

# ФИЗИКА №12

ISSN 2077-0049

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ГАЗЕТА ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ, АСТРОНОМИИ И ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

16–30 июня 2011

основана в 1992 г.

fiz.1september.ru



## Астраханский спецвыпуск ▶ с. 3–36

21 июня день летнего солнцестояния  
В 21 ч 18 мин по московскому времени  
на Земле наступает астрономическое лето

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ  
«ПЕРВОЕ СЕНТЯБРЯ»

**Главный редактор:**

Артем Соловейчик  
(Генеральный директор)

**Коммерческая деятельность:**

Константин Шмарковский  
(Финансовый директор)

**Развитие, IT и координация проектов:**

Сергей Островский  
(Исполнительный директор)

**Реклама и продвижение:**

Марк Сартан

**Мультимедиа, конференции  
и техническое обеспечение:**

Павел Кузнецов

**Производство:**

Станислав Савельев

**Административно-хозяйственное**

**обеспечение:** Андрей Ушков

**Дизайн:**

Иван Лукьянов, Андрей Балдин

**Педагогический университет:**

Валерия Арсланян  
(Ректор)

ГАЗЕТЫ ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА:

**Первое сентября** – Е.Бирюкова,

**Английский язык** – А.Громушкина,

**Библиотека в школе** – О.Громова,

**Биология** – Н.Иванова,

**География** – О.Коротова,

**Дашковское**

**образование** – М.Аромштам,

**Здоровье детей** – Н.Сёмина,

**Информатика** – С.Островский,

**Искусство** – М.Сартан,

**История** – А.Савельев,

**Классное руководство**

**и воспитание школьников** – О.Леонтьева,

**Литература** – С.Волков,

**Математика** – Л.Рослова,

**Начальная школа** – М.Соловейчик,

**Немецкий язык** – М.Бузоева,

**Русский язык** – Л.Гончар,

**Спорт в школе** – О.Леонтьева,

**Управление школой** – Я.Сартан,

**Физика** – Н.Козлова,

**Французский язык** – Г.Чесновицкая,

**Химия** – О.Блохина,

**Школьный психолог** – И.Вачков

УЧРЕДИТЕЛЬ: ООО «ЧИСТЫЕ ПРУДЫ»

Зарегистрировано ПИ № 77-7241 от 12.04.01

в Министерстве РФ по делам печати

Подписано в печать: по графику 16.03.11,

фактически 16.03.11 Заказ №

Отпечатано в ОАО «Чеховский

полиграфический комбинат»

ул. Полиграфистов, д. 1,

Московская область,

г. Чехов, 142300

АДРЕС РЕДАКЦИИ И ИЗДАТЕЛЯ:

ул. Киевская, д. 24, Москва, 121165

**Тел./факс:** (499) 249-3138

**Отдел рекламы:** (499) 249-9870

**Сайт:** 1september.ru

ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ПОДПИСКА:

**Телефон:** (499) 249-4758

**E-mail:** podpiska@1september.ru

Документооборот  
Издательского дома «Первое сентября»  
защищен антивирусной программой Dr.Web  
Antivirus



# Содержание

## СПЕЦВЫПУСК: представляем работы учителей Астраханской области

3–5 Г.П. Стефанова  
Физическое образование в  
Астраханской области

6–7 С.В. Анофрикова  
Как найти выход из кризиса  
образования

8–10 С.А. Тишкова  
«Физический бой» как  
форма ученической научно-  
исследовательской деятельности.  
10–11 классы

11–16 И.А. Крутова, М.А. Фисенко,  
О.Ю. Дергунова  
«Открываем» второй закон Ньютона

17–20 Г.П. Стефанова,  
А.С. Исмухамбетова  
Энергетический метод описания  
тепловых явлений. 10 класс

21–24 А.С. Кладиева,  
А.У. Джалмухамбетов,  
Н.Г. Гвозденко  
Научно-инновационная программа  
«Школьники»: система «Школа–вуз»

24–25 О.М. Алыкова  
Применение мультимедийных  
технологий

26–32 И.А. Крутова, А.Г. Валишева  
«Основы термодинамики»:   
планирование познавательной  
деятельности. 10 класс

33–36 И.Н. Корнильев  
«Необыкновенная» обыкновенная вода

37–39

40–41

42

43–44

46

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

В.А. Грибов  
ЕГЭ: решаем задачи части С

## И ШКОЛЬНИКУ, И УЧИТЕЛЮ, И...

Е.В. Алексеева  
Пять вопросов о ... природе. 7–11  
классы

## ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

Содержание диска-вложения  
к № 12/2011

Рефераты электронных публикаций  
на диске к № 12/2011

## ЮБИЛЕИ НАШИХ АВТОРОВ

Поздравляем  
Бориса Викторовича Булюбаша  
и Антона Григорьевича Новака

Фото на обложке:

[http://img-fotki.yandex.ru/get/36/fresh-06.1/0\\_1843f\\_8b210dee\\_orig](http://img-fotki.yandex.ru/get/36/fresh-06.1/0_1843f_8b210dee_orig); [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Astrakhan\\_Russia-v2-p168.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Astrakhan_Russia-v2-p168.jpg); <http://s16.radikal.ru/i191/1001/b2/d608d371705f.jpg>

[http://artofwar.ru/img/n/negorjuj\\_i\\_w/text\\_0400/01.jpg](http://artofwar.ru/img/n/negorjuj_i_w/text_0400/01.jpg)

<http://blogs.klerk.ru/community/548/post59797/>

[http://aolganavolge.narod.ru/photoalbum\\_astr.html](http://aolganavolge.narod.ru/photoalbum_astr.html)

<http://img87.imageshack.us/img87/6606/4hf1.jpg>

<http://static.panoramio.com/photos/original/11998520.jpg>

[http://www.benefis-tour.ru/images/photos/138/IMG\\_P1742.jpg](http://www.benefis-tour.ru/images/photos/138/IMG_P1742.jpg)

К материалам, обозначенным этим символом, есть приложение на компакт-диске, вложенном в № 12/2011.

Только в физике соль!..

## ФИЗИКА



Научно-методическая газета  
для учителей физики,  
астрономии и естествознания

Основана в 1992 г.

Выходит два раза в месяц

Газета распространяется по подписке

Цена свободная Тираж 4000 экз.

**Тел. редакции:** (499) 249-2883

**E-mail:** fiz@1september.ru

**Internet:** fiz.1september.ru

О возможности публикации автору  
сообщается, если к статье приложена  
открытка с обратным адресом. Подробное  
см. Правила в № 2/2011, с. 47 и на сайте  
газеты <http://fiz.1september.ru> в разделе  
Правила для авторов публикаций

ПОДПИСНЫЕ ИНДЕКСЫ:

**Роспечать:**  
инд. - 32032; орг. - 32596  
электронная - 26119

**Почта России:**  
инд. - 79147; орг. - 79603  
электронная - 12757

РЕДАКЦИЯ:

**Главный редактор:**  
Нана Дмитриевна  
Козлова  
8-919-104-5657

**Консультанты:**  
И.Д. Воронова,  
В.А. Козлов,  
Н.Ю. Милюкова

**Дизайн макета,  
обложка:**

И.Е. Лукьянов

**Корректурa и набор:**

И.С. Чугреева

**Вёрстка:**

Д.В. Кардановская

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

**Н.Д. Козлова** – председатель, **Л.Э. Генденштейн** (к.ф.-м.н., ИСМО РАО), **М.Д. Даммер** (проф., д.п.н., ЧГПУ, г. Челябинск), **М.Ю. Демидова** (к.п.н., МИОО, г. Москва), **В.Г. Довгань** (проф., к.в.н., член РАКЦ и АМТН, чл.-корр. МИА, г. Москва), **А.Н. Крутский** (проф., д.п.н., АГПА, г. Барнаул), **Б.И. Лучков** (проф., д.ф.-м.н., НИЯУ МИФИ, г. Москва), **В.В. Майер** (проф., д.п.н., ГППИ, г. Глазов), **Н.С. Пурышева** (проф., д.п.н., МПГУ, г. Москва), **Ю.А. Сауров** (проф., д.п.н., чл.-корр. РАО, ВятГПУ, г. Киров), **А.А. Шаповалов** (проф., д.п.н., АГПА, г. Барнаул), **О.А. Яворук** (проф., д.п.н., ЮГУ, г. Ханты-Мансийск, ХМАО).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Н.Д. Козлова** (председатель, к. т. н.), **А.В. Берков** (к.ф.-м.н., доц. МИФИ), **К.Ю. Богданов** (к.ф.-м.н., д.биол.н., лицей № 1586 ЗАО), **М.А. Бражников** (гимн. № 625), **В.А. Грибов** (к.ф.-м.н., доц. МГУ им. М.В. Ломоносова), **С.Я. Ковалева** (зам. гл. редактора, к.п.н., доц. ПАО МО), **В.М. Чаругин** (проф. МПГУ, д.ф.-м.н., действительный член РАКЦ).

# Физическое образование в Астраханской области

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** конкурс «Учитель года города Астрахани», школьный научно-инновационный конкурс «Школьник», единая образовательная среда «Школа–вуз», видеоконференцсвязь



[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bf/Coat\\_of\\_Arms\\_of\\_Astrakhan.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bf/Coat_of_Arms_of_Astrakhan.png)

**Г.П. СТЕФАНОВА**  
firstpro@aspu.ru,  
Астраханский Госуниверситет,  
г. Астрахань

Физика, являясь учебным предметом, вносит существенный вклад в систему современного образования школьников. Она знакомит учащихся с наиболее общими законами природы, формирует научное мировоззрение, способствует развитию их интеллектуальных способностей и познавательных интересов. Знание физических законов необходимо для изучения химии, биологии, физической географии, технологии, ОБЖ. Гуманитарное значение физики в том, что она вооружает школьников научным методом познания, позволяющим получать объективные знания об окружающем мире.

Оценивая значение этого учебного предмета и роль учителя физики в формировании современной естественно-научной картины мира Министерство образования и науки Астраханской области, Комитет по образованию и науке Администрации г. Астрахани в течение многих лет осуществляют различные мероприятия по всесторонней поддержке талантливых учителей и школьников. В 1989 г. «Учительская газета» впервые предложила обсудить идею ежегодного конкурса «Учитель года». И уже в 1991 г. мы провели первый конкурс «Учитель года города Астрахани», который с тех пор проводится ежегодно. За это время в нём приняло участие более 250 учителей различных предметов. В феврале этого года победителем конкурса стала учитель физики МОУ СОШ № 56 *Зубкова И.Н.*

Мэр г. Астрахани С.А. Боженков уделяет огромное внимание этому конкурсу, а также поддерживает грантами лучших учителей города и школьников, победителей различных олимпиад. Обладателями гранта мэра за последние пять лет стали 13 учителей физики.

Конкурсное движение продолжается под патронажем губернатора области А.А. Жилкина – победители и призёры областных мероприятий принимают участие во всероссийских конкурсах, смотрах, олимпиадах. Губернатор учредил грант в размере 50 тысяч рублей за педагогическое мастерство. За последние три года этого гранта были удостоены двое учителей физики.

В 2010 г. были введены новые требования к качеству образования. Инициатива президента РФ по разработке проекта «Наша новая школа» поддержана в Астраханском регионе. Педагоги участвуют во всероссийских конкурсах Фонда

Дмитрия Зимина «Династия». Победителем этого конкурса в 2008 г. стала учитель физики МОУ СОШ № 32 *С.А. Тишкова*, в 2009 г. – учитель физики МОУ СОШ № 11 *Г.В. Постнова*. Учащиеся принимают активное участие в летних физматшколах, организуемых МГУ им М.В. Ломоносова, МИФИ, МФТИ.

Всё это создаёт благоприятные условия для признания наших учителей физики на российском уровне – семеро стали победителями Всероссийского конкурса в рамках ПНПО «Лучшие учителя России».

На первой Педагогической ассамблее, которая прошла в Санкт-Петербурге, президент РФ Д. Медведев сформулировал основные направления развития современной школы. При этом работа над её совершенствованием коснётся не только непосредственно учебного процесса. Особое внимание будет уделено возрождению внеклассной работы. Переход на новые образовательные стандарты предусматривает внеаудиторную занятость учащихся. Одной из приоритетных задач «новой школы» является развитие системы поиска, поддержки и сопровождения талантливых детей через создание творческой среды в каждой общеобразовательной школе. Учащимся необходимо предоставлять возможность обучения в заочных, очно-заочных и дистанционных школах, позволяющих независимо от места проживания осваивать программы профильной подготовки, участвовать в олимпиадах и конкурсах, заниматься научно-исследовательской деятельностью, решать практически значимые прикладные проблемы.

Новая парадигма школьного образования предусматривает создание нового образовательного пространства, которое обеспечит реализацию поставленных задач. С целью стимулирования школьников для участия в научно-исследовательской деятельности Астраханским государственным университетом (АГУ) в 2007 г. был учреждён и реализован школьный научно-инновационный конкурс «ШКОЛЬНИК». Задачами конкурса являются: привлечение в сферу фундаментальной, прикладной науки и инноваций талантливой молодёжи путём привлечения школьников, студентов, аспирантов и преподавателей непосредственно к решению и реализации научно-практических и социально-экономических задач области; поддержка молодёжных инициатив и перспективных инновационных проектов, направленных на экономическое развитие области; содействие коммерциализации наиболее перспективных научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок, а также бизнес-идей.

В конкурсе принимают участие команды, состоящие из старшеклассников, студентов, учителя среднего учебного

заведения и преподавателя университета (один из проектов представлен на с. 21 Кладиевой А.С., Гвозденко Н.Г., Джалмухамбетовым А.У.). В 2000 г. «ШКОЛЬНИК» стал лауреатом Международного конгресса-выставки *Global Education* (Образование без границ). В АГУ разработан проект создания единой образовательной среды «Школа–вуз», предполагающий подключение образовательных учреждений по высокоскоростным каналам связи к вычислительной сети университета. Проект, получивший поддержку губернатора и министра образования и науки области, рассчитан на применение мультимедийных и телекоммуникационных средств передачи видео- и аудиоинформации в реальном масштабе времени. В настоящее время к сети подключены Астраханский институт повышения квалификации и переподготовки, три лица, две гимназии, школа одарённых детей, филиал АГУ в г. Знаменске и другие образовательные учреждения города и области, оснащённые комплектом оборудования видеоконференцсвязи PolycomV SX7000e и PolycomV500. Главная особенность нашей образовательной сети в том, что она является распределённой локальной сетью, и для доступа к её ресурсам не нужен выход в Интернет. Это значительно упрощает доступ и сокращает затраты.

Проект предполагает достижение следующих основных целей: ● создание информационно-методической среды системы «Школа–вуз» – хранилища цифровых образовательных ресурсов и учебно-методических материалов нового поколения, которые будут доступны широкому кругу учителей и учащихся ● обеспечение оперативного доступа школьников, учителей, руководителей методических объединений, преподавателей учреждений дополнительного образования к информационным ресурсам, связанным с содержанием, инновационными формами, методами, технологиями обучения ● разработка новых методов внеклассной творческой работы с учащимися ● создание условий для поэтапного перехода к новому уровню образования на основе информационных технологий ● повышение квалификации и методической поддержки педагогов ● комплексное и систематическое применение информационных и коммуникационных технологий в муниципальных системах образования ● создание и развитие в Астраханской области единой виртуальной образовательной информационной среды, обеспечивающей интеграцию образовательных учреждений в единое образовательное пространство России.

Рассмотрим применение нового образовательного ресурса – видеоконференцсвязи – для организации и проведения внеклассной работы с учащимися. Прежде всего, для осуществления передачи видеоинформации необходимо иметь банк учебно-методических материалов. К ним относятся: ● демонстрационные эксперименты по дисциплинам естественнонаучного цикла (физике, химии, биологии и другим предметам), которые нельзя продемонстрировать учащимся в школе из-за отсутствия необходимого оборудования ● занимательные опыты, позволяющие знакомить учащихся с необычными проявлениями физических, химических, биологических явлений окружающего мира ● опыты и эффекты, позволяющие «заглянуть» в мир микрообъек-

тов (поведение броуновской частицы, структуры наносред и прочее) на основе передачи видеоинформации непосредственно с микроскопа ● комплекты модельных опытов по различным темам школьных курсов ● комплекты конструкторов, программируемых и дистанционно управляемых роботов ● комплекты прикладных, практически значимых задач, побуждающих учащихся самостоятельно разрабатывать методы их решения ● фундаментальные, исторические опыты (закон Кулона, опыт Штерна, интерференция света от бипризмы Френеля, «кольца Ньютона» и многие другие) ● сборники олимпиадных задач с методами их решения ● «трудные» задачи и задания единого государственного экзамена по различным школьным предметам ● технические устройства, приборы, позволяющие знакомить учащихся с достижениями современной науки и техники ● курсы популярных лекций по наиболее значимым и актуальным темам науки и техники ● системы специальных упражнений-тренажёров для усвоения основных понятий, изучаемых в школьном курсе физики.

Для реализации сеансов видеоконференцсвязи составляется расписание, которое размещается на сайте университета. Предварительно расписание согласовывается со всеми участниками проекта.

Методика проведения занятий с применением каждого дидактического средства разрабатывается отдельно. Общим элементом любой методики является организация преподавателем мотивационного этапа, в результате которого у учащихся появляется желание, потребность в изучении нового материала или овладении конкретными умениями. Проведение занятий может сопровождаться слайдами, «механизм» протекания явлений или объяснение их может раскрываться средствами мультипликации.

Очень важным аспектом применения видеоконференцсвязи является возможность обратной связи. Привлечение школьников к обсуждению той или иной проблемы, а также решению различных задач, безусловно, способствует улучшению качества получаемых знаний, развитию их творческих способностей.

Система «Школа–вуз» позволяет выявить талантливых школьников, а также внедрить уникальную технологию организации внеклассной работы с учащимися из разных школ одновременно. В образовательной деятельности появляются принципиально новые возможности коммуникации, включающие обратные связи как основную компоненту управления. Наличие обратных связей значительно повышает эффективность использования коммуникационного средства взаимодействия и возможности педагогов реагировать на события, происходящие в среде обучения.

С созданием нового поколения электронных образовательных ресурсов тесно связана другая, ещё более сложная проблема – подготовленность преподавателей к созданию нового поколения дидактических средств, внедрению новых технологий образовательной деятельности в перспективную среду обучения, проблема технической, методической и, самое главное, методологической подготовленности преподавателей вуза, учителей школ к необходимым изменени-



ям в профессиональной деятельности. Это требует поиска особых организационно-управленческих решений, создания определённых условий в вузе и школе для подготовки преподавателей к повышенным трудозатратам, освоению новых форм деятельности, овладению новыми методиками деятельности в перспективной образовательной среде.

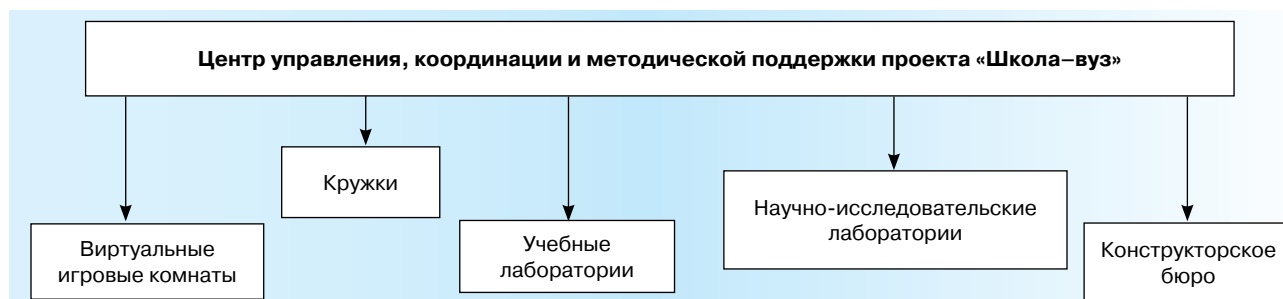
В рамках нашего проекта проводились подготовительные методические семинары с учителями школ и преподавателями университета по применению видеоконференцсвязи в изучении химии, биологии, физики. Применение современных телекоммуникационных технологий в системе «Школа–вуз» позволяет школьникам приобрести те знания, которые недоступны им в существующих условиях. Так, трансляция видеоизображения с электронного микроскопа даёт возможность школьникам и учителям «увидеть» биологические процессы в реальном времени. Химические опыты с применением дорогостоящего оборудования позволяют продемонстрировать современные приборы по анализу состава веществ, а также увидеть различные химические эксперименты, проводимые ведущими учёными университета.

Для организации в школах факультативных занятий и кружков по робототехнике разработана методика проведения консультаций с ведущими преподавателями университета в режиме реального времени с возможностью удалён-

ного программирования и управления робототехническим оборудованием, находящимся в лаборатории университета. При отсутствии подобного оборудования в школе ученики имеют возможность загрузить в память робота разработанную ими программу, запустить её на исполнение и проконтролировать визуально средствами видеоконференцсвязи. При этом преподаватель, находящийся в лаборатории, консультирует учащихся, помогает им решать возникающие задачи. Приводим коллаж из снимков, сделанных одновременно в школе и в университете.

Реализация проекта предусматривает проведение таких форм занятий со школьниками разного возраста, как «виртуальная игровая комната», кружки, учебные лаборатории, научно-исследовательские лаборатории, конструкторские бюро и другие. Всё это потребовало создания центра управления, координации и методической поддержки проекта «Школа–вуз». Формы занятий с применением видеоконференцсвязи схематично представлены ниже.

Реализация основных идей, целей и задач проекта позволяет создать благоприятные условия для формирования и развития сетевого педагогического сообщества, проектирования деятельности педагогов в сети, повышения мотивации школьников города и области к изучению предметов естественного цикла.



# Как найти выход из кризиса образования

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кризис образования, деятельностный подход

С.В. АНОФРИКОВА  
ASVmosk@yandex.ru,  
г. Москва

■ Ситуацию в современном образовании, как среднем, так и высшем, смело можно назвать критической: многие обучаемые не хотят, не могут и не умеют учиться. У них полностью отсутствует познавательный интерес и мотивация к приобретению новых знаний и умений. Особенно это заметно в школе. Бедные учителя разве что на уши не встают, пытаясь привлечь внимание и возбудить интерес детей к своим урокам. Но... «воз и ныне там!». Причины такого кризиса я вижу в следующем [1–5].

1. Методика обучения, которую применяют большинство учителей, сложилась в те далёкие времена, когда учитель был основным источником информации. Не родители, а именно учитель! Без его объяснения, показа, рассказа ученики не могли приобрести новых знаний. Сейчас источников информации много. Родители все прошли через среднюю школу и в состоянии оценить уровень информации, сообщаемой учащимся. К сожалению, учитель оказывается зачастую не лучшим источником. Отсюда падение престижа учителя.

2. Значительно увеличился объём научной информации по каждому предмету. Основы наук, положенные в основу содержания образования, изобилуют многочисленными научными терминами, определения которых ученики должны знать наизусть. Спрашивается: зачем? Оказывается, затем, чтобы ответить на вопросы тестов, ГИА, ЕГЭ и тому подобное и получить приличную отметку. Так думают взрослые. А детей эта перспектива не вдохновляет. Вопрос «зачем это нужно?» сидит в каждом ученике, даже если он его и не задаёт вслух. Взрослые дать вразумительный ответ не могут.

3. Любой учебный процесс имеет целью передать обучаемым определённую информацию. В нашей педагогике есть даже специальное положение: сначала знания, а потом – действия с этими знаниями. Получается, что перед учителем стоит двойственная задача: передать научную информацию и научить пользоваться ею. Однако большинство учителей в явном виде реализуют только первую часть этой задачи, ошибочно полагая, что вторая часть обязательно реализуется сама собой. Что такая точка зрения ошибочна, доказано многократными исследованиями психологической школы П.Я. Гальперина. Идея о том, что знания не могут быть усвоены вне деятельности, была высказана им ещё в 1957 г. Но... легче отвергнуть, чем понять.

Если вдуматься в эту идею, то становится очевидной необходимость переноса акцента в обучении со знаний на деятельность. Однако эта идея практически не внедряется в

практику. Вероятно, сообщать информацию и привычнее, и легче, чем вникать, какой именно деятельностью должны овладеть обучаемые и как сделать так, чтобы этой деятельностью они овладели. Этот подход новый. К такой работе не готовят в педагогических вузах. Поэтому предлагается обратить внимание на представленные ниже статьи преподавателей Астраханского университета и учителей, которые стали их единомышленниками. В этих статьях приведены практические рекомендации по реорганизации учебного процесса на деятельностную основу.

4. Конечно, читатели – учителя – могут возмутиться: разве мы не учим деятельности? А решение задач? А лабораторные работы? Упражнения?

Возмущаться не надо. Надо разобраться. Обратите внимание на два момента. Во-первых, в большинстве случаев мы поставленным заданием только побуждаем учеников к деятельности, полагая, что если они знают, то и выполнят успешно задание. Это не есть обучение деятельности.

Во-вторых, если мы не надеемся, что ученики смогут выполнить задание самостоятельно, мы даём им в готовом виде план, по которому они должны действовать. В каком виде представлен план их действий – роли не играет (можно проговорить – это сделает учитель или ученик, можно дать в письменном виде и так далее). Важно, что выданный в готовом виде план не может быть осознан учеником – это не его план, а чужой. Ему не ясно: годится ли этот план для решения любой задачи? Какие действия нужно выполнить при новом задании? Всё это скрыто от учеников за семью печатями, и всё потому, что деятельности, к которой побуждают наши задания, мы не учим. Да и сами не знаем, как деятельности учить.

Оказывается, что основным в любой деятельности является формулировка цели в соответствии со следующим требованием: в этой формулировке обязательно должен быть указан конечный продукт и его свойства (цель должна задавать образец конечного продукта деятельности).

Далее. Нужно знать, что любая деятельность осуществляется в три этапа. На первом – ориентировочном, человек составляет систему действий (программу) последовательное выполнение которых позволит получить конечный продукт, указанный в цели деятельности. На втором – исполнительном этапе – человек, действуя по составленной программе, создаёт конечный продукт. На третьем – контрольном этапе – он устанавливает, действительно ли свойства созданного конечного продукта соответствуют тем, которые указаны в цели.

Когда учитель даёт обучаемым в готовом виде план действий, он, по существу, откидывает ориентировочный этап, в то время как вся «соль» деятельности заключается именно в нём: самостоятельно составляя систему действий, че-

ловек осознаёт, почему нужно действовать именно так, а не иначе, несёт ответственность за эту программу. Поэтому, когда говорим о необходимости обучения школьников деятельности, то имеем в виду необходимость обучения: а) правильному формулированию цели деятельности; б) планированию своих действий по достижению поставленной цели; в) исполнению составленной программы. Именно эти деятельности (действия) можно назвать ключевыми компетенциями, так как они входят в содержание любой деятельности.

5. Если иметь в виду школу, то следует заметить, что на всех уроках у всех без исключения учителей царит атмосфера принуждения. Иначе и быть не может: учитель ведь сообщает информацию ученикам, которые, по его мнению, обязаны её воспринимать. Но дети сегодня – свободные люди. Они в штыки воспринимают всякое принуждение. Это происходит автоматически, на уровне подсознания. И учителя не могут и никогда не смогут с этим справиться, если не поймут, что принуждение как основу методики нужно исключить из своей практики работы!! А как же управлять учениками? НИКАК!

Нужно понять, что только малую часть научной информации надо давать ученикам в готовом виде, и то только в тот момент, когда у них возникнет потребность её услышать. А потребность эта появится тогда, когда учитель будет организовывать деятельность учащихся в логике познавательной деятельности учёных. Для этого каждый учитель должен эту логику знать и побуждать учащихся самостоятельно выполнять каждое действие этой логической схемы. В этой связи обратите внимание на методику уроков, описанную ниже. Может быть, не всё ещё получается, но то, что учителя стараются действовать вопреки сложившимся привычкам, это хорошо.

6. Есть важнейший момент в подготовке специалистов в среднем и высшем звене образования. Он состоит в следующем. Учебный процесс в колледжах и вузах по сути своей ничем не отличается от школьного: преподаватели – источники информации, студенты – приемники этой информации. Потом студенты получают задания, при выполнении которых, по мнению вышестоящих инстанций, и формируется специалист.

Безусловно, специалист формируется, но длительным, очень болезненным путём, «методом проб и ошибок», и этот путь не всем удаётся успешно пройти. Почему бы не обратить

внимание на идею, давно высказанную академиком РАО Талызиной Н.Ф., что будущих специалистов нужно обучать методам решения типовых профессиональных задач. Всё же очень просто: каждый вуз или колледж формулирует свои типовые профессиональные задачи, выделяет обобщённые методы их решения и организует учебный процесс так, чтобы эти обобщённые методы стали стилем мышления студентов. Владая обобщёнными методами, специалист легко сможет выстроить логику решения конкретной задачи, возникшей перед ним на рабочем месте. В связи с этим обратите внимание на статьи, в которых описана реализация такого подхода.

Итак, преодоление существующего кризиса в обучении видится в коренном изменении методического кредо всех учителей, преподавателей, работников образования: необходим перенос акцента в обучении со знаний на деятельность. Реализация такого перехода требует большого и напряжённого труда как учёных – педагогов, методистов, так и учителей и преподавателей. В Астраханском университете работа в этом направлении ведётся давно, но, к сожалению, только в области методики преподавания физики. Приглашаем всех желающих к сотрудничеству.

## Литература

1. Анофрикова С.В. Азбука учительской деятельности, иллюстрированная примерами деятельности учителя физики. В 3-х ч. Ч. 1. Разработка уроков. Ч. 2. Подготовка к преподаванию темы. Ч. 3. Подготовка учебного эксперимента. М.: МПГУ, 2001, 2003, 2007.
2. Анофрикова С.В. Знания могут быть усвоены всеми учащимися! Обучающие программы в рамках технологии «Деятельностный подход». // Физика-ПС. 2002. № 21.
3. Анофрикова С.В. Основные отличия методики обучения физике, основанной на деятельностном подходе, от традиционной // Физика-ПС. 2003. № 31.
4. Анофрикова С.В., Кузина А.Е. Электрические явления. Обучающая программа в рамках технологии «Деятельностный подход» // Физика-ПС. 2003. № 11, 15, 19.
5. Семакова Л.С., Анофрикова С.В. Электромагнитная природа света. Три урока изучения нового материала. 11 кл. // Физика-ПС. 2003. № 47.

**Светлана Вениаминовна Анофрикова** – окончила МГПИ им. В.И. Ленина в 1961 г., работала в московской МОУ СОШ № 101, преподавала в МПГУ (доцент кафедры методики преподавания физики), к. п. н., отличник народного просвещения. Всегда очень остро переживала многочисленные школьные проблемы, а в занятиях со студентами никак не могла понять, в чём суть методической подготовки будущих учителей: то ли свой опыт передавать, то ли рассказывать, что предлагают учёные-методисты. И то, и другое студентов не интересовало: завтра у них нет урока, и потому нет потребности в эту информацию вникать. Но когда они приходили в школу, оказывалось, что им нужно начинать с чистого листа. Раздумья «чему учить студентов» и длительные поиски привели на факультет педагогического образования МГУ им. М.В. Ломоносова, на кафедру педагогической психологии, к Нине Фёдоровне Талызиной, академику РАО. Услышав о теории планомерного формирования умственных действий и понятий П.Я. Гальперина, поняла, что здесь – золотое дно для методики преподавания. И педагогическая работа приобрела смысл: стала учить студентов обобщённым методам решения типовых профессиональных задач. Новая методика преподавания физики, основные положения которой приведены выше, разрабатывалась постепенно совместно со студентами в течение 25 лет и продолжает развиваться в настоящее время уже в совместной работе с учителями, работающими в разных уголках России. Издана «Азбука учительской деятельности, иллюстрированная примерами деятельности учителя физики» в 3-х частях. У Светланы Вениаминовны 7 внуков, так что и сейчас, на пенсии, есть с кем работать над физическими проектами. В прошлом году подготовили проект о персистенции глаза. В этом году выступают с проектом «Откуда звук пришёл».

# «Физический бой»

## как форма ученической научно-исследовательской деятельности

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** физический бой, ученическая научно-исследовательская деятельность, 10–11 классы

Сценарий физического боя,  
10–11-й классы

С.А. ТИШКОВА  
swantih@rambler.ru,  
АГУ, г. Астрахань

Как показывает практика, среди учащихся из года в год растёт интерес к исследовательской деятельности – появляется возможность реализовать свои интересы в какой-либо области и получить качественную подготовку к поступлению в вуз. Научное исследование подразумевает не только обозначение проблемы, но и её теоретическое обоснование. Поэтому от современных школьников требуются хорошие знания, широкий кругозор, фантазия и находчивость. Одной из форм ученической научно-исследовательской деятельности являются «физические бои», так как подразумевают самостоятельное решение исследовательской задачи или задачи-проблемы. Поставленная задача решается командой, что существенно облегчает поиск решения. Число команд варьируется от двух до четырёх: первая выступает в роли докладчика, вторая – оппонент, третья – рецензент, четвёртая – наблюдатель. После каждого раунда команды меняются ролями. В состав одной команды входят 5–6 учащихся старших классов. Можно такие бои проводить и среди школьников 8–9-го классов. Физбои проводятся в России уже 30 лет, правила общеизвестны [1].

В исследовательских задачах содержатся обязательные элементы научного исследования: постановка цели; выбор методов исследования; проведение наблюдений, опытов и экспериментов; анализ и обсуждение полученного результата. Для решения некоторых задач вполне достаточно домашней лаборатории, для решения других требуется создание специальных экспериментальных установок. Конечно, при этом используются приборы и установки, которых может не быть в школьных физических кабинетах, поэтому наиболее эффективно такая работа может проходить совместно с вузом.

В нашем физбое, проходившем в конце учебного года, участвовали две команды по 6 школьников из 10-х лицейских классов при нашем университете. За месяц до проведения боя команды получили четыре исследовательские задачи. Физбой начался с представления жюри и команд. Затем жеребьёвкой среди капитанов определили, кто с какой роли начнёт, –

они получили вопрос на сообразительность. Пример вопроса: «Рассказывают, что Ландау на приёмных экзаменах в аспирантуру предлагал поступающим продолжить следующую последовательность: р, д, т, ч, п.... Приведите вторую строку известного поэтического произведения, начальную строку которого, составляют первые пять членов этой последовательности». (*Ответ:* вышел зайчик погулять.)

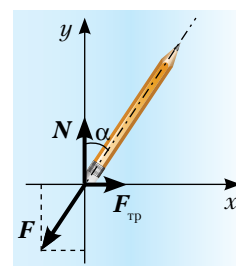
Первый ответивший правильно капитан получил возможность выбрать роль команды – докладчика или оппонента. Далее команды менялись ролями: капитан вызывающей команды сообщал номер задачи, решение которой она желала услышать. Если вызванная команда принимала вызов, она выставляла докладчика, а вызывающая – оппонента. Сначала выступал докладчик, потом оппонент задавал вопросы по решению, затем в игру вступало жюри, которое оценивало правильность решения задачи и выступление оппонента. Максимально за решение задачи давалось 12 баллов, но за каждую ошибку, неточность баллы снимались в пользу оппонента или жюри. Оппонент мог набрать до 6 баллов. После рассмотрения всех задач были подведены итоги и организована церемония награждения победителей.

В отличие от стандартных правил, перед физбоем мы даём две расчётные задачи. Учащиеся решают их в течение часа, после чего начинается сам бой.

### Примерные задания

1 [2]. Определите коэффициент трения скольжения карандаша по поверхности стола. Можно использовать только карандаш и линейку.

*Возможное решение.* Поставим карандаш на стол закруглённым концом и будем давить (слегка) на него с силой  $F$ , изменяя при этом угол наклона  $\alpha$ . Скольжение начнётся при условии  $F_{\text{тр}} = F \cdot \sin\alpha$ , где  $F_{\text{тр}}$  – сила трения скольжения. Учитывая, что  $N = F \cdot \cos\alpha$ ;  $F_{\text{тр}} = \mu N$ , совместным решением получим:  $\mu = \operatorname{tg}\alpha$ .



2. Чем различаются долины рек, текущих в меридиональном направлении? Что происходит, если река пересекает экватор?

*Ответ* [3, 4]. В любой системе отсчёта, движущейся с ускорением, вводят силы инерции. Такие системы называются *неинерциальными* (НИСО), а силы



в рассматриваемом случае, – силой Кориолиса. Сила Кориолиса обусловлена не непосредственным взаимодействием тел, а вращением Земли. Представьте, что кто-то, находясь на Северном полюсе, бросил мяч кому-то, кто находится на экваторе. Пока мяч летел, Земля немного повернулась вокруг своей оси, и ловящий успел сместиться к востоку. Если бросающий, целясь, не учёл этого движения Земли, мяч упадёт западнее ловящего. С точки зрения человека на экваторе получается, что мяч летел левее, чем надо, как только его выпустил из рук бросающий и до тех пор, пока не приземлился. Именно по этой причине у рек, текущих в общем направлении от южного полюса к северному, правый берег более крутой и подмытый, чем левый. Дело в том, что из-за трения скорость течения воды у поверхности всегда больше, чем у дна, соответственно больше и сила Кориолиса. Аналогично для рек, текущих в обратном направлении, подмывается левый берег. При пересечении экватора картина не меняется.

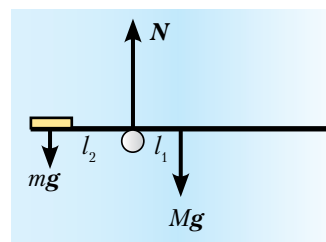
Интересно, что именно сила Кориолиса определяет направление вращения вихрей циклонов, которые мы наблюдаем на снимках, полученных с метеоспутников. Поэтому в Северном полушарии вихри циклонов закручены против часовой стрелки, а в Южном – по часовой стрелке.

3 [2]. Вам даны измерительная линейка и штангенциркуль. Как определить с использованием любого из этих приборов толщину листа бумаги учебника физики?

*Возможное решение.* Измерим толщину одного листа штангенциркулем –  $d_{\text{изм}}$ . Измерим толщину книги без обложки линейкой или штангенциркулем –  $a$ . Полученный результат разделим на число листов:  $d_{\text{выч}} = a/n$ . Оценим погрешность измерения.

4 [2]. У вас имеются измерительная линейка, карандаш и монета массой  $m$ . Как определить массу линейки?

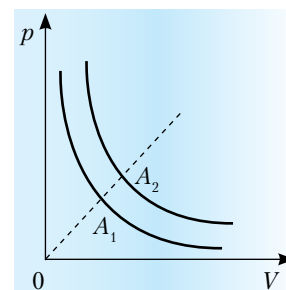
*Возможное решение.* Изготовим из линейки и карандаша неравноплечие весы, а монету используем в качестве гири. Положим линейку на карандаш и, перемещая её по карандашу, найдём положение равновесия. Заметим деление шкалы, против которого находится линия соприкосновения линейки с карандашом. Тем самым мы определяем положение центра масс линейки. Теперь на один край линейки положим монету. Перемещая линейку относительно карандаша, найдём новое положение равновесия. Заметим деление шкалы линейки, через которое проходит новая линия равновесия. Отсчитаем по шкале линейки расстояние от новой линии равновесия до центра масс линейки ( $l_1$ ) и расстояние от этой линии до центра масс монеты ( $l_2$ ). Запишем условие равновесия рычага:  $Mgl_1 = mgl_2$ , где  $M$  – масса линейки,  $m$  – масса монеты. Отсюда:  $M = ml_2/l_1$ .



5 [5]. На графике изображены две адиабаты для одного и того же количества идеального газа. Определите температуру  $T_3$  для точки, находящейся на середине отрезка прямой  $A_1A_2$ . Прямая проведена из начала координат и пересекает адиабаты в точках  $A_1$  и  $A_2$ . Температура в точке  $A_1$  равна 400 К, а в точке  $A_2$  составляет 6000 К.

*Возможное решение.* Для точек  $A_1$  и  $A_2$  из графика видно, что  $p \sim V$ . Так как  $T \sim pV$ , то  $T \sim V^2$ , то есть  $V = a\sqrt{T}$ .

Для точки  $A_3$ , находящейся на середине отрезка  $A_1A_2$  найдём объём:  $V_3 = \frac{V_1 + V_2}{2}$ .



Циклоны в южном полушарии (слева, март 2004, юг Бразилии – закручивается по часовой стрелке) и в северном (юго-восточное побережье Исландии – закручивается против часовой стрелки)

$$\text{Отсюда } \sqrt{T_3} = \frac{\sqrt{T_1} + \sqrt{T_2}}{2}, \text{ или } T_3 = \frac{(\sqrt{T_1} + \sqrt{T_2})^2}{4}.$$

Подставляем числовые значения:

$$T_3 = \frac{(\sqrt{400} + \sqrt{6000})^2}{4} = 2400 \text{ К.}$$

(Из решения неясно, зачем в условии указано, что точки  $A_1$  и  $A_2$  принадлежат адиабатам. – *Ред.*)

6 [5]. Терморегулятор электрокалорифера периодически включает нагрев на некоторое время и затем отключает его на то же время, поддерживая таким образом почти неизменную заданную температуру. При нормальном напряжении в сети продолжительность промежутков составляет 1 минуту, а при понижении более чем на 20% напряжении калорифер уже не может поддерживать заданную температуру. Чему будет равна продолжительность включения при понижении напряжения на 10%?

*Возможное решение.* Введём обозначения: ● нормальное напряжение сети  $U_1 = 220 \text{ В}$  ● пониженные напряжения сети  $U_2 = U_1 - 0,2U_1 = 0,8U_1$  и  $U_3 = 0,9U_1$  ● продолжительность промежутков:  $\tau_1 = 60 \text{ с}$  ●  $\tau_3$  – продолжительность включения при напряжении  $U_3$ . Так как при напряжении  $U_2$  калорифер не поддерживает заданную температуру, то мощность теплоотдачи равна подводимой мощности:

$$P_{\text{отд}} = \frac{(0,8U_1)^2}{R} = 0,64 \frac{U_1^2}{R}.$$

Выделяемое во время паузы калорифером «избыточное» количество теплоты составляет при нормальном режиме работы

$$Q = \left( \frac{U_1^2}{R} - 0,64 \frac{U_1^2}{R} \right) \tau_1,$$

а при пониженном на 10% напряжении:

$$Q = \left( 0,81 \frac{U_1^2}{R} - 0,64 \frac{U_1^2}{R} \right) \tau_2.$$

Приравняв обе формулы (в предположении, что мощность потерь не зависит от напряжения во вре-

мя фазы нагрева), найдём искомое время:

$$0,36 \tau_1 = 0,17 \tau_2 \Rightarrow \tau_2 = 2,1 \text{ мин.}$$

«Физические бои» в России проходят уже более 30 лет и привлекают много зрителей и болельщиков, позволяя школьникам проявить себя в интересной дискуссии, узнать разные подходы к решению одной и той же проблемы. Выступление не превращается в скучное чтение доклада.

## Литература

1. Российский ТЮФ (Турнир юных физиков). URL: <http://www.aesc.msu.ru/ru/young-physicists-tournament.html>; URL: [http://s1367.ru/news/vse-rossijskij\\_turnir\\_junyh\\_fizikov/2011-01-20-118](http://s1367.ru/news/vse-rossijskij_turnir_junyh_fizikov/2011-01-20-118)
2. Кабардин О.Ф., Орлов В.А. Экспериментальные задания по физике. 9–11 классы: учеб. пособие для учащихся общеобразоват. учреждений. М.: Вербум, 2001. 208 с.
3. Асламазов Л.Г., Варламов А.А. Удивительная физика / 2-е изд., доп. М.: Добросвет: МЦНМО, 2005. 260 с.
4. Эффект Кориолиса <http://elementy.ru/trefil/21119>
5. Олимпиады «Интеллектуальный марафон». Физика / Сост. В.В. Альминдеров, А.И. Черноуцан. М.: Бюро Квантум, 2006. 144 с.

От редакции: см. также наши публикации

1. Альминдеров В.В., Черноуцан А.И. Интеллектуальный марафон-2004. URL: <http://fiz.1september.ru/articlef.php?ID=200501214>
2. Альминдеров В.В., Белопухов Л.К., Черноуцан А.И. Интеллектуальный марафон-2005. URL: <http://fiz.1september.ru/2006/19/13.htm>
3. Альминдеров В., Кравцов А., Крыштоп В. Интеллектуальный марафон-2007. URL: [http://fiz.1september.ru/view\\_article.php?ID=200800415](http://fiz.1september.ru/view_article.php?ID=200800415)
4. Коханов К.А., Гырдымов М.В., Кантор П.Я., Василевская Л.И. Задачи областных и городских олимпиад Кировской области, 2004–2007 гг. [http:// URL: fiz.1september.ru/articlef.php?ID=200800715](http://URL: fiz.1september.ru/articlef.php?ID=200800715)



**Светлана Анатольевна Тишкова** – окончила АГУ в 1992 г., преподаватель физики в третьем поколении, к. п. н., почётный работник общего образования РФ, педагогический стаж 19 лет (из них 15 – в физматшколе, с 2007 г. – в лицейских классах при АГУ). В 1995–2004 гг. была руководителем команды школьников, успешно участвовавших во Всероссийских олимпиадах по физике. В 2007 г. участвовала в работе летней физической школы С.В. Кармазина. В 2008 г. стала лауреатом Всероссийского конкурса учителей физики и математики Фонда Дмитрия Зимина «Династия» в номинации «Наставник будущих учёных». Более 100 выпускников выбрали изучение физики в качестве профильного предмета для будущей профессии более 100 человек. Воспитала дочь, которая продолжила династию физиков.

# «Открываем» второй закон Ньютона

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** второй закон Ньютона, познавательная задача, установление вида зависимости между физическими величинами, обработка экспериментальных данных

**И.А. КРУТОВА**  
irinkrutova@yandex.ru,  
**М.А. ФИСЕНКО**  
mafisenko@yandex.ru,  
**О.Ю. ДЕРГУНОВА**  
dergunova\_olesya@mail.ru,  
АГУ, г. Астрахань

■ Проект Федерального государственного образовательного стандарта общего образования предусматривает, что на базовом уровне учащиеся должны «овладеть основными методами научного познания, используемыми в физике: наблюдение, измерение, эксперимент; умение обрабатывать результаты измерений, обнаруживать зависимость между физическими величинами, объяснять полученные результаты и делать выводы». К изучающим физику на профильном уровне, предъявляются более высокие требования: «овладеть умениями выдвигать гипотезы на основе знания основополагающих физических закономерностей и законов, проверять их экспериментальными средствами, формулируя цель исследования; описывать и объяснять демонстрационные и самостоятельно проведённые эксперименты, анализировать результаты полученной измерительной информации, определять достоверность полученного результата» [1, с. 31–32].

В связи с этим приоритетной целью школьного физического образования становится развитие у школьников способностей к самостоятельному приобретению новых знаний, соответствующих жизненным потребностям и будущим профессиональным интересам. Каким образом можно сформировать у каждого ученика указанные умения? Наиболее эффективной представляется методика, позволяющая получить научные знания в ходе самостоятельной деятельности и научиться применять их для проведения конкретных исследований. В основе данной методики лежит деятельностный подход к обучению физике, разработанный С.В. Анофриковой [2]. Подход основан на системе определённых видов деятельности, выполняя которые, ученик овладевает физическими знаниями – понятиями о физических явлениях, объектах, величинах, научных фактах, физических законах, теориях. Методика успешно применяется учителями разных регионов России.

Опишем обобщённый метод, позволяющий учащимся открыть «новый» физический закон.

При наблюдении взаимодействия различных объектов в разных условиях возникает познавательная задача: «От каких физических величин, описывающих свойства взаимодействующих объектов и условия их взаимодействия, зависит физическая величина, описывающая характеристики явления». Метод решения этой познавательной задачи представляет собой следующую систему действий: ● **выдвинуть гипотезы** о существовании зависимости между физическими величинами ● **сформулировать каждую гипотезу** в виде познавательной задачи: зависит ли физическая величина ... (указывается величина, описывающая интенсивность явления или свойства) от ... (указывается одна из величин, описывающих свойства взаимодействующих объектов, воздействие или условия взаимодействия)? ● **разработать идею** экспериментального решения познавательной задачи: а) установить, какое физическое явление необходимо воспроизвести; б) установить, какую физическую величину нужно изменять, а какие величины должны быть постоянными; в) выявить способы, позволяющие изменять одну величину и поддерживать постоянными другие величины; г) выбрать способы, позволяющие измерять физические величины ● **провести экспериментальное исследование** ● **сформулировать ответ** на познавательную задачу для единичной ситуации.

Этот метод применяется многократно для проверки каждой гипотезы. В результате обобщения экспериментальных данных устанавливается научный факт существования зависимости между физическими величинами.

Суждение, выражающее этот научный факт, является исходной ситуацией, в которой возникает познавательная задача «Каков вид этой зависимости?» Решение её, как правило, осуществляется путём обработки экспериментальных данных через построение графиков зависимости одной величины от другой, что приводит к установлению эмпирического закона.

Чтобы учащиеся овладели этим методом, необходимо провести их через три этапа обучения: подготовительный, методологический и самостоятельного планирования своей деятельности для решения новых характерных познавательных задач с опорой

на обобщённый метод. Цель первого этапа состоит в том, чтобы учащиеся осознали выполняемые ими действия, входящие в состав метода. Это возможно, если метод будет применён не менее трёх–четырёх раз. Цель второго этапа состоит в том, чтобы учащиеся осмыслили содержание метода и вывели его в обобщённом виде. Цель третьего этапа состоит в том, чтобы усвоенный метод стал для учащихся «руководством» при изучении новых законов.

Приведём пример сценария урока на тему «Второй закон Ньютона», который проводится на этапе самостоятельного планирования учащимися своей деятельности по «открытию» физического закона.

Учащиеся должны усвоить, что: ● тело приобретает ускорение в результате действия на него других тел, с которыми оно взаимодействует ● значение ускорения тела зависит от величины равнодействующей силы ● разные тела при воздействии на них одинаковой силы приобретают разные ускорения ● ускорение тела прямо пропорционально равнодействующей всех сил, действующих на него:  $a = kF$ , где  $k$  – коэффициент пропорциональности, характеризующий инертность тела ● масса – это физическая величина, характеризующая инертность тел.

Учащиеся должны научиться: ● применять обобщённый метод открытия физического закона для установления зависимости ускорения тела от равнодействующей всех приложенных к телу сил ● устанавливать вид зависимости ускорения тела от равнодействующей действующих на него сил.

**Оборудование:** экспериментальная установка для измерения центростремительной силы (РНУВЕ); жёлоб, шарики, метровая лента, секундомер, флажки.

### Этап актуализации знаний

*Учитель.* Какую физическую величину называют ускорением?

*Ученик.* Ускорение – это векторная физическая величина, характеризующая быстроту изменения скорости и численно равная отношению изменения скорости к промежутку времени, за которое это изменение произошло:  $a = \frac{\Delta v}{t}$ .

$a = \frac{\Delta v}{t}$ .

*Учитель.* Какова единица ускорения?

*Ученик.*  $1 \text{ м/с}^2$  равен ускорению прямолинейно и равноускоренно движущейся материальной точки, при котором за время  $1 \text{ с}$  её скорость изменяется на  $1 \text{ м/с}$ .

*Учитель.* Как определяется ускорение тела при равномерном движении по окружности?

*Ученик.* Модуль ускорения тела, движущегося равномерно по окружности, определяется следующей формулой:  $a = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$ .

$a = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$ .

*Учитель.* Что является причиной возникновения ускорения?

*Ученик.* Тело приобретает ускорение в результате действия на него других тел. Величина этого взаимодействия характеризуется равнодействующей всех сил.

*Учитель.* Как воспроизвести явление равноускоренного движения?

*Ученик.* Проще всего воспроизвести явление равноускоренного прямолинейного движения, например, при свободном падении тела, при движении по наклонной плоскости, при торможении. В последнем случае ускорение будет сообщать сила трения. Установим, от чего оно зависит.



*Учитель.* С помощью оборудования, находящегося на ваших столах, воспроизведите явление равноускоренного движения и найдите, от чего зависит ускорение, с которым движется тело. На проведение эксперимента – 5 минут. (*Ученики воспроизводят явление.*)

*Учитель.* Закончили работу. Какие результаты вы получили?

*Ученик.* Мы выяснили, что ускорение зависит для данного тела от состояния поверхности, по которой движется тело, и от угла наклона жёлоба (при движении по наклонной плоскости).

*Учитель.* Итак, мы обнаружили, что величины ускорений разные. Мы снова оказались в ситуации,

когда взаимодействие различных объектов в разных условиях приводит к тому, что характеристики явления различны. Вспомним, какая познавательная задача возникает в данной ситуации? Каков метод её решения?

*Ученик.* В данной ситуации возникает познавательная задача: «От каких физических величин, описывающих свойства взаимодействующих объектов, воздействие и условия их взаимодействия, зависит физическая величина, описывающая характеристики явления?» Для её решения выдвигаются гипотезы о существовании зависимости между физическими величинами. Истинность каждой гипотезы проверяется в процессе проведения экспериментального исследования.

*Учитель.* Достаточно ли установление научного факта о зависимости конкретной физической величины от других величин для открытия физического закона?

*Ученик.* Нет. Так как физический закон это устойчивая связь между физическими величинами, выраженная математически, значит далее необходимо установить вид зависимости между ними.

*Учитель.* Как устанавливается вид зависимости между физическими величинами?

*Ученик.* Экспериментальные данные, полученные в процессе проведения серий экспериментов с разными объектами необходимо обработать, построив графики.

### Мотивационный этап

*Учитель.* На демонстрационном столе собраны две экспериментальные установки. В первую входят две одинаковые по массе тележки, во вторую – две разные по массе тележки. К одной тележке в каждой установке прикреплена пружина. Сжимаем обе пружины с помощью нитей и приводим тележки в контакт. Пережигаем нити. Что вы наблюдаете?

*Ученик.* Тележки пришли в движение, причём в первом случае обе тележки до остановки прошли одинаковый путь, а во втором лёгкая тележка прошла большее расстояние.

*Учитель.* Какова причина изменения скорости этих тел при разгоне?

*Ученик.* Взаимодействие с разжимающейся пружиной.

### Этап создания нового знания

*Учитель.* Действительно, ускорение какого-либо тела всегда является результатом взаимодействия его с другими телами. Причём величина ускорения тела может быть разной. Какие

познавательные задачи возникают в этой ситуации?

*Ученик.* Познавательная задача 1: «От чего зависит ускорение тела?» Если при проведении серии экспериментов будет установлено, что ускорение зависит от нескольких физических величин, то необходимо будет решить познавательную задачу 2: «Какова зависимость между этими величинами?»

*Учитель.* Сначала решим первую познавательную задачу. Выскажите гипотезы.

*Ученики.* Возможно, ускорение тела зависит: 1) от силы, вызывающей равноускоренное движение тела; 2) от массы тела.

*Учитель.* Вы выдвинули две гипотезы, которые нужно проверить. Вначале установим, зависит ли ускорение тела от силы. Разработайте идею экспериментального решения этой задачи. Что для этого необходимо сделать?

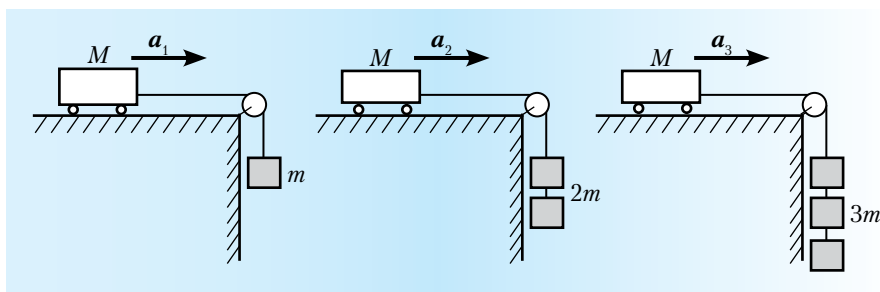
*Ученик.* Необходимо установить: ● какое явление нужно воспроизвести ● какую величину нужно изменять и каким способом ● какие величины нужно измерять и каким способом ● какие величины должны быть постоянными и как этого добиться. Далее необходимо изобразить принципиальную схему экспериментальной установки.

*Учитель.* Для реализации плана разобьёмся на две группы. На выполнение задания 5 минут. (*Учащиеся работают, затем один ученик из каждой группы представляет идею экспериментального решения познавательной задачи.*) Итак, обсудим результаты.

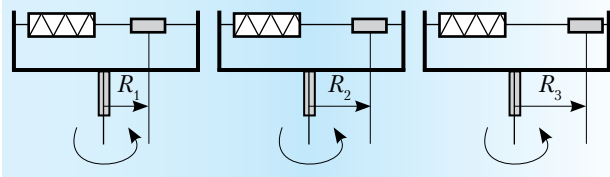
*Ученик первой группы.* Мы предлагаем воспроизвести явление прямолинейного равноускоренного движения. К исследуемому телу постоянной массы  $M$  с помощью нити, перекинутой через блок, привязываем груз массой  $m$ . Под действием груза тележка приходит в движение. Изменять величину действующей на тело силы будем, изменяя массу, подвешенного груза ( $m, 2m, 3m$ ). Ускорение найдём, измерив время прохождения телом  $M$  заданного пути  $s$  и

рассчитать его по формуле  $a = \frac{2s}{t^2}$ .

Принципиальная схема нашей экспериментальной установки изображена на рисунке.



*Ученик второй группы.* Мы предлагаем воспроизвести вращательное движение исследуемого тела с постоянной угловой скоростью. Последовательно помещаем исследуемое тело на стержень на разное расстояние ( $R_1, R_2, R_3$ ) от оси вращения и равномерно вращаем стержень. С помощью динамометра, прикреплённого к исследуемому телу, измеряем силу. Значение ускорения рассчитываем по формуле  $a = \omega^2 R$ , зная радиус окружности и угловую ско-



рость. Принципиальная схема нашей экспериментальной установки изображена на рисунке.

*Учитель.* Итак, вы предложили две разные идеи экспериментальной проверки гипотезы о зависимости ускорения от силы, действующей на тело. Обсудим преимущества и недостатки каждого варианта. Есть ли замечания по поводу экспериментального исследования с помощью первой установки?

*Ученик.* Я считаю, что сила, которая действует на тело, не равна при движении силе тяжести, действующей на подвешенный груз. Кроме того, для нахождения ускорения необходимо измерить время, затрачиваемое телом на прохождение заданного пути, что требует прибора для измерения времени.

*Учитель.* Действительно, установить факт зависимости ускорения тела от действующей на него силы с помощью первой экспериментальной установки сложно. Идею эксперимента, предложенную второй группой, примем за основу. Она воплощена в экспериментальной установке, находящейся на демонстрационном столе. *(Убирает ширму.)*

Мы видим рельс, который приводится во вращательное движение с постоянной угловой скоростью электродвигателем. По рельсу может дви-



гаться исследуемое тело – тележка. Она связана с динамометром нитью, перекинутой через блок.

Итак, уточним идею экспериментальной проверки зависимости ускорения от силы. Какое явление будем воспроизводить?

*Ученик.* Движение тела по окружности.

*Учитель.* Какую величину нужно изменять?

*Ученик.* Расстояние от оси вращения до центра тележки.

*Учитель.* Какие величины нужно измерять?

*Ученик.* Расстояние от оси вращения до центра тележки и силу.

*Учитель.* Какие величины должны быть постоянными?

*Ученик.* Угловая скорость и масса тележки.

*Учитель.* Какими способами можно воспроизвести явление?

*Ученик.* Вращать тележку с постоянной угловой скоростью.

*Учитель.* Каким способом можно изменять расстояние от оси вращения до центра тележки?

*Ученик.* Увеличивая длину нити, которая связывает тележку с динамометром.

*Учитель.* Какими способами можно измерять расстояние от оси вращения до центра тележки и силу?

*Ученик.* Радиус окружности, по которой движется тележка, будем измерять с помощью шкалы, закреплённой на рельсе. Силу измеряем динамометром.

*Учитель.* Как поддерживать угловую скорость и массу тележки постоянными?

*Ученик.* Постоянство угловой скорости обеспечивает электродвигатель, вращающийся с постоянной частотой, а постоянство массы достигается тем, что опыт проводится с одной и той же тележкой.

*Учитель.* Составьте программу проведения эксперимента. На эту работу даю 2 минуты.

*Ученик.* ● Приводим во вращение рельс с закреплённой на нём на определённом расстоянии от оси вращения тележкой ● По шкале на рельсе определяем радиус вращения ● Фиксируем показания динамометра ● Изменяем расстояние от оси вращения до центра тележки ● Повторяем действия несколько раз.

*Учитель.* Как будем записывать экспериментальные данные?

*Ученик.* В таблице, в первой графе указываем массу тележки 50 г, во второй записываем радиус окружности, по которой будет двигаться тележка, в третьей – показания динамометра.

*Учитель.* Начертите предложенную таблицу в тетрадях *(одновременно с учащимися чертит таблицу на доске)*. Проведём эксперимент в соответствии с составленной программой. *(Проводит эксперимент, данные заносятся в таблицу.)* Достаточно ли полученных данных для ответа на познавательную задачу?

*Ученик.* Я считаю, что необходимо провести опыты с тележками большей массы. Увеличим массу тележки на 50 г, затем на 100 г и проведём эксперименты при тех же значениях радиуса вращения. Результаты будем фиксировать в той же таблице.

*Учитель.* Итак, продолжим эксперимент. Сначала увеличим массу тележки в 2 раза, затем в 3 раза. Запишем показания динамометра при тех же значениях радиуса вращения тележек. (Проводится серия экспериментов. Данные заносятся в таблицу.)

$m$ , г	$R$ , см	$F$ , Н
50	10	0,16
	20	0,30
	25	0,38
100	10	0,36
	20	0,70
	25	0,90
150	10	0,62
	20	1,20
	25	1,32

*Учитель.* Какой вывод можно сделать из проведённого нами эксперимента?

*Ученик.* С увеличением радиуса вращения увеличивается и сила, действующая на тело. Так как ускорение прямо пропорционально радиусу вращения, то можно сделать вывод, что ускорение тела зависит от силы, действующей на него. И эта зависимость наблюдается для тел разной массы.

*Учитель.* Сформулируйте ответ на познавательную задачу.

*Ученик.* Ускорение тела зависит от силы, действующей на него.

*Учитель.* Возникает следующая познавательная задача: «Каков вид этой зависимости?» Как будем решать эту задачу?

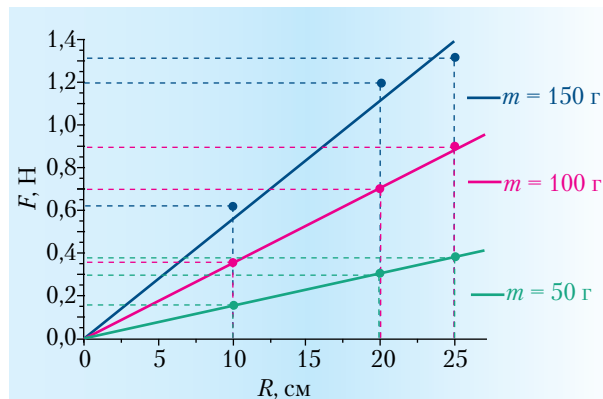
*Ученики.* Найдём значение ускорения для каждого случая, приведённого в таблице, и построим график зависимости ускорения от силы... Найти значения ускорения в данной ситуации мы не можем, так как неизвестна угловая скорость вращения тележки. Поэтому можно построить график и определить вид зависимости между радиусом окружности и силой, по которому можно судить о виде зависимости ускорения от силы.

*Учитель.* Какие величины будем откладывать по осям координат?

*Ученик.* По оси абсцисс откладывается значение переменной  $R$ , по оси ординат – значение переменной  $F$ .

*Учитель.* Выберите масштабы по каждой из осей в зависимости от полученных экспериментальных значений. Нанесите экспериментальные точки на координатную плоскость и проведите линию без изломов и перегибов так, чтобы она располагалась как можно ближе ко всем точкам, и по обе её стороны оказалось равное количество точек. На одной коор-

динатной плоскости постройте три графика зависимости силы от радиуса окружности для тел массами  $m_1, m_2, m_3$ . (Ученики строят графики в тетрадах.)



*Учитель.* Что представляют собой построенные графики? На график какой функции они похожи?

*Ученик.* Для каждого тела график представляет собой прямую линию. Он похож на график функции  $y = kx$ .

*Учитель.* Как называется зависимость такого вида в математике?

*Ученик.* Прямо пропорциональная зависимость.

*Учитель.* Каков вид зависимости между силой и радиусом окружности, по которой движется тело?

*Ученик.* Сила прямо пропорциональна радиусу окружности.

*Учитель.* Каков вид зависимости между ускорением тела и силой, действующей на него? Как записать эту зависимость в виде формулы?

*Ученик.* Ускорение тела прямо пропорционально действующей на него силе:  $a = kF$ .

*Учитель.* Можно ли считать, что мы «открыли» закон?

*Ученик.* Можно, так как данный вид зависимости подтверждён результатами трёх серий экспериментов.

*Учитель.* Сформулируйте закон, «открытый» вами экспериментально.

*Ученик.* Ускорение, приобретаемое телом, прямо пропорционально силе, вызывающей его.

*Учитель.* Итак, для тел разной массы нами установлена зависимость ускорения тела от действующей на него силы, где коэффициент пропорциональности  $k$  выражает какое-то общее свойство тел, на которые производится воздействие. Попробуем выявить это свойство. Что для этого необходимо сделать?

*Ученик.* Выразим коэффициент пропорциональности из полученного закона:  $k = \frac{a}{F}$ . Будем считать,

что  $F = 1$  единице силы. В этом случае коэффициент пропорциональности будет численно равен ускорению, приобретаемому телом при действии на него силы, равной единице.

*Учитель.* Таким образом, вы обнаружили новое свойство тел: при воздействии на них одинаковой силы они приобретают разные ускорения. Это свойство названо *инертностью*. Про тело, которое приобретает большее ускорение, говорят, что оно *менее инертно*, а если тело приобретает меньшее ускорение, то оно *более инертно*. Какой физической величиной описать инертность тела?

*Ученик.* Из эксперимента следует, что тела, обладающие большей массой, приобретают меньшее ускорение, а тела, обладающие меньшей массой – большее ускорение. Поэтому можно считать, что величиной, характеризующей инертные свойства тел, является масса тела. Тогда между коэффициентом пропорциональности  $k$  в законе  $a = kF$  и массой

тела  $m$  должна существовать связь:  $k = \frac{1}{m}$ .

*Учитель.* Сформулируйте открытый вами закон и запишите его в виде формулы.

*Ученик.* Ускорение тела прямо пропорционально силе, действующей на тело, и обратно пропорцио-

нально массе тела  $a = \frac{\Sigma F}{m}$ .

*Учитель.* Сформулированный вами закон был установлен И. Ньютоном в 1686 г. Этот закон называется *вторым законом Ньютона*.

Далее следует этап многократного применения полученного знания в конкретных ситуациях. Из приведённого сценария видно, что учащиеся самостоятельно «открывают» закон, а учитель направ-

ляет и контролирует их деятельность. В результате обобщённый метод становится стилем мышления человека, и он свободно применяет их в учебной и научно-исследовательской деятельности. Данный метод можно применять для исследования зависимостей между величинами, описывающими состояния и процессы в обществе и в окружающей среде. Экспериментальные данные, полученные в результате любого исследования (физического, биологического, социологического, экономического) нуждаются в обработке. Современные компьютерные технологии существенно облегчают обработку и визуализацию экспериментальных данных. Наиболее подходящими для обработки экспериментальных данных физических исследований, на наш взгляд, являются программные пакеты **Excel**, **Origin** и **MathCat**. По возможности учащихся нужно приобщать к обработке экспериментальных данных с применением этих пакетов. В частности, приведённые выше графики получены с помощью пакета **Origin**.

Данный подход к обучению школьников позволят им не только успешно усваивать знания, но и участвовать в проектной и научно-исследовательской деятельности.

#### Литература

1. Проект федерального государственного образовательного стандарта общего образования, разработанный Институтом стратегических исследований в образовании Российской академии образования. URL: <http://standart.edu.ru>
2. Анофрикова С.В. Азбука учительской деятельности, иллюстрированная примерами деятельности учителя физики. Ч. 1. Разработка уроков. М.: МПГУ, 2001. 236 с.



Сотрудники кафедры теоретической физики и методики преподавания физики Астраханского государственного университета (слева направо): Крутова И.А., Фисенко М.А., Дергунова О.Ю. – последователи научной школы С.В. Анофриковой и Г.П. Стефановой. Научные интересы относятся к проблемам организации познавательной деятельности учащихся на уроках физики и профессиональной подготовки будущих учителей физики. На протяжении ряда лет педагоги внедряют свои методические разработки при обучении физике учащихся лицейских классов при Астраханском государственном университете и являются экспертами по проверке результатов ЕГЭ по физике в Астраханской области.

**Ирина Александровна Крутова** – профессор, д. п. н. Окончила физмат АГПИ по специальности «Учитель физики и информатики». Стаж научно-педагогической работы 18 лет. Замужем, воспитывает дочь 8 лет. Увлекается игрой на фортепиано, танцами, живописью.

**Марина Александровна Фисенко** – доцент, к. п. н. Окончила магистратуру АГУ по направлению «Физико-математическое образование». Стаж научно-педагогической работы 8 лет. Замужем, воспитывает дочь 10 лет. Увлекается бардовской песней, игрой на фортепиано, восточными танцами, чтением.

**Олеся Юрьевна Дергунова** – ассистент, аспирант. Окончила магистратуру АГУ по направлению «Физико-математическое образование». Стаж научно-педагогической работы 7 лет. Замужем, воспитывает дочь 5 лет. Увлекается хореографией, волейболом, кулинарией.



# Энергетический метод описания тепловых явлений

Исторический аспект, 10-й класс

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** закон сохранения энергии, энергетический метод, теория теплорода, живая сила, тема «Основы МКТ. Термодинамика», 10 класс

Г.П. СТЕФАНОВА  
firstpro@aspu.ru, АГУ,  
А.С. ИСМУХАМБЕТОВА  
albina\_ism@mail.ru, МОУ  
гимназия № 3,  
г. Астрахань

Школьный курс физики пронизан идеей сохранения энергии. Представление о законе сохранения и превращения энергии учащиеся получают уже в курсе физики 7-го класса. Применение этого закона только к механическим процессам имеет ограниченный смысл и не раскрывает его глубокого содержания – ведь этот закон служит для объяснения явлений различной физической природы – механических, тепловых, электромагнитных, квантовых.

Рассмотрим историю становления энергетического метода при исследовании процессов взаимного превращения теплоты и работы. Начнём с эволюции таких понятий как работа и энергия.

Понятие «работа» возникло в технике как характеристика работоспособности водоподъёмных машин. Уже в XVIII в. под работой понимают величину, равную количеству воды, которая поднимается на определённую высоту за определённый промежуток времени. В 1783 г. французский инженер, учёный и государственный деятель Лазар Карно (1753–1823) издал сочинение «Опыт о машинах вообще», в котором ввёл понятие работы как «момента деятельности», равного  $P \cos \alpha U dt$ , где  $P \cos \alpha$  – проекция силы на направление движения тела,  $U dt$  – величина перемещения этого тела\*.

Далее в последующей работе «Основные принципы равновесия и движения» (1803 г.) Л. Карно, называет эту величину просто произведением силы  $P$  на перемещение  $s$  и косинус угла между ними. Затем термин «работа» употребляют Жан Виктор Понселе (1788–1867) и Гюстав Гаспар Кориолис (1792–1843).

Ещё в XVII в. Христиан Гюйгенс (1629–1695) теоретически доказал, что при упругом ударе сохра-

няется сумма произведений масс на квадраты скоростей:

$$m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 = m_1 V_1^2 + m_2 V_2^2,$$

где  $m_1$  и  $m_2$  – массы соударяющихся тел, а  $v_1, v_2$  и  $V_1, V_2$  – их скорости соответственно до и после удара. В этом тождестве справа и слева от знака равенства стоят суммы произведений двух одинаковых величин, описывающих состояния тел до и после взаимодействия. Из математики известно, что в этом случае произведение одинаковых величин можно обозначить одной буквой. Однако этого не было сделано, видимо, было неясно, какое физическое свойство движущегося тела может описывать произведение  $mv^2$  [1].

Лишь в 1686 г. Готфрид Вильгельм Лейбниц (1646–1716) обратил внимание на произведение массы на квадрат скорости. Проведённые им теоретические рассуждения при исследовании падающих с некоторой высоты тел, а также тел, движущихся по различным траекториям, позволили сформулировать вывод о том, что в явлениях природы сохраняется величина  $mv^2$ , которую он назвал «живой силой» [2]. Этот термин использовался вплоть до начала XX в. и позволял решать новые практически значимые задачи (Д. Бернулли, 1738).

Лазар Карно установил связь работы с «живой силой» – изменение «живой силы» тела равно совершенной работе. Сформулированное им положение получило название «теорема живых сил». Применение этого положения к изучению работы паровых двигателей делает актуальным исследование процессов превращения теплоты в работу. Французский инженер Сади Карно (1793–1832), сын Лазара Карно, объяснил и описал принцип действия идеальной тепловой машины на основе теории теплорода в своей работе «Размышления о движущей силе огня» (1824). Под теплородом понимали невидимую, рассеянную по всей материи и способную проникать во все тела субстанцию («тепловое вещество»).

Явления нагревания и охлаждения тел с точки зрения существования теплорода объясняли тем, что теплород при контакте двух различно нагретых тел перетекает от более нагретого тела к менее нагретому, причём в результате теплооб-

\* Следует обратить внимание на схематичное и упрощённое изложение и трактовку классических опытов Б. Румфорда, Г. Дэви и Дж. Джоуля. Для более детального ознакомления рекомендуем обратиться к монографиям, например, Лакур П., Аппель Я. Историческая физика. Одесса, Матезис, 1908. (<http://www.mathesis.ru/book/lakur1>); Розенбергер Ф. История физики. (<http://osnovaniya.narod.ru/history.html>); Голин Г.М., Филонович С.Р. Классики физической науки. (<http://www.twirpx.com/file/413298/>). – Ред.

мена количество теплорода в обоих телах сохраняется [3].

Теория теплорода была поставлена под сомнение в конце XVIII в. в ходе экспериментов, в которых тела в результате совершения над ними механической работы нагревались, то есть их внутренняя энергия увеличивалась. Опишем логику познания учёных того времени, которая привела в итоге к энергетическому способу описания тепловых явлений. Представим её в виде системы познавательных задач, возникших в определённых ситуациях исследования и методов их решения (выделено красным шрифтом).

В 1798 г. Бенджамин Румфорд, инженер американского происхождения (1753–1814), наблюдая высверливание каналов стволов орудий в мастерских Мюнхенского военного цейхауза, заметил, что стволы нагреваются. (Румфорд обращал внимание на то, что ствол пушки нагревается сильнее при холостых выстрелах. – *Ред.*)

**Можно сказать, что возникла познавательная задача № 1 (ПЗ1): «Почему нагревается ствол пушки при сверлении?»**

Основываясь на положениях теории теплорода, Румфорд выдвинул **гипотезу**: «Если в каждом теле содержится определённое количество теплорода, зависящее от свойств вещества, то при контакте сверла и ствола пушки теплород перетекает от сверла к пушке» [3]. Это означало, что пушка должна нагреваться больше сверла за счёт добавочного количества теплорода, перетёкшего от сверла.

Для проверки этой гипотезы была предложена **идея эксперимента**: измерить калориметрическим методом температуру обоих тел после совершения

работы. Для этого из пушечного металла был изготовлен цилиндр диаметром примерно 20 и длиной 25 см, в котором высверлили канал диаметром примерно 9 и длиной 18 см. В канал ввели почти целиком заполнившее его тупое стальное сверло и привели его во вращение со скоростью 32 об/мин. Уже через 30 мин (после 960 оборотов) вставленный сбоку в цилиндр термометр показал повышение температуры с 60 до 130 °F. И сверло, и цилиндр нагрелись одинаково!

**Вывод: гипотеза Румфорда оказалась неверной – количество теплорода увеличивалось, но сверло его источником не являлось. Возникла познавательная задача № 2: «Откуда берётся избыточное количество теплорода?».**

Румфорд выдвинул следующую **гипотезу**: «Если количество тепла неограниченно растёт и в пушке, и в сверле, то теплород может появляться из воздуха, находящегося в канале цилиндра». Для проверки этой гипотезы он предложил **идею эксперимента**: исключить воздух вокруг взаимодействующих тел. Он поместил всю установку под воду и повторил опыт. При совершении работы вода через некоторый промежуток времени закипела. Это означало, что температура взаимодействующих тел увеличивается независимо от того, в какой окружающей среде находятся эти тела.

**Вывод: и эта гипотеза неверна, воздух не является источником неограниченного количества теплорода.**

Румфорд выдвинул следующую **гипотезу**: «Если при сверлении пушки образуются стружки, то теплород, соединённый с твёрдым веществом, высвобождается при разрушении этого твёрдого вещества и вызывает нагрев». Другими словами, источником тепла являются стружки, отделяющи-

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e8/Count\\_Rumford.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e8/Count_Rumford.jpg)



Бенджамин Томсон – граф Румфорд, военачальник, инженер и изобретатель американского происхождения (1753–1814). Участвовал в войне за независимость американских штатов на стороне английской колониальной армии. В 1776 г. переехал в Лондон. В 1784–1798 гг. занимал ряд государственных постов в Баварии, где в 1790 г. получил титул рейхсграфа Румфорда ([http://ru.wikipedia.org/wiki/Румфорд,\\_Бенджамин](http://ru.wikipedia.org/wiki/Румфорд,_Бенджамин)). Исследованиями теплоты занимался с 1798 г. ([http://alexandr4784.narod.ru/4\\_2.htm](http://alexandr4784.narod.ru/4_2.htm)). Во время своей военной службы в Баварии был вынужден заниматься и проблемой обеспечения армии продовольствием. Румфорд считал, что кормить солдат надо только жидкими горячими блюдами, потому что тогда тепло дольше держится в организме, а насыщение происходит быстрее. Он приказал повсюду создать полевые кухни, в которых неизменно готовился знаменитый картофельный суп, которым можно было накормить «дешево и сердито». В него входили незамысловатые продукты, широко потребляемые тогдашними баварцами (суповые кости, шпик, перловка, жёлтый горох, картофель, корни петрушки и сельдерея, морковь). Новинкой была картошка. Это было как раз время настойчивого «прижизнения» этого нового продукта на территории Европы. Крестьяне не хотели есть картошку, бросали её собакам. Те ворочали морду. Крестьяне говорили: «Вот даже собаки это не едят!» «Суп Румфорда», разумеется, не относится к деликатесам... но зимой, когда холодно, ничего нет приятнее, чем теплый горячий картофельный суп (<http://www.germaniaplus.de/?p=10175>)

еся от металла при сверлении и уносящие с собой теплород.

**Идея эксперимента:** сравнить теплоёмкость одинаковых масс металлических стружек и сплошного куска металла. Равные по массе количества стружек и сплошного куска металла, разогреты до одинаковой температуры ( $t_1 = 100\text{ }^\circ\text{C}$ ), были помещены в сосуды с холодной водой ( $t_2 = 20\text{ }^\circ\text{C}$ ), масса воды одна и та же. Дальнейшие рассуждения можно описать последовательностью соотношений с использованием общепринятых обозначений:

$$\begin{aligned} Q_{\text{стружки}} &= Q_{\text{куска}}; \\ c_{\text{стружки}} m_{\text{стружки}} \Delta t_{\text{стружки}} &= c_{\text{куска}} m_{\text{куска}} \Delta t_{\text{куска}}; \\ m_{\text{стружки}} &= m_{\text{куска}}; \\ \Delta t_{\text{стружки}} &= Q_{\text{стружки}} / c_{\text{стружки}}; \\ \Delta t_{\text{куска}} &= Q_{\text{куска}} / c_{\text{куска}}; \\ c_{\text{стружки}} < c_{\text{куска}} &\rightarrow \Delta t_{\text{стружки}} > \Delta t_{\text{куска}}. \end{aligned}$$

Измерив температуру воды в обоих сосудах, учёный убедился, что она оказалась одной и той же.

**Вывод:** гипотеза неверна, теплоёмкость стружек и сплошного куска металла оказалась одинаковой, то есть стружки, отделяющиеся от металла при сверлении, не являются источником тепла и не уносят с собой теплород.

Этим, по мнению Румфорда, было доказано, что из тела можно получить теплоту в неограниченном количестве «без перерыва или пауз и без всяких признаков ослабления или истощения». Далее следовало, что теплоту совершенно нельзя считать веществом: то, что всегда может быть в неограниченном количестве получено за счёт движения, должно быть, в свою очередь, движением, а потому все тепловые явления следует рассматривать, как явление движения.

Гемфри Дэви (1778–1829) работал в Англии в одно и то же время с Румфордом (решая, как мы бы сейчас сказали, **ПЗ № 2**). В 1799 г. он поставил опыты, где объектом исследования был лёд (считалось, что лёд не обладает теплородом), и выдвинул **гипотезу**: «Если два куска льда взаимодействуют друг с другом, то количество теплорода в обоих телах должно уменьшиться».

**Идея эксперимента:** измерить температуру двух кусков льда после совершения работы. Он взял два бруска льда, температура которых была  $29\text{ }^\circ\text{F}$  (чуть ниже  $0\text{ }^\circ\text{C}$ ), проволоками прикрепил их к двум железным брускам, привёл в соприкосновение и одну минуту тёр друг о друга. Практически весь лёд в результате превратился в воду, нагрешуюся до  $35\text{ }^\circ\text{F}$  (чуть выше  $0\text{ }^\circ\text{C}$ ). Учёный отметил, что вместо льда можно взять любое легкоплавкое вещество – результат будет тем же.

**Вывод:** гипотеза оказалась неверной – в результате трения температура тел не уменьшается, а наоборот увеличивается.

Дэви выдвигает другую **гипотезу**: «Если теплород – материальная субстанция, то источником теплорода является либо окружающий воздух, либо окружающие тела».

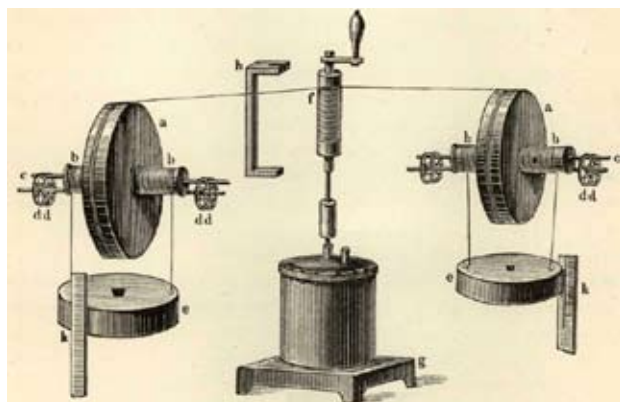
**Идея эксперимента:** исключить воздух и тела в пространстве вокруг взаимодействующих тел. Он помещал под воздушный колокол часы, одно колесо которых касалось металлической пластинки, и откачивал воздух. Изолировав прибор от всех тел, способных сообщать тепло, учёный приводил часы в действие. В результате трения колесо и пластинка нагревались.

**Вывод:** первая часть гипотезы неверна, воздух не является источником теплорода.

Затем он проверил **вторую часть гипотезы**. Эксперимент проводился с теми же часами, только колесо и пластинка разделялись слоем воска. Учёный взял небольшой кусок льда, сделал в его верхней части канал и заполнил водой. После этого он поставил на лёд часы так, чтобы они не касались воды, и всю установку поместил под воздушный колокол, наполненный углекислотой, положив туда немного поташа. Дэви считал, что «вследствие соединения углекислоты с поташем образуется совершенная пустота» [3]. Когда часы запустили, воск быстро растаял, но вода в ледяном канале не замёрзла.

**Вывод:** вторая часть гипотезы также неверна – окружающие тела не являются источником теплорода. Действительно, если бы теплород поступал ото льда, то вода бы в канале замёрзла, но этого не произошло. Теплород не мог поступить и от тел, соприкасающихся со льдом, иначе в результате его перетекания от этих тел через лёд, лёд бы растаял, но этого тоже не произошло. Таким образом Дэви пришёл к выводу, что теплота образуется в результате трения, то есть совершения механической работы.

Отсюда вытекала следующая **познавательная задача (ПЗ № 3)**: выяснить количественную связь между совершённой взаимодействующими телами работой и выделенным количеством теплоты. Ответ на вопрос: «Всегда ли отношение механической ра-



<http://www.mathesis.ru/book/lakur2>

боты к количеству теплоты остаётся постоянным?» – искал Джеймс Прескотт Джоуль (1818–1889).

**Гипотеза:** «Если при совершении механической работы над различными телами образуется теплота, то отношение механической работы к количеству теплоты остаётся постоянным».

**Идея эксперимента:** вычислить отношение совершённой механической работы к выделившемуся количеству теплоты. Установка Джоуля показана на рисунке.

Медный калориметр с налитой в него жидкостью устанавливался на деревянной подставке. В калориметре укреплялась ось с лопастями, причём при вращении лопасти испытывали сильное сопротивление со стороны жидкости. В крышке калориметра закреплялся термометр. Ось составлялась из двух металлических цилиндров, разделённых деревянным цилиндром, чтобы уменьшить потерю тепла. На внешнем конце оси имелся вращающийся деревянный цилиндр, на который наматывалась верёвка, концы которой крепились к двум неподвижным блокам. На оси блоков были намотаны верёвки со свинцовыми грузами. Для уменьшения трения эти оси опирались на колёсики.

В калориметр наливалось определённое количество воды, температура которой измерялась. При падении свинцовых грузов блоки вращались и через верёвочную тягу вращали ось с лопастями внутри калориметра. Опыт повторялся 20 раз подряд, причём каждый раз грузы поднимались и падали с одинаковой высоты. После этого измерялась температура воды (температура повышалась незначительно, примерно на 0,5 °F).

Для вычисления механического эквивалента нужно было определить количество теплоты, выделившегося в калориметре вследствие трения, и работу, затраченную на преодоление этого трения.

Количество теплоты  $Q = cm(t_2 - t_1)$ , механическая работа  $A = 2Pn(h - h_1) + A'$ , где  $P$  – вес одного груза,  $n$  – число падений обоих грузов с высоты  $h$ ,  $h_1$  – эквивалентная высота, учитывающая расход энергии на нагревание пола и грузов при ударе последних о пол при падении,  $A'$  – суммарная поправка на работу трения в осях блоков, а также на работу выпрямления и сгибания верёвок. Превращение кинетической энергии грузов, обладающих в момент удара о пол скоростью  $v$ , в теплоту

описывается соотношением  $2Pnh_1 = 2Pn \frac{v^2}{2g}$ , откуда  $h_1 = \frac{v^2}{2g}$ .

Среднее значение механического эквивалента получилось равным 424,30 кГ · м/ккал.

На той же установке, но со ртутью вместо воды (у ртути меньше удельная теплоёмкость), Джоуль получил механический эквивалент, равный 424,37 и 425,77 кГ · м/ккал. А при использовании вместо жидкости твёрдого тела (чугуна) механический эквивалент получился равным 423,4 кГ · м/ккал [4].

**Вывод:** гипотеза верна, при совершении работы над различными телами отношение механической работы к количеству теплоты не изменяется.

#### Литература

1. Бродянский В.М. Сади Карно – основатель термодинамики. М.: Физматлит, 2004.
2. Соколовский Ю.И. Понятие работы и закон сохранения энергии. М.: Изд-во АПН РСФСР, 1962.
3. Гельфер Я.М. Закон сохранения и превращения энергии. М.: Учпедгиз, 1958.
4. Кудрявцев П.С. История физики. М.: Учпедгиз, 1956.



**Галина Павловна Стефанова** – первый проректор Астраханского государственного университета, д. п. н., профессор кафедры теоретической физики и методики преподавания физики, член-корреспондент Международной академии наук педагогического образования, член Ассоциации учителей физики России, член УМО по направлениям и УМО по специальностям педагогического образования МОиН РФ. Создала научную школу, под её руководством защищено 10 кандидатских и одна докторская диссертации. Педагогический стаж 38 лет. В течение 10 лет являлась завучем по научно-методической работе физико-математической школы № 32 г. Астрахани. На протяжении 15 лет руководит научным семинаром аспирантов, преподавателей университета и учителей физики Астрахани. Замужем, двое детей, трое внуков. Увлечения: путешествия, театр, чтение, ландшафтный дизайн.



**Альбина Салаутовна Исмухамбетова** – учитель физики МОУ гимназия № 3, окончила факультет физики и электроники Астраханского государственного университета в 2004 г., педагогический стаж 6 лет. В настоящее время является аспиранткой кафедры теоретической физики и методики преподавания физики АГУ. Под руководством Стефановой Г.П. занимается проблемой формирования мировоззрения школьников при изучении энергетического метода. Педагогические достижения: ученики побеждают на олимпиадах, поступают в вузы. Замужем, воспитывает сына. В свободное время любит отдыхать с семьёй за городом, читать художественную литературу, посещать выставки, ходить в театр.

# Научно-инновационная программа «Школьник»: система «Школа–вуз»

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** исследовательская деятельность, ученические проекты, солнечная энергетика, освещённость, санитарные нормы

**А.С. КЛАДИЕВА**  
ann\_kladieva@mail.ru,  
**А.У. ДЖАЛМУХАМБЕТОВ**  
jalm\_au@mail.ru,  
АГУ, г. Астрахань  
**Н.Г. ГВОЗДЕНКО**  
jalm\_au@mail.ru,  
лицей № 1 им. А.П. Гужвина,  
г. Камызяк, Астраханская обл.

Астраханский государственный университет в течение пяти лет реализует научно-инновационную программу «Школьник», нацеленную на повышение эффективности исследовательской работы учащихся и углубление сотрудничества вуза со школами. В рамках этой программы в 2008–2009 гг. под руководством А.У. Джалмухамбетова и Н.Г. Гвозденко был выполнен проект «Рациональное использование солнечной энергии в повседневной жизни человека». Исполнители проекта: преподаватель АГУ Кладиева А.С., учащаяся МОУ СОШ № 40 г. Астрахани Антонова Екатерина, учащиеся лицея № 1 г. Камызяк Ракин Григорий, Давыдов Павел, Паздеева Анна, Куаталиева Айслу.

Проект включал в себя две научно-технические темы, направленные на создание: 1) действующего макета солнечной печи для дачи и отдыха на природе; 2) компьютерной модели карты световых полей для школьных помещений.

В ходе работы над проектом решались образовательные задачи: ● углублённое изучение научной, научно-популярной и учебной литературы по теме ● овладение навыками рационального целенаправленного поиска необходимой информации в сети Интернет ● вовлечение в научно-образовательную деятельность других школьников и студентов.

Расскажем о результатах работы.

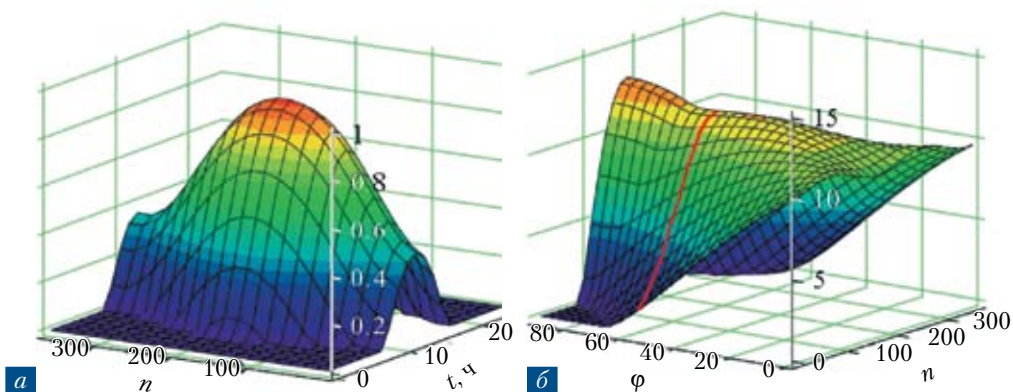
**1. Модельный расчёт эффективных параметров переносной солнечной печи, предназначенной для разогрева и приготовления пищи, которую можно использовать на дачных участках, во время отдыха на природе. Конструирование и изготовление действующего макета солнечной печи.**

**Расчёт энергетической освещённости.** Солнечная энергия, падающая на поверхность Земли, распределена неравномерно по широтам и существенно изменяется как в течение суток, так и в течение года. Для эффективного использования солнечной энергии необходимо знать эти зависимости. На рис. а представлена зависимость энергетической освещённости  $E(\varphi, n, t)$  земной поверхности, в условных единицах, на заданной широте  $\varphi \approx 46^\circ$  (г. Астрахань) от времени суток  $t$  и времени года, выражаемого порядковым номером  $n$  суток в году, а на рис. б – суточной энергии, падающей на единицу площади земной поверхности, от  $n$  и географической широты  $\varphi$ . Расчёт проводился численно с использованием математического пакета **Mathcad** (см. диск к № 12/2011).



Работаем над проектом (слева направо): Ракин Гриша, Куаталиева Айслу, Давыдов Паша, Паздеева Аня, А.У. Джалмухамбетов, Н.Г. Гвозденко, А.С. Кладиева, Антонова Катя





Зависимости:  
 а – энергетической освещённости земной поверхности на широте г. Астрахани от времени суток  $t$  и порядкового номера  $n$  суток в году,  
 б – и суточной энергии, падающей на единицу площади земной поверхности, от  $n$  и географической широты  $\varphi$ .  
 Красной линией обозначена широта полярного круга

Видно, что больше всего солнечной энергии на поверхность Земли в умеренных широтах падает в полуденные часы летом. На рис. б можно отметить удивительную особенность: количество суточной энергии, падающей в середине лета за полярным кругом (обозначен красной линией), заметно больше, чем в тропиках. Это связано с увеличением продолжительности светового дня. За полярным кругом стоит полярный день, и солнце светит круглые сутки, а в тропических широтах – около половины суток. Это объясняет хорошо известный из наблюдений факт: в течение короткого лета полярная и приполярная тундра расцветает, накапливая необходимую биомассу.

**Изготовление макета солнечной печи.** Основной частью спроектированной и изготовленной учащимися солнечной печи является зеркало – концентратор солнечной энергии, выполненное в виде параболического цилиндра. Форма зеркала, необходимые его размеры и положение фокальной оси рассчитывались в среде **Mathcad**. Общий вид макета представлен на фотографии. Зеркало было изготовлено из оцинкованной жести, изогнуто по рассчитанному параболическому трафарету, его внутренняя поверхность для увеличения отражения была оклеена фольгой.

К трудностям, которые преодолели учащиеся в процессе изготовления макета, следует отнести,



в первую очередь, обеспечение жёсткости формы параболического зеркала без его утяжеления. Для этого зеркало было укреплено по периметру металлической рамкой. Расчёт формы концентратора и положения фокальной оси заставили ребят изучить не известные им разделы геометрии.

Солнечная печь работает в одном положении 20–30 минут. При более длительном использовании её надо было поворачивать вслед за солнцем, чтобы солнечные лучи опять концентрировались на фокальной оси. Подогреваемые продукты (сосиски, картофель) нанизывались на вертел, расположенный в фокальной оси параболического зеркала. В солнечные дни температуру подогрева удавалось довести до 80–90 °С.

**2. Нахождение оптимального размещения источников света для обеспечения нормативной освещённости в учебных помещениях без существенного увеличения затрат электроэнергии. Создание карт световых полей школьных помещений.**

**Измерение освещённости в учебных помещениях.** Эффективность работы учащихся во многом зависит от соответствия освещённости учебных помещений санитарным нормам. Поэтому необходимы мониторинг освещённости классов и визуализация его результатов в виде карт распределения освещённости с использованием компьютерных средств.

В рамках проекта изучалось распределение освещённости в кабинетах лицея № 1 г. Камызяк при естественном и искусственном освещении. Фотометрические измерения проводились учащимися совместно с сотрудниками Камызякской санитарно-эпидемиологической станции по установленным методикам.

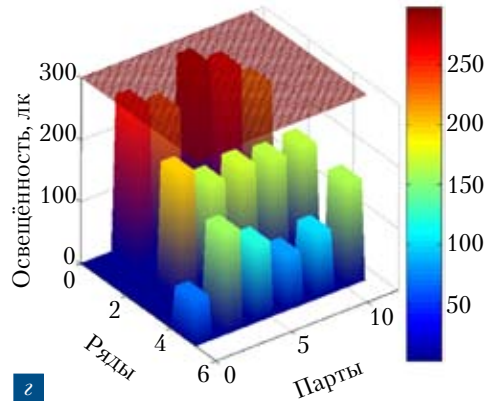
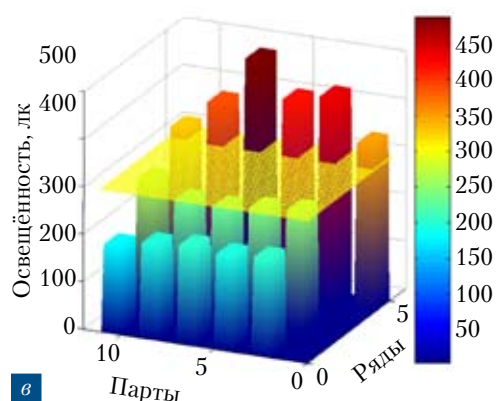
Чтобы получить полную картину состояния освещённости, для проведения измерений были выбраны учебные помещения, окна которых выходят на север, запад, юг и восток. Предпочтения отдавались кабинетам, в которых обучалось наибольшее количество ребят. В этих кабинетах были определены геометрические параметры: расположение

доски, стола учителя и парт, ламп, окон, шкафов, – и с помощью программного пакета AutoCad2004 были подготовлены планы помещений.

При анализе результатов проектанты придерживались рекомендованных санитарных норм: ● в учебных кабинетах, аудиториях, лабораториях: на ученических столах освещённость 300 лк; на классной доске 500 лк ● в кабинетах технического черчения и рисования 500 лк ● в кабинетах информатики на столах 300–500 лк ● в актовом и спортивных залах на полу 200 лк ● в рекреациях на полу 150 лк.

Для экспериментального и теоретического изучения световых полей в помещениях с интервалом в 1 м измерялась освещённость – на партах, на столе учителя и в зоне доски – при искусственном и естественном освещении с помощью люксметра ТК. Горизонтальные плоскости соответствуют нормальной освещённости, составляющей 300 лк. Из гистограмм видно, что освещённость части парт не отвечает нормам ни при естественном, ни при искусственном освещении. Подобные гистограммы были созданы и для других кабинетов. Результаты этой работы учтены администрацией лицея № 1 г. Камызяк при последующем улучшении санитарных условий в учебных помещениях: в нескольких классах были дополнительно установлены источники света. «Центр гигиены и эпидемиологии Астраханской области» принял **MatLab**-программу, разработанную в ходе выполнения проекта, для визуализации результатов оценки заведений на соответствие СанПин 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному и искусственному освещению жилых и общественных зданий».

О работе учащихся написали газеты [1, 2], её результаты опубликованы в вузовском сборнике [3, 4], доклад Ракина Г. и Давыдова П. о солнечной печи на итоговой научной конференции Астраханского госуниверситета (2009) был отмечен почётной грамотой. На областной выставке образовательных учреждений «Инвестиция в успех» работы «Свет, цвет, здоровье» и «Рациональное использование солнечной энергии в повседневной жизни человека» вызвали большой интерес у посетителей. Победители конкурса научных работ, выпускники лицея Ракин Г. и Паздеева А. были приняты в 2008 г. в АГУ, а Антонова Е. в 2009 г. поступила на направление бакалавриата «физика». Сейчас они,



Гистограмма освещённости парт в кабинете начальных классов: *в* – при естественном освещении; *г* – при искусственном освещении. По осям указано расстояние в метрах. Радужные столбцы указывают соответствие цветов величине освещённости в люксах



**Анна Сергеевна Кладиева** – старший преподаватель кафедры теоретической физики методики преподавания физики Астраханского государственного университета, к. ф.-м. н.

Увлечения: спортивное ориентирование, велоспорт (кросскантри), горные лыжи, путешествия, живопись, оригами.



**Надежда Георгиевна Гвозденко** – учитель физики высшей квалификационной категории, отличник народного просвещения, лауреат премии Сороса, лауреат Гранта губернатора Астраханской области, лауреат общероссийского конкурса школьных учителей физики и математики фонда Дмитрия Зимина «Династия» (2009).

Ученики успешно участвуют в олимпиадах, научно-исследовательских проектах, поступают в ведущие вузы России.



**Азатулла Утеминович Джалмутбайев** – заведующий кафедрой теоретической физики и методики преподавания физики Астраханского государственного университета, к. ф.-м. н., доцент.

Область научных интересов: масштабная инвариантность стационарных состояний квантовых и астрофизических систем. Увлечения: утиная охота.

будучи студентами, продолжают научно-исследовательскую работу по близкой тематике.

Подводя итоги, можем сказать, что совместная работа над проектом была плодотворной, принесла пользу всем его участникам. Она получила одобрение педагогического совета лицея и районного семинара завучей. Разработанные материалы используются в учебной и внеклассной деятельности лицея № 1 г. Камызяк. Отмечается повышение интереса учащихся к изучению физики и продолжению образования в вузе.

### Литература

1. Годунова Е. Ученые – в свет. Юные сельские изобретатели занялись солнечной энергией // Российская газета. 20.03.2008. № 59 (4616).
2. Годунова Е. Как мальчики заставили работать Солнце // Вести Астраханского государственного университета. Март 2008. № 2 (28).
3. Кладиева А.С., Джалмухамбетов А.У. Расчёты в среде **MatLab** широтно-временного распределения солнечной энергии на поверхности Земли // Проектирование инженерных и научных приложений в среде **MatLab**: материалы IV Всероссийской научной конференции (г. Астрахань, 4–8 мая 2009 г.) / Сост. И.С. Пономарева. Астрахань: Изд. дом «Астраханский университет». 2009. С. 146–154.
4. Кладиева А.С., Паздеева А.С., Гвозденко Н.Г. Компьютерная визуализация распределения освещённости в учебных помещениях // Вопросы управления в социально-экономических процессах и информационной среде: материалы III Всероссийской научной конференции (г. Астрахань, 23 апреля 2009 г.): Изд. дом «Астраханский университет». 2009. С. 150–152.

## Применение мультимедийных технологий

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** видеозадачи, физический эксперимент, мультимедийные технологии, движение

О.М. АЛЫКОВА

kof@aspu.ru,

АГУ, г. Астрахань

В Астраханском государственном университете организован постоянно действующий семинар учителей физики. На этом семинаре регулярно решаются видеозадачи из мультимедийного учебного пособия, разработанного преподавателями Казанского государственного университета д. ф.-м. н. А.И. Фишманом, к. ф.-м. н. А.И. Скворцовым, к. п. н. Р.В. Даминовым [1] (АГУ заключило с авторами бессрочное лицензионное соглашение). Учебное пособие содержит около 250 демонстраций и видеофрагментов натуральных экспериментальных задач и анимированных моделей. Каждый учитель может составить учебный план согласно учебнику физики, по которому он ведёт занятия. Для этого нужно в меню программы выбрать учебник и класс – и демонстрации, видео и экспериментальные задачи, а также анимированные модели будут отсортированы по параграфам выбранного учебника. Электронное учебное пособие удобно для учителей и учащихся различных общеобразовательных учреждений. Приведём возможные сценарии его использования.

Так, при изучении тем «Законы сохранения в механике». «Закон сохранения энергии» можно использовать видеозадачу «Песок в бутылке».

Учащиеся наблюдают за скатыванием бутылки с различным объёмом насыпанного в неё песка, по наклонной плоскости. Полная и пустая бутылки скатываются с ускорением, не полностью заполненная бутылка останавливается на середине наклонной плоскости. Проводится либо натуральный эксперимент, либо демонстрируется видеофрагмент из пособия. После просмотра учащимся предлагается объяснить поведение бутылки. Приводим возможные объяснения.

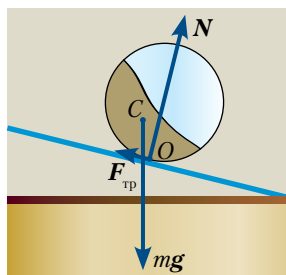


1. В бутылке, заполненной песком полностью, песчинки перемещаться не могут и во время движения бутылки практически неподвижны относительно неё. Такую бутылку с песком, так же как и пустую, можно считать твёрдым телом, поскольку относительные расстояния между составляющими её частями не меняются. И полная, и пустая бутылки откатываются достаточно далеко.

Почему же частично заполненная бутылка не достигает даже основания наклонной плоскости? Рассмотрим поперечное сечение такой бутылки. Песок при вращении бутылки начнёт пересыпаться. В результате его центр тяжести сместится влево по отношению к центру бутылки. Возникший момент силы тяжести будет стремиться повернуть бутылку против часовой стрелки. В результате возникнет сила трения покоя  $F_{\text{тр}}$ , направленная вверх вдоль наклон-



ной плоскости, то есть начнётся торможение бутылки. При этом точка  $C$  может оказаться правее точки  $O$ , что вновь приведёт к ускорению бутылки. Однако колебания точки  $C$  относительно точки  $O$  должны затухать, так как при пересыпании песчинок между ними возникнет сила трения, преобразующая механическую энергию во внутреннюю. В конце концов бутылка остановится.



Легко понять, что в состоянии равновесия точка  $C$  должна находиться над точкой  $O$ , так как только в этом случае отсутствует момент силы тяжести относительно точки опоры.

Однако отметим, что пособие не свободно от некоторых недостатков. Так, в частности, при рассмотрении задачи «с бутылкой» в методических указаниях предлагается для решения этой задачи опираться на закон сохранения энергии. Однако приведенное решение исходит из условия равновесия тел.

2. Рассмотрим решение задачи с точки зрения закона сохранения энергии. Как видно из приведённого рисунка, при скатывании бутылки, песок, находящийся в ней, смещается в сторону, противоположную движению бутылки, вследствие наличия сил трения между песчинками. Центр масс песка поднимается по сравнению с положением, в котором он находился в состоянии покоя, поэтому при вращении кинетическая энергия песка переходит в потенциальную энергию его центра масс. При пересыпании песчинок также совершается работа против сил трения между ними, на что тоже тратится кинетическая энергия. Скорость при этом уменьшается и, в конце концов, бутылка останавливается.

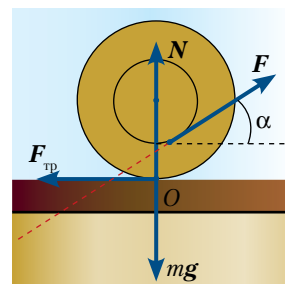
При изучении движения твёрдых и деформируемых тел, статики и условия равновесия твёрдого тела интересным оказывается рассмотрение задачи «Послушная – непослушная катушка».



В натурном эксперименте и в видеофрагменте показываем, что в зависимости от угла наклона нити, катушка может двигаться и к экспериментатору, и от него. Результат: экспериментатор всегда тянет катушку на себя, а катушка движется то к нему, то от него.

Предлагаем учащимся объяснить это явление. При решении необходимо учесть, что на горизонтальное перемещение катушки, кроме силы натяжения нити, влияет сила трения. Как видно из рисунка, момент силы натяжения нити  $F$  относительно оси катушки, стремится повернуть её против часовой стрелки. Как следствие возникает сила  $F_{тр}$ , направленная так, чтобы её момент компенсировал это вращение.

Когда катушка катится по столу без проскальзывания (подчеркнём, что это возможно только при наличии силы трения), скорость её нижней точки  $O$ , соприкасающейся со столом, равна нулю. Можно считать, что в данный момент катушка поворачивается вокруг точки  $O$  (так называемой *мгновенной оси вращения*). Моменты силы тяжести  $mg$ , силы реакции опоры  $N$  и силы трения  $F_{тр}$  относительно этой оси равны нулю (так как равны нулю плечи этих сил). Значит, направление вращения катушки будет зависеть только от момента силы  $F$ .



Когда тянут нить так, что линия действия силы  $F$  (пунктирная линия на рисунке), проходит выше точки  $O$ , то момент силы  $F$  стремится повернуть катушку относительно точки  $O$  по часовой стрелке, и катушка катится вправо. Если линия действия силы  $F$  проходит ниже точки  $O$ , то катушка катится влево.

## Литература

1. Фишман А.И., Скворцов А.И., Даминов Р.В. Мультимедийное учебное пособие «Физические эксперименты», 2008. Программный продукт разработан с использованием продукта Toolbook Instructor © 2005 SumTotal Systems, Inc.

## Комментарий редакции к задаче 1

Было бы любопытно в ходе эксперимента в классе изучить, при каких углах наклона бутылка останавливается на середине откоса, сколько оборотов успевают сделать до остановки, как влияет на движение бутылки изменение массы песка и его влажность. Что будет, если бутылка не пластиковая, а тонкостенная стеклянная? От ответов на эти вопросы зависит выбор модели описания.



**Ольга Михайловна Алыкова** – доцент АГУ, к. п. н., окончила Астраханский ГПИ (1989) и Донской ГТУ (2008). Области научных интересов: способы работы с информацией, применение мультимедийных технологий в лекционном демонстрационном эксперименте. Участвует в программе «Школьник», ориентированной на развитие у учащихся творческих способностей в области точных наук. Автор более 80 статей, в том числе монографии, имеет 4 свидетельства о регистрации интеллектуальной собственности и учебного пособия. Педагогическое кредо: дорогу осилит идущий. Вместе с мужем воспитывает дочь. Любит «тихую охоту», рыбалку, вязание.

# «Основы термодинамики»: планирование познавательной деятельности

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** планирование познавательной деятельности, система познавательных задач, тема «Основы термодинамики», 10 класс

И.А. КРУТОВА  
irinkrutova@yandex.ru,  
А.Г. ВАЛИШЕВА  
alrok-phys@mail.ru,  
АГУ, г. Астрахань

Основная цель деятельности учителя физики – получить учащимся, усвоившим определённые научные знания и овладевшим определёнными видами деятельности. Познавательная деятельность (деятельность, конечным продуктом которой являются новые знания), подобно любой другой человеческой деятельности, побуждается сознательной целью, сформулированной по личной потребности ученика [1]. Поэтому необходимо, чтобы перед учащимися каждый раз создавалась ситуация, в которых возникает потребность в решении тех или иных познавательных задач (**ПЗ**).

Познавательные задачи, во-первых, должны возникать в собственной деятельности ученика, во-вторых, должны быть связаны между собой. Поэтому планировать необходимо не только саму познавательную задачу, но и ситуацию, побуждающую учащихся сформулировать её (исходную ситуацию), и верные и ошибочные гипотезы, которые

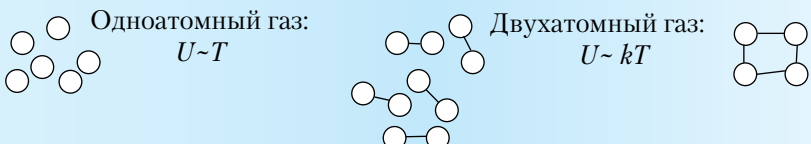
могут быть выдвинуты учениками, и методы их решения, и результаты экспериментов, и то, как можно использовать эти результаты для постановки следующих познавательных задач. Такое планирование удобно осуществлять в виде системы познавательных задач по теме, которая включает в себя следующие элементы: ● исходную ситуацию ● познавательную задачу ● систему действий по решению познавательной задачи ● результат выполнения каждого действия.

Содержание деятельности по решению познавательной задачи зависит от того, какие средства применяются при её решении. На эмпирическом уровне познания основным средством создания знаний являются серии экспериментальных исследований, на теоретическом – цепочка логических рассуждений, конечным продуктом которых является теоретическое предсказание, истинность которого должна быть подтверждена экспериментом.

Опишем фрагмент системы познавательных задач, который позволяет спланировать познавательную деятельность десятиклассников по созданию физических знаний по теме «Основы термодинамики» путём теоретических рассуждений.

*Исходная ситуация.* Из МКТ известно, что внутреннее состояние тела (вещества) определяется движением и взаимодействием всех частиц, из которых оно состоит, то есть тело обладает внутренней энергией. Оценить значения импульсов, энергий, сил взаимодействия очень трудно, так как в теле огромное число частиц, и эти величины для каждой частицы различны. Поэтому для описания состояния системы, состоящей из множества частиц, используют три макроскопических параметра: давление, объём и температуру. Давление  $p$  частиц газа на стенки сосуда обусловлено соударениями молекул со стенками сосуда, и равно среднему импульсу, который молекулы сообщают стенкам на единицу площади за единицу времени. Объём  $V$  обусловлен силами взаимодействия между частицами и расстоянием между ними. Для идеального газа температура  $T$  является мерой средней кинетической энергии движения молекул.

**ПЗ 1.** Какова связь между внутренней энергией, характеризующей состояние термодинамической системы и её макропараметрами (давлением, объёмом и температурой)?

Система действий по решению ПЗ	Результат выполнения каждого действия
1. Построить модель системы, состоящей из множества частиц	 <p>Одноатомный газ: <math>U \sim T</math></p> <p>Двухатомный газ: <math>U \sim kT</math></p> <p>Многоатомный газ с учётом сил взаимодействия: <math>U = f(T, V)</math></p>

Система действий по решению ПЗ	Результат выполнения каждого действия
	<p>Модель – идеальный газ. Так как молекулы идеального газа не взаимодействуют друг с другом, то их потенциальная энергия считается равной нулю.</p> <p>Для реальных газов при нормальных условиях и вдали от точки конденсации потенциальная энергия много меньше средней кинетической энергии молекул. Если для реальных газов не пренебрегать энергией взаимодействия молекул, которая зависит от расстояния между молекулами, а значит от объёма вещества, то внутренняя энергия зависит и от объёма, так как при изменении объёма изменяется расстояние между молекулами.</p>
2. Записать, чему равна средняя кинетическая энергия одной частицы	<p>Для одноатомного газа <math>E_k = \frac{3}{2}kT</math>.</p> <p>Для двух- и многоатомного газов коэффициент пропорциональности другой, так как сложные молекулы движутся не только поступательно, но и вращаются, а при определённых условиях части молекул совершают колебательное движение. В этих случаях <math>E_k = \frac{i}{2}kT</math>,</p> <p>где <math>i</math> – «степень свободы», коэффициент, характеризующий поступательное, вращательное и колебательное движение молекул.</p>
3. Записать, чему равна внутренняя энергия идеального газа	<p>Внутренняя энергия идеального газа прямо пропорциональна числу молекул в газе и средней кинетической энергии одной молекулы: <math>U \sim E_k N</math>.</p> <p>Так как число атомов <math>N = N_A \cdot \nu</math>, а газовая постоянная <math>R = kN_A</math>, то внутренняя энергия одноатомного газа <math>U = \frac{3}{2}\nu RT</math>.</p> <p>Для двух- и многоатомного газов: <math>U = \frac{i}{2}\nu RT</math>.</p> <p>Если для реальных газов не пренебрегать энергией взаимодействия молекул, то внутренняя энергия зависит и от объёма. У реальных газов, жидкостей и твёрдых тел средняя потенциальная энергия взаимодействия молекул не равна нулю: для газов она много меньше средней кинетической энергии молекул, для твёрдых и жидких тел сравнима с ней.</p>
4. Сформулировать ответ на ПЗ	<p>Для одноатомного газа внутренняя энергия зависит от температуры газа: <math>U = \frac{3}{2}\nu RT</math>. Если модель учитывает энергию взаимодействия частиц, то средняя потенциальная энергия взаимодействия молекул зависит от объёма вещества. Следовательно, внутренняя энергия в общем случае наряду с температурой зависит и от объёма. Внутренняя энергия макроскопических тел однозначно определяется параметрами, характеризующими состояние этих тел: температурой и объёмом.</p>

*Исходная ситуация.* Внутренняя энергия может меняться в результате теплопередачи и совершения работы. Теплопередачей называется процесс передачи энергии от одного тела к другому без совершения работы.

**ПЗ 2:** Чему равно изменение внутренней энергии при теплопередаче?

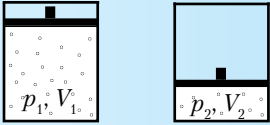
Система действий	Результат выполнения каждого действия
1. Выявить условия, при которых внутренняя энергия изменяется только в результате теплообмена тел внутри термодинамической системы	Наличие изолированной термодинамической системы*. При теплопередаче не происходит превращения энергии из одной формы в другую, часть внутренней энергии более нагретого тела (то есть имеющего более высокую температуру) передаётся менее нагретому телу.
2. Установить, чему равно изменение внутренней энергии при теплопередаче	Изменение внутренней энергии равно количеству теплоты, которое тело отдаёт (получает) при теплообмене.

\*Система является изолированной, если не обменивается с окружающей средой веществом и энергией. – Ред.

Система действий	Результат выполнения каждого действия
3. Сформулировать ответ на ПЗ	Изменение внутренней энергии равно количеству теплоты, которым тело обменивается при теплопередаче: – при нагревании (охлаждении): $\Delta U = Q = cm\Delta t$ , – при плавлении (кристаллизации) $\Delta U = Q = \lambda m$ , – при парообразовании (конденсации) $\Delta U = Q = rm$ , – при сгорании топлива $\Delta U = Q = qm$ .

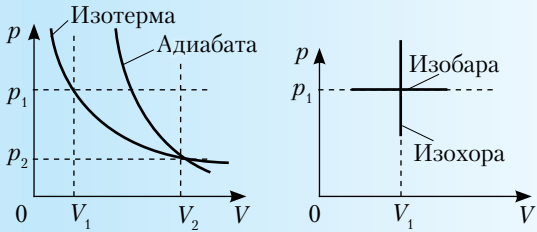
*Исходная ситуация.* В случае изолированной термодинамической системы изменение внутренней энергии равно количеству теплоты, которым тело обменивается при теплопередаче.

**ПЗ 3.** Как изменяется внутренняя энергия при совершении работы над системой (самой системой)?

Система действий	Результат выполнения каждого действия
1. Смоделировать процесс совершения работы над термодинамической системой	 Рассмотрим процесс сжатия газа поршнем в изолированной системе, в результате которого совершается работа над системой.
2. Установить, к каким изменениям микропараметров приводят изменения макропараметров системы	При упругих соударениях молекул газа с движущимся поршнем изменяется их кинетическая энергия. При движении навстречу молекулам газа поршень во время столкновений передаёт им часть своей механической энергии, в результате чего молекулы получают приращение скорости в одном направлении, увеличивается их средняя скорость, средняя кинетическая энергия, а значит увеличивается температура – газ нагревается. Температура увеличивается, объём уменьшается, давление увеличивается. При сжатии меняется и средняя потенциальная энергия взаимодействия молекул, так как при этом уменьшается среднее расстояние между молекулами.
3. Сформулировать ответ на ПЗ	При совершении работы термодинамической системой (или над ней) изменяются средняя потенциальная и кинетическая энергии частиц, из которых она состоит. При совершении работы над системой, внутренняя энергия газа увеличивается. Если совершается работа самой системой, внутренняя энергия газа уменьшается (при отсутствии теплообмена).

*Исходная ситуация.* При совершении работы системой или над системой давление, объём и температура изменяются.

**ПЗ 4.** Какова зависимость работы от давления, объёма и температуры термодинамической системы?

Система действий	Результат выполнения каждого действия
1. Выяснить условия, при которых работа является функцией зависимости от одного из макропараметров	а) $V = \text{const}, T = \text{const}, p$ – переменная, б) $p = \text{const}, T = \text{const}, V$ – переменная, в) $p = \text{const}, T = \text{const}, V$ – переменная.
2. Определить, существует ли реальный процесс, при котором работа совершается и её можно вычислить	Осуществимы реальные процессы, когда $p = \text{const}, T = \text{const}$ . Совершить работу над идеальным газом без изменения объёма $V$ системы невозможно.
3. Установить связь между изменением объёма и работой	По определению, механическая работа постоянной силы $A = F\Delta x$ , где $\Delta x$ – проекция перемещения на направление силы. Так как сила, действующая на поршень, пропорциональна давлению газа, то работа $A = pS\Delta x = p\Delta V$ . При сжатии $A < 0$ , а при расширении $A > 0$ .
4. Изобразить график зависимости давления от объёма при изопроцессах, включая адиабатный	

Система действий	Результат выполнения каждого действия
5. Дать геометрическое истолкование работы	Работа равна площади фигуры под графиком в координатах $p, V$ .
6. Сформулировать ответ на ПЗ	Работа газа при постоянном давлении равна $A = p\Delta V$ .

*Исходная ситуация.* Известно, что работа консервативных сил в механике по замкнутому контуру равна нулю.

**ПЗ 5.** Возможны ли такие циклические процессы в термодинамике, при которых работа не равна нулю? Не стоит понимать слова автора как противопоставление работы консервативных сил по замкнутому контуру и работы по циклу.

Система действий	Результат выполнения каждого действия
1. Воспроизвести графически циклический процесс, происходящий в термодинамической системе	
2. Определить величину работы в каждом процессе	$A_{ABC} = S_{V_1ABCV_2}$ , $A_{CDA} = S_{V_1ADCV_2} \Rightarrow A = S_{ABCD} \neq 0$ . В случае, если расширение газа происходит при том же давлении, что и сжатие, работа газа за цикл равна нулю.
3. Сформулировать ответ на ПЗ	В термодинамике возможен циклический процесс, в результате которого работа положительна. При этом расширение газа осуществляется при более высоком давлении по сравнению со сжатием.

*Исходная ситуация.* Внутреннюю энергию можно изменить за счёт теплопередачи или/и при совершении работы.

**ПЗ 6.** Чему равно изменение внутренней энергии при переходе термодинамической системы из одного состояния в другое?

Система действий	Результат выполнения каждого действия
1. Смоделировать тепловой процесс, в котором веществу, находящемуся в различных агрегатных состояниях, сообщается некоторое количество теплоты	<p style="text-align: center;">Газ                      Жидкость                      Твёрдое тело</p> <p>При нагревании тел, находящихся в различных агрегатных состояниях, им сообщается некоторое количество теплоты, которое приводит к увеличению средней скорости движения молекул (увеличению средней кинетической энергии молекул) и увеличению промежутков между молекулами (увеличению средней потенциальной энергии молекул). В частности, при агрегатных переходах изменяется именно потенциальная энергия молекул.</p>
2. Выделить общие признаки	В случае сообщения некоторого количества теплоты системе и совершения работы над системой происходит увеличение её внутренней энергии за счёт изменения потенциальной и кинетической энергий молекул.
3. Сформулировать ответ на ПЗ	Изменение внутренней энергии системы при переходе из одного состояния в другое равно сумме работы внешних сил и количества теплоты, переданного системе (если система отдаёт количество теплоты, то оно отрицательно) $\Delta U = Q + A'$ (первое начало термодинамики).

*Исходная ситуация.* Состояние идеального газа изменяется в результате сообщения ему количества теплоты и совершения работы.

**ПЗ 7.** Как изменяются количество теплоты, работа и внутренняя энергия идеального одноатомного газа в различных процессах?

Система действий	Результат выполнения каждого действия		
1. Записать условие протекания процесса	Изотермический процесс $T = \text{const}$ .		
	Изобарный процесс $p = \text{const}$ .		
	Изохорный процесс $V = \text{const}$ .		
	Адиабатный процесс – процесс, протекающий в системе, которая не обменивается количеством теплоты с окружающими телами $Q = 0$ .		
2. Найти значения работы и изменения внутренней энергии газа в каждом процессе	Процесс	Чему равно изменение внутренней энергии $\Delta U$ в данном процессе?	Как найти значение работы $A$ системы?
	Изотермический: $T = \text{const}$	$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = 0$ . Внутренняя энергия газа не меняется.	$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{\nu RT}{V} dV = \nu RT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = \nu RT \ln \frac{V_2}{V_1}$ .
	Изобарный: $p = \text{const}$	$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} p \Delta V$ .	$A = p \Delta V$ .
	Изохорный: $V = \text{const}$	$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \Delta p \cdot V$ .	$A = p \Delta V = 0$ . Объём газа не меняется, и поэтому работа газа равна нулю.
	Адиабатный	$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ .	$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV$ .
3. Применить первое начало термодинамики к процессам	Процесс	$Q = A + \Delta U$ .	
	Изотермический: $T = \text{const}$	$Q = A$ . Если газ получает теплоту, то он совершает положительную работу, и наоборот, если работа совершается <b>над</b> газом, то он отдаёт количество теплоты окружающей среде, численно равное работе, произведённой над ним внешними силами.	
	Изобарный: $p = \text{const}$	$Q = A + \Delta U$ , $Q = \frac{5}{2} p \Delta V$ , $Q = A + \Delta U$ , $Q = \frac{5}{2} p \Delta V$ . Передаваемое газу количество теплоты идёт на изменение его внутренней энергии и на совершение им работы при постоянном давлении.	
	Изохорный: $V = \text{const}$	$Q = \Delta U$ , $Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \Delta p \cdot V$ . Изменение внутренней энергии газа равно количеству теплоты, переданной газу (одноатомный газ).	
	Адиабатный	$Q = 0$ , $A = -\Delta U$ . Изменение внутренней энергии термодинамической системы происходит только за счёт совершения работы над системой или самой системой.	
4. Сформулировать ответ на ПЗ	Внутренняя энергия идеального газа не изменяется при изотермическом процессе и в ходе любого другого процесса, конечное и начальное состояние которого лежит на одной и той же изотерме. При изохорном она меняется за счёт теплопередачи, а при изобарном процессе внутренняя энергия газа изменяется как за счёт теплопередачи, так и за счёт совершения работы. В теплоизолированной системе происходит адиабатный процесс; при этом изменение энергии равно работе внешних сил.		

*Исходная ситуация.* Из первого начала термодинамики следует, что при изменении внутренней энергии термодинамической системы, она может совершить работу.

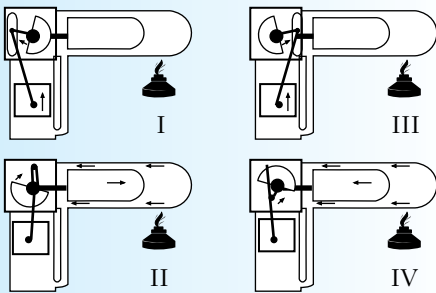

**ПЗ 9.** Разработать техническое устройство, способное совершать полезную работу.

Система действий	Результат выполнения каждого действия
1. Выбрать объект, способный совершать полезную работу за счёт изменения своей внутренней энергии	В качестве объекта можно выбрать газ, который при нагревании расширяется, совершая тем самым работу по перемещению поршня против действия внешних сил.
2. Определить, из каких элементов должно состоять техническое устройство	Необходимо: <ul style="list-style-type: none"> <li>• тело, способное изменять внутреннюю энергию газа – нагреватель</li> <li>• сосуд с поршнем, в котором находится исследуемый объект (газ)</li> <li>• элемент, преобразующий внутреннюю энергию в механическую.</li> </ul>
3. Изобразить принципиальную схему такого устройства	
4. Выявить условия, при которых взаимодействие выделенных элементов приводит к совершению полезной работы	Чтобы двигатель совершал работу, необходима разность давлений по обе стороны поршня. Работа повторно совершаться не может, так как рабочее тело самопроизвольно не возвращается в исходное состояние. Этот процесс необратим.

*Исходная ситуация.* Работа повторно совершаться не может, так как рабочее тело самопроизвольно не возвращается в исходное состояние. Этот процесс необратим. Необратимые процессы в одном направлении протекают самопроизвольно, а обратные можно осуществить только в результате работы внешних сил.

**ПЗ 10.** Доработать тепловой двигатель так, чтобы он мог постоянно совершать полезную работу.

Система действий	Результат выполнения каждого действия
1. Выявить условия, при которых тепловой двигатель может постоянно совершать полезную работу	Для непрерывной работы двигателя необходимо возвращение поршня в первоначальное положение, то есть сжатие рабочего вещества. Сжатие не может быть самопроизвольным процессом, оно происходит только под действием внешней силы. Если при прямом и обратном движении поршня каждому значению объёма соответствует одно и то же значение давления, то устройство не может быть двигателем, так как полная механическая работа будет равна нулю. Для получения положительной полной работы необходимо, чтобы расширение газа происходило под большим давлением, чем сжатие.
2. Установить, когда расширение рабочего тела происходит под большим давлением, чем сжатие	Давление газа уменьшается при уменьшении температуры, поэтому перед сжатием рабочее тело необходимо охладить.
3. Изобразить принципиальную схему теплового двигателя	<p>Количество теплоты от нагревателя передаётся рабочему телу, которое совершает полезную работу. По мере совершения работы газ теряет энергию и неизбежно охлаждается. Работа совершается рабочим телом за счёт внутренней энергии рабочего тела. Чтобы двигатель работал постоянно необходимо возвращать систему в исходное состояние.</p>

Система действий	Результат выполнения каждого действия
4. Подобрать приборы, смонтировать экспериментальную установку	<p>В качестве нагревателя можно взять горелку. Рабочее тело – поршень с газом. Механическая система. Холодильник – сосуд с постоянно охлаждающимся воздухом.</p> 
5. Воспроизвести работу теплового двигателя	<p>Во время нагрева объём газа увеличивается. Охладить газ можно за счёт теплообмена с холодным воздухом или холодной водой. Если подсоединить поршень к механической системе, которая является своего рода клапаном и препятствует прохождению холодного воздуха к газу, то во время расширения газа этот клапан открывается и даёт системе возможность охладиться. В результате система возвращается в исходное состояние. Цикл повторяется.</p> <p>На фото приведена действующая модель двигателя Стирлинга.</p> 
6. Сформулировать ответ на ПЗ	<p>Двигатель с одним тепловым резервуаром невозможен, это противоречит второму началу термодинамики. Для работы теплового двигателя достаточно располагать двумя тепловыми резервуарами различной температуры (нагреватель и холодильник) и рабочим телом. Чтобы двигатель работал постоянно, необходимо в конце каждого цикла возвращать систему в исходное состояние.</p>

### Литература

1. Анофрикова С.В. Азбука учительской деятельности, иллюстрированная примерами деятельности учителя физики. Часть 2. Подготовка к преподаванию темы. М.: МПГУ, 2003.

2. Касьянов В.А. Физика. 10 класс: учеб. для общеобразоват. учреждений / 5-е изд., стереотип. М.: Дрофа, 2003.

3. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. Физика: учеб. для 10 класса общеобразоват. учреждений. 10-е изд. М.: Просвещение, 2002.



**Ирина Александровна Крутова** – профессор АГУ, д. п. н. Стаж научно-педагогической работы 18 лет. Автор двух монографий, пяти учебных пособий и более 120 научно-методических статей. Руководитель аспирантуры по специальности «Теории и методика обучения и воспитания (физика)», научно-педагогической практики студентов и предметного семинара для учителей физики школ г. Астрахани и области. Область научных интересов: проблема формирования обобщенных способов познавательной деятельности при обучении физике школьников и студентов. Много лет работает учителем физики в МОУ СОШ № 32 с углублённым изучением предметов физико-математического цикла. Замужем, воспитывает дочь 8 лет. Увлекается игрой на фортепиано, танцами, живописью.



**Альфия Гаптыльбаровна Валишева** – в 2002 г. окончила с отличием АГУ по специальности «Учитель физики, практический психолог». Преподаёт физику в МОУ СОШ № 52 и в лицейских классах при университете. Педагогический стаж 9 лет. Заместитель декана по учебной работе факультета физики и электроники. 7 лет активно готовит учеников к ЕГЭ по физике на подготовительных курсах на базе университета. Слушатели, окончившие курсы, ежегодно поступают на физмат АГУ. Увлекается шитьем, вышиванием, созданием арт-объектов.



# «Необыкновенная» обыкновенная вода

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** смачивание, несмачивание, молекулярная физика, вода, поверхностное натяжение, капиллярные явления



И.Н. КОРНИЛЬЕВ  
kornilev.i@mail.ru,  
ОГОУ ДПО АИПКП,  
г. Астрахань

Вода – это подлинное чудо природы!  
*И.В. Петрянов-Соколов, академик АН СССР*

Попросите кого-нибудь назвать пять наиболее важных для него веществ, и одним из них наверняка окажется вода [1, 2]. Не случайно в сказаниях древнейших народов – вавилонян, египтян, индусов, персов, финикийцев – воду считали первоисточником всего существующего. Древнегреческий философ Фалес из города Милет утверждал, что вода есть начало всех вещей. Аристотель в учении о четырёх стихиях – огне, воздухе, воде и земле – считал воду началом холода и влажности. Действительно, вода чрезвычайно распространена на Земле – она покрывает более двух третей её поверхности. Вода необходима всему живому: в живых организмах её содержится от 50 до 99% (например, в водорослях до 99%, а в медузе – около 95%).

Мы так привыкли к воде, что даже не задумываемся о её удивительных свойствах. А ведь эта самая распространённая на Земле жидкость является в то же время и самой аномальной! Причём именно аномальные свойства воды чрезвычайно важны для жизни. Начнём по порядку.

## 1. Аномальные значения физических величин для воды

Начнём ближе знакомиться с водой, открыв физический справочник. В табл. 1 собраны значения основных физических величин для некоторых распространённых жидкостей. Относящаяся к воде строка выделена цветом.

Сразу бросается в глаза, что значения приведённых физических величин для воды существенно (в разы) отличаются от соответствующих значений для других жидкостей. Аномально высокими у воды ( $H_2O$ ) являются также температура плавления ( $0\text{ }^\circ\text{C}$ ) и температура кипения ( $100\text{ }^\circ\text{C}$ ) по сравнению с подобными, с точки зрения химии, веществами:  $H_2S$ ,  $H_2Se$ ,  $H_2Te$ . На рисунке представлены зависимости температур кипения и плавления от относительной молярной массы для соединений водорода с кислородом  $H_2O$ , серой  $H_2S$ , селеном  $H_2Se$  и теллуром  $H_2Te$  [3]. Гидриды теллура, селена и серы во многом сходны. Естественно предположить, что и вода должна иметь похожие свойства.

Продолжим пунктиром графики зависимостей температур плавления и кипения в сторону уменьшения молярной массы до значения, соответствующего молярной массе воды. Мы видим, что температура плавления воды должна быть около  $-90\text{ }^\circ\text{C}$ , а температура кипения – около  $-70\text{ }^\circ\text{C}$ ! На практике мы хорошо знаем совсем другие значения:  $0\text{ }^\circ\text{C}$  и  $100\text{ }^\circ\text{C}$  – реперные точки шкалы Цельсия. Красные

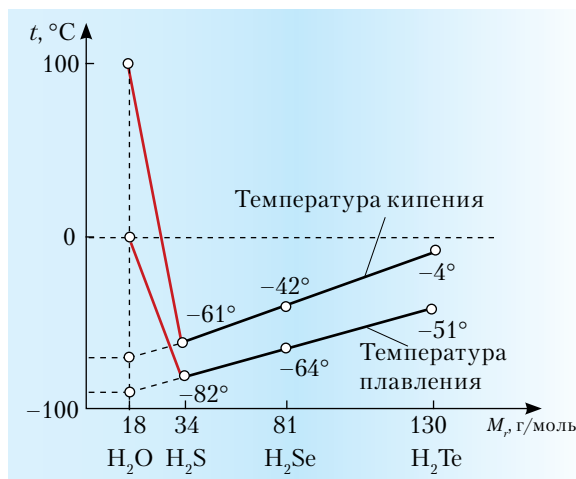


Таблица 1

Вещество	Удельная теплота плавления, кДж/кг	Удельная теплоёмкость в жидком состоянии, кДж/(кг · К)	Удельная теплота парообразования, кДж/кг	Температурный коэффициент теплового объёмного расширения, $10^{-6}\text{ K}^{-1}$	Поверхностное натяжение, $10^{-3}\text{ Дж/м}^2$	Диэлектрическая проницаемость
Вода	332	4,19	2270	208	73	81
Спирт	105	2,47	900	1100	22	26
Эфир	113	2,34	355	1650	17	4,4
Глицерин	199	2,43	830	505	63	43

Выражаю благодарность Л.Э. Генденштейну и А.А. Макарову за помощь при подготовке статьи.

линии указывают на аномальный ход температурных зависимостей для воды по сравнению с подобными соединениями водорода.

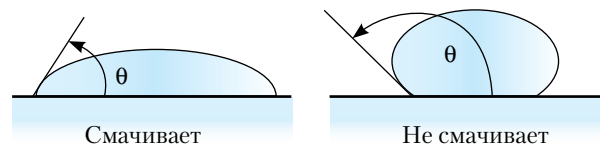
Не меньшее удивление вызывают высокие значения поверхностного натяжения и относительной диэлектрической проницаемости (см. табл. 1). Поверхностное натяжение можно определить двумя способами. Первый способ – «силовой», когда поверхностное натяжение определяют через силу, необходимую для изменения длины периметра смачивания на 1 м. Этот способ обычно используют в школьном курсе, но он не раскрывает физическую причину смачиваемости или несмачиваемости.\*

Второй способ – «энергетический». Этим способом поверхностное натяжение определяют через работу, необходимую для увеличения свободной поверхности жидкости на 1 м<sup>2</sup>. Именно этот способ раскрывает физические причины смачиваемости и несмачиваемости, поскольку при этом вводится понятие *удельной поверхностной энергии*, то есть энергии, приходящейся на единицу площади свободной поверхности или площади контакта жидкости с твёрдым телом (или любой пары фаз, находящихся в контакте). Благодаря этому можно судить о смачивании или несмачивании поверхности рассматриваемого тела данной жидкостью через изменение значения суммарной поверхностной энергии системы (например, твёрдое тело–жидкость–газ) при изменении площади контакта, например, жидкости и твёрдого тела. Если энергетически более выгодным (то есть соответствующим меньшему значению суммарной поверхностной энергии) является увеличение площади этого контакта, то жидкость растекается по поверхности твёрдого тела, то есть смачивает его. Такие поверхности называют *лиофильными*, а если смачивающей жидкостью является вода, то *гидрофильными\*\**. Если энергетически более выгодным является уменьшение площади контакта, жидкость–твёрдое тело, то площадь этого контакта стремится сократиться. В таком случае говорят, что жидкость не смачивает выбранную поверхность. Такие поверхности называют *лиофобными* (для воды – *гидрофобными\*\*\**).

С определённой степенью осторожности можно говорить о поверхностном натяжении твёрдого

тела. В этом случае «энергетический» способ легко позволит предсказать, когда жидкость смачивает поверхность твёрдого тела, а когда нет. Смачивает, если поверхностное натяжение жидкости меньше поверхностного натяжения твёрдого тела. В этом случае смачивание энергетически выгодно, вследствие чего капля растекается по поверхности тела и образует плёнку толщиной от нескольких нанометров до нескольких десятков нанометров. Если поверхностное натяжение жидкости больше поверхностного натяжения твёрдого тела, то минимуму суммарной поверхностной энергии соответствует несмачивание.

Удобной характеристикой смачивания является *краевой угол*, его обозначают буквой  $\theta$ .



Если капля жидкости растекается по поверхности – *краевой угол*  $\theta$  мал (острый), то наблюдается смачивание. Если капля жидкости не растекается по поверхности, – *краевой угол*  $\theta$  тупой, – наблюдается несмачивание. Предельные случаи:  $\theta = 0^\circ$  – полное смачивание;  $\theta = 180^\circ$  – полное несмачивание.

### Проявление большого поверхностного натяжения, роль смачивания и несмачивания

Жиры и многие другие органические вещества имеют небольшое значение поверхностного натяжения, значительно меньшее, чем у воды. Вот почему жирные поверхности не смачиваются водой: это невыгодно с энергетической точки зрения. Вода на жирной поверхности собирается в капли. Если жирная поверхность горизонтальная, то рост капель воды на жирной поверхности приводит к подъёму центра тяжести воды и, следовательно, к росту её потенциальной энергии. Происходят два процесса: первый – уменьшение суммарной поверхностной энергии за счёт освобождения поверхности жира от водной плёнки и второй – увеличение высоты капли воды и, следовательно, рост её потенциальной энергии. Процесс уменьшения поверхности, покрытой водой, и увеличение потенциальной энергии воды капли прекращаются тогда, когда суммарное изменение энергии станет равным нулю. Это соответствует минимальному значению суммы поверхностной и потенциальной энергий.

По хорошо вымытой поверхности фарфоровой тарелки вода хорошо растекается и образует толстую смачивающую плёнку, которая стабильна и не рвётся. На плохо вымытой тарелке смачивающая плёнка воды рвётся, вода образует несколько

\*В современные учебники для общеобразовательных классов, например, Мякишева Г.Я., Буховцева Б.Б., Сотского Н.Н. «Физика-10» или Генденштейна Л.Э., Дика Ю.И. «Физика-10», тема поверхностного натяжения не включена. Однако, последовательное и полное изложение указанного вопроса и с «силовой», и с «энергетической», и с молекулярной точки зрения можно найти в учебнике для профильных классов Мякишева Г.Я., Синякова А.З. «Молекулярная физика и термодинамика» (М.: Дрофа, 2002. Гл. 7). – Ред.

\*\*Лиофильная, гидрофильная в переводе на русский язык *любящая растворять и любящая воду* (от греч. *ῥῆω* – вода, *λῖω* – растворяю, разбираю на части, *φίλω* – люблю). – Ред.

\*\*\*Лиофобная, гидрофобная – *не любящая растворять, не любящая воду* (от греч. *φόβος* – страх). – Ред.

капель-лужиц неправильной формы. Вот и непосредственная польза от физики в домашнем хозяйстве! Хорошо смачивается водой чистая поверхность фарфора, а также чистые поверхности стекла, кварца, гранита, слюды и многих других материалов. Обратите внимание на слово *чистая*.

Вещества, которые значительно изменяют поверхностное натяжение, называют поверхностно-активными веществами (ПАВ). С некоторыми такими веществами мы уже знакомы – это жиры. Они превращают гидрофильную поверхность в гидрофобную. Есть ПАВ, которые гидрофилизуют поверхность, то есть делают её смачиваемой. Самым известным представителем таких ПАВ является мыло. Часто ПАВ не наносят на поверхность, а добавляют в жидкости, в частности в водные растворы. Растворение минеральных солей в воде немного увеличивает её поверхностное натяжение. Такую воду называют *жёсткой* – ею не стоит, например, мыть голову из-за того, что ухудшаются характерные свойства мыла или шампуня.

В недрах Земли, где расположены месторождения нефти, породы земной коры хорошо смачиваются нефтью и поэтому не отделяются от неё. По этой причине до 30% нефти остаётся под землёй. Существенно увеличить добычу нефти можно, если в скважину закачать воду с добавленными в неё поверхностно активными веществами. Такая вода отмывает земные породы от нефти, увеличивая нефтеотдачу.

Кто из нас не видел, как утки или гуси «обсасывают» свои перья? При этом они «пачкают» их жиром, чтобы они не смачивались водой\*. Благодаря этому вода не проникает к телу птицы. Птица оказывается как бы в «лодке», корпусом которой является поверхность раздела вода–перья. Из-за оставшегося в перьях воздуха объём части птицы, погружённой в воду, увеличивается. Благодаря этому выталкивающая сила возрастает настолько, что до 60% объёма птицы находился над водой. Особенно красивы и грациозны лебеди: кажется, будто они плывут *над* водой.

Мы привели примеры увеличения и уменьшения смачивания водой с помощью ПАВ – рукотворный и природный. Таких примеров множество, они вокруг нас в природе и технологиях.

Мелкие частицы веществ, находящихся в твёрдом состоянии, поднимаются в воздух в виде пыли. Если пылинки смачиваются водой, то пыль можно осадить увлажнением. Конденсация содержащихся в воздухе водяных паров на поверхности пылинок утяжеляет их. Кроме того, частицы, покрытые смачивающей плёнкой воды, слипаются друг с другом,

образуют более крупные частицы и легче оседают. Воздух становится чище. Трудно даже представить себе, каким бы воздухом мы дышали, если бы вода не смачивала частицы пыли!

К сожалению, вода смачивает не все виды пыли. Так, плохо смачиваются водой частицы сажи, угольная и мучная пыль. Увы, этот список можно продолжить. Возникает задача специального осаждения пыли. Для этого применяют ПАВ, электрический разряд, ионизирующие излучения, не вредные для человека. Под их воздействием поверхность частиц пыли становится электрически активной, вследствие чего на её поверхности «охотно» конденсируются полярные молекулы воды. Так решают проблему пылеподавления в шахтах, в цехах мукомольных мельниц и на других производствах.

Несмачивание минералов, содержащих полезные ископаемые, используют для обогащения руд с помощью *флотации*. Рассмотрим, в чём состоит флотация.

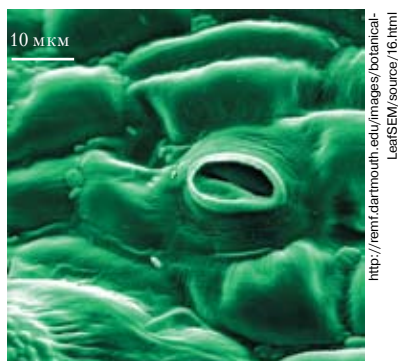
Вспомните насекомых, которые бегают по воде (например, водомерки). Их лапки не смачиваются водой, и силы поверхностного натяжения хватает, чтобы удерживать насекомое на поверхности, если его масса достаточно мала: должно соблюдаться определённое соотношение между массой и площадью контакта с водой.

Так природа подсказывает нам, что нужно сделать с кусками несмачиваемой водой руды, чтобы они плавали: их нужно *измельчить*. При уменьшении размеров кусочков руды отношение площади поверхности к массе возрастает. И при достаточно малых размерах сила поверхностного натяжения способна удерживать их на плаву. А «порода» – обычно глина и песок – смачиваются водой и тонут. После этого обогащённую плавающую руду остаётся осторожно собрать с поверхности воды.

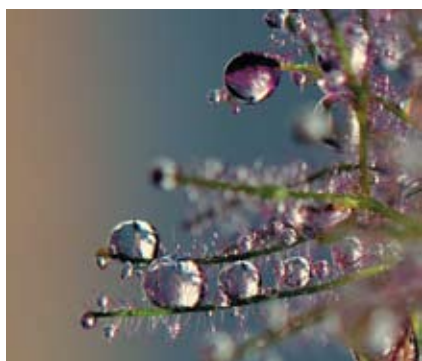
Как известно, смачивание и несмачивание водой твёрдых поверхностей приводит к *капиллярным* явлениям – втягиванию жидкости в тонкие трубки или выталкиванию из них. Если вода смачивает поверхность капилляра, то она впитывается в него, а если не смачивает, то выталкивается. Например, смачиваемая водой фильтровальная бумага впитывает воду и становится мокрой. А на брезенте вода собирается в капли, потому что брезент не смачивается водой.

Капиллярность имеет отношение также к конденсации водяного пара. Дело в том, что поверхность воды в капилляре не плоская, а вогнутая (в случае смачивания) или выпуклая (в случае несмачивания). Давление насыщенных водяных паров над вогнутой поверхностью жидкости меньше, чем над плоской – это легко понять на качественном уровне: у молекул пара больше вероятность влететь в вогнутую поверхность, чем в плоскую. Благодаря этому

\*У водоплавающих птиц сильно развита копчиковая железа, выделяющая жиросодержащий секрет, которым птица смазывает перья при помощи клюва. – Ред.



Устьице листа томата под электронным микроскопом



Капли росы на лесном растении



Капли воды на листе лотоса

вогнутая поверхность воды проявляет повышенную «охоту» к конденсации водяного пара: в «смачиваемом» капилляре водяной пар конденсируется даже при относительной влажности воздуха, несколько меньшей 100%. Если же поверхность воды, наоборот, выпуклая («несмачиваемый» капилляр), то давление насыщенных водяных паров над ней больше, чем над плоской поверхностью. Поэтому такая поверхность воды как бы «отталкивает» водяной пар: вода будет испаряться с неё даже при 100%-ной влажности. Оба случая имеют большое значение для природных и технологических процессов.

В результате действия естественного отбора некоторые растения приспособились к засухе, «догадываясь» использовать упомянутые свойства воды.

Устьица растений – микроскопические отверстия на поверхности листьев (или на стеблях), которые закрываются всего парой клеток. Когда устьице открыто, оно играет роль очень узкого капилляра, через который осуществляется влагообмен растения с окружающей средой. Ночью при пониженной температуре, когда влажность воздуха увеличивается даже в пустыне, в «смачиваемом» устьице происходит «усиленная» конденсация водяных паров из атмосферы вследствие того, что давление насыщенных водяных паров над вогнутой поверхностью в капилляре меньше. А днём в жару устьице закрывается, препятствуя испарению влаги из растения.

Растения, произрастающие во влажном климате, защищаются от избытка влаги. Поверхность их

листьев является гидрофобной, то есть не смачивается водой. Например, вода с поверхности листа кувшинки, лотоса и некоторых других растений скатывается каплями-шариками. Поверхность листа является гидрофобной и внутри устьица, поэтому поверхность жидкости в нём имеет выпуклую форму, а над выпуклой поверхностью жидкости давление насыщенных паров воды больше, чем над плоской. И снова в результате испарение «лишней» воды происходит даже при 100%-ной влажности окружающего воздуха!

#### Литература

1. Вода. БСЭ // 2-е изд. М: БСЭ, 1951.
2. Аномальные физические и химические свойства воды // Живая вода – всё о воде. Сайт, посвящённый воде. URL: <http://alka-mine.at.ua/publ/4-1-0-74>
3. Никитина М.А., Петровичев А.А., Петровичева Т.В., Фомичёв С.В. Вода. Свойства воды. // Химия-ПС. 2005. № 3. [Электронная версия] <http://him.1september.ru/2005/03/20.htm>
4. Богданов К.Ю. Почему капустные листья всегда чистые? // Физика-ПС. 2005. № 18. [Электронная версия]. URL: <http://fiz.1september.ru/2005/18/15.htm>
5. Почему листья лотоса всегда чистые? // [Сайт] Сайт группы 642701 (КИС). URL: [http://642701.moy.su/news/pochemu\\_listja\\_lotosa\\_vsegda\\_chistye/2009-09-10-136](http://642701.moy.su/news/pochemu_listja_lotosa_vsegda_chistye/2009-09-10-136)



**Игорь Николаевич Корнильев** – окончил Астраханский ГПИ, преподавал физику в 1973–1976 гг. в Тузуклейской школе Астраханской области, затем прошёл путь от ассистента до доцента на подготовительном факультете Астраханского технического института рыбной промышленности и хозяйства, был деканом факультета довузовской подготовки. В 1980–1983 гг. обучался в аспирантуре Института физической химии АН СССР в лаборатории тонких слоёв жидкостей (отдел поверхностей явлений). С 2008 г. – первый проректор ОГОУ ДПО Астраханского института повышения квалификации и переподготовки (ИПКП), поддерживает постоянную связь со школами и школьниками. В настоящее время к. ф.-м. н., доцент кафедры естественно-технологического обучения, Почётный работник рыбного хозяйства России. Имеет более 50 публикаций, 6 патентов на изобретение и патент на полезную модель. Педагогическое кредо: обучение должно происходить с интересом. Жена – учитель физики, учились в одной группе, вместе по распределению 3 года работали в сельской школе. Сейчас она на пенсии, помогает растить внушек и внуков. Старший сын по образованию инженер-автоматчик, сейчас конкурсный управляющий, младший сын – генеральный директор крупного промышленного предприятия Астрахани.

# ЕГЭ: решаем задачи части С

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЕГЭ, задачи С, кинематика, динамика

Редакция начинает публиковать серию статей В.А. Грибова, члена комиссии по физике ФИПИ, композитора задач ЕГЭ и автора известных сборников по подготовке к ЕГЭ. Весь материал разбит на восемь тематических блоков, что поможет учителю уже с 1-го сентября планировать как повторение курса физики в 11-м классе, так и рассмотрение подходов к решению задач ЕГЭ наиболее сложного типа – части С.

**В.А. ГРИБОВ**

vitalii\_gribov@mail.ru,  
МГУ им. М.В. Ломоносова,  
г. Москва

Выпускники средней школы плохо решают задачи. Статистика ЕГЭ свидетельствует: из почти миллиона участников физику сдают около 200 тысяч человек, из них решают верно хотя бы одну задачу С не более 50 тысяч. Причина проста: подавляющее большинство школьников изучают физику на базовом уровне, а там решению задач учить не положено.

Публикуемый ниже материал преследует очень скромную цель: помочь тем, кто хочет научиться решать задачи, но пока чувствует себя неуверенно. Те, кто уверен в себе, вряд ли найдут здесь что-то полезное. Мы рассмотрим задачи из части С и задания из части А, для выполнения которых тоже необходимо уметь решать задачи, пусть и элементарные. Будут рассмотрены также задачи, знакомство с которыми поможет на ЕГЭ, хотя их в ЕГЭ и нет. А ещё время от времени мы будем разбирать ситуации, которые обычно обходят словами типа «очевидно, что...» или «как известно, ...». Этим данный текст будет, возможно, несколько отличаться от публикаций разбора заданий ЕГЭ, где решения не рассчитаны на обучение читающего, а служат для ориентировки экспертов, проверяющих задачи части С. Не стоит рассматривать публикуемые здесь тексты решений как образец для подражания: здесь всё пишется довольно подробно, а на ЕГЭ требуется лаконичность.

Перейдём к делу. Решение задач в каждом разделе будем предварять простыми упражнениями.

## Часть 1. МЕХАНИКА

### Кинематика

**Упражнение 1.** Покажите, что центр масс системы двух массивных точечных тел лежит на отрезке, соединяющем эти тела.

*Решение.* Из курса механики известно выражение для радиус-вектора центра масс, которое в случае системы двух точечных тел массами  $m_1$  и  $m_2$  выглядит так:

$$\mathbf{r}_{\text{цм}} = \frac{m_1 \mathbf{r}_1 + m_2 \mathbf{r}_2}{m_1 + m_2}.$$

Выполним тождественные преобразования:

$$\mathbf{r}_{\text{цм}} = \frac{m_1 \mathbf{r}_1 + m_2 \mathbf{r}_2}{m_1 + m_2} = \frac{(m_1 \mathbf{r}_1 + m_2 \mathbf{r}_1) + m_2 (\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1)}{m_1 + m_2} = \mathbf{r}_1 + \frac{m_2}{m_1 + m_2} \mathbf{l},$$

где  $\mathbf{l} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$  – вектор, проведённый из точки 1, где находится тело  $m_1$ , в точку 2, где находится тело  $m_2$ . Таким образом, чтобы попасть в центр масс системы двух тел, нужно, следуя полученной формуле, сначала перейти из начала координат в точку 1, а затем из точки 1 пройти по вектору только часть его длины (см. рисунок), поскольку

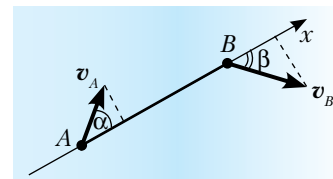
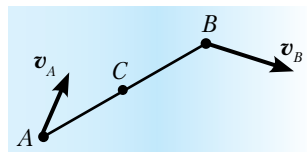
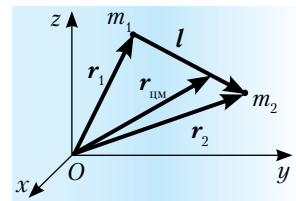
$$0 < \frac{m_2}{m_1 + m_2} < 1.$$

Утверждение доказано.

**Упражнение 2.** Жёсткий стержень  $AB$  длиной  $L$  движется так, что в некоторый момент времени скорость точки  $A$  равна  $\mathbf{v}_A$ , а скорость точки  $B$  равна  $\mathbf{v}_B$ . Найти скорость  $\mathbf{v}_C$  центра стержня  $C$  и модуль угловой скорости вращения стержня относительно его центра.

*Решение*

1. Начнём с того, что из-за постоянства длины стержня (его жёсткости) скорости  $\mathbf{v}_A$  и  $\mathbf{v}_B$  связаны друг с другом. Проведём ось  $X$  по стержню  $AB$ . Чтобы длина стержня сохранялась, проекции перемещений точек



$A$  и  $B$  на ось  $X$  за малое время  $\Delta t$  должны быть одинаковы:

$$\Delta x_A = v_{xA} \cdot \Delta t = \Delta x_B = v_{xB} \cdot \Delta t,$$

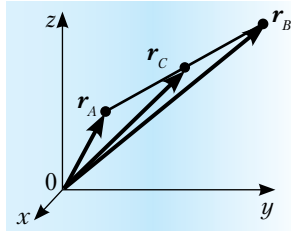
откуда следует:

$$v_{xA} = v_A \cos \alpha = v_{xB} = v_B \cos \beta.$$

2. Радиус-вектор точки  $C$  подчиняется равенству:

$$\mathbf{r}_C = \mathbf{r}_A + \frac{1}{2}(\mathbf{r}_B - \mathbf{r}_A) = \frac{1}{2}(\mathbf{r}_A + \mathbf{r}_B).$$

Это справедливо в любой момент времени, поэтому, взяв от этого равенства производную по времени  $t$ , получим:



$$v_C = \frac{d\mathbf{r}_C}{dt} = \frac{1}{2} \left( \frac{d\mathbf{r}_A}{dt} + \frac{d\mathbf{r}_B}{dt} \right) = \frac{1}{2}(\mathbf{v}_A + \mathbf{v}_B).$$

3. Введём систему отсчёта 2, движущуюся относительно исходной системы отсчёта поступательно со скоростью  $\mathbf{v}_C$ . В системе отсчёта 2 точка  $C$  неподвижна, а стержень  $AB$  вращается относительно этой точки с угловой скоростью  $\omega$ , которую надо найти. Для этого вычислим скорости точек  $A$  и  $B$  в системе отсчёта 2:

$$\mathbf{v}_{A2} = \mathbf{v}_A - \mathbf{v}_C = \frac{1}{2}(\mathbf{v}_A - \mathbf{v}_B),$$

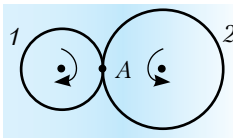
$$\mathbf{v}_{B2} = \mathbf{v}_B - \mathbf{v}_C = \frac{1}{2}(\mathbf{v}_B - \mathbf{v}_A).$$

Очевидно, что модули этих скоростей одинаковы, а точки  $A$  и  $B$  в системе отсчёта 2 вращаются вокруг точки  $C$  по окружности радиусом  $L/2$ .

Поэтому  $v_{A2} = v_{B2} = \frac{1}{2}|\mathbf{v}_A - \mathbf{v}_B| = \omega \cdot \frac{L}{2}$ ,

откуда  $\omega = \frac{1}{L}|\mathbf{v}_A - \mathbf{v}_B|$ .

**Упражнение 3.** (Элементарное упражнение на повторение терминов, в которых описывается вращательное движение твёрдого тела.) Две шестерни, сцепленные друг с другом в точке  $A$ , вращаются вокруг неподвижных осей. Меньшая шестерня 1 делает  $n_1$  оборотов за время  $t$ . Угловая скорость вращения большей шестерни 2 равна  $\omega_2$ .



Найдите отношение радиусов шестерён  $\frac{R_2}{R_1}$ .

**Решение.** Период обращения первой шестерни

равен  $T_1 = \frac{t}{n_1}$ , её угловая скорость

$$\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1} = \frac{2\pi n_1}{t},$$

а линейная скорость точек на краю шестерни равна  $v_1 = \omega_1 R_1$ , где  $R_1$  – радиус первой шестерни. Линейная скорость точек на краю второй шестерни равна  $v_2 = \omega_2 R_2$ , где  $R_2$  – радиус второй шестерни. В точке  $A$ , где шестерни соприкасаются, линейные скорости их точек одинаковы:  $v_1 = v_2$ , то есть

$$\omega_1 R_1 = \frac{2\pi n_1}{t} R_1 = \omega_2 R_2,$$

откуда

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{2\pi n_1}{\omega_2 t}.$$

**Задача 1.** Мимо остановки по прямой улице проезжает грузовик со скоростью  $v_1 = 8$  м/с. Через  $\tau = 6$  с от остановки вслед за грузовиком отъезжает мотоциклист, движущийся с ускорением  $a = 2$  м/с<sup>2</sup>. На каком расстоянии  $l$  от остановки он догонит грузовик?

**Решение.** Направим ось  $X$  системы отсчёта вдоль улицы по направлению движения грузовика. Начало отсчёта на оси  $X$  совместим с положением остановки. Отсчёт времени начнём в момент, когда грузовик проезжает мимо остановки. Тогда координата  $x_1(t)$  грузовика зависит от времени, как  $x_1(t) = v_1 t$  при  $t \geq 0$ .

Координата  $x_2(t)$  мотоциклиста зависит от времени, как  $x_2(t) = \frac{a(t-\tau)^2}{2}$  при  $t \geq \tau$ .

Мотоциклист догонит грузовик в момент  $t_1 > \tau$ , когда координаты грузовика и мотоциклиста сравняются:  $x_1(t_1) = x_2(t_1)$ , то есть

$$v_1 t_1 = \frac{a(t_1 - \tau)^2}{2}.$$

После элементарных преобразований уравнение принимает вид:

$$t_1^2 - 2t_1 \left( \tau + \frac{v_1}{a} \right) + \tau^2 = 0$$

с решением  $(t_1)_{1,2} = \left( \tau + \frac{v_1}{a} \right) \pm \sqrt{\left( \tau + \frac{v_1}{a} \right)^2 - \tau^2}$ .

Условию  $t_1 > \tau$  отвечает только больший корень (это легко обнаружить, рисуя графики  $x_1(t)$  и  $x_2(t)$ ).

В результате

$$l = v_1 t_1 = v_1 \left[ \left( \tau + \frac{v_1}{a} \right) + \sqrt{\left( \tau + \frac{v_1}{a} \right)^2 - \tau^2} \right] = 144 \text{ м.}$$

Можно сформулировать другие вопросы в этой же задаче. Например:

а) Чему равна величина скорости мотоциклиста в момент, когда он обгоняет грузовик? ( $v = 24$  м/с.),

б) Сколько времени потребуется мотоциклисту, чтобы догнать грузовик? ( $t_2 = 12$  с.).

**Задача 2.** За время  $\tau = 5$  с материальная точка, двигаясь по прямой с постоянным ускорением, увеличила скорость в  $n = 5$  раз, пройдя путь  $l = 30$  м. Чему равна величина ускорения  $a$  точки?

*Решение.* Направим ось  $X$  системы отсчёта по направлению движения тела, начало отсчёта на оси  $X$  совместим с начальным положением тела. Тогда в произвольный момент времени  $t > 0$  координата и скорость тела определяются выражениями

$$\begin{cases} x(t) = v_0 t + \frac{at^2}{2}, \\ v_x(t) = v_0 + at. \end{cases}$$

В момент  $\tau$ , согласно условию задачи,  $x = l$ ,  $v_x = nv_0$ , что приводит к системе уравнений

$$\begin{cases} v_0 \tau + \frac{a\tau^2}{2} = l, \\ v_0 + a\tau = nv_0. \end{cases}$$

Из второго уравнения получаем  $v_0 = \frac{a\tau}{n-1}$ .

Подставляя этот результат в первое уравнение, имеем

$$\frac{a\tau^2}{n-1} + \frac{a\tau^2}{2} = l,$$

откуда:  $a = 2 \cdot \frac{n-1}{n+1} \cdot \frac{l}{\tau^2} = 1,6$  м/с<sup>2</sup>.

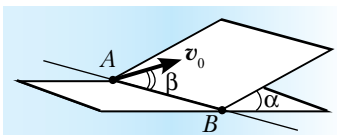
В этой задаче при тех же данных в условии можно сформулировать и другие вопросы. Например:

а) Чему равна величина начальной скорости тела? ( $v_0 = 2$  м/с.);

б) Чему равна величина конечной скорости тела? ( $v(\tau) = 10$  м/с.);

в) Какой путь прошло тело из состояния покоя до начала рассмотренного интервала времени, двигаясь с тем же ускорением? ( $s = 1,25$  м.).

**Задача 3.** Наклонная плоскость пересекается с горизонтальной плоскостью по прямой  $AB$ . Угол между плоскостями  $\alpha = 30^\circ$ . Маленькая шайба скользит вверх по наклонной плоскости из точки  $A$  с начальной скоростью  $v_0 = 4$  м/с, направленной под углом  $\beta = 60^\circ$  к прямой  $AB$ . Пренебрегая трением между шайбой и наклонной плоскостью, найдите расстояние  $AB$  между точкой  $A$  и точкой  $B$ , в которую шайба съедет, двигаясь по наклонной плоскости.



*Решение.* На наклонной плоскости введём систему координат с началом координат в точке  $A$ . Ось  $X$  направим по прямой  $AB$ , ось  $y$  – вверх по наклонной плоскости перпендикулярно прямой  $AB$ . Поскольку трения нет, сила реакции опоры перпендикулярна наклонной плоскости, её проекция на эту плоскость равна нулю. Поэтому ускорение шайбы  $a$  при её движении по наклонной плоскости определяется только проекциями ускорения свободного падения на оси  $X$  и  $Y$ :

$$\begin{cases} a_x = g_x = 0, \\ a_y = g_y = -g \sin \alpha. \end{cases}$$

Координаты шайбы меняются с течением времени  $t$  по закону

$$\begin{cases} x(t) = v_{0x} \cdot t = v_0 \cos \beta \cdot t, \\ y(t) = v_{0y} \cdot t + \frac{a_y t^2}{2} = v_0 \sin \beta \cdot t - \frac{g \sin \alpha}{2} t^2. \end{cases}$$

Исключая из этих уравнений время  $t$ , получим уравнение траектории:

$$y(x) = x \operatorname{tg} \beta - \frac{g \sin \alpha}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} x^2.$$

График  $y(x)$  – парабола, лежащая на наклонной плоскости, с осью, параллельной оси  $Y$ . Ветви параболы направлены вниз. Расстояние  $AB$  – это значение  $x$ , при котором  $y = 0$ . Решая уравнение

$$\frac{g \sin \alpha}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} x^2 - x \operatorname{tg} \beta = 0,$$

получаем:  $x_1 = 0$ ,  $x_2 = \frac{v_0^2 \sin 2\beta}{g \sin \alpha}$ .

Решение  $x_1$  отвечает точке  $A$ , в которой  $y = 0$ .

Решение  $x_2$  отвечает точке  $B$  и является искомым расстоянием  $AB$ .

Таким образом,  $AB = \frac{v_0^2 \sin 2\beta}{g \sin \alpha} \approx 2,8$  м.

В этой задаче можно задать и такие вопросы:

а) На какое максимальное расстояние удалится шайба от прямой  $AB$  в ходе подъёма по наклонной плоскости? ( $y_{\max} = 1,2$  м.)

б) На какую максимальную высоту над горизонтальной плоскостью поднимется шайба в ходе подъёма по наклонной плоскости? ( $h_{\max} = 0,6$  м.)

Остаётся добавить, что задача сходна с описанием движения тела, брошенного под углом к горизонту. Разница в том, что здесь  $g_y = -g \sin \alpha$ , а там проекция ускорения свободного падения на вертикаль равна по модулю  $g$ .

**Продолжение следует**

# Пять вопросов о ... природе

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мини-конкурс, природа, явление, вопрос по картинке



Иллюстрированный материал, занимательный и поучительный.  
7–11-й классы

**Е. В. АЛЕКСЕЕВА**

n-ever@ya.ru,  
МОУ лицей им. В. В. Гусева,  
г. Рошаль, Московская обл.

Предлагаю серию мини-конкурсов «Пять вопросов о ...» для учащихся 7–11-го классов. Вопросы – текстовые или картинками – вывешиваются в кабинете на 1–2 недели. Первое верное решение всех заданий, поступившее из каждого класса, оценивается отметкой «отлично». Ответы даны на диске к этому же номеру. Итак, мы начинаем:

**1.** Рисунки в пустыне Наска (рис. 1, 2) – на территории Перу, – датированные 350 г. до н. э., представляют собой гигантские изображения фантастических животных и геометрических фигур размером в несколько сотен метров каждая. Они прочерчены на земле бороздами глубиной 2–3 см и шириной несколько десятков сантиметров. Почему же за многие-многие столетия их не размыло?

**2.** Их всходы обладают огромной силой, которая заключена в верхушечных клетках роста. Развивая давление в несколько атмосфер, они способны не только пробить асфальт, но и вспучить деревянные и цементные полы. Назовите обладателей такой потрясающей силы.

**3.** Этот природный материал прочнее свинца, меди, платины и может соперничать по прочности лишь со сталью. Он выдерживает нагрузку до 5 т/см<sup>2</sup>. Количество его часто заботит мужчин, а в древности играло важную роль для врачей. Что это за материал?

**4.** Это природное явление получило своё название от чёрной тучи, сопровождающей его. Назовите явление.

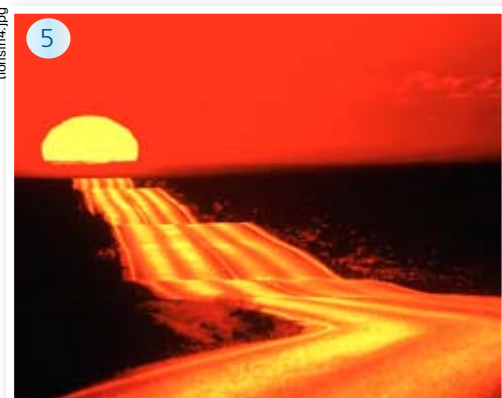
**5.** Каким общим смыслом, понятием или явлением объединено изображённое на рис. 3–6?



[http://discovery.rambler.ru/images/photo/2010/10/10/1286697377\\_68537.jpg](http://discovery.rambler.ru/images/photo/2010/10/10/1286697377_68537.jpg)



<http://img354.imageshack.us/img354/4499/desertroadreflections4.jpg>



<http://img.donanimhaber.com/upfiles/499112EAF637E7BBE43A998F9117E99891E98.jpg>

<http://www.fhd.in.ua/images/photos/america/p02.jpg>



### Дополнительные вопросы

1. Альпинисты рассказывали, что много раз не могли установить, кто перед ними побывал на вершине: вместо записок в металлических банках находили пепел. Назовите виновника!

2. Попробуйте перевести с казахского на русский слово «табигаттану», если слово «табигат» переводится как *природа*, а «тану» – как *опознать*.

3. Какое природное явление описал В.-И. Гёте в своём стихотворении, начинающемся со слов: «К тебе я, солнце, обращусь спиною...»?

4. Следствие какого природного явления вы видите на рис. 7?

5. Посмотрите на репродукцию картины Айвазовского «Девятый вал» и скажите (рис. 8) далеко ли от берега находятся потерпевшие крушение моряки?

### Это любопытно: анаморфоз

Удивительные плоские рисунки с использованием техники искажения и наклона создают иллюзию объёмной картины, если смотреть на них с определённого ракурса. Такая живопись с использованием проекции называется анаморфозом. Эту технику использовали средневековые художники (см. например, известную картину Г. Гольбейна Младшего «Послы», 1533 г.). В наше время первым додумался рисовать такие картины прямо на городских улицах британский художник Джулиан Бивер. На диске вы найдёте подборку анаморфотных рисунков Дж. Бивера и К. Винера. А на рис. 9 мы показываем «физико-математическую» татуировку – «Лист Мёбиуса. Бесконечность».



<http://vportal.skm.com.ua/dosug/pictures/6119-3d-taturovki-10-foto.html>

### Что почитать?

- Тайна пустыни Наска. Математическая логика в расположении насканских линий. <http://nazca.chat.ru/>
- Гигантские фигуры пустыни Наска. Факты и гипотезы. <http://www.nlo-mir.ru/platanaska/340-2010-07-20-12-27-20.html>
- Плато Наска – то, что от нас скрывали. Одна из версий существования линий и фигур на плато. <http://www.youtube.com/watch?v=PSowx7h11G0&f>
- Официальный сайт Джулиана Бивера. <http://users.skynet.be/J.Beever/>



[http://img-fckl.yandex.ru/gel/20/sveta9631.0.0\\_b14e\\_30576793\\_XL](http://img-fckl.yandex.ru/gel/20/sveta9631.0.0_b14e_30576793_XL)

<http://artofrus.ru/wp-content/uploads/2010/05/Ayvaзовский-Ivan-Konstantinovich-Deviaty-vol.jpg>



# Содержание диска-вложения к № 12/2011

(Размещаются без гонорара. Выход на каждый материал – по гиперссылке из файла «Содержание»)

## Полнотекстовые pdf-номера 9, 10, 11, 12.

### Презентации, дополнительный и раздаточный материал к печатным публикациям (№ 9, 10, 11, 12)

● **Акимов М.Д.** Интерактивная презентация с примерами 3D-моделей: «Устройство гидравлического подъёмника», физических процессов», «Запись и считывание информации на магнитных носителях», «Запись информации на магнитную ленту». № 10.

● **Алексеева Е.В.** Интерактивная презентация к игре «FM». Внеклассное мероприятие, 8 кл. № 9// Ответы и дополнительный материал к мини-конкурсу «Пять вопросов о ... природе». № 12.

● **Алёшин С.И.** Ответы к 10 турам интеллектуально-познавательной игры «Миры физики и астрономии», а также задания и ответы к ещё 13 турам, 9–11 кл. № 11.

● **Альминдеров В.В.** и др. Задачи по физике с решениями: устный и письменный туры «Интеллектуального марафона-2010». № 11.

● **Барабанов Н.Н.** nikolabar@rambler.ru (ОМЦ ЦОУО, г. Москва). Эрнест Резерфорд и атомная физика XX в. (К 100-летию создания планетарной модели атома и 140-летию со дня рождения учёного.) № 12.

● **Белюстов В.Н.** Презентации и полные тексты к памятным датам в июле (№ 10: **В.В. Петров, В.А. Крат, Г.-В. Рихман**) и в августе (№ 12: **Г.-Л. фон Гельмгольц**).

● **Гайдаев А.А.** Кроссворды и чайнворд по астрономии и физике. № 11.

● **Дворникова Г.В.** 34 задачи для самостоятельного решения на «Уроке за чашкой чая», 8 кл. № 10.

● **Изюмов И.А.** izyumov-igor@rambler.ru (МОУ гимназия № 3, г. Аксай, Ростовская обл.). Примерный вид таблиц, составляемых учащимися при выполнении лабораторной работы «Изучение движения заряженных частиц в магнитном поле», 10 кл. № 10.

● **Карташов В.Ф.** (ЧИПС, г. Челябинск). 40 заданий с решениями на тему «Л.Н. Толстой и Луна» и методические рекомендации, 9–11 кл. № 11.

● **Кладиева А.С., Джалмухамбетов А.У., Гвозденко Н.Г.** Основные формулы для расчёта энергетической освещённости в программе Mathcad. № 12.

● **Компанеев Л.Г.** Вопросы к урокам-играм «Морской бой», 8–10 кл. № 9.

● **Новак А.Г.** Биография в фотографиях. Видео с уникальным физическим опытом. № 12.

● **Орлова А.С., Виноградова Н.А., Плешко Н.В.** Приложения к игре КВН «Защитникам Отечества», 9–10 кл. № 9.

● **Пигалицын Л.В.** Новости науки и техники. (№ 9, 11).

● **Попова А.П.** Дидактический материал и ответы на задания к курсу «Ваше слово, знатоки!», 7–8 кл. № 11.

● **Семьнина Н.М.** Презентация «Эвристические приёмы обучения решению нестандартных задач». № 10.

● **Снигирева Е.Ю., Данилова О.И.** Интерактивная презентация, карточки и другой раздаточный материал к интегрированному МАТЕМАТИКА + ФИЗИКА уроку «Астрономия на координатной плоскости», 6 кл. № 11.

● Список победителей и призёров регионального этапа (г. Челябинск) Всемирной олимпиады роботов (*World Robot Olympiad, WRO*). № 11.

● **Хуторова А.О.** fallochka814@mail.ru (ГОУ СОШ № 814, г. Москва). Этот загадочный коллажер. Об опыте проведения телеконференции. № 12.

### Материалы для организации внеклассных занятий и проектной ученической деятельности (электронные публикации)

● **Есин В.И.** Vessin2007@yandex.ru (МОУ ЗСОШ, с. Запрудное, Кстовский р-н, Нижегородская обл.). Решение астрономических задач. Подготовка к олимпиадам и турнирам.

● **Зюбина И.В.** zubina\_ir@mail.ru (ГОУ гимн. № 625, г. Москва). Сценарий физического спектакля «Репка».

● **Иванченко И.И.** bummer12@rambler.ru (МОУ ТСОШ, с. Танцурей, Борисоглебский р-н, Воронежская обл.). Космические ребусы.

● **Козлова А.Г., Трифонов М.А., Баланов В.Ю., Иоголевич И.А., Серезенко Е.Д., Гаус И.И., Фокин А.В.** andr\_f@rambler.ru, **Кандерова О.Н., Субботина М.Ю.** (ФМЛ № 31, г. Челябинск). Декады физики и естествознания, 5–11 кл.: «Путешествие по парку Юрского периода» (2003/2004 уч. г.); «Великие научные открытия» (2005/2006 уч. г.).

● **Куснатдинова О.Н.** school24snow@yandex.ru (МБОУ СОШ № 24, п. Снежногорск, Красноярский кр.). Кроссворд «Астрономия».

● **Лисюкова Т.Н.** tiisyukova@pochta.ru (с. Лаишевка, Ульяновская обл.). Физика в рисунках.

● **Пантелеева-Пашкина В.В.** mamajuli@mail.ru (лицей № 16, г. Павлодар, Респ. Казахстан). Законы физики в стихах.

● **Рыбакова Е.В., Гаврилова Н.В., Фролова А.Н.** (ГОУ СОШ № 1209 с УИАЯ, г. Москва). Сценарии физических спектаклей на тему «Электрический ток»: «Острова невезения» и «Бунт в королевстве Электричество», 8 и 10 кл.

● **Савчук И.А.** iasavchuk@mail.ru (МОУ СОШ № 13, г. Астрахань). История создания лампы накаливания. Ученический проект.

● **Сёмина М.И.** Mariy-syomina@yandex.ru (МОУ гимназия № 41, г. Люберцы, Московская обл.). Сценарий КВН (Неделя естественных наук), 7 кл.

● **Трубачева С.А.** alagui\_school@mail.ru (с. Алагуй, Ольхонский р-н, Иркутская обл.) Ребусы.

● **Чикин В.С.** (г. Нижний Новгород). Сценарий физического спектакля «Мария Склодовская-Кюри», 11 кл.

### Из архива Народного учителя России Л.В. Пигалицына

levr@rambler.ru (МОУ СОШ № 2, г. Дзержинск, Нижегородская обл.). Иллюстративный материал к теме «Астрономия», изучаемой в курсе физики 11-го класса по УМК Г.Я. Мякишева: ● Солнечная система. Планеты. Кометы. Астероиды. Метеоры (87 рис.) ● Солнце и звёзды (26 рис.) ● Строение Вселенной (15 рис.) ● Единая физическая картина мира (2 рис.).

# Рефераты электронных публикаций



**ХУТОРОВА А.О.** fiallochka814@mail.ru (ГОУ СОШ № 814, г. Москва). **Этот загадочный коллайдер.** (О научных школах ЦЕРН для учителей и о телеконференции). В апреле в нашей школе прошла телеконференция для старшеклассников на тему «Что там интересного в микромире?» Она была организована в рамках сотрудничества с учёными-физиками из Санкт-Петербургского Госуниверситета, принимающими участие в эксперименте ALICE на Большом адронном коллайдере (БАК) в Европейском центре ядерных исследований (ЦЕРН, г. Женева, Швейцария). Для людей, занимающихся большой наукой, такие on-line встречи являются обычной практикой общения, вызванной необходимостью быстрого обмена информацией и обсуждения идей в потоке новых результатов современных фундаментальных экспериментов. В последнее время ЦЕРН стал достаточно регулярно проводить такие телеконференции и с европейскими, и с российскими школами. Для меня же как школьного учителя физики – это одна из новых форм учебно-просветительской работы, которая позволяет решать одновременно и образовательные, и воспитательные задачи, в том числе: повышать культуру общения, углублять и расширять рамки предмета, расширять кругозор, профессионально ориентировать. Для учащихся это уникальная возможность пообщаться в прямом эфире с учёными и аспирантами, получить ответы на волнующие вопросы, связанные с современными научными исследованиями, обменяться мнениями, получить информацию «из первых рук». Живое общение по-прежнему остаётся важнейшим моментом в образовании. Поэтому ЦЕРН регулярно проводит научные школы для учителей физики из разных стран мира. Отдадно, что в них с 2009 г. начали участвовать и российские учителя. Партнёром ЦЕРН со стороны России по организации таких научных школ является Объединённый институт ядерных исследований (ОИЯИ, г. Дубна, Московской обл.). ЦЕРН и ОИЯИ уже не один год занимаются просветительской работой. Информация о проведении научных школ, экскурсий и телемостов размещается и регулярно обновляется на сайте ОИЯИ для учителей и учащихся URL: <http://teachers.jinr.ru/> Подробнее о БАК, просветительской работе ЦЕРН и ОИЯИ, а также о том, как организовать телеконференцию в школе и даже как поехать в научную школу ЦЕРН вы узнаете, прочитав на диске статью «Этот загадочный коллайдер».



А.О. Хуторова, участник Второй школы российских учителей в ЦЕРНе, ноябрь 2010 г.

**БАРАБАНОВ Н.Н.** nikolabar@rambler.ru (ОМЦ ЦОУО, г. Москва). **Эрнест Резерфорд и атомная физика XX в.** Планетарную модель атома Бора (1913 г.) знают все школьники. Однако далеко не все знают, что создана она была как теоретическое обоснование экспериментальных данных, полученных несколькими годами раньше Э. Марсденом и Гейгером, учениками Э. Резерфорда, причём заранее от этого эксперимента никто не ожидал столь революционных результатов. Так же как никто не ожидал, как много значат сквозняки, когда Резерфорд раскрывал тайну «эманации тория». Четыре эксперимента Э. Резерфорда, открывшие дверь в современную физику микромира, как раз и описаны в статье. Обращаем внимание на то, что 31 августа 2011 г. исполняется 140 лет со дня рождения учёного.

**БЕЛЮСТОВ В.Н.** Belustov@yandex.ru (БЦО, г. Борисоглебск, Воронежская обл.). **Герман Людвиг Фердинанд фон Гельмгольц** (31.08.1821–08.09.1894). Энциклопедист, учёный-универсал, сделавший блестящие открытия в области физики, практической медицины, физиологии, анатомии, психологии, математики. Ещё гимназистом он обратил на себя внимание: когда в классе читали Цицерона или Вергилия, он под столом вычислял ход лучей в телескопах и уже тогда пришёл к некоторым оптическим теоремам. Обучаясь, по настоянию отца, в Берлинском Военно-медицинском институте Фридриха-Вильгельма, заинтересовался вопросом о загадочной сущности «жизненной силы» и в своей докторской диссертации о строении нервной системы впервые доказал существование целостных структурных элементов нервной ткани, получивших позднее название нейронов. Начав служебный путь в качестве эскадронного хирурга гусарского полка, жил в казарме, вставал в пять утра по сигналу кавалерийской трубы и тем не менее устроил в полковой конюшне научно-исследовательскую лабораторию, где изучал процессы брожения и гниения. Особенно его интересовали два вопроса: как происходят превращение энергии и самозарождение микроорганизмов. Талант учёного-исследователя проявился с таким блеском, что для него – уникальный случай! – сделали исключение: предоставили право досрочно уволиться из армии. В 1847 г. математически обосновал закон сохранения энергии, отметив его всеобщий характер: заменил принцип Майера «из ничего ничего не бывает» более конкретным положением «невозможно при существовании любой произвольной комбинации тел



Аппарат Гельмгольца для синтеза звука с помощью резонатора оригинальной конструкции и камертона

получать непрерывно из ничего движущую силу». Сформулировал теорему о сохранении в любой замкнутой физической системе суммы потенциальной и кинетической энергий, применимую к широкому кругу явлений: движению под действием силы тяжести, передаче движения в идеальной жидкости и твёрдых телах, волновому движению в упругих твёрдых и жидких телах, возникновению теплоты при химических реакциях, электромагнитной индукции, взаимодействию электрических зарядов, распространению световых волн. Рассматривая явления перехода работы в теплоту и обратно, пришёл к выводу, что теплота является формой движения. Механическая теория тепла Гельмгольца способствовала становлению термодинамики. В 1858 г. он становится профессором физиологии в Гейдельберге, где успешно изучает нервную и мышечную деятельность, физиологию зрения, аккомодацию глаза, цветовое зрение, физиологическую акустику. Именно он изобрёл офтальмоскоп – глазное зеркало для исследования глазного дна, обязательное для современного врача-окулиста. Позже дал объяснение комбинации тонов, открытых ещё в 1740 г. Создал теорию звучания труб, теорию речевого и слухового аппаратов человека, построил модель уха, провёл знаменитые опыты по анализу и синтезу гласных с помощью специальных резонаторов. Изучая явления колебаний, разработал математическую теорию для объяснения оттенков звука (тембра) с помощью обертонов, проанализировал причины музыкальной гармонии.

В 1871 г. Г. Гельмгольц становится профессором Берлинского университета, посвящая себя исключительно физике: разрабатывает свою теорию атомарного заряда электричества, вводит новую термодинамическую функцию – «свободную энергию», определяющую максимальную работу системы при изотермических процессах, изучает электролиз в связи с термодинамикой. Почитаться искусству эксперимента в Берлин приезжали многие молодые учёные, в частности, и из России – И.М. Сеченов, П.Н. Лебедев, А.П. Соколов. Имя Гельмгольца носит ряд технических изобретений: в физике – тангенс-буссоль для создания открытого однородного магнитного поля («катушки Гельмгольца»), резонатор для анализа акустических сигналов; в медицине – офтальмометр, кератометр, миограф, телестереоскоп, вибрационный микроскоп, маятник для быстрого раздражения тканей с точной дозировкой времени. Установлением законов поведения вихрей для вязких жидкостей («вихри Гельмгольца») он внёс большой вклад в основы гидродинамики, а математическими исследованиями атмосферных вихрей, гроз и глетчеров – основы научной метеорологии.

**Материалы для организации внеклассных занятий** (обзор). В летних лагерях, особенно физико-математических, ребята с большим энтузиазмом проводят интеллектуальные соревнования, примером которых могут служить: ● рассчитанные на несколько дней Декады физики и естествознания для учащихся 5–11-го кл. «Великие научные открытия» (2005/2006 уч. г.) и «Путешествие по парку Юрского периода» (2003/2004 уч. г.), организованные педагогическим коллективом челябинского ФМЛ (**Козлова А.Г., Трифонов М.А., Баланов В.Ю., Иголевиц И.А., Сереженко Е.Д., Гаус И.И., Фокин А.В., Кандерова О.Н., Субботина М.Ю.**) ● проведённый в рамках Недели естественных наук КВН для учащихся 7-го кл. (**Сёмина М.И.**, г. Люберцы, Московская обл.).

С немалым интересом ребята участвуют в разного рода физических спектаклях, особенно если для их постановки не требуется сложных костюмов и декораций. Мы предлагаем сценарии спектаклей: «Репка», тема «Механические явления» (**Зюбина И.В.**); «Острова невезения» и «Бунт в королевстве Электричество», тема «Электрический ток» (**Рыбакова Е.В., Гаврилова Н.В., Фролова А.Н.**); «Мария Склодовская-Кюри», тема «Радиоактивность» (**Чикин В.С.**). Можно также обратиться к сценариям, опубликованным на сайте нашего издания: Размышление о равновесных процессах (URL: <http://fiz.1september.ru/articles/2009/13/04>); Ультрафиолетовая катастрофа (URL: <http://fiz.1september.ru/2006/11/06.htm>); Ошибка Галилея (URL: <http://fiz.1september.ru/2006/10/11.htm>); Похвальное слово магниту (URL: <http://fiz.1september.ru/articlef.php?ID=200701013>)

На диске к этому номеру также размещены материалы, которые помогут организовать интеллектуальный досуг. Это, в первую очередь, 75 физических «задач по картинкам» для 7–8-го кл. (**Лисюкова Т.Н.**) с ответами. Часть уже публиковалась нами, но по многочисленным просьбам читателей мы представляем эти задачи именно в электронном виде.

Исключительно просты в исполнении и интересны 250 физических и астрономических ребусов **Трубачевой С.А.** (с. Алагуй, Ольхонский р-н, Иркутская обл.), включающие зашифрованные высказывания великих, известные имена, физические приборы и устройства, термины, явления, единицы физических величин, созвездия, звёзды и планеты, ИСЗ, космические аппараты и многое другое. А пять космических ребусов **Иванченко И.И.** составлены по рисункам из Интернета (все со ссылками), в них зашифрованы известные выражения К.Э. Циолковского, Джордано Бруно и Николая Коперника. Легко запоминаются физические законы по стихам **Пантелеевой-Пашкиной В.В.** Ученический проект «История создания лампы накаливания», выполненный под руководством астраханской учительницы **Савчук И.А.**, послужит хорошей основой для поисковой работы школьников. Учитель физики **Куснатдинова О.Н.** представила кроссворд «Астрономия».



В ребусе С.А. Трубачевой зашифрованы слова Э. Резерфорда: «Теперь я знаю, как выглядит атом».

## Модульные курсы предоставляют уникальную возможность:

- начать обучение в любой момент;
- выбирать удобный график освоения материалов и самостоятельно определять срок окончания изучения модуля (минимальный срок обучения – 1 месяц);
- выполнять контрольную работу в режиме он-лайн;
- осваивать знания из психологии, менеджмента, экономики, которые позволят: лучше понять себя и других людей; психологические причины возникновения стрессов и различных заболеваний и сохранить свое здоровье; оптимизировать свою деятельность и др.

Нормативный срок освоения каждого модуля – 6 часов. Форма обучения – дистанционная. После успешного окончания модуля выдается сертификат.

Стоимость одного модульного курса – 200 руб.

## ПЕРЕЧЕНЬ МОДУЛЬНЫХ КУРСОВ



очень популярен!

Тайм-менеджмент,  
или Как эффективно организовать свое время.



Тайм-менеджмент для детей,  
или Как научить школьников  
организовывать свое время.



Приемы конструктивного разрешения  
конфликтных ситуаций, или Конфликты в нашей жизни:  
способы решения.



очень популярен!

Профессиональное выгорание,  
или Как сохранить здоровье  
и не «сгореть» на работе.



О стрессе,  
или Второй шаг за вами.

## ПОДАЙТЕ ЗАЯВКУ НА ОБУЧЕНИЕ НА САЙТЕ

<http://edu.1september.ru>



**16.06.1941**

**Антон Григорьевич Новак** родился на хуторе близ западнобелорусской д. Леплёвка за пять дней до начала войны. А потом... Оккупация. Периодические угоны населения в Германию. Карательные операции. По доносу за связь с партизанами сжигали не только дома подозреваемых, но и треть деревни. От расстрела семью спасла только находчивость отца, но дед и бабушка погибли. В 1944 г.

закончилась оккупация, но мужчин стали призывать в Армию освобождать Европу от фашистов. Вернулись немногие. Отец работал на Брестской железной дороге, и призыва избежал. Старший брат Иван пошёл первый раз в школу в 11 лет. Научившись писать и читать, в 14 лет начал работать – грузчиком в лесном хозяйстве. Сам Антон Григорьевич в школу пошёл в 1948 г. Учился без троек. В школе был духовой оркестр, которым руководил бывший военный дирижёр. Он научил мальчика играть на трубе, а потом и на баяне. В 1958 г. способный и старательный ученик стал победителем областной математической олимпиады. В том же году поступил в Брестский пединститут на физмат. Откликнувшись на комсомольский призыв, после 4-го курса начал трудовую деятельность в сельской школе – 36 часов в неделю по математике, физике и физкультуре, экзамены за 5-й курс сдавал экстерном. Через два года был призван в Армию, чему был очень рад, так как получил возможность изучать аппаратуру связи, заниматься спортом (тяжёлой атлетикой, гирями, волейболом, самбо, толканием ядра). Возвратившись к педагогической работе, освоил работу инструктора по туризму – летними ночами изучали практическую астрономию, а днём занимались спортом. Разносторонние знания помогают учителю прививать интерес и к физике, и к физкультуре. Например, он сделал приспособления для измерения параметров прыжка. Да много чего было, но неизменными оставались интерес к жизни и творческий подход ко всему, с чем соприкасался Антон Григорьевич. Сейчас он – учитель высшей квалификационной категории тольяттинского лицея № 19, победитель конкурса грантовой поддержки Фонда «Развитие через образование-1999», лауреат конкурса «Педагогические инновации-2001» (за работу «Эвристические принципы и их использование в учебном процессе»), автор ряда статей в журналах «Физика в школе», «Потенциал», в газете «Физика-ПС», автор занимательных опытов и учебных пособий, отец пятерых детей, теперь уже взрослых замечательных людей. Богатую биографию в фотографиях и видеорагментах см. на диске к № 12/2011. А поздравления можно отправить по адресу [ndtlt@yandex.ru](mailto:ndtlt@yandex.ru).

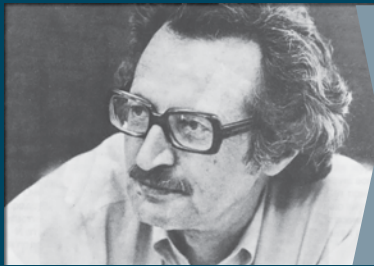


**24.06.1951**

Что на самом деле скрывается за словом «учиться», **Борис Викторovich Булюбаш** понял, только когда, окончив 8 классов, совершил первый самостоятельный поступок: перешёл из обычной школы в «сороковую», с углублённым изучением физики и математики. Потом был физфак университета и семь лет работы в НИИ. Понял, что полноценного физика-исследователя из него не выйдет. Работая уже преподавателем Горьковского политехнического института, защитил кандидатскую диссертацию по истории физики в Институте истории естествознания и техники АН СССР. Начал преподавать в родной школе историю физики.

В 90-х гг. организовывал межшкольные фестивали, посвящённые французской, голландской, британской (и, конечно же, отечественной) науке. Именно в образовательном измерении истории науки и удалось выразить себя максимально. Затем пошли научно-образовательные проекты Британского Совета. Самым интересным оказался проект 2004/2005 гг., в рамках которого 11 школ из семи регионов РФ апробировали новый британский учебник по естествознанию для гуманитариев. А потом начался период «научного писательства» – больше 70 научно-популярных статей в сети и в печати. Об особенностях взаимоотношений современной науки со СМИ неоднократно рассказывал на семинарах и мастер-классах для учителей и журналистов, школьников и студентов. С прошлого учебного года ведёт спецкурс «Научная журналистика» для школьников научно-образовательного центра Института прикладной физики РАН: об истории науки, о методике поиска и анализа научно-популярной информации (особенно сетевой), о том, как использовать эти знания в самостоятельных рассказах о захватывающих сюжетах современной науки. Рассчитывает, что в профессиональной биографии ещё откроются новые страницы. Биография, впрочем, могла бы оказаться совсем другой, если бы не помощь замечательных людей. *Елена Ивановна Тихонова*, учитель физики горьковской школы № 40, научила учиться. Благодаря *Вадиму Викторовичу Митюгову*, завкафедрой Горьковского политеха, Борис Викторovich стал профессиональным вузовским преподавателем. *Владимир Павлович Визгин*, завсектором истории физики ИИЕТ РАН им. С.И. Вавилова, восемь долгих лет помогал писать диссертацию. А родители примером всей своей жизни успешно убеждали, что очень многого можно добиться, если ты не ленишься и любишь дело, которым занимаешься. И, наконец, рядом всегда была жена Ирина Дмитриевна. Вместе вырастили двоих детей: дочь Женя специалист по внутренним коммуникациям на заводе фирмы «Рено», сын Никита – заканчивает мехмат ННГУ им. Н.И. Лобачевского. Хоббиюбилера: книжки, лыжи, беседы с женой и путешествия. Из современных поэтов очень любит Тимура Кибирова. Самое сильное «книжное» впечатление последних лет – «ЖД» Дмитрия Быкова.

*От всей души желаем Борису Викторовичу и  
Антону Григорьевичу успехов и удачи!  
Вы блестящие учителя, у вас прекрасные ученики!*



# XV ПЯТНАДЦАТЫЕ СОЛОВЕЙЧИКОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

Московский городской Дом учителя

30 сентября и 1 октября 2011 ГОДА

Тема чтений:

## 25 лет педагогике сотрудничества: *настоящее время настоящей идеи*



На снимке – участники переделкинской встречи: Шалва Амонашвили, Лена Никитина, Софья Лысенкова, Симон Соловейчик, Владимир Матвеев, Борис Никитин, Виктор Шаталов, Владимир Караковский, Игорь Волков, Александр Адамский, Галина Алешина, Евгений Ильин

О сень 1986 года. На встрече в подмосковном поселке Переделкино опыт нескольких поколений учителей-новаторов был обобщен и сведен воедино Симоном Соловейчиком в манифест «Педагогика сотрудничества». Появление в печати манифеста – отчета о встрече учителей-экспериментаторов – по праву считается началом перестройки в образовании и педагогике страны. Сегодня педагогика сотрудничества во многом воспринимается как набор «именных» новаторских методик обучения. Но вдумчивый анализ показывает, что, кроме методик, в манифесте было предложено идейное ядро, чье содержание заведомо шире любой конкретной методики. Движение мысли ученика в познании; сердечное движение учителя навстречу детям; движение детей навстречу учителю – три главных принципа педагогики сотрудничества. Оказалось, что в точке, где скрещиваются три эти линии, возникает плодотворное напряжение. И сейчас можно найти множество педагогических практик, созданных следующими поколениями учителей, чей базис, чья основа – уже не методики, а идеи «Педагогики сотрудничества». И на чтениях мы бы хотели представить именно этот опыт – опыт педагогики сотрудничества настоящего времени.

*Дорогие учителя!*  
*Приходите на чтения!*

Вход, как всегда, свободный.

Открытие чтений – 30 сентября в 10 часов утра. Программа чтений будет опубликована в газете «Первое сентября», а также на сайте [www.1september.ru](http://www.1september.ru) Справки по телефону: (499) 249-31-38.

Адрес Московского городского Дома учителя: Москва, ул. Пушечная, дом 4, строение 2. Проезд: центр, станция метро «Кузнецкий мост».



Издательский дом

**ПЕРВОЕ СЕНТЯБРЯ**

**НОВЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ**

**«Физика. Первое сентября»:**

**ОТ ГАЗЕТЫ – К ЖУРНАЛУ!**

**Представляем свидетельство о перерегистрации**



Журнал «Физика. Первое сентября» – ежемесячный, 64-страничный,  
в каждом номере – CD-диск с дополнительными материалами.

Учителя, оформившие подписку на электронную версию журнала, получают первый номер  
1 августа (по Интернету в свой «личный кабинет» на сайте [www.1september.ru](http://www.1september.ru))

По почте первый номер журнала (бумажная версия) придет к 15 августа.

В июле журнал не выходит.

**До встречи в августе!**