. Устойчивое и неустойчивое равновесие.
14	1.14.	Механические колебания. Маятник. Гармонические колебания. Волны. Определения периода колебаний, амплитуды, длины волны, частоты).
15	2.1.	Газовые законы. Изопроцессы. Законы Дальтона и Авогадро. Температура.
16	2.2.	Основы молекулярно-кинетической теории. Потенциальная

		энергия взаимодействия молекул.
17	2.3.	Термодинамика. Внутренняя энергия газов. Количество теплоты. Первый закон термодинамики. Теплоёмкость. Адиабатный процесс. Цикл Карно.
18	2.4.	Насыщенные пары, влажность.
19	2.5.	Поверхностное натяжение. Капилляры. Краевой угол. Смачивание.
20	3.1.	Электростатика. Закон Кулона. Электрическое поле. Напряжённость. Теорема Гаусса. Потенциал.
21	3.2.	Проводники и диэлектрики в электростатических полях.
22	3.3.	Конденсаторы. Соединения конденсаторов. Энергия конденсатора. Объёмная плотность энергии электрического поля.
23	3.4.	ЭДС. Методы расчёта цепей постоянного тока (в том числе правила Кирхгофа, методы узловых потенциалов, эквивалентного источника, наложения токов и т.п.). Нелинейные элементы.
24	3.5.	Работа и мощность электрического тока.
25	3.6.	Электрический ток в средах. Электролиз.
26	3.7.	Магнитное поле постоянного тока. Силы Лоренца и Ампера.

Рассмотрим задачу по молекулярно-кинетической теории.

Два одинаковых цилиндрических сосуда высоты  $H$  с вертикальными стенками соединены трубками (рис. 1). В левом сосуде имеется массивный поршень, способный без трения двигаться вдоль стенок. Над поршнем и под поршнем находится идеальный газ. Кран на верхней трубке закрыт, а на нижней открыт. Поршень пребывает в равновесии точно в середине цилиндра, при этом давление под поршнем в два раза больше, чем над ним.

Нижний кран закрывают, а верхний открывают. На какой высоте установится поршень? Система поддерживается при постоянной температуре [10].

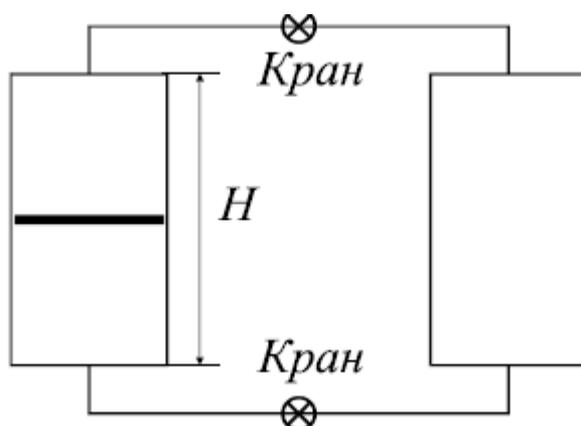


Рис. 1. Схема установки с двумя цилиндрами, которые соединены трубками с краном.

Рассмотрим решение представленной выше задачи.

Отметим, что в первом положении в верхней части левого сосуда находилась некоторая масса газа  $m$ , а в нижней — масса  $2m$ . В правом сосуде находилась масса газа  $4m$ . После того, как верхний кран открыли, а нижний закрыли, то образовалось два объёма газа с массами  $5m$  и  $2m$  соответственно. Запишем для них уравнение состояния:

$$p_1 = 5 \frac{m}{V_1} RT = 5 \frac{m}{\mu S(2H - x)} RT ,$$

$$p_2 = 2 \frac{m}{V_2} RT = 2 \frac{m}{\mu S x} RT .$$

Мы учли, что  $V_1 = S(2H - x)$  и  $V_2 = Sx$ , где  $S$  — площадь поршня, а  $x$  — новая его координата. Разность давлений  $p_2$  и  $p_1$  определяется массой поршня. Известно, что первоначально давление над поршнем  $p_0$  в два раза меньше, чем под поршнем. Поэтому можно записать, что  $p_2 - p_1 = p_0$ . Давление  $p_0$  создано массой газа  $m$ , занимавшей половину левого сосуда. Поэтому

$$p_0 = 2 \frac{m}{\mu S H} RT .$$

Из полученных четырёх уравнений получаем:

$$\frac{2}{x} - \frac{5}{(2H - x)} = \frac{2}{H}.$$

Это соотношение приводится к квадратному уравнению

$$2x^2 - 11Hx + 4H^2 = 0,$$

решая которое, получим

$$x = \left(11 - \sqrt{89}\right) \frac{H}{4}.$$

Навигация

Настройки

Задача об одинаковых цилиндрах

Два одинаковых цилиндрических сосуда высоты  $H$  с вертикальными стенками соединены трубками (рис. 1). В левом сосуде имеется массивный поршень, способный без трения двигаться вдоль стенок. Над поршнем и под поршнем находится идеальный газ. Кран на верхней трубке закрыт, а на нижней открыт. Поршень пребывает в равновесии точно в середине цилиндра, при этом давление под поршнем в два раза больше, чем над ним. Нижний кран закрывают, а верхний открывают. На какой высоте установится поршень? Система поддерживается при постоянной температуре.

Кран

$H$

Кран

Рис. 1. Схема установки с двумя цилиндрами, которые соединены трубками с краном.

Рис. 2. Элемент дистанционного курса с задачей об установке с двумя цилиндрами, которые соединены трубками с краном.

Перед разработкой дистанционного курса, посвящённого методике решения олимпиадных задач по физике, был проанализирован опыт создания дистанционных курсов по теории фотоэффекта [11], по нанооптике [12], оптике наноструктур и наноплазмонных материалов [13–14] системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

В ходе самостоятельной части работы создан электронный курс «Методика олимпиадных задач по физике». Изображение части, созданного информационного курса представлено на рис. 2. Была разработана система

олимпиадных задач, часть которой размещена в форме заданий дистанционного курса. На рис. 2 изображён олимпиадного задания по молекулярной физике в разработанном дистанционном курсе на платформе MOODLE.

Рассмотрены условия эффективной реализации методики для решения олимпиадной задачи по молекулярной физике. Выявлена специфика представленной олимпиадной задачи по физике. Сложные олимпиадные задачи служат для построения максимально разветвлённой структуры внутрипредметных связей физики.

### **Список использованных источников**

1. Басалова Т. Ф., Прокофьева Н. А., Петракова Г. А. Совершенствование формирования профессиональных навыков учителя в рамках курса по выбору "Олимпиадные задачи по физике" // В сборнике: Университет XXI века: научное измерение. Материалы научной конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, магистрантов и соискателей ТГПУ им. Л. Н. Толстого: в 2 томах. Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого. 2010. С. 118-120.
2. Генденштейн Л. Э., Кошкина А. В., Левиев Г. И., Орлов В. А. Система обучающих задач по физике // Физика. Первое сентября. 2012. № 9. С. 43-45.
3. Генденштейн Л. Э., Кошкина А. В., Орлов В. А. Система обучающих задач по физике // Физика. Первое сентября. 2011. № 15. С. 37-41.
4. Генденштейн Л. Э., Кошкина А. В., Орлов В. А. Система обучающих задач по физике // Физика. Первое сентября. 2011. № 17. С. 37-40.
5. Генденштейн Л. Э., Кошкина А. В., Орлов В. А. Система обучающих задач по физике // Физика. Первое сентября. 2012. № 1. С. 38-42.
6. Генденштейн Л. Э., Кошкина А. В., Орлов В. А. Система обучающих задач по физике, 10-11 кл. // Физика. Первое сентября. 2012. № 3. С. 45-

48.

7. Генденштейн Л. Э., Кошкина А. В., Орлов В. А., Левиев Г. И. Система обучающих задач по физике, 10-11 кл. // Физика. Первое сентября. 2012. № 4. С. 41-44.
8. Генденштейн Л. Э., Кошкина А. В., Орлов В. А. Система обучающих задач по физике // Физика. Первое сентября. 2011. № 16. С. 37-40.
9. Генденштейн Л. Э., Левиев Г. И., Орлов В. А. Система обучающих задач по физике // Физика. Первое сентября. 2012. № 6. С. 37-40.
10. Кузнецов А. П., Кузнецов С. П., Мельников Л. А., Шевцов В. Н. Олимпиадные задачи по физике. Москва, Ижевск, 2002. - 71 с.
11. Алтунин К. К., Коннова Т. С. Исследование информационных образовательных сред и электронных учебников на примере темы «Фотоэффект» // В сборнике: Актуальные вопросы преподавания технических дисциплин Материалы Всероссийской заочной научно-практической конференции, 27 апреля 2016 года. – Ульяновск : Типография «Вектор-С», 2016. — С. 11–16.
12. Алтунин К. К. Разработка и внедрение электронного курса по нанооптике // В книге: Актуальные проблемы физической и функциональной электроники материалы 19-й Всероссийской молодежной научной школы-семинара. 2016. С. 128–129.
13. Алтунин К. К., Хамзина Л. Ш. Разработка и внедрение электронного курса на примере темы “Наноплазмонные материалы” // В сборнике: Актуальные вопросы преподавания технических дисциплин Материалы Всероссийской заочной научно-практической конференции, 27 апреля 2016 года. — Ульяновск : Типография «Вектор-С», 2016. — С. 78–81.
14. Алтунин К. К., Юртаева Н. Д. Разработка и внедрение электронного курса по нанооптике на примере темы “Наноматериалы с квазиулевым диэлектрической проницаемостью” // В сборнике: Актуальные вопросы преподавания технических дисциплин Материалы Всероссийской заочной

*Электронный научный журнал «НАУКА ОНЛАЙН». 2018. №1 (2)*

научно-практической конференции, 27 апреля 2016 года. — Ульяновск :  
Типография «Вектор-С», 2016. — С. 88–91.