

ФИЗИКА

ISSN 2077-0049
ИЗДАЕТСЯ С 1992 г.
№ 15 (935)

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ, АСТРОНОМИИ И ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ
fiz.1september.ru



К 300-летию
со дня рождения

► с. 50

Ученические
проекты

► с. 17 Конкурс Intel ISEF-2011



► с. 13 Исследование сверхпроводящих структур



► с. 24 BEAM-робототехника

**Система
обучающих
задач**

с. 37

**ЕГЭ:
решаем
задачи
части С**

с. 41

**Олимпиада
«Шаг
в физику-
2010»**

с. 45

**Простые
опыты
с киндер-
сюрпризами**

с. 58

издательский
ДОМ
1september.ru

Первое сентября

**октябрь
2011**

ФИЗИКА Подписка: Роспечать – 32032 (бумажная версия), 26119 (электронная); Почта России – 79147 (бумажная версия), 12757 (электронная)

! Уважаемые подписчики бумажной версии журнала «Физика»!
Теперь вы можете получать и электронную версию нашего журнала.
Для этого:

1. Зайдите на интернет-сайт www.1september.ru
2. Зарегистрируйте личный кабинет (если у вас его еще нет)
3. В личном кабинете в разделе «Издания/Коды доступа» введите код SE-91185-10601

ПОРТФОЛИО

4–7 Проф. В.А. Орлов
Проектно-исследовательская деятельность учащихся

8–12 Максим Веденяпин, Анатолий Дунаев, Александр Ерёмин, Владислав Нарчук, Анастасия Шкурина
Перегрузки в нашей жизни
Рук. **Е.В. Алексеева**

13–16 Ю.В. Казакова
Ученические исследования в ГОУ СОШ № 546

17–20 Народный учитель России Л.В. Пигалицын, А.М. Рейман
Конкурс Intel ISEF-2011

21–23 Ж.В. Чопорова
Выставка EXPO SCIENCE INTERNATIONAL

24–25 Вячеслав Качаев, Александр Сладков
ВЕАМ-робототехника
Рук. **С.А. Балицкая**

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

25–28 Рефераты электронных публикаций

37–40 Л.Э. Генденштейн, А.В. Кошкина, проф. В.А. Орлов
Система обучающих задач по физике. Динамика: тело на наклонной плоскости. 7–11 классы

41–44 В.А. Грибов
ЕГЭ: решаем задачи части С

55–58 А.М. Рейман
Введение в теорию колебаний

30, 31 Проф. В.М. Чаругин
34, 35 **Звёздное небо в ноябре**

32–33 Проф. В.М. Чаругин
Роскошный часослов герцога Беррийского (1410–1415 гг.): НОЯБРЬ

АСТРОНОМИЯ

НАУКА И ТЕХНИКА

33 Народный учитель России Л.В. Пигалицын,
Новости

50–54 В.Н. Белюстов
К 300-летию со дня рождения: Русский полигистор Михаил Васильевич Ломоносов

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

44 В.Б. Дроздов
Мяч на воде

АБИТУРИЕНТУ

45–48 С.С. Чесноков, Е.А. Вишнякова, проф. В.А. Макаров, Н.В. Нетребко, Н.Б. Подымова, М.С. Полякова
Интернет-олимпиада «Шаг в физику-2010». 7–9 классы

И ШКОЛЬНИКУ, И УЧИТЕЛЮ, И...

А.П. Сорокин
58–59 **Простые опыты по физике с киндер-сюрпризами**

Н.Д. Козлова
60–61 **Как это устроено? Оптическое считывание символов**

К материалам, обозначенным этим символом, есть приложение на CD-диске.

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

Главный художник:

Иван Лукьянов

Педагогический университет:

Валерия Арсланьян
(ректор)

ГАЗЕТА ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА:

Первое сентября – Е.Бирюкова

ЖУРНАЛЫ ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА:

Английский язык – А.Громушкина,

Библиотека в школе – О.Громова,

Биология – Н.Иванова,

География – О.Коротова,

Дошкольное

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 № ФС77-44336 от 21.03.11

в Министерстве РФ по делам печати

Подписано в печать: по графику 12.09.11,

фактически 12.09.11 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

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

Издаётся с 1992 г.
Выходит один раз в месяц

РЕДАКЦИЯ:

Главный редактор:
Нана Дмитриевна
Козлова
8-919-104-5657Консультанты:
И.Д. Воронова,
В.А. Козлов,
Н.Ю. Милокова,
Т.А. СоловейчикДизайн макета, обложка:
И.Е. ЛукьяновКорректура и набор:
И.С. ЧугрееваВёрстка:
Д.В. Кардановская

Журнал распространяется по подписке

Цена свободная Тираж 4000 экз.

Тел. редакции: (499) 249-2883

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

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., ГГПИ, 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., МИФИ), **К.Ю. Богданов** (к.ф.-м.н., д.биол.н., лицей № 1586 ЗАО), **М.А. Бражников** (ИХФ РАН), **В.А. Грибов** (к.ф.-м.н., МГУ им. М.В. Ломоносова), **С.Я. Ковалева** (зам. гл. редактора, к.п.н., ПаПО МО), **В.М. Чаругин** (проф. МПГУ, д.ф.-м.н., действительный член РАКЦ).Электронные публикации рецензируются, но не оплачиваются. Подробнее см. Правила в № 2/2011, с. 47 и на сайте журнала <http://fiz.1september.ru> в разделе Правила для авторов публикаций

ПОДПИСНЫЕ ИНДЕКСЫ:

Роспечать:
бумажная версия – 32032
электронная версия – 26119
Почта России:
бумажная версия – 79147
электронная версия – 12757

ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ПОДПИСКА:

Телефон: (499) 249-4758
E-mail: podpiska@1september.ru

На диске

Полнотекстовый № 15 в pdf-формате

Дополнительные материалы к публикациям номера (см. с. 2)

Электронные публикации

- **Алексеева Е.В.** n-ever@ya.ru (частная школа «Первая школа», г. Красногорск, Московская обл.). • Нестандартные лабораторные работы с элементами поиска, ноябрь: «Определение плотности вещества», 7 кл. • Тематические проверочные работы по физике, ноябрь: «Механические силы» (7 кл.), «Парообразование и конденсация» (8 кл.), «Законы Ньютона» (9 кл.)
- Миниконкурс «Пять вопросов о ... температуре», ноябрь: Интерактивная презентация с видеофрагментами «Шкала масс». Виртуальное путешествие от Галактики (масса 10^{41} кг) до электрона (масса 10^{-30} кг).

- **Бражников М.А.** birze@inbox.ru («Физика-ПС», МПГУ, г. Москва). Непричёсанные мысли инженера-физика: об ученических проектах вообще, о целесообразности организации научно-исследовательских проектов, о требовании к их содержанию – и кое о чём из опубликованного в № 15/2011.

- **Изюмов И.А.** izyumov-igor@rambler.ru (МОУ гимназия № 3, г. Аксай, Ростовская обл.). Опытная проверка закона сохранения полной механической энергии на примере движения тела, брошенного под углом к горизонту. Виртуальная ЛР, 10 кл.

- **Ильсова Т.В.**, проф. ilyasovavt@rambler.ru (ОГПУ, г. Оренбург). Учебные слайды к курсу физики 7–8-го классов. Обучающая презентация на тему «Электростатика», 8 кл.

- **Новиков С.М.** smnov45@mail.ru (ГОУ ПАПО МО), **Тищенко Л.В.** tai2019@yandex.ru (МОУ лицей № 5, г. Зарайск, Московская обл.). Тренинг «Указание сил, действующих на тело(а)», 10–11 кл.

- **Пшеницына И.Н.** pshenitsina50@yandex.ru (МОУ гимназия № 1, г. Абдулино, Оренбургская обл.). Электромагнитное поле. Электромагнитная волна. Урок-зачёт в форме защиты коллективного проекта, 2 ч.

- **Рузу-Виралайнен Е.А.** (с. Струги Красные, Псковская обл.). Инерция. Урок изучения нового материала со стихами, опытами, забавными историями, 7 кл.

- **Северюков П.Ф.**, проф. sevryukovpf@yandex.ru (СКИПКРО, г. Ставрополь). Об аналогии формул механических и электромагнитных явлений, 11 кл.

- **Таперо Т.Ю.** tatyana_tapero@mail.ru (МОУ гимназия № 1, г. Лыткарино, Московская обл.). Решение одной задачи. Урок решения задач, 9 кл.

Ученические проекты

- **Алёшина Полина** (8 кл., МОУ Технологический лицей, г. Сыктывкар, Респ. Коми). По следам «Кода да Винчи». Плоское зеркало. Руководитель **С.И. Алёшин** syktisialyoshin@inbox.ru.

- **Багров Константин** (11 кл., ГОУ СОШ № 37, г. Москва). Источники энергии: традиции и инновации. Руководители **Л.В. Бабушкина**, **Н.Г. Семёнова**.

- **Самусевич Дмитрий** (МОУ лицей им. В.В. Гусева, г. Рошаль, Московская обл.). Видеопроект «Сокровища в башне» (тема «Инерция», 10 кл.). Руководитель **Е.В. Алексеева** n-ever@ya.ru.

- **Сатыров Асхат** (7 кл., МОУ ТСОШ, Тазовский районный Дом творчества детей и юношества, пос. Тазовский, ЯНАО). Морской волновой насос. Руководитель **С.А. Кунин** kunin_taz@taz.ru.

- **Ящерицына Лилия, Мунаева Фатима, Мунаева Хаджимат** (10 кл., МОУ ТСОШ, д. Танцырей, Борисоглебский р-н, Воронежская обл.). Сказочный электронный задачник. Руководитель **И.И. Иванченко** bummer12@rambler.ru.

Из архива Народного учителя России Л.В. Пигалицына levp@rambler.ru (МОУ СОШ № 2, г. Дзержинск, Нижегородская обл.). Иллюстративный материал к темам, изучаемым в курсе физики в октябре по УМК Пёрышкина А.В., Гутник Е.М. (7–9-й классы) и Мякишева Г.Я. (10–11-й классы):

- **7 класс:** Взаимодействие тел (см. № 14)
- **8 класс:** Электрические явления. (35 рис.)
- **9 класс:** Свободное падение тел (см. № 14). Закон всемирного тяготения (20 рис.)
- **10 класс:** Закон сохранения импульса (10 рис.). Закон сохранения момента импульса (5 рис.). Механическая работа и мощность (2 рис.). Закон сохранения энергии (10 рис.)
- **11 класс:** Электромагнитная индукция (см. № 14) • Файл с URL-адресами • Тематические подборки URL-адресов видеофайлов из Интернета • Тематические тесты «Динамика» (10 кл.), «Механические колебания и волны» (11 кл.)

Проектно-исследовательская деятельность учащихся



КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: метод проектов, исследовательская деятельность, проектная деятельность, творческие способности

Проф. В.А.ОРЛОВ
vladalorlov@list.ru,
ИСМО РАО, г. Москва

Метод проектов возник в 20-е гг XX в. в США. Его называли также *методом проблем* и связывали с идеями гуманистического направления в философии и образовании, которые активно разрабатывались американским философом и педагогом Дж. Дьюи, а также его учеником В.-Х. Килпатриком. Идея Дьюи заключалась в том, чтобы вовлечь каждого ученика в активный познавательный, творческий процесс. При этом направленность этого процесса должна быть прагматичной, чтобы ученики знали, зачем им необходимы те или иные знания, для решения каких жизненно важных проблем они могут быть полезны. Надо сказать, что Дьюи и его ученики пытались организовать не просто активную познавательную деятельность учащихся, но, что очень важно, деятельность на основе совместного труда, сотрудничества учащихся в процессе общения, коммуникации. То, что не мог бы сделать один ученик, в совместной деятельности оказывалось вполне достижимым, причём на основе собственных, самостоятельных усилий [1].

Под методом проектов понимается обобщённая модель определённого способа достижения поставленной учебно-познавательной цели, система приёмов, определённая технология познавательной деятельности. Поэтому важно не смешивать понятия «проект как результат деятельности» и «проект как метод познавательной деятельности».

Метод проектов предусматривает обязательно наличие проблемы, требующей исследования. Это определённым образом организованная поисковая, исследовательская, творческая, познавательная деятельность учащихся, индивидуальная или групповая, которая предусматривает не просто достижение того или иного результата, оформленного в виде конкретного практического выхода, но и организацию процесса достижения этого результата определёнными методами, приёмами.

В основе метода проектов лежит развитие познавательных навыков учащихся, умений самостоятельно конструировать свои знания, ориентировать

ся в информационном пространстве, анализировать полученную информацию, самостоятельно выдвигать гипотезы, принимать решения по поводу направления и методов поиска решения проблемы, развитие критического мышления, вести исследовательскую, творческую деятельность.

Другими словами, проект – это развёрнутое нестандартное исследование, в значительной мере выполненное самостоятельно, не по инструкции (включение теоретического обоснования и плана исследования, подбор оборудования, выполнение исследования, анализ результатов, расчёт погрешностей измерения, выводы), но при активном обсуждении в группе (если это коллективный проект) или с учителем (если проект индивидуальный).

Творческие способности не только проявляются в деятельности, но и «создаются» деятельностью. В связи с этим важно иметь специальную систему исследовательских и конструкторских проблемно-познавательных задач творческого характера, которая, будучи основанной на усвоенных по предмету знаниях, давала бы простор для самостоятельных поисков и действий учащихся. Конечно, одних уроков физики для организации полноценной проектной деятельности недостаточно – необходимо задействовать кружки, элективные курсы, турниры юных физиков (ТЮФ), ученические конференции, научные общества учащихся (НОУ) и другие виды внеурочных и внешкольных занятий [2]. Хорошим помощником могут стать учебники физики [3] с рубрикой «Домашняя лаборатория». Результаты учебного проекта (а тем более исследования) в основном являются «новыми» лишь субъективно.

Приведём примеры проектов, которые были выполнены в школе № 82 г. Черноголовки под руководством автора и О.Ф. Кабардина (см. также [4]).

1. Экспериментальное исследование движения тел в воздухе [5]

Задание. Выясните, как зависит сила сопротивления воздуха при падении тела от его скорости.

Возможный вариант выполнения

Ясно, что скорость не должна быть слишком большой, чтобы время падения можно было измерить как можно более точно с помощью простых подручных средств. В качестве такого тела можно взять лист бумаги, а ещё лучше – бумажную воронку. Склеиваем пять одинаковых воронок.

Автор выражает глубокую признательность Л.Э. Генденштейну за полезные дискуссии и помощь в подготовке материала к печати.

Гипотеза 1. Сила сопротивления пропорциональна скорости: $F \sim v$. Если гипотеза верна, воронки должны одновременно достичь пола*. Действительно:

$$mg = \alpha v_1, 2mg = \alpha v_2.$$

$$t_1 = \frac{h}{v_1} = \frac{h\alpha}{mg};$$

$$t_2 = \frac{2h}{v_2} = \frac{2h\alpha}{2mg} = \frac{h\alpha}{mg} \rightarrow t_1 = t_2.$$

Для экспериментальной проверки гипотезы одновременно отпускаем одну воронку с высоты 1 м и две воронки, вложенные друг в друга, с высоты 2 м (рис. 1): воронки достигают пола не одновременно, следовательно, гипотеза $F \sim v$ не верна!



Рис. 1

Гипотеза 2. Сила сопротивления пропорциональна квадрату скорости: $F \sim v^2$. Если гипотеза верна, воронки должны одновременно достичь пола. Действительно:

$$mg = \alpha v_1^2, 4mg = \alpha v_2^2.$$

$$t_1 = \frac{h}{v_1} = \frac{h\sqrt{\alpha}}{\sqrt{mg}} \rightarrow t_2 = \frac{2h}{v_2} = \frac{2h\sqrt{\alpha}}{\sqrt{4mg}} = \frac{h\sqrt{\alpha}}{\sqrt{mg}} \rightarrow t_1 = t_2.$$

Для экспериментальной проверки этой гипотезы одновременно отпускаем одну воронку с высоты 1 м и четыре воронки, вложенные друг в друга, с высоты 2 м. Опыт показывает, что вторая гипотеза справедлива: $F \sim v^2$.

2. Изучение колебаний пробирки с песком, плавающей в воде [7]

Задание. Рассчитайте период колебаний пробирки с песком, плавающей в вертикальном положении в сосуде с водой, результат расчёта проверьте экспериментально.

Возможный вариант выполнения

Оборудование: сосуд с водой; пробирка; песок; весы и гири; часы с секундной стрелкой или электронные часы с секундомером; металлическая линейка.

Рассмотрим теорию процесса. На пробирку действуют сила тяжести \vec{F}_T и архимедова сила \vec{F}_A — их равнодействующая в положении равновесия про-

бирки равна нулю (рис. 2, а). Если пробирку слегка погрузить в воду и отпустить, то начнётся колебательный процесс.

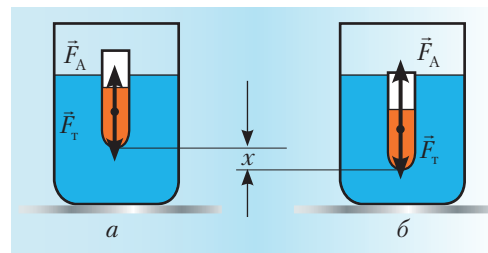


Рис. 2

Действительно, при погружении пробирки на малое расстояние x значение архимедовой силы увеличивается на $F = \rho S g x$, где ρ — плотность воды, S — площадь поперечного сечения пробирки, g — ускорение свободного падения (рис. 2, б).

Так как направления возвращающей силы и смещения пробирки противоположны, то проекция этой силы запишется так: $F_x = -\rho S g x$ или $F_x = -kx$, если принять $k = \rho S g$. Значит, пробирка должна совершать гармонические колебания с периодом

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\rho S g}}.$$

Полученную формулу проверяем на опыте. Для этого измеряем площадь поперечного сечения пробирки и её массу. Насыпаем в пробирку столько песка, чтобы она плавала в сосуде с водой в вертикальном положении.

Рассчитываем с помощью полученной формулы период колебаний пробирки.

Измеряем период колебаний пробирки $T_{\text{э}} = \frac{t}{N}$

с помощью часов с секундной стрелкой или секундомера.

Сравниваем теоретические и экспериментальные значения периодов колебаний.

Анализируем причины расхождения этих значений: ● большое трение между пробиркой и водой, то есть несовершенство выбранной модели (мы считали воду идеальной жидкостью) ● вовлечение в колебания воды в сосуде (явление так называемой «присоединённой» массы, за счёт чего масса, участвующая в колебательном процессе существенно увеличивается). Особенно ярко эффект проявляется, если диаметр сосуда с водой ненамного больше диаметра пробирки.

3. Измерение магнитной индукции магнитного поля Земли [8]

Задание. Предложите способ измерения магнитной индукции магнитного поля Земли и проверьте его на практике.

Возможный вариант выполнения

Оборудование: рамка размером $0,5 \times 0,5$ м, на которую намотано 100–200 витков медного провода; гальванометр типа М-273/9 или школьный зеркаль-

*Конечно, чтобы делать вывод о результате физических измерений, необходимо оценить погрешность этих измерений, в данном случае, измерения времени. Методика расчёта погрешностей лучше всего изложена в [6]. В данной статье мы, не останавливаясь на расчёте, указываем в некоторых интересных случаях только величину погрешностей. Для школьных экспериментов ошибку 10–15% можно считать вполне приемлемой.

ный гальванометр с дополнительным сопротивлением 5 кОм, компас, омметр или мультиметр.

Магнитное поле Земли в условиях проводимого эксперимента (при данных размерах рамки) и вдали от ферромагнитных тел можно считать однородным. Поэтому, измерив магнитный поток Φ , пронизывающий катушку известной площади поперечного сечения S , можно по формуле $B = \Phi/S$ определить значение индукции \vec{B} магнитного поля Земли. Для измерения потока надо выводы катушки подсоединить к гальванометру и измерить количество электричества ΔQ , протекающего по ней при повороте этой катушки в магнитном поле Земли на 180° : отброс пропорционален $2\Phi = \frac{\Delta Q \cdot R}{N}$, где R – сопротивление измерительной цепи, N – число витков катушки. Поскольку направление геомагнитного поля в данном месте нам неизвестно, можно измерить горизонтальную \vec{B}_g и вертикальную \vec{B}_v составляющие этого поля и затем найти векторную сумму $\vec{B} = \vec{B}_v + \vec{B}_g$.

Присоединяем выводы катушки на рамке к гальванометру. Устанавливаем рамку вертикально, а её плоскость – перпендикулярно горизонтальной составляющей вектора индукции магнитного поля Земли, ориентируясь по стрелке компаса (рис. 3).

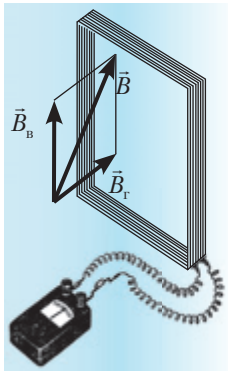


Рис.3

Поворачиваем рамку на 180° вокруг вертикальной оси и считываем отброс стрелки гальванометра. Повторяем опыт пять раз и находим среднее значение ΔQ . Измеряем площадь рамки и, зная число витков провода N , вычисляем $B_g = \frac{\Delta Q \cdot R}{2SN}$.

Аналогично вычисляем \vec{B}_v и определяем модуль индукции B магнитного поля Земли.

Возможные результаты

Поворот рамки вокруг вертикальной оси

n	ΔQ , Кл	R , Ом	S , м ²	N	B_g , Тл
4	$2,16 \cdot 10^{-7}$	$5,4 \cdot 10^3$	0,25	200	$1,17 \cdot 10^{-5}$

Поворот рамки вокруг горизонтальной оси

n	ΔQ , Кл	R , Ом	S , м ²	N	B_v , Тл
8	$4 \cdot 10^{-7}$	$5,0 \cdot 10^3$	0,25	200	$2,00 \cdot 10^{-5}$

Модуль вектора индукции магнитного поля Земли равен: $B = \sqrt{B_v^2 + B_g^2}$;
 $B = (2,3 \pm 0,1) \cdot 10^{-5}$ Тл.

4. Экспериментальная проверка законов движения тел переменной массы [8]

Задание. Экспериментально проверить законы движения тел переменной массы, которые были установлены теоретически.

Возможные варианты выполнения

4.1. Проверка уравнения Мещерского. Расчёт движения тел переменной массы и обобщение на этот случай законов движения Ньютона впервые провёл профессор Петербургского университета И.В. Мещерский в 1897 г. Применяв закон сохранения импульса для ракеты: $m\Delta\vec{v} = -\Delta m\vec{u}$, где m – масса ракеты, $\Delta\vec{v}$ – изменение скорости ракеты при выбросе из неё массы топлива Δm , \vec{u} – скорость газовой струи относительно ракеты. Разделив обе части полученного выражения на промежуток времени Δt , получим уравнение Мещерского: $\vec{F}_p = -\frac{\Delta m}{\Delta t}\vec{u}$, где F_p – реактивная сила, $\frac{\Delta m}{\Delta t}$ – секундный расход топлива.

Проверяем справедливость этого уравнения в домашнем эксперименте, заменив топливо водой (рис. 4). Чтобы определить расход воды $\frac{\Delta m}{\Delta t}$, направ-

ляем струю из крана, через резиновую трубку, надетую на согнутую под прямым углом стеклянную трубку диаметром D , в кювету и с помощью мензурки измеряем массу Δm вытекшей за время Δt воды. Скорость истечения воды $u = \frac{\Delta m}{\rho S \Delta t}$, где ρ – плотность воды, $S = \frac{\pi D^2}{4}$ – площадь сечения трубки. Рас-

считываем реактивную силу:

$$F_{pt} = \frac{\Delta m}{\Delta t} u = \frac{\Delta m}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta m}{\Delta t} \cdot \frac{1}{\rho S} = \left(\frac{\Delta m}{\Delta t}\right)^2 \cdot \frac{1}{\rho S}.$$

Измеряем динамометром реактивную силу $F_{pэ}$ и сравниваем полученное значение с теоретическим значением F_{pt} . Результаты одного опыта приведены в таблице.

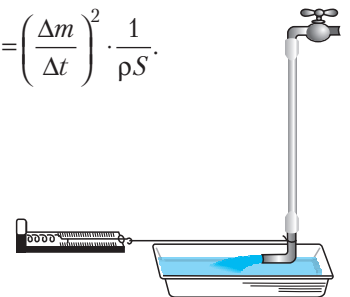


Рис. 4

Δm , кг	Δt , с	$\frac{\Delta m}{\Delta t}$, кг/с	D , м	S , м ²	F_{pt} , Н	$F_{pэ}$, Н
0,18	3	$6,0 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-5}$	0,18	0,2

Как видим, расчётное значение силы в пределах погрешности измерений 10% совпадает с экспериментальным значением.

4.2. Проверка формулы Циолковского. Так как масса ракеты в полёте непрерывно изменяется, то для расчёта максимальной скорости ракеты при заданном запасе топлива необходимо использовать уравнение закона сохранения импульса в виде $m\Delta\vec{v} = -\Delta m\vec{u}$. Проинтегрировав уравнение $dv = -u\frac{dm}{dt}$, получим, при условии равенства нулю начальной скорости ракеты, формулу Циолковского: $v = u \ln \frac{m_0}{m}$, где m_0 – масса ракеты с топливом в начальный момент времени, m и v – соответственно масса и скорость ракеты в заданный момент времени, u – скорость истечения газов относительно ракеты, \ln – натуральный логарифм.

Впервые этот расчёт выполнил в 1903 г. К.Э. Циолковский. Из анализа формулы ясно, что скорость ракеты тем больше, чем больше скорость истечения газов относительно ракеты и чем больше запас горючего. При этом выгоднее первый путь, так как зависимость скорости от отношения масс логарифмическая: при возрастании относительной массы ракеты в геометрической прогрессии скорость ракеты увеличивается в арифметической прогрессии.

Для экспериментальной проверки формулы Циолковского используем модель ракеты (рис. 5). В ракету наливаем воду и накачиваем воздух с помощью велосипедного насоса. При открывании клапана сжатый воздух выталкивает из ракеты струю воды и возникающая реактивная сила приводит ракету в движение.



Рис. 5

Проводим исследование, которое показывает, что для получения наибольшей скорости ракеты (а следовательно и максимальной дальности её полёта) в модель объёмом 140 мл следует налить 30 мл воды.

Массу ракеты m_1 и массу воды m_2 измеряем с помощью весов: $m = m_1 + m_2$.

Экспериментально определяем скорость u истечения воды из сопла ракеты, для чего измеряем силу, с которой водяная струя ударяет в подставленную чашку пружинных весов:

$$F = \frac{\Delta m}{\Delta t} u = \frac{\rho S u \Delta t}{\Delta t} u = \rho S u^2 \Rightarrow u = \sqrt{\frac{F}{\rho S}}$$

Расчитанное по формуле Циолковского $v_T = u \ln \frac{m_1 + m_2}{m_1}$ значение скорости ракеты проверяем на опыте, для чего производим вертикальный запуск ракеты на открытом месте, измеряем время полёта t , а затем вычисляем начальную скорость ракеты: $v_3 = \frac{gt}{2}$.

Поскольку экспериментальное измерение скорости ракеты v_3 и скорости истечения воды u мы проводим в разных экспериментах, в обоих случаях необходимо обеспечить одно и то же давление воздуха в ракете. После ряда неудачных попыток решения этой проблемы было найдено оптимальное – масса накачиваемого насосом воздуха m_3 в обоих экспериментах должна быть одинаковой, как и масса воды m_2 .

Чтобы изменение давления воздуха в процессе запуска ракеты было незначительным, а скорость истечения струи воды можно было считать постоянной, объём воды, заливаемой в ракету, должен быть существенно меньше объёма ракеты (30 мл против 140 мл). Примерные результаты приведены в таблице.

m_1 , 10 ⁻³ кг	m_2 , 10 ⁻³ кг	m_3 , 10 ⁻³ кг	S , 10 ⁻⁵ м ²	F , Н	u , м/с	v_T , м/с	t , с	v_3 , м/с
53,15	30	0,53	3,1	29	30,6	13,7	3	14,7

Видно, что расчётная скорость ракеты совпала с экспериментальной с точностью 7%.

Ещё три проекта [4]: «Исследование зависимости удельной теплоёмкости металлов от их молярной массы («открытие» закона Дюлонга–Пти)», «Конструирование модели телескопа и определение с его помощью увеличения изображения звёзд», «Конструирование системы автоматического включения/выключения освещения на базе фоторезистора» – даны на диске.

Литература

- Дьюи Д. Демократия и образование. М.: Педагогика-Пресс, 2000.
- Разумовский В.Г. Развитие творческих способностей учащихся. / В кн. для учителя «Углублённое изучение физики» в 10–11 классах. Под ред. О.Ф. Кабардина, В.А. Орлова. М.: Просвещение, 2002, с. 9–16.
- Генденштейн Л.Э. и др. Физика: учебник для 7–8 классов общеобразоват. учреждений / Под ред. В.А. Орлова, И.И. Ройзена. М.: Мнемозина, 2009–2011.
- Орлов В.А. Творческие экспериментальные задания. // Физика-ПС. 1999. № 5, 6, 8, 10, 14.
- Физика. 10 класс. Ч. 1.: учебник для общеобразоват. учреждений. / Под ред. В.Г. Разумовского, В.А. Орлова. М.: Владос, 2010, с. 105–106.
- Физический практикум для классов с углублённым изучением физики / Под ред. Ю.И. Дика, О.Ф. Кабардина. М.: Просвещение, 2002, с. 124–126.
- Физика. 8 класс. Ч. 1.: учебник для общеобразоват. учреждений. / Под ред. В.Г. Разумовского, В.А. Орлова. М.: Владос, 2005, с. 63–65.
- Кабардин О.Ф., Кабардина С.И., Шеффер Н.И. Факультативный курс физики. М.: Просвещение, 1978, с. 197–199.

Перегрузки в нашей жизни

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ученические исследования, динамика, перегрузки, невесомость, ЦЛ «Архимед», колебания маятника, банджи-джампинг

Ученическая
исследовательская
работа

- Выполнили: ученики 10-го класса ВЕДЕНЯПИН Максим, ДУНАЕВ Анатолий, ЕРЁМИН Александр, НАРЧУК Владислав, ШКУРИНА Анастасия (ГБОУ СОШ № 747, г. Москва).
- Руководитель: учитель физики **Е.В. Алексеева** alekseeva1971@bk.ru

Цель исследования: определение условий, приводящих к перегрузкам и их экспериментальное наблюдение в различных процессах.

Задача исследования: вычислить с помощью цифровой лаборатории «Архимед» значение перегрузок в смоделированных процессах.

Введение

Мы ежедневно испытываем перегрузки – информационные, эмоциональные, физиологические, психологические... Наша работа посвящена исследованию физических перегрузок. Они действуют на всех жителей нашей планеты, хотя об этом часто и не подозревают. Изучение перегрузок важно для здоровьесбережения человека и предупреждения его необдуманных поступков.

Как проявляются физические перегрузки? Цель нашего исследования как раз и состоит в определении условий, приводящих к перегрузкам, их экспериментальное моделирование и оценка величины. Для достижения цели исследования мы наметили решить следующие задачи: ● рассмотреть, что называется весом тела и перегрузкой ● определить, при каких условиях меняется вес тела ● рассмотреть влияние увеличения веса на организм человека и технику ● экспериментально исследовать процессы, в которых возникают перегрузки, оценить их величину, определить условия безопасной жизнедеятельности человека.

Методы исследования: изучение и анализ Интернет-сайтов, научно-популярных статей по теме исследования; определение веса тела и возникающих в модельных опытах перегрузок с помощью цифровой лаборатории «Архимед».

Основные результаты. Проведя социологический опрос, мы выявили, что понятие перегрузки известно с точки зрения физики, но мало понятно нашим сверстникам. Наше исследование позволи-



Юные исследователи: Александр Ерёмин, Владислав Нарчук, Максим Веденяпин, Анатолий Дунаев и Анастасия Шкурина

ло комплексно рассмотреть ряд процессов, приводящих к перегрузкам, рассмотреть влияние изменения веса на самочувствие человека, а также экспериментально определить значение перегрузки в конкретных ситуациях.

1. Вес тела и перегрузка

Весом тела называется сила, с которой тело, находясь в поле силы тяжести, действует на опору (или подвес). Вес численно равен силе тяжести, только если тело и опора неподвижны или движутся равномерно и прямолинейно: $P = mg$. При движении тела с ускорением a , направленным вниз, вес тела меньше силы тяжести (и веса покоящегося тела): $P = m(g - a)$. При движении тела с ускорением a , направленным вверх, вес тела больше: $P = m(g + a)$.

Увеличение веса тела, вызванное ускоренным движением опоры (или подвеса), называется перегрузкой. Она равна отношению веса ускоренно движущегося тела к весу покоящегося тела: $k = P/(mg)$.

Влияние перегрузки на организм зависит, главным образом, от её величины, времени действия и направления. В отличие от скорости, ускорение – изменение скорости – человек ощущает. Перегрузки, возникающие при движении с большими ускорениями, опасны.

Физиологическое ощущение веса связано с тем, насколько трудно поднять руку или голову: давление внутренних органов человека на скелет пропорционально весу человека.

При перегрузках происходит замедление кровообращения. Действительно, в норме давление крови у человека на уровне сердца составляет 0,12 атм. Но так как голова стоящего человека на 30 см выше сердца, то при ускорении $4g$ этого давления достаточно лишь для того, чтобы кровь могла пройти до головного мозга. Чтобы обеспечить кровообраще-

Печатается в реферативном виде. Полный текст проекта см. на диске. – Ред.

ние мозга при $8g$, сердце должно увеличить напор крови более чем вдвое. При ускорении $5g$, направленном вдоль тела в направлении ноги–голова, кровь утяжеляется настолько, что сердце вообще не может гнать её к голове. У человека возникает «чёрная пелена» перед глазами, он теряет сознание. Если ускорение направлено в противоположную сторону (голова–ноги), перед глазами встаёт «красная пелена», и наступает потеря сознания в результате прилива крови к голове. Уже при ускорении, несколько большем g , у человека нарушается зрение, появляются галлюцинации.

Возникновение перегрузок чаще всего связывают со стартом космического корабля, они достигают $(7–9)g$. Также большие перегрузки возникают при раскрытии парашюта, управляемом спуске космического аппарата, резком маневрировании на скоростном самолёте, при автомобильной аварии [1].

Однако перегрузки возникают и в быту.

ПЕРЕГРУЗКИ В ЛИФТЕ. В лифте, движущемся вниз с ускорением (в начале спуска) или останавливаемом в конце подъёма, вес тела уменьшается по сравнению с весом того же тела, покоящегося или движущегося равномерно. По этой же причине вес тела на экваторе меньше, чем на полюсах Земли, так как вследствие суточного вращения Земли тело на экваторе движется с центростремительным ускорением. Наоборот, в лифте, ускоренно движущемся вверх (в начале подъёма), или останавливаемом в конце спуска, вес тела увеличивается. Особенно это заметно при поездке на скоростном лифте [2].

Более значительные перегрузки – до $(4–6)g$ – человек может испытать на американских горках в течение от 0,2 до нескольких секунд. Для неподготовленного, не страдающего серьёзными заболеваниями человека это не опасно. Дети старше восьми лет нагрузки переносят лучше взрослых и удовольствия получают больше. Единственное ограничение для здоровых детей связано с унифицированной системой фиксации пассажиров: рост ребёнка должен быть не менее 120 см. Взрослым и детям с заболеваниями сердца и сердечно-сосудистой системы, с проблемами опорно-двигательного аппарата нагрузки противопоказаны и кататься на аттракционах им категорически не рекомендуется. При перегрузках, безобидных для здорового человека, может разорваться тончайший кровяной сосуд, что приведёт к летальному исходу. Современные аттракционы проектируются с помощью компьютерных программ, и перегрузки на каждом метре пути тщательно просчитываются. Если внимательно присмотреться к новым скоростным аттракционам, можно заметить большие радиусы поворотов, ведь ускорение обратно пропорционально радиусу: $a = v^2/R$.

ПЕРЕГРУЗКИ В МАШИНЕ. Во время поездки в машине человек может испытать кратковременное увеличение веса во время разгона, торможения, при повороте. Наиболее сильные перегрузки испытывают пилоты «Формулы-1» во время гонок: около 1000 перегрузок до $6g$ (торможение, набор скорости, входение в длинный поворот). Особенно

сильны перегрузки в области шеи, поэтому пилоты надевают специальный «каркас». Все пилоты «Формулы-1» постоянно тренируются, чтобы быть быстрыми и продуктивными, у каждого свой индивидуальный график. В основном это тренировки на выносливость к нагрузкам на позвоночник и шею. Пилотам приходится уделять много внимания своей физической подготовке. Не все люди способны выдержать даже перегрузки в $4g$.

Ещё опаснее перегрузки во время аварии: при ударе автомобиля о препятствие со скоростью всего 50 км/ч собственный вес пассажира мгновенно возрастает, по меньшей мере, в 5–6 раз, что приводит к необратимым последствиям для человека [3].



У «космической» центрифуги, Центр подготовки космонавтов

ПЕРЕГРУЗКИ В САМОЛЁТЕ. Человек, летящий в самолёте, как правило, испытывает перегрузку. Допустимое значение перегрузок для гражданских самолётов составляет $2,5g$. Ещё большие перегрузки возникают во время выполнения фигур высшего пилотажа.

Значительные перегрузки довольно сильно воздействуют на организм, а при критических значениях приводят к тяжёлым последствиям. Прославленный советский лётчик А.И. Покрышкин, вспоминая об одном из воздушных боёв, пишет: «Тут со мной произошла досадная неприятность. Слишком резко переломив машину из-за опасности прямого столкновения с зажжённым «Мессером», я от большой перегрузки на какое-то мгновение потерял сознание» [3, 4].

При перегрузке тело человека как бы утяжеляется, каждое движение требует больших усилий. Дело в том, что организм человека состоит из разнородных тканей, в нём есть полости, по сосудам пульсирует кровь. Под воздействием ускорения внутренние органы начинают смещаться, кровь приливает к ногам или голове (в зависимости от направления ускорения).

Если перегрузка действует в направлении голова–таз, все внутренние органы, которые не закреплены жёстко, стремятся опуститься, кровь тоже устремляется вниз – от головы, сердца и лёгких к органам брюшной полости и ногам, лицо втягивается, как бы худеет, а объём голени, наоборот, намного увеличивается. Мозг обескровливается. Человек теряет сознание. Действие перегрузки от ног к голове

вызывает прилив крови к верхней части тела, кровотечение из носа, кровоизлияние в сосудах глаз. Менее болезненно переносятся перегрузки, действующие поперёк тела.

Как показали опыты, при обычном положении в кресле самолёта тренированные лётчики удовлетворительно переносят перегрузки (7–8)g в течение 1–2 с и перегрузки до 5g в течение 15–20 с. Мгновенные, так называемые ударные перегрузки, которые длятся не более 0,1 с, переносятся, даже когда они достигают 20g. Человек в этот момент весит 1,5 т! А в направлении грудь–спина выдерживаются мгновенные перегрузки до 40g [1]!

ПЕРЕГРУЗКИ В КОСМОСЕ [1]. Большие перегрузки испытывают, конечно, космонавты. Методы борьбы с большими перегрузками впервые предложил К.Э. Циолковский. Один из них – помещение космонавта при старте и финише ракеты в жидкость, плотность которой равна плотности тела. Второй способ, подтверждённый многочисленными опытами и применяемый в современной космонавтике, заключается в расположении тела космонавта так, чтоб ускорение было направленно перпендикулярно длинной оси человеческого тела. Последнее делается для того, чтобы, уменьшая размеры подвергаемых деформации кровеносных сосудов, свести к минимуму нарушение условий кровообращения.

Оказывается, к перегрузкам в определённых пределах можно привыкнуть. Тренировки на специальных центрифугах, горизонтальных и вертикальных катапультах, тренировочное катапультирование с вышек значительно повышают сопротивляемость организма перегрузкам.

Немалую помощь лётчикам оказывает специальный противоперегрузочный костюм (ППК). Большинство неприятностей при перегрузках связано с резким отливанием крови от головы и верхней части туловища. Главное назначение ППК – воспрепятствовать этому. ППК представляет собой специального покроя комбинезон, вернее, штаны, обычно из капроновой или нейлоновой ткани с резиновыми камерами внутри. При возникновении перегрузки в направлении голова–ноги в эти камеры автоматически нагнетается воздух, костюм сдавливает голени, бёдра и живот, отжимая от них кровь. Давление в костюме регулируется автоматически, уменьшая перегрузку примерно на 3g. Однако ППК не защищает лётчика при мгновенных перегрузках. Лучше всего расположить человека горизонтально, чтобы перегрузка действовала в направлении грудь–спина.

В США предложена, например, противоперегрузочная сбрасываемая кабина, имеющая форму сплюснутого сфероида. Она может свободно вращаться вокруг поперечной оси на 360°. Центр тяжести рассчитан таким образом, что линия, идущая от оси вращения к центру тяжести, всегда перпендикулярна прямой, проходящей через голову и сердце лётчика. Таким образом, перегрузки всегда будут действовать поперёк тела и прижимать лётчика к сиденью.

НУЛЕВАЯ ПЕРЕГРУЗКА. Будущим космонавтам предстоит столкнуться не только с большими перегрузками. Перегрузки от 1g до 0 воспринимаются как уменьшение веса

тела. При нулевой перегрузке тело невесомо. Если космонавт находится на спутнике, невесомость возникает вследствие того, что он постоянно падает на Землю, двигаясь при этом с первой космической скоростью. При полёте на космическом корабле от Земли (например, на другие планеты) состояние невесомости наступает вследствие ослабления земного притяжения. При невесомости теряют смысл понятия «верх» и «низ», нельзя определить, стоит человек или лежит, нужно приспособиться ко многим непривычным явлениям. Серьёзную проблему представляет собой резкий переход от больших перегрузок к невесомости при старте ракеты и от невесомости к перегрузкам при торможении.

На практике в земных условиях состояние невесомости наблюдают: ● в башнях невесомости (высоких сооружениях, внутри которых испытывают свободно падающие контейнеры с исследовательской аппаратурой) ● в самолётах, движущихся по особым траекториям («горкам Кеплера») ● в ракетах-зондах, которые поднимают в разрежённые слои атмосферы и отключают двигатели, после чего они переходят в режим свободного падения.

Ещё один способ получения «невесомости» в земных условиях – погружение тела в жидкость с плотностью, равной плотности тела (гидроневесомость). В этом случае вес тела уравнивается архимедовой силой, тело становится «невесомым», приобретая способность свободно перемещаться в любом направлении. Именно так тренируются космонавты в Центре подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина для работы на космических станциях. Многочисленные эксперименты и исследования показывают, что человек умеет приспособиваться к состоянию невесомости. Кроме того, можно создать эффект искусственной силы тяжести. В США проводились опыты, когда будущие космонавты передвигались во время состояния невесомости по железным дорожкам самолёта в башмаках с магнитными подошвами, в том числе и вниз головой (низ – относительно кабины самолёта). Если вращать космический корабль вдоль продольной оси, также, благодаря центробежной силе, можно получить искусственную тяжесть [1].

Ещё К.Э. Циолковский предполагал, что в условиях невесомости у человека могут возникнуть различные иллюзии и нарушение ориентации в пространстве. Впервые у космонавта Г.С. Титова в орбитальном полёте наблюдались неприятные ощущения, которые были охарактеризованы им как состояние, близкое к укачиванию, и выражались в головокружении и подташнивании. Когда космонавт резко поворачивал голову, головокружение усиливалось, и появлялась иллюзия «плавания» предметов. Причём не только при поворотах головы, но и при мелькании предметов («бега Земли»).

2. Эксперименты

Мы попробовали охватить различные ситуации, когда человек, даже не будучи космонавтом, испытывает перегрузки. Экспериментальная установка включала в себя штатив, груз на нити, датчик силы и портативный компьютер Nova5000.

1. Колебания груза на нити. При движении маятника мы зафиксировали изменение веса тела, связанное с изменением направления и величины ускорения тела при его движении (рис. а). Максимальный вес достигается при прохождении грузом положения равновесия, минимальный – в крайних точках траектории движения.

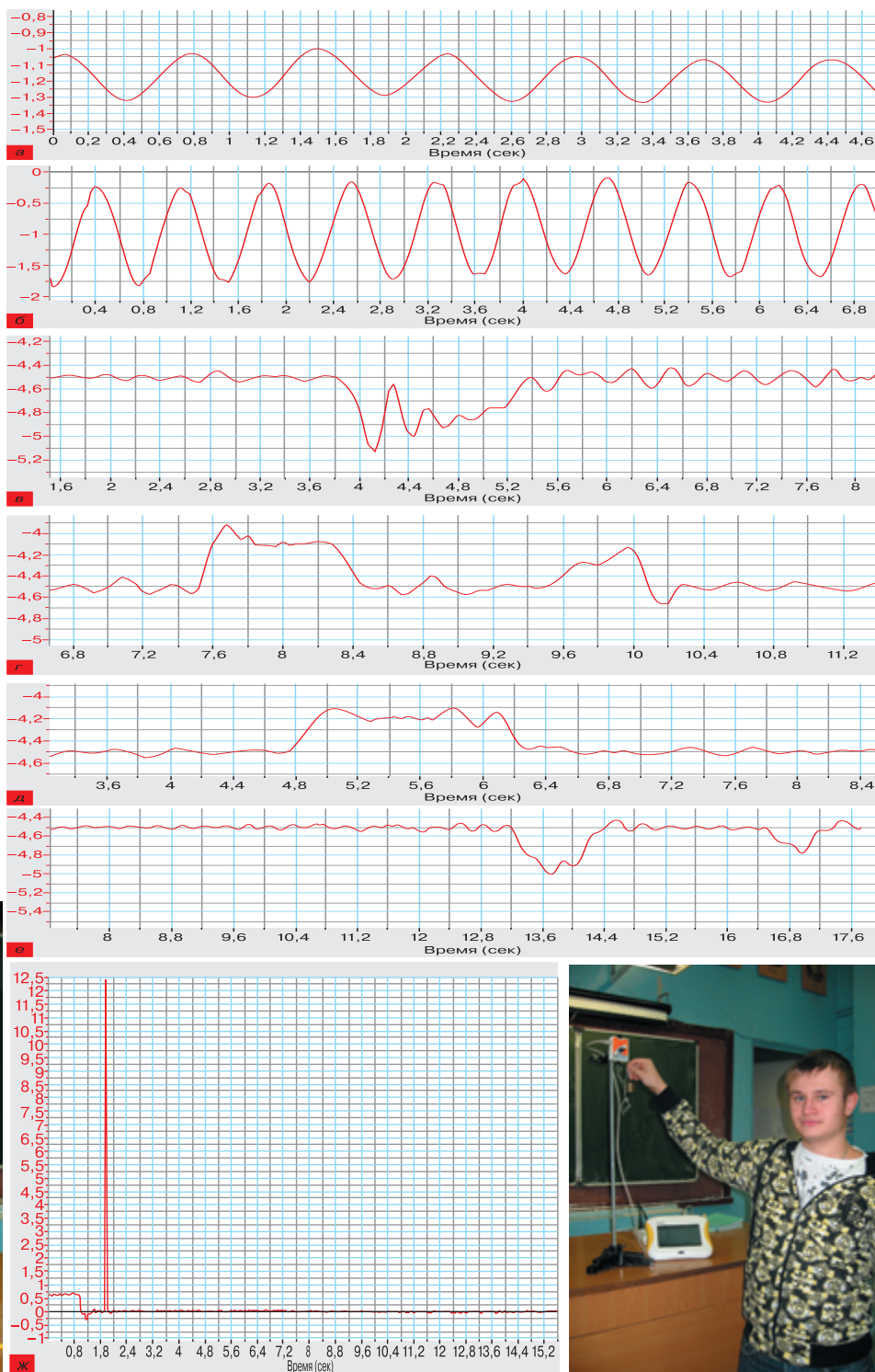
2. Колебания пружинного маятника. При движении груза вес тела изменялся от 0,25 Н до 1,75 Н. Вес покоящейся пружины 1 Н. Таким образом, максимальная перегрузка составила 1,75g (рис. б, калибровка датчика сделана для невесомой пружины).

3. Подъёмы и спуски в пассажирском лифте 14-этажного дома. Экспериментальные зависимости изменения веса тела от времени показаны для следующих случаев: *в* – лифт движется вверх (начинает движение); *г* – лифт движется вверх (останавливается); *д* – лифт движется вниз (начинает движения); *е* – лифт движется вниз (останавливается).

Из графиков видно, что увеличение веса тела наблюдается во время торможения спускающегося лифта или в начале его ускоренного подъёма. Увеличение веса тела в нашем опыте составило всего лишь 1,13g. Также видно, что в начале спуска лифта и при

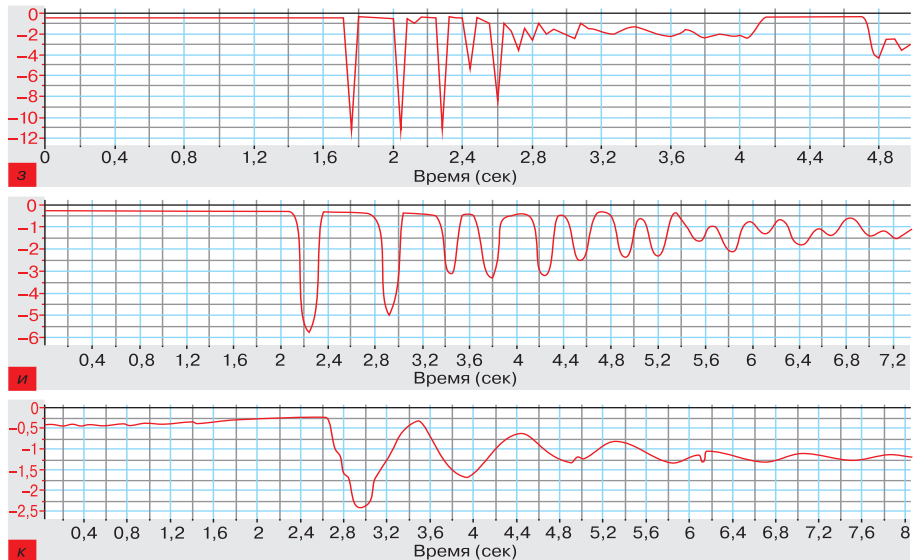
его торможении перед остановкой при движении вверх вес тела уменьшается.

4. Резкое торможение при автоаварии. Аварии мы устраивали с моделью гоночного автомобиля, на шасси которого горизонтально положили датчик силы и вплотную к нему поставили груз весом 5,5 Н. Машину ставили на расстоянии 1 м от стены, разгоняли и фиксировали показания датчика



Экспериментальная установка для исследования перегрузок, возникающих при разных видах движения (внизу) и графики зависимости веса тела от времени: а) при колебаниях груза на нити; б) при колебаниях пружинного маятника; в, г) в поднимающемся лифте; д, е) в опускающемся лифте; ж) при автомобильной аварии. Справа: эксперимент проводит Владислав Нарчук

http://www.freakingnews.com/Jumping-Man-Pictures-...-2003-0.asp



Банджи-джампинг

от начала движения до удара о стену. По полученной зависимости веса тела от времени легко рассчитать перегрузку. В данном опыте она составила примерно 2,3g.

5. Банджи-джампинг. Это один из модных в мире аттракционов: участника привязывают к длинному резиновому канату, на котором они и прыгают вниз. Для экспериментального определения возникающих при этом перегрузок мы отпускали груз, поднятый на некоторую высоту. Какое-то время он находился в состоянии невесомости (в этот момент показания датчика равнялись нулю), а затем испытывал резкое торможение – в этот момент мы фиксировали резкое увеличение веса тела (рис. з). Перегрузка оказалась очень большой – 8g. При замене нити резиновым жгутом перегрузка намного меньше – всего 3,7g (рис. и), а на канцелярской резинке – 1,5g (рис. к).

Модель модного аттракциона позволила нам экспериментально доказать резкое увеличение веса тела в момент торможения.

Выводы. Мы определили условия, приводящие к перегрузкам, и провели их экспериментальный рас-

чёт в смоделированных процессах. Мы узнали, что изменение веса тела происходит достаточно часто, но при небольших значениях перегрузки, нам это не повредит. Учёт максимально допустимых значений перегрузки важен для конструкторов автомобилей и самолётов; для людей, рискующих своим здоровьем, выбирая трудную профессию военного лётчика или космонавта. Выполненное исследование может стать основой для дальнейшей работы по изучению влияния различных физических факторов на жизнь и здоровье человека.

Литература

1. Физика и человек: пособие для учителей физики общеобразоват. учреждений, гимназий, лицеев. М.: Аспект Пресс, 1994. 336 с.
2. Физика. Механика. 10 класс. Профильный уровень: учебник для общеобразоват. учреждений / Под ред. Г.Я. Мякишева. М.: Дрофа, 2007.
3. http://www.gramotey.com/?open_file=1269018763
4. www.autoexpert.in.ua/ru/osobennosti-vybora/detskoy...

Фото автора



Екатерина Владимировна Алексеева – учитель физики высшей квалификационной категории. Окончила с отличием в 1993 г. МПГУ им. В.И. Ленина. Педагогический стаж 18 лет (причём в одной и той же школе, которую закончила сама). Педагогическое кредо: чужих детей не бывает! Главное достижение – успехи учеников, их интерес к самостоятельным исследованиям, их победы в олимпиадах и конкурсах. Многие ученики поступают в вузы инженерно-технической направленности. Любит заниматься проектной и исследовательской деятельностью с учащимися, а также читать, рисовать, путешествовать. Замужем, сын учится в МГТУ МАМИ.

Ученические исследования в ГОУ СОШ № 546

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ученические исследования, машина на солнечной батарее, ультразвук, контроль качества нанообъектов, растровый электронный микроскоп, сверхпроводимость

Ю.В. КАЗАКОВА
kazakova546@mail.ru,
ГОУ СОШ № 546, г. Москва

Исследовательская деятельность открывает новые возможности для развития личности учащихся. Мы уже пять лет ведём работу по следующим направлениям: ● конструирование с использованием комплектов LEGO® Education ● учебно-исследовательская работа с использованием демонстрационного и лабораторного оборудования кабинета физики, а также комплектов компании «Научные развлечения» («Язык дельфинов», «Лазерное шоу», «Механика Галилео», «Юный физик») ● научно-исследовательская работа на базе Учебно-научного радиофизического центра (УНРФЦ) МПГУ ● теоретическая исследовательская работа по физике и астрономии. За это время удалось вовлечь во внеурочную исследовательскую деятельность более 30 учащихся 7–11-го классов, причём половина из них проявляла устойчивый интерес на протяжении нескольких лет. Все работы отмечались дипломами и грамотами на конкурсах и на окружных, городских и всероссийских конференциях.

Ниже реферативно представлены четыре ученических проекта, выполненных по разным направлениям. Полные тексты всех проектов и презентации даны на диске.

К сожалению, не во всех школах есть материально-техническая база для организации внеурочной исследовательской деятельности учащихся. Мало учителей, имеющих возможность организовать такую деятельность на базе вуза. Не все учителя и учащиеся готовы к столь трудоёмкой работе. Это работа не может быть массовой и часто держится на энтузиазме учителя и сотрудников вузов.

РАБОТА 1.
ПАВЛОВ Роман, ШЕРГИН Никита,
7-й класс.
Изучение движения модели
автомобиля на солнечной батарее

Введение. Энергия Солнца может использоваться для решения множества задач. Одна из них – преобразование солнечной энергии в электрическую. Для этого используют солнечные батареи. Если их установить на электромобиль, то получится экологически чистый вид транспорта.

На занятиях по ЛЕГО-конструированию мы собрали две модели электромобилей, работающих от солнечной батареи. Но когда мы решили узнать, чья ма-

шина быстрее, нас ждало разочарование: на улице было пасмурно, да и искусственное освещение в классе оказалось недостаточным, чтобы наши автомобили тронулись с места. Только когда мы включили мощную лампу, машины поехали. Перед нами встала проблема: как добиться максимальной скорости движения?



Никита Шергин и Роман Павлов

Цель работы: выявить факторы, влияющие на скорость автомобиля.

Основное содержание. Исследованы зависимость скорости модели автомобиля от мощности лампы, от расстояния между солнечной батареей и лампой, от площади солнечной батареи и от массы модели. Все результаты представлены в виде таблиц. Сделана подборка сведений из Интернета о последних разработках в этой области и о перспективах использования «солнечных» электромобилей России.

Выводы. 1. Скорость движения модели электромобиля тем больше, чем мощнее источник света, чем ближе он находится (в пределах технически допустимого), чем больше площадь солнечной батареи и чем меньше масса модели.

2. Достоинства электромобилей на солнечной батарее: отсутствие вредных выбросов в атмосферу и использование бесплатного источника энергии – Солнца. Недостатки: малая мощность, невозможность использования в местностях с небольшим количеством солнечных дней в году. Для России этот вид транспорта пока неперспективен.

РАБОТА 2.
ДЕНИСОВА Валерия, 11-й биолого-химический класс.
Исследование ультразвука и областей его применения

Введение. Ультразвук (УЗ) – это упругие волны высокой частоты (от 20 000 Гц до $\sim 10^6$ Гц), распространяющиеся в среде. Существование неслышимых звуков было обнаружено в кон-



Валерия Денисова

це XIX в. Тогда же начались первые исследования ультразвука, но применяться он стал только в первой трети XX в., когда было обнаружено воздействие УЗ на вещество.

Цель исследования: изучить свойства УЗ и области его применения.

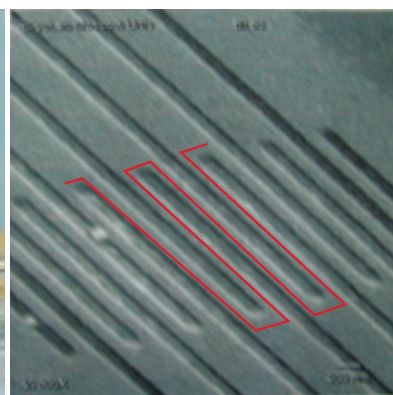
Методы исследования: анализ литературы и сайтов Интернета; проведение опытов по изучению свойств УЗ при помощи набора «Язык дельфинов» (ООО «Научные развлечения», г. Москва).

Основное содержание. В качестве источника УЗ использовался магнитострикционный преобразователь частотой ~44 кГц. Магнитострикция – это явление изменения размеров тел при изменении их намагниченности. Магнитострикционные устройства преобразуют энергию магнитного поля в механическую энергию. Вибрации преобразователя возбуждают в твёрдой или жидкой среде УЗ-волны той же частоты. Были исследованы механический (сжатие-растяжение), термический (нагревание) и физико-химический (кавитация) эффекты, порождаемые УЗ. Составлена подборка материалов из Интернета по применению УЗ в быту, медицине, косметологии, промышленности, приборо- и машиностроении, в рыболовстве и других областях.

Выводы. Установлено, что ультразвук уменьшает трение тел, движущихся по колеблющейся поверхности; нагревает облучаемые тела; образует ветер; выбивает пыль; образует в жидкостях кавитационные пузырьки;



Исследование датчика с помощью оптического микроскопа не позволяет выявить дефекты



Объект исследования – тонкоплёночный датчик – в растровом электронном микроскопе. Красная линия – два периода меандра – путь тока (нанесён нами. – Ред.)

дегазирует жидкость; разрушает кристаллы; способствует перемешиванию жидкостей; распыляет воду.

РАБОТА 3.

УТЕАЛИЕВА Нина, 11-й биолого-химический класс.

Окно в наномир, или использование растрового электронного микроскопа для получения изображения и контроля качества нанобъектов

Введение. Греческое слово *νανο* означает *карлик*. Размеры нанобъектов составляют от 0,1 до 100 нм. Степень проникновения в микромир зависит от возможности рассмотреть величину микробъектов, от разрешающей способности прибора, определяемой длиной волны используемого излучения (видимое, ультрафиолетовое, рентгеновское). Фундаментальное ограничение заключается в невозможности получить изображение объекта, меньшего по размерам, чем длина волны излучения.

При решении ряда задач в разных областях требуются приборы, изготовленные на основе тонких плёнок. Примером такого прибора является сверхпроводниковый однофотонный детектор (*SSPD – Superconductive Single-Photon Detector*), применяемый для регистрации слабого ИК-излучения, тестирования микросхем, в системах оптической (лазерной) связи, медицине (тепловизоры), в радиоастрономии (в радиотелескопах) для определения частоты опорного излучения.

Чувствительным элементом *SSPD* является датчик, представляющий собой сверхпроводящую плёнку NbN толщиной 1,0–10,0 нм, нанесённую в виде меандра (извилистой полоски шириной около 100 нм) на подложку. Важным этапом процесса изготовления детекторов является контроль качества сформированных структур.

Цель работы: изучить метод получения изображений нанообъектов и контроля их качества при помощи растрового электронного микроскопа.

Методы исследования: анализ литературы и сайтов Интернета по теме; беседы с сотрудниками УНРЦ МПГУ; беседа с заведующим технологическим сектором УНРЦ МПГУ Б.М. Вороновым; получение изображений нанообъектов при помощи оптического и растрового электронного микроскопа (РЭМ) и изучение их на предмет наличия брака (разрывы меандра, закорачивание, неровность края).

Основное содержание. Изучены принципы получения изображения в невооружённом глазе, в оптическом микроскопе и РЭМ. Проведено наблюдение структуры нескольких образцов SSPD в оптический микроскоп с увеличением 2000 и РЭМ с увеличением 100 000. Изображение в обоих случаях выводилось на монитор, но только электронный микроскоп позволял чётко увидеть дефекты: разрывы, неровности края, закоротки.

Выводы. Показано, что для получения изображения нанообъектов необходимо использовать растровый электронный микроскоп, так как оптический имеет слишком маленькую разрешающую способность (~0,50...0,70 мкм против ~0,1 нм у электронного) и недостаточное увеличение (до ~2000 против 300 000)

- Освоена методика получения наноизображений в РЭМ
- Проверено качество трёх тонкоплёночных структур, наблюдались дефекты в виде неровности края меандра и разрыва сплошности
- Измеренная ширина меандра – от 94 до 102 нм – позволяет отнести процесс получения структур к нанотехнологиям.

РАБОТА 4.

Максименко Анна, 11-й биолого-химический класс.

Исследование изменения характеристик тонких сверхпроводящих плёнок нитрида ниобия в процессе старения

Введение. Главными техническими характеристиками сверхпроводящего однофотон-

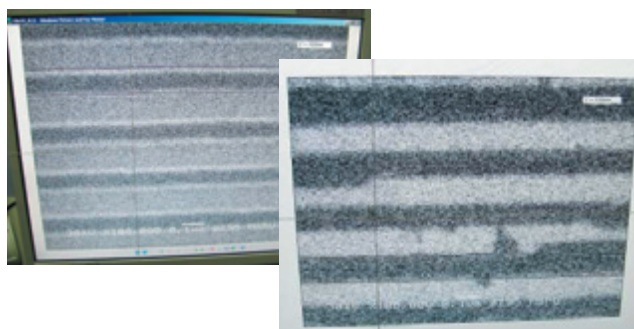
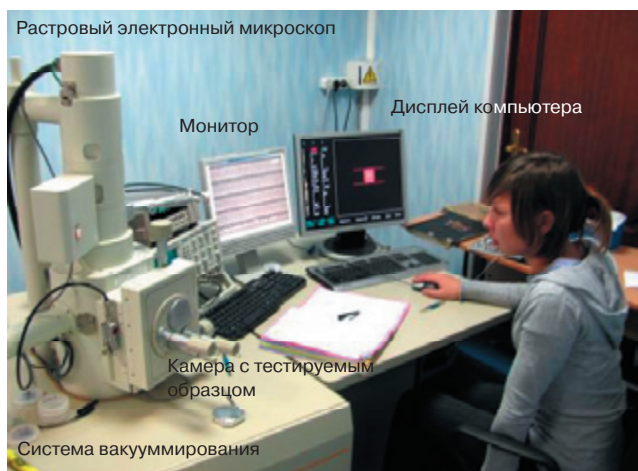
ного детектора (SSPD) являются рабочая температура (4–6 К) и быстродействие. Так что основными параметрами чувствительного элемента детектора – тонкоплёночной сверхпроводниковой структуры – являются критическая температура перехода в сверхпроводящее состояние T_c и ширина этого перехода ΔT . Со временем характеристики плёнок ухудшаются (плёнки деградируют), что негативно сказывается на работе приборов.

Цель исследования: изучить, как изменяются со временем критическая температура и ширина перехода тонких сверхпроводящих плёнок NbN.

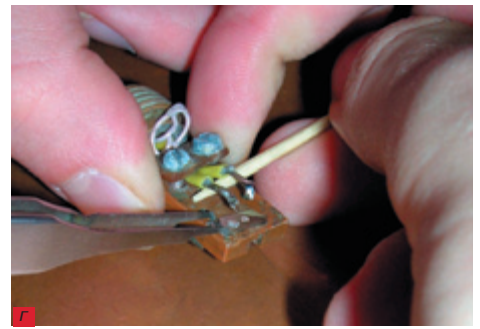
Методы исследования: анализ литературы и материалов сайтов Интернета по теме; беседа с заведующим технологическим сектором УНРЦ МПГУ Б.М. Вороновым; ознакомление с методикой измерения параметров тонких сверхпроводящих плёнок; самостоятельное проведение серии измерений; построение и анализ графиков зависимостей $R(T)$, $T_c(t)$, $\Delta T(t)$.

Основное содержание. Составлено представление о физике явления сверхпроводимости, о теории БКШ. Освоена методика измерений и анализа экспериментальных кривых. Основными элементами измерительной установки являются: сосуд Дьюара, макет, устройство Multimeter HP 34401A для измерения сопротивления терморезистора (по которому определяется температура), устройство Solartron 7081 Precision Voltmeter для измерения сопротивления плёнки, компьютер.

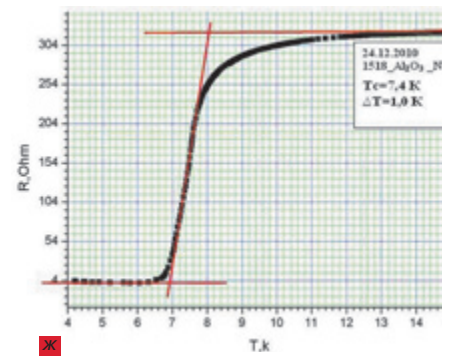
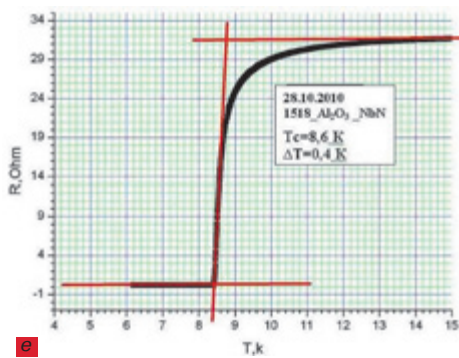
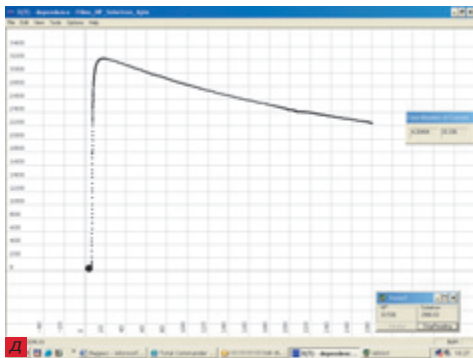
Образец (плёнка NbN толщиной 3–7 нм на сапфировой подложке) крепится на длинном металлическом полом стержне внутри которого проходят провода от терморезистора (для измерения температуры с помощью внешнего устройства Multimeter HP) и образца (для измерения сопротивления плёнки с помощью устройства Solartron). Стержень с образцом медленно опускается в дьюар с жидким гелием, сразу же на компьютере обрабатываются данные о температуре и сопротивлении образца, и на мониторе строится график зависимости $R(T)$.



Нина Утеалиева рассматривает на мониторе тонкоплёночную структуру, изображение которой она получила с помощью растрового электронного микроскопа (увеличение 300 000). В середине – изображение на мониторе идеальной структуры, справа – виден дефект в виде разрыва меандра



а – Анна Максименко готовится к измерениям; б – держатель образца; в – макет в сборе; г – закрепление контактов макета на индиевых контактах образца; д – кривая перехода плёнки в сверхпроводящее состояние; е – то же в увеличенном по температуре масштабе, 28 ноября и ж – спустя два месяца, 24 декабря. Видно, что переход размывается



Критическая температура определялась по формуле $T_c = \frac{T_1 + T_2}{2}$, где T_1 – температура, соответствующая нулевому сопротивлению структуры, а T_2 – температура, с которой началось стремительное уменьшение сопротивления (см. рис. е). Ширина перехода $\Delta T = T_2 - T_1$. Всего было сделано пять измерений (на одной и той же плёнке с интервалом в 14 дней). Результаты представлены в табличном и графическом виде.

Выводы. Показано, что температура перехода плёнок в сверхпроводящее состояние со временем понижается от 8,6 К до 7,4 К, а ширина перехода увеличивается от 0,4 К до 1 К, то есть параметры плёнок ухудшаются. Но спустя примерно два месяца процесс деградации прекращается, и параметры стабилизируются. Использовать сверхпроводящие тонкие плёнки целесообразно через некоторое время после их нанесения, когда параметры стабилизируются.

Фото автора



Юлия Владимировна Казакова – учитель физики высшей квалификационной категории, к. п. н., окончила физфак МПГУ, педагогический стаж 14 лет. Победитель конкурса Грант Москвы-2007, автор более 50 публикаций. Направления работы: развитие мышления и информационно-коммуникативных умений учащихся, использование ИКТ и медиаобразовательных технологий при обучении физике, исследовательская деятельность учащихся. Ученики регулярно участвуют в конкурсах и конференциях разного уровня и нередко занимают призовые места.

Конкурс Intel ISEF-2011

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ученические исследовательские проекты, международный конкурс, Intel ISEF

62-й Международный конкурс научных и инженерных работ школьников, Лос-Анджелес, США, 2011

Л.В. ПИГАЛИЦЫН
levp@rambler.ru,
Народный учитель РФ
(МОУ СОШ № 2, г. Дзержинск,
Нижегородская обл.),
А.М. РЕЙМАН
rey_noc@mail.ru
(ИПФ РАН, г. Нижний Новгород)

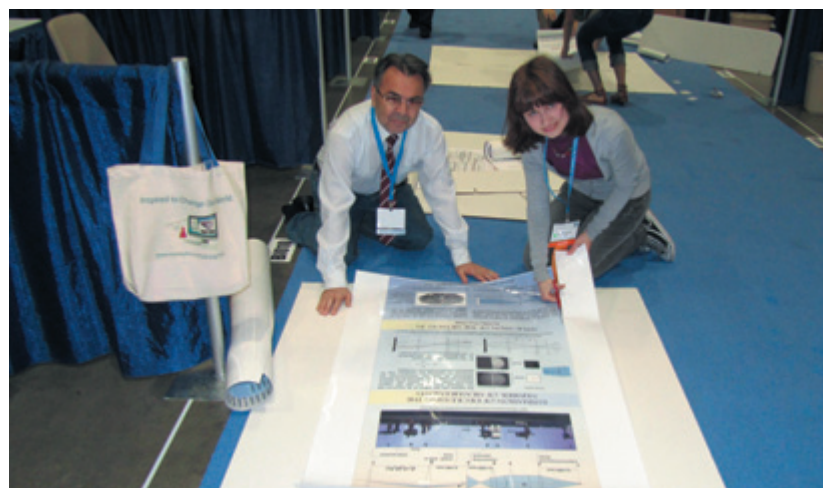
С 9 по 13 мая в Лос-Анджелесе проходил крупнейший в мире конкурс научных работ старшеклассников *Intel International Science and Engineering Fair (Intel ISEF)-2011* под патронажем некоммерческой организации *Society for Science & the Public (SSP)*. Более 1500 школьников, победивших в 443 отборочных конкурсах в 65 странах мира, представили свои идеи, результаты исследований и современные разработки. Общий призовой фонд конкурса превышает 4 млн долларов.

Из бывших союзных республик на конкурс свои работы привезли школьники из России, Украины, Республики Беларусь, Казахстана. Россию представляли 21 участник (17 проектов). Финалисты отбирались по итогам пяти российских конкурсов. В сборную России вошли победители пяти российских конкурсов, имеющих статус региональных конкурсов *Intel ISEF*: «Авангард» (Москва), «Юниор» (Москва, НИЯУ МИФИ), «Шаг в будущее» (Москва, МВТУ им. Н.Э. Баумана), РОСТ (Нижний Новгород), Балтийский научно-инженерный конкурс (Санкт-Петербург). Стоит отметить, что победителей региональных этапов чаще всего курируют ведущие образовательные учреждения и НИИ страны. Так было и в этот раз – было много ребят из лицея № 572 (Санкт-Петербург, СПбГУ), лицея № 1303 (Москва, ИОХ РАН), СУНЦ им. А.Н. Колмогорова (Москва, МГУ), лицея № 40 (Нижний Новгород, ИПФ РАН). Однако в этом году в команде были школьники из Самары, Казани, Челябинска и из нескольких московских школ, которые представили работы по естественным наукам, математике и информатике.

Лос-Анджелес (*City of Angels* – Город Ангелов) – город на юге штата Калифорния, на берегу Тихого океана. Крупнейший по численности населения город штата и второй – в стране (около 4 млн жителей). Жителей Лос-Анджелеса назы-



Главный вход в Los Angeles Convention Center целую неделю украшала эмблема конкурса



Полина Шалаева и Л.В. Пигалицын наклеивают на стенд плакат с презентацией конкурсной работы, провезённый через полмира в тубусе



После успешного мини-эксперимента на стенде: Григорий Астретцов, Дуглас Ошерев и Лев Юровский

Тексты проектов см. на диске.



Майкл Бишоп и Диана Галаутдинова быстро нашли общий язык



На вопросы сверстников отвечать ничуть не проще, чем на вопросы членов жюри



Наши ребята после церемонии *Grand Awards*



Вся Российская делегация на *Intel-2011*

вают *Angelenos* (произносится «анджеленос»). Лос-Анджелес – один из крупнейших мировых культурных, научных, экономических, образовательных центров. Днём горожан и туристов ждут всемирно-известные тематические парки развлечений «Диснейленд» и *Universal Studios Hollywood*, а также знаменитые океанские пляжи в Санта-Монике и Малибу.

Международный конкурс школьников проходил в выставочном комплексе *Los Angeles Convention Center* – в центре города. Церемония открытия *Intel ISEF-2011* состоялась в понедельник, 9 мая. 10 мая финалисты готовили свои экспозиции и репетировали свои выступления у стендов. 11 мая с финалистами работало жюри. К каждому в соответствии с персональным расписанием в течение дня должны были подойти 10–12 членов жюри, которые отбирали победителей в 17 отраслях научных знаний – от социологии до информатики. Семь лауреатов Нобелевских премий по химии, физике, медицине и психологии являлись неофициальными членами жюри. Но их мнение было очень весомым при подведении итогов.

Все финалисты защищали свои работы по-английски, и лишь иногда пользовались услугами переводчика, чтобы корректно сформулировать ответы на вопросы уважаемых экспертов. К нашей большой радости среди Нобелевских лауреатов был Дуглас Ошеров, которого в прошлом году буквально покорили мои девушки, победители конкурса *Intel ISEF-2010* – Антонина Торопкина, Лилия Храпунова и Анастасия Шайкина (см. № 18/2010). Финалисты этого года Полина Шалаева, Лев Юровский и Григорий Астрецов тоже рассказали Дугласу Ошерову о своих исследованиях. У мальчиков он даже провёл свой миниэксперимент, – и с положительным результатом!

- *Полина Шалаева* (лицей № 40, г. Нижний Новгород) защищала проект «Многофункциональный сканер углового спектра». Её работа, выполненная в Институте прикладной физики РАН (руководитель – аспирант ИПФ РАН Сергей Стукачёв) посвящена измерениям волновых фронтов света, прошедшего через различные оптические элементы. Традиционно в оптике используют датчики Гартмана или Шака–Гартмана, позволяющие судить о свойствах волновой поверхности, однако они сложны, требуют долгих измерений и не всегда обеспечивают нужные параметры. Полина придумала, как изменить оптическую схему устройства для повышения качества измерений, уменьшения числа измерений и сокращения времени получения данных. Её работа вызвала большой интерес у американских профессионалов, так как адаптивная оптика, которая всё чаще

применяется для решения широкого круга задач, очень дорога и капризна, а разработанный Полиной метод позволяет всё упростить. Особенно большое впечатление производила фотография датчика Гартмана, применяемого для настройки и проверки телескопа БТА, – чугунного полуторонного листа диаметром 6 м с множеством отверстий. Оказалось, что вместо него надо лишь поставить компактную оптическую систему из нескольких линз – и получить результат с большим пространственным разрешением. Американцы отмечали, что эта проблема актуальна и для их телескопов, где используются огромные зеркала, а возможности калибровки вообще отсутствуют. Работа Полины была удостоена 4-й премии *Grand Awards* в номинации «Физика и астрономия».

• *Григорий Астрецов* и *Лев Юровский* (лицей № 40, г. Нижний Новгород) представили проект «Настольная модель многослойной магнитной наночастицы», выполненный в Институте физики микроструктур РАН (руководитель – аспирант ИФМ РАН Сергей Миронов). Ребята исследовали поведение трёх магнитных стрелок, помещённых соосно одна над другой. Оказалось, что в зависимости от соотношения параметров этих «компасов» наблюдаются совершенно различные состояния равновесия системы – антиферромагнитное (крайние и средний компасы смотрят в противоположные стороны), а также состояния с равными и неравными углами разориентации. Теоретический анализ показал, в каких областях параметров следует ожидать появления каждого из этих режимов. Свою установку ребята соорудили из конструктора LEGO, трёх чашек Петри с плавающими в них пробками и намагниченных иголок. А полученные результаты так заинтересовали сотрудников ИФМ РАН, что там построили уже «фирменную» установку из нержавеющей стали с нанесёнными угловыми шкалами и плавной перестройкой расстояний между магнитами. Оказалось, что похожая ситуация реализуется в наночастицах с чередующимися слоями из магнитных и немагнитных материалов, однако там ещё не наблюдались необычные состояния с неравными углами. Теперь исследования будут продолжаться и, возможно, такие состояния будут обнаружены. А работа Григория и Льва была удостоена 4-й премии *Grand Awards* в номинации «Физика и астрономия». Кроме того, ребята получили почётный диплом Американской ассоциации учителей физики (*AAPT*) и Американского физического общества (*APS*).

Как волжане, мы, конечно, болели за Диану Галаудинову из казанской гимназии № 7, проект которой «Биохимическая активность силикатных частиц, модифицированных аминокислотами – как

силикатные наночастицы убивают грибок» был представлен в категории «Биохимия». Диана исследовала воздействие наночастиц на грибковые ферменты и обнаружила, как надо видоизменить эти частицы, чтобы подавлять размножение грибка. Эта работа может стать стартовой площадкой для создания новых лекарств против огромного класса заболеваний, в том числе ВИЧ. Диана обсудила свою работу сразу с двумя Нобелевскими лауреатами – Майклом Бишопом (премия 1989 г. в области физиологии и медицины) и Мартином Чалфи (премия 2008 г. в области химии), которые высоко оценили её исследования. Оценила работу Дианы и компания *Medprin Biotech*, присудив ей 3-ю премию *Special Awards*.

12 мая прошёл День открытых дверей. Финалисты рассказывали о своих исследованиях и изобретениях всем посетителям конкурса и журналистам. В этом году на конкурсе были представлены проекты, посвящённые прогнозированию землетрясений, очистке водоёмов от нефтяных пятен и системам реагирования на стихийные бедствия, включая цунами. Также были представлены исследования, касающиеся болезни Альцгеймера и новых видов химиотерапии. Интервью с некоторыми финалистами транслировались целый час в реальном времени. И опять, как и в предыдущие годы, на конкурс американские учителя привезли много школьников со всех концов США, которые с огромным интересом слушали финалистов, делали заметки и снимали на видео.

Вечером того же дня авторы более 600 проектов получили поощрения от научных организаций, государственных учреждений и коммерческих организаций. Награды вручались в спецноминациях, учреждённых более чем 70 спонсорами конкурса: компаниями, научными и общественными организациями, государственными учреждениями. Среди них были, например, Армия США, ВВС США, компания *Google*, Метеорологическое общество США, Ассоциация учителей физики США.

Церемония награждения *Intel ISEF-2011* прошла 13 мая. Среди главных призов – награда Гордона Мура в размере 75 000 долларов, присуждаемая фондом *Intel Foundation* и названная в честь одного из основателей и бывшего руководителя корпорации *Intel*. Эту награду получила работа по медицине с серьёзной физико-технической начинкой: проект Мэтью Федерсена и Блэйка Маркграфа из Калифорнии «Лечение раковых клеток с помощью вторичного излучения, порождённого комптоновским рассеянием». Ребята предложили размещать металлическую пластину рядом с местом воздействия излучения на опухоль.

Тейлор Вильсон из г. Рено (штат Невада) придумал новый метод борьбы с ядерным терроризмом,

а команда из трёх молодых учёных Порнваси Понгтираван, Танпитча Погчайпайбун и Арада Сангкант из Таиланда создали экологически безопасную упаковку для рыбных продуктов, сделанную из отходов той же продукции, за что и получили «Награды лучшим молодым учёным» (*Intel Young Scientist Awards*) в размере 50 000 долл. от фонда *Intel Foundation*.

Все работы каждой категории номинировались по четырём категориям. Первая премия в категории составляла 3 000 долл. США, среди получивших её комиссия выделяла лучшего в категории, который получал премию в 5 000 долл. Размер второй, третьей и четвёртой премий – 1500, 1000 и 500 долл. соответственно. Всего было отобрано около 400 победителей – то есть вознаграждения получил каждый четвёртый участник конкурса.

В нижегородской делегации награды получили все – Полина Шалаева, Лев Юровский и Григорий Астрецов, учащиеся специализированных физических классов «Ф» нижегородского лицея № 40, созданных в рамках Научно-образовательного центра при ИПФ РАН*, и Диана Галаутдинова из гимназии № 7 г. Казани при Казанском федеральном университете. Участники от других региональных конкурсов добавили в копилку российской команды ещё пять наград (см. пресс-релиз). Ну а все остальные российские участники *Intel ISEF* получили сертификаты и медали участников, ведь, как каждый год повторяет президент неправительственной организации *SSP* Элизабет Маринкола, обращаясь к участникам на открытии и закрытии, «Вы все – победители». Недаром медали победителей конкурса были выданы всем участникам в первый день во время регистрации.

Несмотря на очень плотный график работы, для участников конкурса были организованы незабываемые экскурсии на Тихоокеанское побережье и в Голливуд с его звёздной и красной дорожками.

Вот и закончился Всемирный праздник детской науки, в котором, по сути дела, нет проигравших. А впереди конкурс *Intel ISEF-2012*, который состоится в г. Питтсбурге (штат Пенсильвания) в мае 2012 г. Поэтому, уважаемые дети и научные руководители, пора начинать готовиться к региональным конкурсам, чтобы завоевывать ещё более высокие награды.

Фото авторов

* Научные руководители обоих проектов – выпускники факультета «Высшая школа общей и прикладной физики» ННГУ им. Н.И. Лобачевского, также входящего в структуру НОЦ ИПФ РАН, в настоящее время – аспиранты ИПФ РАН и ИФМ РАН. А руководитель одной из работ Сергей Миронов – выпускник самого первого класса «Ф».

ШКОЛЬНИКИ ИЗ РОССИИ ВЕРнулись С ПОБЕДОЙ НА МЕЖДУНАРОДНОМ КОНКУРСЕ *INTEL***

Корпорация Intel и некоммерческая организация *Society for Science & the Public (SSP)* объявили победителей крупнейшего в мире научного конкурса среди старшекласников – *Intel International Science and Engineering Fair (ISEF)-2011*. Церемония награждения состоялась 13 мая в Los Angeles Convention Center.

Школьники из стран СНГ в очередной раз заняли достойные места и получили специальные награды (см. текст основной статьи. – *Ред.*). Ученик 10-го класса лицея № 572 из Санкт-Петербурга – победитель конкурса «*Intel-Династия-Авангард-2011*» – *Гаджи Османов* занял II место в категории «Информатика» с проектом «Технология CSM в Microsoft Singularity».

Финалист Балтийского научно-инженерного конкурса *Александр Швед* из Москвы (ГОУ лицей № 1303, 11-й класс), представил на конкурс работу «Исследование стадий полного синтеза алкалоида детоксина» и занял III место в категории «Химия».

Финалист *Intel ISEF* от конкурса «*Intel-Династия-Авангард-2011*» *Василий Болбачан* (Москва, школа им. А.Н. Колмогорова, 10-й класс), занял IV место в категории «Математика» и получил третью премию Американского математического общества (*American Mathematical Society*) за работу «Интегральные аналоги формул Гейеры–Сера–Сондоу как приближения к математическим константам».

Илья Шошин и *Константин Славнов* («ЮНИОР», Москва, ГОУ лицей № 1533, 11-й класс) представили командный проект «Моделирование поведения звуковых волн в помещении». Ребята заняли IV место в категории «Информатика» и были отмечены Американским акустическим обществом (*Acoustical Society of America*).

Ещё один финалист *Intel ISEF* от конкурса «ЮНИОР» – *Ярослав Бойко* (Москва, ГОУ лицей № 1303, 11-й класс) – занял IV место в категории «Химия» и получит третью премию от Американской фармацевтической ассоциации (*American Association of Pharmaceutical Scientists*) за работу «Асимметрический синтез высокоактивного ингибитора фосфодиэстеразы PDE IVb».

18.05.2011. <http://www.intel.com/cd/corporate/pressroom/emea/rus/archive/2011/475493.htm>

**Дополнение к тексту статьи. – *Ред.*

Выставка EXPO SCIENCE INTERNATIONAL

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ученические исследовательские проекты, международная выставка, EXPO SCIENCE INTERNATIONAL

Ж.В. ЧОПОРОВА
zh.choporova@gmail.com,
ГОУ лицей № 1575, г. Москва

Наряду с ежегодным научным форумом молодёжи *INTEL ISEF*, который проводится в США, проводится всемирная выставка молодёжных довузовских научных проектов *EXPO SCIENCE INTERNATIONAL*. В этом году она проходила с 18 по 24 июля в Братиславе (Словакия) с участием около 1000 талантливых школьников из более чем 50 стран мира (Бахрейна, Египта, Индонезии, Италии, Ирака, Ирана, Канады, Китая, Колумбии, Коста-Рики, Кувейта, Саудовской Аравии, США, Малайзии, Намибии, Парагвая, России, Таиланда, Тайваня, Филиппин, Франции, Чили, Швейцарии, Эквадора, Эмиратов, Южной Кореи, Южной Африки). Выставка была организована *AMAVET* (Ассоциацией по делам молодёжи, науки и техники) совместно с *MILSET* (Международным движением содействия научно-техническому творчеству молодёжи).

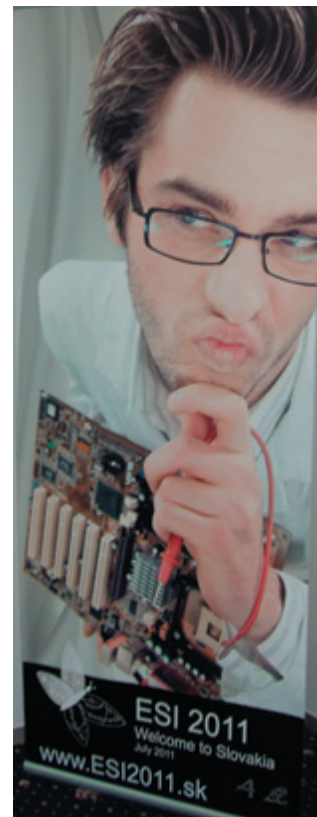
На выставке царил атмосфера дружелюбия. Дети из всех уголков земного шара делились результатами своих первых научных работ, файлами с первыми публикациями, обменивались сувенирами и просто общались друг с другом. Ученические проекты были представлены по 13 направлениям, это: химия, биология, инженерные науки, технологии и биотехнологии, физика и астрономия, науки о Земле, компьютерные технологии, энергия и транспорт, медицина, электрическая и механическая техника, математика, окружающая среда и социальные науки. Причём содержание проектов должно было удовлетворять определённым требованиям.

Так, в разделе «Технологии и биотехнологии» авторы могли предложить новые способы получения различных веществ и материалов, новые способы, которые могут ускорить выращивание сельскохозяйственных культур или уничтожения вредителей. Примеры проектов: автоматизированная система управления домом с помощью мобильного телефона (ОАЭ), альтернативные методы утилизации пластика и полистирола (Парагвай), экспери-

ментальное выявление оптимальных условий производства электроэнергии из водорослей (Южная Корея), разработка биофильтров для повторного использования воды (Канада), методы борьбы с тараканами (Румыния).

В разделе «Науки о Земле» проекты должны были включать в себя исследования различных процессов, происходящих на Земле, таких как землетрясения, ветра, образование сугробов и так далее с использованием языка науки – геологии, физики, математики. Примеры проектов: сравнение эффективности различных океанских течений для энергетики (США), предложения по очистке воздуха (Кувейт), минералогические характеристики нагорья (Словакия), исследования по стимулированию роста растений, используемых для питания в космических полётах (например, фасоль) с помощью воздействия низкой силы тока на волокнистую систему корней (США).

В разделе «Энергия и транспорт» проекты должны были касаться разработки альтернативных источников энергии и транспортных средств. Примеры проектов: энергия из рисовой шелухи (потенциальный пьезоматериал, Малайзия), катализаторы для производства водорода из боргидрида натрия для топливных элементов (Филиппины), международная безопасность автомобиля (Саудовская Аравия), влияние искажений, вносимых энергосберегающими лампами, на электрические системы (Венесуэла), влияние магнитного поля на увеличение энергетического выхода ветряков (США), платформы для производства электроэнергии из морских волн (Бразилия), система энергоснабжения на тепловых насосах (Россия), программы по экономии элект-



Эмблема выставки

Официальный сайт выставки <http://www.esi2011.eu>, где можно посмотреть абстракты и проекты всех участников – на английском. Проект П. Киволи на русском см. на диске.

троэнергии (Иран), получение электричества из геобактерий путём окисления органических веществ (США), биодизельное топливо на основе ятрофы (Парагвай), исследование характеристик светодиодных ламп (Южная Африка).

В разделе «Компьютерные технологии» могло быть представлено аппаратное и программное обеспечение. Примеры проектов: влияние комнатной температуры на работу компьютера (США), **AI Lab** – скриптовый язык для искусственного интеллекта (Румыния), робототехника (Греция), системы слежения (ОАЭ), социальная сеть **Jubbol** (Италия), дополнение компьютера камерой для взаимодействия с виртуальными объектами (Канада), образовательные программы – игры по сбору мусора на Земле (Бразилия).

В разделе «Инженерия» юные инженеры должны были применить свои научные, технические и математические знания и опыт, чтобы предложить и построить новые механизмы или части механизмов, новые комбинации известных механических частей. Примеры проектов: марсоход (Россия), мобильная платформа для зондирования поверхности (Россия), модель рыболовного судна (Россия), конструкторы (Россия), фотогальваника (Канада), дизайн антенн для базовых станций сотовой связи (Канада), подводные системы для производства электроэнергии (Бразилия), интеллектуальная автобусная остановка (Гонконг), датчики взлётно-посадочной полосы (Индонезия), двигатель Стирлинга (Франция).

В разделе «Электрические технологии» можно было предлагать новые механизмы или электрические схемы. Примеры проектов: приспособления для швейных машин (Аргентина), газовая турбина, собранная дома (Швейцария), механические протезы (Мексика), эффективные солнечные панели (ОАЭ), помощь слепым (ОАЭ), использование материала *Nanocellulose* в про-

изводстве гибких органических светодиодов (Канада), робототехника (Франция), приливные электростанции с использованием рельефа планеты (Франция), синтез нанокристаллов в тройном полупроводнике $\text{CuInSe}_2\text{-CuGaSe}_2\text{-Cu(InGa)Se}_2$ для нового поколения солнечных батарей (Турция), системы предотвращения превышения скорости автомобильных систем (Швейцария), выработка и использование электрической энергии при движении человека (Мальта).

В разделе «Физика и астрономия» проекты включали в себя поиск физических решений нерешённых пока проблем, многие поддерживались программой и моделированием, а также авторские наблюдения различных небесных тел (двойных звёзд, астероидов, покрытий, переменных звёзд и так далее). Примеры проектов: наблюдения переменных звёзд в созвездии Жирафа (VL Жирафа и UU Жирафа, Швейцария), открытие новых переменных звёзд в созвездии Цефея (Россия), спектроскопия высокого разрешения для астрономических измерений (США), изучение скорости охлаждения жидкостей (Испания), генерация и обнаружение ультразвука (Мексика), использование графена с бором и магнием в качестве датчика глицина (Южная Корея).

Российская делегация была представлена школьниками из разных регионов: от Якутии до Москвы. Мои ученики – восьмиклассники *Абрамов Георгий* и *Киволя Пётр* – достойно представили Россию. Их проекты заслушал Президент *AMAVET* Йозеф Риствей и Президент *MILSET* Жан Клод Гиродон, а презентации показали на словацком телевидении. Коротко об этих проектах – ниже.

● *Киволя Пётр* (13 лет, 8-й класс), проект «**Универсальная мобильная платформа для исследования поверхности планет земной группы**». Создан прототип платформы для исследования поверх-



Слева – Пётр Киволя у своего стенда с моделью марсохода. В середине – Георгий Абрамов у стенда «Опыты с магнитной бумагой». Справа – один из опытов

ности Марса, который можно использовать и на Земле. Предложена и выполнена схема оснащения борта приборами и датчиками. Изготовлена модель на базе большого игрушечного автомобиля «Хаммер», улучшены характеристики электродвигателя. Платформа позволяет проводить анализ фона электромагнитного и радиоактивного излучений, измерять влажность, освещённость, силу ветра, шум и другие характеристики, важные для обеспечения жизнедеятельности. Проект является призёром научной социальной программы «Шаг в будущее» и городской открытой конференции «Космический патруль», это лучший проектов 2-го городского фестиваля НТТ и молодёжных инициатив.

● *Абрамов Георгий* (13 лет, 8-й класс), проект «Опыты с магнитной бумагой». Описаны эксперименты с отечественной магнитной бумагой на основе магнитной жидкости (разработчики Арефьева Т., Арефьев И., Казаков Ю., ИГЭУ, г. Иваново). Эта на вид обычная чёрная бумага содержит около 8000 слоёв наночастиц ферромагнетика диаметром 10 нм и притягивается к магниту даже на расстоянии, сквозь картон или стекло.

Хотя на этой выставке мои ученики не получили специальных призов, их тоже можно считать победителями, как и каждого участника. Вот как выразил свои впечатления от выставки Гоша Абрамов:

«Играть в футбол с аргентинцами, пить чай с филиппинцами, беседовать с арабами, помогать под проливным дождём в горах на высоте 2,3 км румынам, собирать и запускать ракеты с французами, ездить, управляя немецким электромобилем, побывать на знаменитом роботизированном заводе *KIA Motors*, стать обладателем парагвайской валюты, наслаждаться швейцарским шоколадом в неограниченных количествах и танцевать с девочками из 59 стран!.. Это не фантастика! Это – *ESI-2011!* И всё – на английском языке!»

Мне очень понравились проекты Македонии, Испании, Филиппин и Канады об очистке воды в реках, о создании экологически чистых машин, об улучшении жизни инвалидов, о способах упрощения бытовых проблем в больших городах.

Прекрасным был мастер-класс, проведённый представителем Франции – Оливье, вместе с которым мы своими руками изготовили ракеты и выпустили их в небо Братиславы.

После выставки мы весело зажигали на дискотеке и ездили по горным курортам страны.

Обогащённые знаниями, идеями и положительными эмоциями, мы вернулись в Россию, готовые для реализации новых проектов для следующей выставки, которая состоится в Саудовской Аравии в 2013 году. Я горд за свою страну и за свою команду».

Фото автора



Научный руководитель проектов лицейстов Жанна Владиславовна Чопорова с руководителем немецкой делегации на электромобиле. Немецкая делегация приглашает к совместным проектам, сайт <http://www.rennstall-rabutz.de>



Дети из Аргентины



Ж.В. Чопорова с французской куклой-роботом

BEAM-робототехника

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ученические конструкторские проекты, BEAM-робототехника, радиоэлектроника, солцемобиль, лазерно-утожная технология, печатная плата



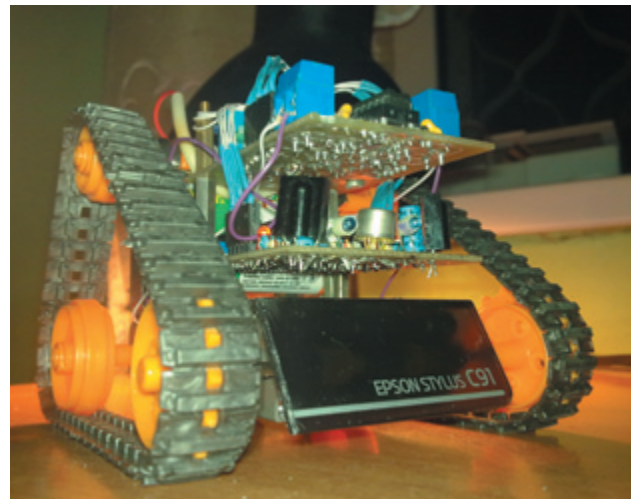
Ученический
конструкторский
проект

- Выполнили: ученики 10-го класса Качаев Вячеслав и Сладков Александр (МОУ лицей № 4, г. Чехов, Московская обл.).
- Руководитель: учитель физики **С.А. Балицкая**
svetlana_balicka@mail.ru

10 ноября 1989 г. М. Тилден (*Mark W. Tilden*) из университета *Waterloo* (США) создал первый робот класса *solaroller*. За 20 минут при солнечном освещении этот робот преодолел 15 см. Заимствуя эволюционные идеи у природы, Тилден стал изобретать простые роботы, похожие на живых существ, управляемые преимущественно цифровыми аналогами нейронных цепей. Новый подход был назван BEAM-робототехника: ● *Biology* (биология) ● *Electronics* (электроника), ● *Aesthetics* (эстетика) ● *Mechanics* (механика). Вот четыре слова, которые делают BEAM-роботов живыми.

Создание BEAM-роботов – это не просто технологический процесс или увлекательное хобби. Это целая культура, со своей философией, эстетикой и широчайшими возможностями для творчества. Концепция состоит в том, что реакция на внешние факторы должна обеспечиваться на первом этапе самой машиной, без участия какого-либо «мозга», как это происходило в живой природе на пути от простейших к человеку. Для этого роботу необходима нервная система, реализующая основные рефлексии и представляющая собой совокупность нейронных цепей, работающих на аналоговых принципах. Именно на основе аналогового управления можно создавать гибко реагирующие конструкции с плавными движениями и поведением, напоминающим биологические системы. В отличие от традиционных роботов большинство BEAM-роботов способны «жить» в реальном мире. Биоморфная аналоговая техника имеет невероятное преимущество перед традиционной техникой, так же как небольшие нервные ганглии насекомого обеспечивают жизнь более эффективно чем робот, управляемый компьютером с операционной системой **Window** [1].

Действующие модели роботов были представлены на НПК школьников Чеховского р-на Московской обл., на НПК студентов МГУПИ. На областном конкурсе-выставке творческих работ по радиоэлектронике и радиоконструированию «Юные таланты Москвы», посвящённого 70-летию битвы под Москвой и 50-летию полёта в космос Ю.А. Гагарина, работа заняла 1-е место в старшей возрастной группе. Печатается в сокращении. Полный текст проекта, презентацию и видеофайл см. на диске.



Цель работы: ознакомиться с основами радиоэлектроники и робототехники; изучить практические возможности использования роботов в повседневной жизни и технологические процессы изготовления устройства.

Основное содержание. В результате проработки литературы [2–4] были усовершенствованы алгоритм работы и соответственно устройство BEAM-робота, разработанного авторами в прошлом году, что сделало робота более надёжным и быстрым. Если прежняя модель была способна только передвигаться за рукой по отражённому световому лучу, то новая модель может перемещаться во всех направлениях и отбегать от препятствия при обнаружении его датчиками или при соприкосновении. Для достижения этой цели: ● число деталей увеличено с 8 до 57 ● усовершенствован драйвер двигателя, а светопара заменена на генератор импульсов и ИК-датчики ● усовершенствован редуктор ● один модуль заменён на два с возможностью подключения к микроконтроллеру ● усложнена логика – поставлены четыре логические TTL-микросхемы (L293D, 74HC00, две K155ЛА3).

С помощью программы **Sprint-Layout 5.0** была составлена схема устройства, определён принцип её работы и необходимый состав, рассчитаны номиналы деталей и методом ЛУТ* изготовлена печатная

* ЛУТ (лазерно-утожная технология) – принятое среди радиолюбителей название технологии плоской печати (фольгированный текстолит) в домашних условиях: рисунок проводников делается на лазерном принтере и переносится на печатную плату путём проглаживания его утюгом. При последующем погружении такой печатной платы в травитель (обычно это хлорное железо) медное фольгированное покрытие стравливается везде, кроме участков, покрытых расплавленным тонером. После отмывки на плате остаётся требуемый рисунок электропроводящих соединений.

плата. Реализованные идеи позволят в дальнейшем выполнить подключение к микроконтроллеру, то есть использовать программирование и, в частности, использовать «зрение» других роботов. Такой робот при подключении его к микропроцессору сможет объезжать препятствия и свободно передвигаться в пространстве. Его можно использовать в школьной библиотеке, лаборантской, в учебных кабинетах. Он может также заменять человека при работе в опасных для здоровья зонах [6].

Работа является наглядным примером возможности самим изготовить робота, увлечься робототехникой, а впоследствии и физикой в целом.

Литература

1. BEAM-робот с ИК-радаром. URL: <http://myrobot.ru/wiki/index.php?n=Projects.BeamIRradar>
2. Предко М. 123 эксперимента по робототехнике. М.: НТ Пресс, 2007.
3. Корендяев А.И. Теоретические основы робототехники. В 2-х кн. М.: Наука, 2006. (Книга 2.)
4. Let's make Robot! (Давайте сделаем Робота!) URL: <http://letsmakerobots.com/node/27827>
5. Ньютон Б. Создание роботов в домашних условиях. М.: НТ Пресс, 2007.
6. Предко М. Устройства управления роботами; схемотехника и программирование. М.: ДМК Пресс, 2005.



Светлана Анатольевна Балицкая – учитель физики первой квалификационной категории, окончила Воронежский Политехнический институт в 1982 г., педагогический стаж 15 лет. В каждом ученике видит творчески одарённую личность, старается увлечь детей и вести к намеченной цели, постепенно вырабатывая потребность в самостоятельности суждений и оценок, пробуждать инициативу и творческую фантазию, развивать творческий потенциал. Награждена Почётной грамотой Московской областной Думы за достойное воспитание подрастающего поколения. Ученики регулярно участвуют в районных и областных олимпиадах по физике, где занимают призовые места. Выпускники поступают в МГУ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, МИРЭА, МИФИ, МПФА, СПбГТИ. Замужем, дочь – студентка МГУ. Хобби: любит учиться.

сти к намеченной цели, постепенно вырабатывая потребность в самостоятельности суждений и оценок, пробуждать инициативу и творческую фантазию, развивать творческий потенциал. Награждена Почётной грамотой Московской областной Думы за достойное воспитание подрастающего поколения. Ученики регулярно участвуют в районных и областных олимпиадах по физике, где занимают призовые места. Выпускники поступают в МГУ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, МИРЭА, МИФИ, МПФА, СПбГТИ. Замужем, дочь – студентка МГУ. Хобби: любит учиться.

Рефераты электронных публикаций



АЛЕКСЕЕВА Е.В. p-ever@ya.ru (МОУ лицей им. В.В. Гусева, г. Рошаль, Московская обл.). **Нестандартные лабораторные работы с элементами поиска, 7–9 кл.** В продолжение серии статей (см. диск к № 14/2011) представлены два варианта ЛР «Определение плотности вещества» (ноябрь, 7 кл.).

Комплект тематических проверочных работ по физике, 7–9 кл. В продолжение серии статей (см. диск к № 14/2011) представлены ПрР «Механические силы» (7 кл.), «Парообразование и конденсация» (8 кл.) и «Законы Ньютона» (9 кл.).

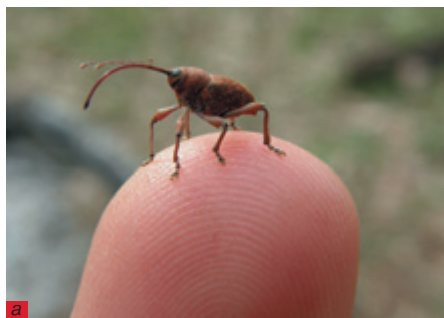
Миниконкурс «Пять вопросов о температуре» (продолжение миниконкурса «Пять вопросов о ...», см. № 13, 14/2011): ● Что общего между цифрами 80, 100, 212, 373? Можно ли выбрать драгоценный камень на ощупь? Как измерить температуру долгоносика? Чем объяснить существование самого настоящего озера в Антарктиде? Почему, если холодный ртутный термометр поместить в ёмкость с горячей водой, то уровень ртути сначала понизится? Как агенты британских спецслужб использовали термометры для тайного составления карт Тибета в начале XIX в.? (См. иллюстрации на с. 26.)

Интерактивная презентация с видеотрейлером «Шкала масс». Виртуальное путешествие длиной в 71 порядок – от Галактики (масса 10^{41} кг) до электрона (масса 10^{-30} кг).

«Сокровища в башне». Видеопроект САМУСЕВИЧА Дмитрия (ученик 10 класса, лицей г. Рошалья). Тема «Инерция».

АЛЁШИНА Полина (ученица 8-го класса, МОУ Технологический лицей г. Сыктывкар, Респ. Коми). **По следам «Кода да Винчи». Плоское зеркало.** Руководитель *С.И. Алёшин* syktisialyoshin@inbox.ru. Ученический проект заключался в разгадке шифра «1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – 3, 5, 9, 8 5, 10, 11, 7, 12», в стиле загадочных записок Леонардо да Винчи, который предложил учитель. Великий итальянский учёный и художник кодировал свои записки с помощью зеркала. Для выполнения проекта понадобилось: ● познакомиться с историей появления зеркал ● узнать, кто такой Леонардо да Винчи ● изучить свойства изображения в плоских зеркалах ● научиться строить изображения в плоском зеркале и в скрещённых зеркалах ● узнать об областях применения плоских зеркал ● изучить симметрию букв русского алфавита ● узнать, в каких приборах применяются зеркала. А в итоге – самостоятельно изучить тему «Плоское зеркало».

БАГРОВ Константин (ученик 11-го класса, ГОУ СОШ № 37, г. Москва). **Источники энергии: традиции и инновации.** Руководители *Л.В. Бабужкина, Н.Г. Семёнова*. Познавательный ученический проект, предназначенный для



БРАЖНИКОВ М.А. birze@inbox.ru («Физика-ПС», г. Москва). Учебные исследования старшеклассников направлены скорее не на «создание новых знаний», а на формирование навыков научной работы. На примере опубликованных в номере проектов показано, как можно обучать школьника постановке задачи, определять возможные направления исследования, разделять на этапы, оценивать границы применимости использованных приёмов измерения и их точность, представлять результаты работы и делать выводы.

ИЗЮМОВ И.А. izyumov-igor@gambler.ru (МОУ гимназия № 3, г. Аксай, Ростовская обл.). **Опытная проверка закона сохранения полной механической энергии на примере движения тела, брошенного под углом к горизонту, 10 кл.** Представлен сценарий урока – виртуальной лабораторной работы.

Иллюстрации к микрокурсу «Пять вопросов о температуре» (см. с. 25): а – Как измерить температуру долгоносика? б – Можно ли выбрать драгоценный камень на ощупь? (Самый крупный в мире бриллиант Куллинан-I); в – Где построен самый большой термометр в мире?

ознакомления учеников с проблемой источников энергии. Может использоваться как учебное пособие на уроках физики, экономики или внеклассных занятиях, посвящённых проблеме энергетики, одной из самых острых в настоящее время. Работа нацелена на повышение интереса учащихся к указанной теме и тем самым на стимулирование их к собственным исследованиям в данной области, которые возможно будут продолжены в вузе и в последующей профессиональной деятельности. В презентации собран богатый иллюстративный материал.

С целью актуализации опорных знаний, учитель демонстрирует программу из мультимедийного пособия «Вся физика», иллюстрирующую движение мяча в безвоздушном пространстве. Затем он предлагает провести проверку закона сохранения полной механической энергии на примере движения тела, брошенного под углом к горизонту: необходимо составить математическую модель процесса, построить дискретную модель и вычислительный алгоритм, разработать комплекс компьютерных программ в среде *Microsoft Excel*, провести расчёты и проа-



Основные источники энергии: а – реки и водопады (ГЭС); б, в – Солнце (наземные и космические СЭС); г – биотопливо (биогазовые установки); д – ископаемое топливо – уголь, нефть, газ (ТЭС); е – ядра атомов (АЭС); ж – приливы (ПЭС); з – ветер (ВЭС)

нализировать полученные результаты. Используются известные формулы равномерного и равноускоренного движения. Задание на дом: провести проверку закона сохранения полной механической энергии в случае вертикального падения мяча с заданной высоты без начальной скорости.

ИЛЬЯСОВА Т.В., проф. ilyasovav@rambler.ru (ОГПУ, г. Оренбург). Учебные слайды к курсу физики 7–8-го классов. Обучающая презентация на тему «Электростатика», 8 кл.

НОВИКОВ С.М. (ГОУ ПАПО МО, г. Москва), **ТИЩЕНКО Л.В.** tai2019@yandex.ru (МОУ лицей № 5, г. Зарайск, Московская обл.). **Указание сил, действующих на тело(а).** Предлагаемое пособие (интерактивная презентация, 53 кадра) призвано помочь учащемуся научиться правильно указывать силы, действующие на тело(а) в различных ситуациях, заимствованных из широко распространённых задачников. На первых девяти кадрах содержится справочная информация, приведены обозначения сил. Далее на 39 кадрах представлены разнообразные динамические и статические ситуации, в которых учащемуся предлагается изобразить силы, действующие на тело(а). Каждый кадр проецируется непосредственно на классную (либо интерактивную) доску, где учащийся и изображает силы. Правильный вариант учитель демонстрирует после ряда попыток школьника. Предпринята попытка избавиться от некоторых сил, которые часто встречаются в учебных пособиях, но не являются корректными. Так, например, не встречается «вес тела», прибегать к которому нет необходимости. Нет и «силы тяги», якобы действующей на автомобиль при его движении. Корректно расставлены акценты при указании сил, действующих на тело, при его криволинейном движении, а также в случаях, когда оно находится в жидкости. В пяти заключительных кадрах (ситуациях) на «Статикку» при изображении сил, действующих на тело, строго выдержан третий закон И. Ньютона. Особенно это касается ситуаций с кронштейном.

Особое внимание обращено на тот факт, что во многих случаях после указания вектора силы тяжести другие вектора сил произвольно изображать нельзя. Показано, что в подобных ситуациях учитывается правило параллелограмма.

ПИГАЛИЦЫН Л.В., Народный учитель России levpr@rambler.ru (МОУ СОШ № 2, г. Дзержинск, Нижегородская обл.). Иллюстративный материал к темам, изучаемым в курсе физики в ноябре по УМК Пёрышкина А.В., Гутник Е.М. (7–9-й классы) и Мякишева Г.Я. (10–11-й классы): ● **7 класс:** Механическое движение. Взаимодействие тел. Масса и плотность. Силы в природе (24 рис.) ● **8 класс:** Тепловые явления – см. диск к № 13 ● **9 класс:** Относительность движения. Законы Ньютона. Свободное падение тел (12 рис.) ● **10 класс:** Динамика

(52 рис.) ● **11 класс:** Магнитное поле. Электромагнитная индукция (11 рис.) ● Файл с URL-адресами ● Тематические подборки URL-адресов видеофайлов из Интернета ● Тематические тесты «Кинематика» (10 кл.), «Магнитное поле» (11 кл.)

ПШЕНИЦЫНА И.Н. Pshenitsina50@yandex.ru (МОУ гимназия № 1, г. Абдулино, Оренбургская обл.). **Электромагнитное поле. Электромагнитная волна.** Урок-зачёт в форме защиты коллективного проекта, 2 ч, 11 кл. Проект – это самостоятельная творческая деятельность ученика по решению учебной проблемы, связанной с повседневной жизнью. При этом формируются такие компетенции, как: ● коммуникативная (ученик стремится быть понятым) ● социальная (дети учатся работать в группах, занимая определённое положение) ● предметная (накопление знаний). Защита проектов делает востребованной учебную информацию, способствует формированию не только познавательного интереса, но и творческой атмосферы, обеспечивая научно-исследовательскую среду обучения. На изучение означенной темы в профильной школе отводится 5 ч. Поэтому её изучение целесообразно провести через организацию коллективного проекта. Класс был разделён на 6 групп, которые готовили выступления по темам: «Электромагнитное поле. Электромагнитная волна», «Изобретение радио в России», «Принципы радиосвязи», «Телевидение», «Электромагнитное излучение», «Радиолокация». Приведены аннотации и презентации всех проектов. Уроки в такой форме ученикам нравятся, работают с удовольствием. Конечно не все показывают высокие результаты, но в процессе работы создаются прекрасные рабочие творческие группы, наблюдается повышение интереса к самому предмету, повышение компетентности, ориентация на нравственные ценности и активную жизненную позицию, критический отбор информации, критическое отношение к оценке и защите своей работы.

РУЗУ-ВИРОЛАЙНЕН Е.А. (с. Струги Красные, Псковская обл.). **Инерция. Урок изучения нового материала со стихами, опытами, забавными историями. 7-й класс.** На этом уроке от ребят требуется не какая-либо специальная домашняя подготовка, а умение всё время думать и действовать, выполняя задания. Особенность в том, что учитель предлагает лишь определение нового явления с небольшим пояснением. А дальше организует работу так, чтобы ребята сами углубляли и расширяли знания: учились находить это явление в природе, в быту, использовали услышанное определение для объяснения ряда фактов и пробовали применить его для предсказания событий, сводили разрозненную информацию в общую картину. В итоге знания учащихся от исходной точки (определение инерции) развиваются, проходя по спирали несколько витков. Структура урока: ● диалог с учащимися: введение понятий «инерция», «инертность» ● постановка интересных опытов и их объяснение ● физическое объяс-

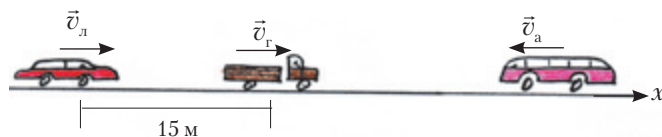
нение встречающихся в жизни ситуаций и фактов • предсказания • сбор информации из разных сфер жизни и составление таблицы «Инерция в быту, природе, технике».

СЕВРЮКОВ П.Ф., проф. sevtyukovpf@yandex.ru (СКИПКРО, г. Ставрополь). **Об аналогии формул механических и электромагнитных явлений.** Рассмотрена смысловая и структурная аналогия формул различных разделов физики: для силы взаимодействия двух точечных зарядов в законе Кулона и силы взаимодействия двух материальных точек в законе всемирного тяготения; для кинематических и динамических характеристик в механике материальной точки и вращающегося относительно неподвижной оси твёрдого тела; для механических и электромагнитных величин. Внешняя схожесть формул обусловлена как объективностью физических законов, так и используемым математическим аппаратом. Приведены 12 задач с подробным решением и 7 задач для самостоятельной работы (с комментариями и решениями), которые можно использовать как домашние задания. Материал рекомендуется для обобщающего повторения в 11-м классе.

САТЫРОВ Асхат (ученик 7-го класса МОУ ТСОШ, воспитанник Тазовского районного Дома творчества детей и юношества, пос. Тазовский, Тюменская обл., ЯНАО). **Морской волновой насос.** Руководитель **Кунина С.А.** kunin_taz@mail.ru. Морские волновые насосы – это механические устройства, позволяющие перекачивать воду (или любую другую жидкость), используя колебания морской волны. Появляется возможность с помощью энергии моря закачивать морскую или пресную воду в аквапарки, бассейны, лечебные ванны, подавать её в водораспределительные системы, а также для полива сельскохозяйственных угодий. Проект состоял в создании модели действующего волнового насоса из двух малогабаритных ручных опрыскивателей, установленных на механические качели. Малогабаритный волновой транспортабельный насос надёжно работал и поднимал воду более чем на 10 м. Стоимость механизма, по оценке, не должна превышать 1000 руб. При этом каждый может изготовить его в домаш-

них условиях, на даче, перевезти в багажнике легкового автомобиля. Пластиковый насос и деревянная конструкция механизма способны долго работать в агрессивной морской воде. Для создания более крупных морских волновых насосов необходимы более крупные пластиковые насосы диаметром 100–150 мм. Такие насосы могли бы поднимать воду на сотни метров. Их установка и обслуживание требует меньше затрат, чем существующих прототипов. Работа удостоена диплома I степени на Всероссийском детском конкурсе научно-исследовательских и творческих работ «Первые шаги в науке-2011».

ТАПЕРО Т.Ю. tatyana_tapero@mail.ru (МОУ гимназия № 1, г. Лыткарино, Московская обл.). **Решение одной задачи.** Урок решения задач, 9 кл. На примере решения разными способами задачи № 37 из «Сборника задач по физике» А.П. Рымкевича показан эффективный методический приём освоения понятия «относительность движения», закрепления умения составлять уравнения движения и систематизации знаний учащихся



Суть в том, что начало отсчёта помещается в разные точки (на легковой автомобиль и под него, на грузовик и под него, в автобус и под него), в каждом случае записываются уравнения движения для всех движущихся тел (материальных точек), к получившейся системе уравнений применяются частные условия и независимо от выбранной системы отсчёта получается один и тот же ответ. Плюс в том, что искомая величина сразу вводится в уравнение движения.

ЯЩЕРИЦЫНА Лилия, Мунаева Фатима, Мунаева Хаджимат (ученицы МОУ ТСОШ, д. Танцырей, Борисоглебский р-н, Воронежская обл.). **Сказочный электронный задачник.** Руководитель **И.И. Иванченко.** Задачник создан учащимися старших классов физико-математического профиля в рамках проектно-исследовательской деятельности по мотивам популярных детских книг и мультфильмов (идея задачника принадлежит учителю физики И.И. Иванченко). По каждой из четырёх тем («Механическое движение», «Плотность вещества», «Давление жидкостей», «Архимедова сила») составлены 5 задач с красочными авторскими иллюстрациями. Может быть использован как учебное пособие для учащихся 7-го класса или для повторения в более старших.



Фото С.А. Кунина

Асхат Сатыров за изготовлением макета волнового насоса и общий вид готового макета

www.casio.ru
school@casio.ru

CASIO®

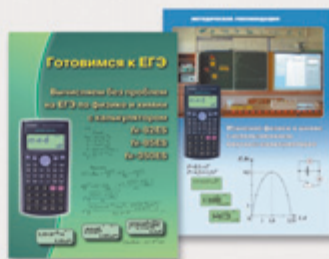
Малые средства информатизации в современном образовательном процессе

Комплект научных калькуляторов для кабинета физики, для ЕГЭ по физике, химии и географии



Состав комплекта:

- 25 научных калькуляторов CASIO fx-85ES PLUS с двойным питанием (солнечный элемент и батарея LR-44)*
- Методические рекомендации «Изучение физики в школе с использованием научных калькуляторов»
- Учебный видеofilm (DVD) «Научные калькуляторы на ЕГЭ по физике и химии»
- Учебное пособие «Готовимся к ЕГЭ. Вычисляем без проблем на ЕГЭ по физике с калькулятором fx-82ES, fx-85ES, fx-350ES»
- Плат-подсказки по функциям калькулятора
- Специальный кейс для хранения и переноса комплекта



Новые возможности! Учиться с CASIO удобнее, чем когда-либо!



Сертификат о пригодности для использования на ЕГЭ по физике, химии, географии

Приказом Рособрнадзора № 2965 от 16.12.2010 на ЕГЭ по физике, химии и географии разрешено использовать непрограммируемые калькуляторы.

Пригодность калькуляторов серии fx-ES PLUS для использования на ЕГЭ по физике, химии и географии подтверждена Органом по сертификации средств обучения и образовательных услуг Системы «Учсерт».

Сертификат № RU.ИСОС.П00482.

Сертификат можно посмотреть и скачать на сайте www.edu.casio.ru

Продукция пригодна для использования в образовательных учреждениях среднего общего и профессионального образования, в ВУЗах и на ЕГЭ по физике, химии и географии

Цифровой измерительный комплекс для кабинета физики

Состав комплекса**:

- Математический микрокомпьютер CASIO fx-9860GII*
- Программа «9860Manager» - эмулятор fx-9860G для ПК и интерактивной доски
- Программа «FA-124» для связи микрокомпьютера с ПК
- Цифровой анализатор данных CASIO EA-200
- Набор датчиков для проведения лабораторного практикума по физике: температуры, относительного и абсолютного давления газа, магнитного поля, тока, напряжения, оптоэлектрический (фотозатвор), положения (4 геркона), влажности, ионизирующего излучения, освещенности, звука (микрофон)
- Набор дополнительного оборудования для проведения лабораторного практикума
- Комплект методических пособий по выполнению лабораторных работ практикума по физике
- Комплект кабелей для соединения микрокомпьютера с ПК и совместимыми устройствами
- Контейнер для хранения комплекса



* Возможна комплектация другим устройством модельного ряда (математический микрокомпьютер — графический калькулятор).

**В комплект дополнительно могут входить датчики для кабинета химии (температуры, высокотемпературный (термопары), электропроводности, pH (кварцевый показатель)) и кабинета биологии (ЭКГ (электрокардиограмма), частоты дыхания, пульса).

Звёздное небо в ноябре

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: астрономия, звёздное небо, звёздные карты, Созвездие Кита, созвездия Лютни Георга, Химической печи, Электрической машины и Скульптора, джеты из галактики Центавр А

Проф. В.М. ЧАРУГИН,
академик РАКЦ
charugin2010@mail.ru,
МПГУ, г. Москва

С этого года мы перестали переходить на зимнее время, поэтому в ноябре время в Москве, как и летом, на 1,5 ч опережает среднее солнечное. Солнце, при своём годовом движении по эклиптике 22 ноября переходит из зодиакального знака Скорпиона в знак Стрельца, 23 ноября – из созвездия Весов в созвездие Скорпиона, а 29 ноября – из созвездия Скорпиона в созвездие Змееносца. 1 ноября 2011 г. – 2 455 866-й юлианский день, Солнца восходит в $8^{\text{h}} 37^{\text{m}}$, а заходит – в $17^{\text{h}} 49^{\text{m}}$, продолжительность дня 9 ч 12 мин, а ночи – 14 ч 48 мин. В этот день звёздное время в московскую полночь $s_0 = 1^{\text{h}} 10^{\text{m}}$. Если учесть, что на широтах, близких к широте Москвы, продолжительность астрономических сумерек, по окончании которых появляются самые слабые звёзды, видимые невооружённым глазом, составляет почти 2 ч, то звёздное небо в полной своей красе предстаёт перед нами около 19^{h} . В конце месяца, 30 ноября, в 2 455 895-й юлианский день, на широте Москвы темнеть начинает ещё раньше, звёздное время в гринвичскую полночь $s_0 = 3^{\text{h}} 08^{\text{m}}$. Солнце заходит примерно в 17^{h} , астрономические сумерки уже длятся 2 ч 46 мин, поэтому благоприятные условия для астрономических наблюдений наступают после $18^{\text{h}} 40^{\text{m}}$. Конечно, самые яркие звёзды и планеты появляются уже после окончания гражданских сумерек, которые в ноябре в среднем длятся около 40–50 мин, поэтому к астрономическим наблюдениям можно приступить и раньше. Учитывая, что большинству читателей удобнее всего проводить наблюдения в вечерние часы, но не слишком поздно, опишем основные созвездия и небесные явления, которые можно увидеть в ноябре около 8^ч вечера по московскому времени.

Вблизи зенита на юго-западе виден Крест созвездия Лебедя с ярким Денебом (α) и чуть ниже созвездие Лиры с яр-

Звёздные карты и описания звёздного неба даются примерно на 20^{h} 15 ноября в Москве.



Созвездие Кита из старинного атласа созвездий «Urania's Mirror» (1825) Иосафата Аспина (Jehoshaphat Aspin, 1800–1845). Также видны созвездия Лютни Георга, Химической печи, Электрической машины и Скульптора

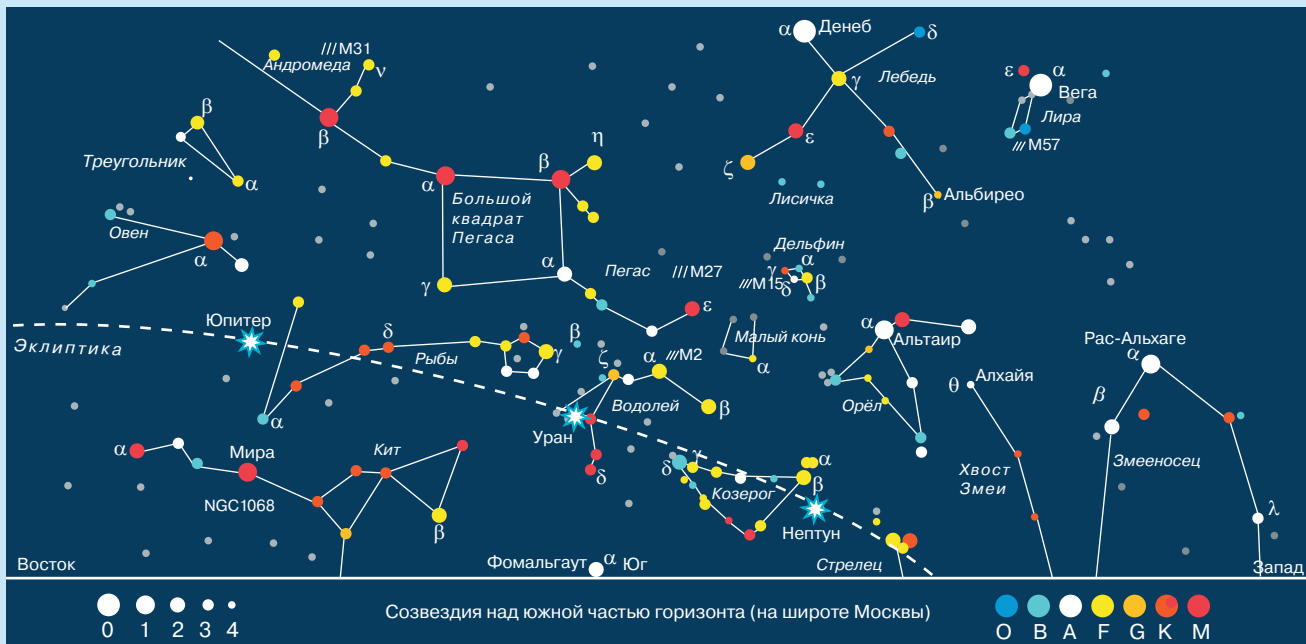
кой Вегой (α). На северо-западе от точки зенита видно созвездие Дракона, которое выделяется своей «головой». На юго-востоке – созвездие Андромеды.

Повернёмся лицом к югу, слева – восток, справа – запад. Здесь между Северным полюсом мира, где расположена Полярная звезда, и точкой юга на горизонте находятся созвездия, проходящие верхнюю кульминацию. Сейчас самое благоприятное время изучать эти созвездия и расположенные в них небесные объекты.

При хороших погодных условиях жители Москвы и более южных районов России увидят почти у самого горизонта на юге звезду первой величины Фомальгаут, ярчайшую в созвездии Южной Рыбы. Фомальгаут – искажённое арабское *фум аль хут* (рот рыбы).

Прямо над Фомальгаутом можно увидеть звезду δ Водолея, а северо-западнее – всё созвездие Водолея. Самая яркая звезда в этом созвездии, α , носит арабское имя Садамельик (*Са'ад аль Малик* – счастье властелина). Созвездие Водолея состоит из слабых звёзд. Наиболее заметной и необычной является Y-образная группа, которую так и называют Y Водолея, а согласно традициям античных мифов – *Кувшином*.

Самое заметное созвездие, которое кульминирует в данное время, – Пегас. Астеризм Большой Квадрат Пегаса состоит из трёх звёзд, принадлежащих этому созвездию (α – Маркаб, β – Шат, γ – Альгениб), и четвёртой – Альферац – из созвездия Андромеды. Имена эти означают: Маркаб – *повозка, телега* или просто *то, на чём ездят*; Шат, по-видимому, искажённое слово *саид* – *рука* или *плечо*; Альгениб означает



Спектральный класс указан для звезд до 3^m

лупок лошади. В большинстве звёздных атласов Пегаса изображают в виде передней половины коня с крыльями.

В III в. до н. э. Эратосфен писал, ссылаясь на Еврипида что «... это Меланнипа, дочь Хирона. Её вероломно соблазнил Эол, и она, видя, что живот её начинает расти, скрылась в горах. В самый час родов туда пришел разыскивавший её отец, и она, застигнутая врасплох, стала молить о превращении, лишь бы не быть узанной. Так она и превратилась в кобылицу, и Артемида, отдавая должное её и отцовскому благочестию, поместила Меланнипу среди созвездий – там, откуда её не видно Кентавру (так как он, считается, и есть Хирон). Задняя часть её не различима, чтобы нельзя было распознать, что это женщина. Она содержит звёзды: на ноздрях две тусклые; на голове одну; на щеке одну; на обоих ушах по одной тусклой; на шее четыре, из которых ярче всех та, что ближе к голове; на плече одну; на груди одну; на хребте одну; на пупе одну яркую, самую крайнюю из звёзд; на передних коленях две; на обоих копытах по одной». Так что у вас есть возможность проверить описание этого созвездия в III в до н. э. с тем, что видно на небе [1].

Большой Квадрат Пегаса и цепочка из трёх сравнительно ярких звёзд, вытянувшаяся на северо-восток, которая вместе с Альферацем представляет созвездие Андромеды, по форме напоминает увеличенную Большую Медведицу.

К западу от Пегаса расположено едва заметное созвездие Малого Коня. Оба эти созвездия упоминаются с глубокой древности, хотя, как показали исследования, во времена Архимеда созвездия Малого Коня на небе не существовало.

Большой Конь стал называться Пегасом во времена Римской империи. У арабов оно так и сохранилось под названием Большой Конь – *Аль-фарас Аль-азам*.

Самая яркая в созвездии Пегаса – звезда красного цвета Эниф (ϵ) 2,54^m, а звезда Маркаб (α) имеет 2,57^m (немного слабее). Довольно яркая звезда Шат (β) является полуправильной переменной звездой, блеск которой меняется от 2,4^m до 2,8^m без выраженного периода. Это холодная гигантская звезда красного цвета с температурой поверхности 3200 К и радиусом, в 110 раз превышающим солнечный.

Западнее и чуть выше звезды Эниф и на таком же расстоянии от Малого Коня расположено яркое шаровое скопление звёзд М15. В бинокль можно различить круглое светящееся туманное пятнышко. В школьный телескоп в тёмную и ясную ночь можно увидеть, что это совсем круглое пятнышко имеет очень яркую сердцевину, а к краям по всем направлениям яркость постепенно падает. Диаметр этого скопления 7', а звёздная величина 7^m.

Если посмотреть на северо-запад на продолжение линии между звёздами θ и ϵ Пегаса, то на расстоянии около трёх отрезков между ними увидим созвездие Лисички. Оно состоит из слабых звёзд и плохо заметно на фоне Млечного Пути. В том месте, куда указывает конец отрезка, находится необычная, крупная и яркая планетарная туманность, очень причудливая по форме. Известный астроном XVIII в. Ш. Месье открыл её в 1764 г. и занёс в свой каталог под номером 27. Туманность М27 имеет звёздную величину 7^m и отчётливо видна в бинокль, а в школьный телескоп можно разглядеть и форму (размер 8' × 4').

Под созвездием Пегаса расположено протяжённое созвездие Рыб. Непосредственно под Большим Квадратом Пегаса – чуть севернее небесного экватора – маленький кружок из пяти звёзд Западной Рыбы. Само созвездие по очертаниям напоминает пару связанных вместе рыбин. Самая яркая звезда этого созвездия α Рыб является кратной системой из четырёх звёзд, обращающихся вокруг общего центра масс. Главная звезда (4,3^m) – белого цвета с температурой поверхности около 10 000 К. На расстоянии 2,65" от неё расположена такая же горячая, но чуть меньшая звезда 5,2^m. При благоприятных условиях в школьный телескоп эту пару можно увидеть раздельно, её период обращения вокруг центра масс равен 720 годам.

На юго-востоке под созвездием Рыб низко над горизонтом появляется созвездие Кита. Ярчайшая звезда этого созвездия β – Дифта (*Лягушка*), α – Мекаб (*Нос чудовища*) – несколько слабее. Иногда звезду α называют Менкар. Но самой знаменитой в этом созвездии является переменная звезда σ – Мира (*Удивительная*). Она то делается самой яркой в созвездии, то перестаёт быть видимой невооруженным глазом.

Продолжение см. на с. 34

Роскошный часослов герцога Беррийского (1410–1415 гг.): ноябрь

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:
роскошный часослов
герцога Беррийского,
братья Лимбург,
средневековый
календарь





Новости науки и техники

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: волоконно-оптические датчики растяжения и сжатия конструкционных материалов, «неньютоновская» жидкость, вязкость, зоны жизни в Галактике

Ещё одна традиционная тема для средневековой Европы – сбор желудей в ноябре, который спустя 70 лет после братьев Лимбург изобразил художник Жан Коломб. Свинопас, забрасывая на деревья палку, пытается сбить жёлуди. Жёлуди уже созрели, и свиньи лакомятся ими. Замечательно передана поза крестьянина, но лицо некрасивое, так как в средневековой портретной живописи простолудины красивыми не изображались. Коломб следует канонам педантичнее, чем Лимбурги, у которых крестьяне и крестьянки выглядели симпатичными.

По солнечному календарю новолуние приходится на 18–19 ноября (даты на верхней полуокружности). Расчёт фаз Луны показывает, что так могло быть в 1416 г. Переход Солнца из знака Скорпиона в знак Стрельца произошёл 13 ноября по лунному календарю (даты на нижней полуокружности), и в этот день по солнечному календарю начался декабрь. Нужно иметь в виду, что год по лунному календарю длится 354 дня, а по солнечному 365,25 суток. Поэтому, несмотря на то, что по фазам Луны вести счёт месяцам легче, возникают проблемы с соответствием месяцев сезону года, которые следуют согласно солнечному календарю. Этим и объясняется такое сложное устройство календаря герцога Беррийского. Раз в несколько лет нужно вставлять лишний (13-й) лунный месяц, чтобы восстановить соответствие между обоими календарями. Обычно это делалось по указу короля, герцога или папы.

Литература

1. Маркова.Н. Братья Лимбург и «Роскошный часослов герцога Беррийского» // Искусство-ПС. 2007. № 13 [Электронная версия] URL: <http://art.1september.ru/article.php?ID=200701305>
2. Les Tres Rishes hevres du Duc de Berry. Miinerva. Musée Condé, Chantilly, France. 1979–1989.

Проф. В.М. ЧАРУГИН

Защита от непредвиденного

Мы уже привыкли к сообщениям о техногенных авариях и катастрофах: где-то рухнуло возводимое здание, где-то без видимых причин провалилась крыша построенного несколько десятилетий назад отеля. Кстати, первый советский (и оказавшийся последним) орбитальный аппарат многоцветового применения «Буран» закончил существование не при старте или посадке, как бывало с заокеанскими «челноками», а на Байконуре, под обломками сложившегося вдруг ангара. Но ведь подобные происшествия можно предотвратить. Для этого надо строго контролировать качество строительных материалов, постоянно следить за состоянием конструктивных элементов сооружений, своевременно выявляя накопившиеся избыточные напряжения, чтобы не допустить последующих деформаций и разрушений. Для этих целей специалисты опытно-конструкторского бюро «Сигнал» имени А.Н. Глухарева (г. Энгельс, Саратовская обл.) предложили устанавливать волоконно-оптические датчики внутри конструкций при строительстве или на поверхности уже существующих объектов. Они должны непрерывно передавать сведения о состоянии конструкций на центральный пункт, где их автоматически накапливают и анализируют на предмет воздействия на объект естественных изменений температуры, влажности, атмосферного давления и других внешних факторов. Особое внимание уделяется процессам растяжения и сжатия конструкционных материалов даже на тысячные доли миллиметра, причём такие наблюдения ведутся непрерывно, а информация от датчиков поступает в компьютер для немедленной обработки. На дисплее центрального пункта отображается расположение волоконно-оптических датчиков на сооружении. Пока они обозначены зелёным – можно не беспокоиться, если же цвет меняется на жёлтый – стоит насторожиться, а красный, как всегда, велит объявлять тревогу. К преимуществам новой системы следует отнести отсутствие электропитания. Это исключает отказы из-за случайного отключения электроэнергии, замыканий с весьма вероятными

возгораниями, а при перепадах напряжения – искажений передаваемой информации. Установка датчиков не требует каких-то приспособлений и переделок наблюдаемых узлов и деталей, что связано с определенными затратами.

2011. <http://www.nkj.ru/news/19576/>

Физика змеиного укуса

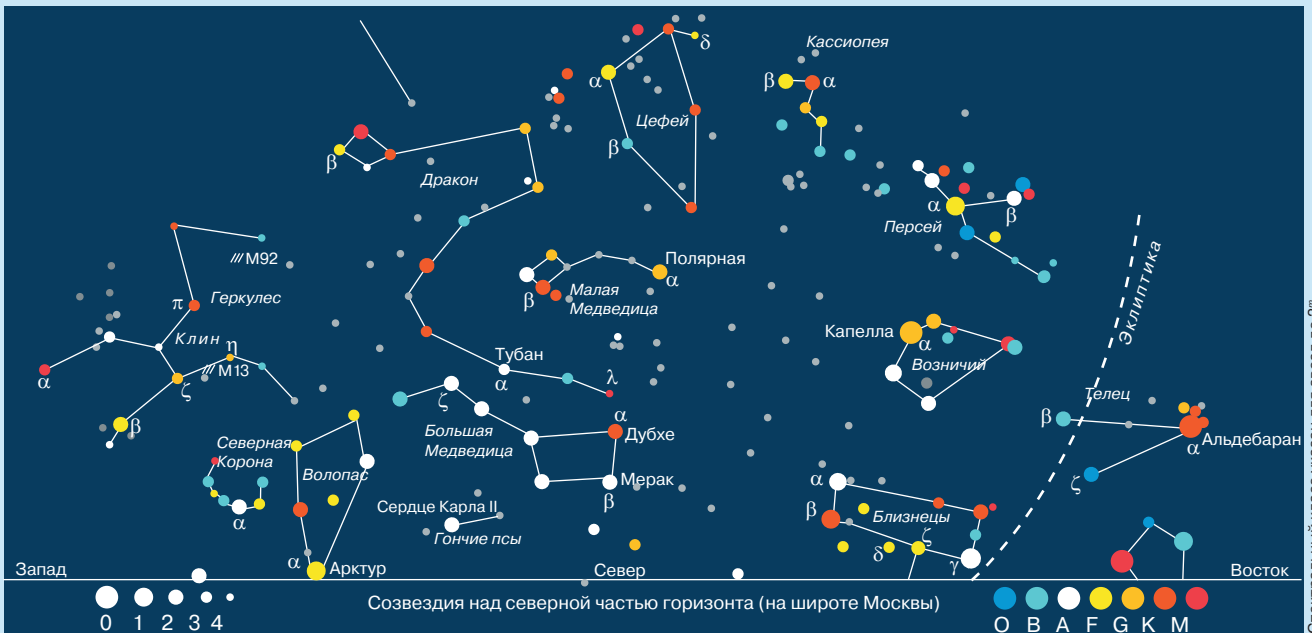
Клыки гремучей змеи, как шприцы, под высоким давлением выстреливают в жертву яд из желез в голове. У других ядовитых змей яд вытекает из желобков вдоль клыков. По мнению биофизиков из ТУ г. Мюнхена (Германия) и Массачусетского университета (США) рептилии используют «ядовитую комбинацию» поверхностного натяжения и «физику кетчупа». Учёные смешали змеиный яд с равным количеством слюны, чтобы имитировать реальные условия, и измерили вязкость полученной смеси при различной скорости сдвига движущихся друг относительно друга поверхностей, между которыми помещали смесь. Оказалось, что яд слегка напоминает томатный кетчуп. В отличие от воды, текучесть кетчупа зависит от усилий сдвига, что делает его «неньютоновской» жидкостью (в которой вязкость зависит от градиента скорости). Когда сдвиговые силы отсутствуют, вязкость большая. Когда клык пронзает кожу, сдвиговая сила увеличивается, вязкость уменьшается, и яд свободно вытекает. С помощью компьютерной модели учёные исследовали и поверхностное натяжение, благодаря которому жидкость приобретает форму капли. Когда клыки в контакте с воздухом, поверхностное натяжение сохраняет яд в желобках, а когда клык попадает в плоть, то желобок образует как бы трубчатую структуру, и изменение поверхностного натяжения позволяет яду свободно вытекать.

<http://www.nkj.ru/news/19645/>

Л.В. ПИГАЛИЦЫН,
МОУ СОШ № 2, г. Дзержинск,
Нижегородская обл.
levp@rambler.ru, www.levpi.narod.ru



Расширенный блок новостей см. на диске.



Спектральный класс указан для звезд до 3^м

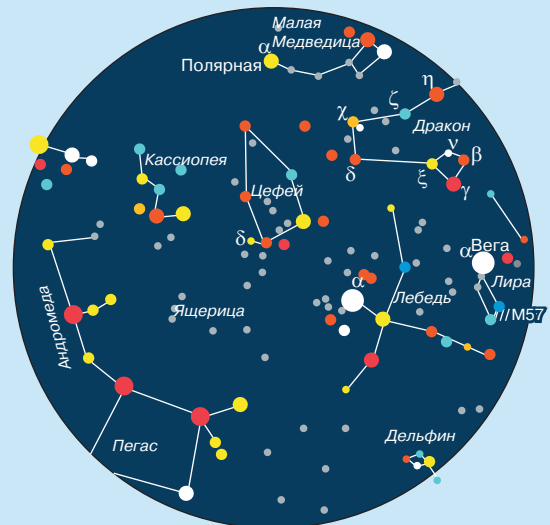
Продолжение. Начало см. на с. 31

Звезда τ Кита – жёлтый карлик, похожая на наше Солнце – одна из ближайших к нам звёзд, расположена на расстоянии 12 св. лет от Земли. Она хорошо видна невооружённым глазом.

В 1960 г. астроном Фрэнк Дрейк направил на эту звезду огромный радиотелескоп диаметром 26 м. Он пытался, впервые в истории человечества, принять сигналы предполагаемой развитой цивилизации на волне 21 см. Произошло это в американской радиоастрономической обсерватории Грин-Бэнкс в ходе проекта OZMA. Сигналы разумной цивилизации не обнаружили, и по этому поводу В. Высоцкий сочинил песню «В созвездии ТАУ КИТА»: На Тау Ките // Живут в красоте – // Живут, между прочим, по-разному // Товарищи наши по разуму.

В созвездии Кита рядом со звездой Мира находится одна из близких и самых ярких активных галактик на нашем небе – сейфертовская галактика NGC1068. Представленное изображение этой галактики, составлено из снимков, сделанных в рентгеновском диапазоне (голубой и зелёный цвет) космическим рентгеновским телескопом Чандра (*Chandra*) и в видимом (красный цвет) диапазоне – космическим телескопом Хаббл. Белый цвет – радиоизображение, полученное на Очень Большой Решётке (VLA). В центре этой галактики находится сверхмассивная чёрная дыра, а вокруг неё – светящееся облако газа, сдуваемое ветром со скоростью около 400 км/с. Масса этого газового облака примерно в 5 млн раз превышает массу Солнца, а его температура – около 100 тыс. градусов. Химический состав газа похож на солнечный, с заметным дефицитом кислорода.

На следующем фото представлена другая активная галактика – NGC 5128, также известная как Центавр А. Это мощная радиогалактика является ближайшей к нам эллиптической галактикой. Она располагается на расстоянии примерно 11 млн св. лет от Земли в созвездии Центавра. Этот объект прекрасно виден на ночном южном небе, что привлекает внимание многих астрономов-любителей. На снимке хорошо видна внутренняя



Созвездия вблизи зенита

структура гигантской галактики, в частности, плоский, поглощающий свет газопылевой диск – остаток спиральной галактики, которая была поглощена NGC 5128 200–700 млн лет назад. Изображение галактики является комбинацией оптического, рентгеновского и инфракрасного снимков. Рентгеновское излучение показано синим цветом, инфракрасное – условным оранжевым. Выбросы в виде гигантских вытянутых пузырей, направленных перпендикулярно тёмной полосе из газа и пыли, видны в рентгеновских и радиолучах. Протяжённость этих выбросов составляет несколько миллионов св. лет. На вставке справа показано детальное радиоизображение центральной части выброса размерами около светового года, берущего своё начало из сверхмассивной чёрной дыры, расположенной в центре галактики. Пока не ясно, каким образом центральная чёрная дыра выбрасывает в виде струй падающее на неё вещество и определяет активность галактики в целом.

Если встать лицом на север, то сзади будет юг, справа – восток, а слева – запад. Низко над горизонтом точно на се-



Слева: активная галактика 1068; справа: выбросы (джеты) из необычной галактики Центавр А

вере увидим хорошо знакомую группу из семи звёзд второй величины, которая по форме напоминает телегу, катящуюся вдоль горизонта с запада на восток. Это созвездие Большой Медведицы. Изучать её в это время суток не имеет смысла, так как она находится в нижней кульминации, то есть ниже всего над горизонтом, только под утро, поднимаясь на значительную высоту. Звёзды Мерак (β) и Дубхе (α) расположены почти вдоль небесного меридиана. Поднимаясь вдоль него, мы на расстоянии около пяти отрезков $\alpha\beta$ увидим одинокую звезду примерно второй величины – Полярную звезду – ярчайшую звезду в созвездии Малой Медведицы.

«Хвост» Большой Медведицы указывает на запад, на созвездие Волопаса. Его ярчайшая звезда Арктур уже зашла за горизонт, и можно различить только три звезды – δ , β и γ . Созвездие Северной Короны, цепочка звёзд которой расположена западнее Волопаса, приближается к горизонту.

На северо-востоке взошла яркая Капелла – ярчайшая в созвездии Возничего, которое по форме напоминает неправильный четырёхугольник. Также поднялись Кастор и Поллукс (α и β Близнецов) и созвездие Тельца.

На западе, ниже Головы Дракона, рядом с Северной Короной расположено созвездие Геркулеса, которое через 1,5–2 ч зайдет за горизонт.

ПЛАНЕТЫ

Меркурий движется по созвездиям Скорпиона и Змееносца, поэтому не виден.

Венера (блеск $-3,7^m$) движется по созвездиям Змееносца и Стрельца, появляется в третьей декаде на фоне вечерней зари в созвездии Стрельца.

Марс (1^m) движется по созвездию Льва, 11 ноября сблизится с Регулом (α Льва) до $1,3^\circ$. В начале месяца Марс виден утром, в середине и конце месяца – ночью и утром.

Юпитер (-28^m) движется попятно по созвездию Рыб, в начале месяца виден всю ночь, в середине и конце месяца – вечером и ночью. Имеет смысл проследить за изменением конфигураций его галилеевых спутников и рассмотреть Большое Красное Пятно.

Сатурн ($+0,8^m$) движется по созвездию Девы, его можно видеть утром, в школьный телескоп можно увидеть кольцо у планеты.

Уран ($+6,0^m$) движется попятно по созвездию Рыб, его можно попытаться найти в небольшой телескоп вечером и ночью рядом с точкой весеннего равноденствия. Для поиска Урана лучше воспользоваться картой окрестностей [2].

Нептун ($+7,9^m$) движется по созвездию Водолея, меняя попятное движение на прямое после стояния 9 ноября.

МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ

Леониды (от лат. Leo – Лев) активны с 8 по 18 ноября, максимум 17 ноября (5–15 мет./ч), связаны с кометой Темпеля–Туттля, период которой 33,25 года. Метеоры очень быстрые, имеют зеленоватые следы. Впервые поток был замечен в Египте в 899 г. Неоднократно отмечались дожди. Так, 17 ноября 1966 г. наблюдалось 140 000 метеоров в час.

Моноцеротиды (от лат. Monoceros – Единорог) активны с 21 по 22 ноября. Поток был очень активным в 1925 и 1935 гг., когда наблюдалось до 100 мет./ч.

Литература

1. Небо, наука, поэзия. Античные авторы о небесных светилах, об их именах, восходах, заходах и приметах погоды / Под ред. Н.А. Фёдорова и П.В. Щеглова. М.: Изд-во МГУ, 1992.
2. Астрономический календарь на 2011 год // Под ред. Александра Кузнецова kuznezowaw@yandex.ru

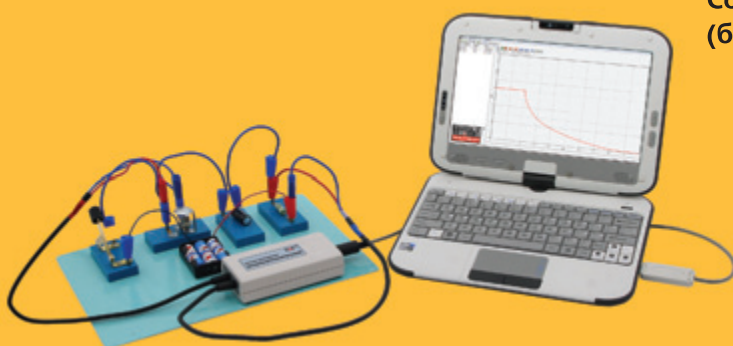
Фазы Луны	Дата	2	6	10	14	18	21	25	29
	Фаза								
	Фаза	Первая четверть	Полнолуние		Последняя четверть		Новолуние		

ЦИФРОВАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПО ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДНЕЙ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ



Цифровая лаборатория «Научные развлечения»* предназначена для проведения экспериментов по естественно-научным предметам в школе. Использование нетбука Classmate PC позволяет расширить экспериментальные возможности школьника в проведении опытов и в обработке полученных результатов. Цифровые датчики, входящие в состав лаборатории, напрямую подключаются к нетбуку и сразу же готовы к работе. Программное обеспечение цифровой лаборатории «HP» обеспечивает одновременное получение данных от нескольких датчиков, различные способы предоставления полученных данных на экране (таблицы, графики, диаграммы и т.д.), позволяет накопить статистику по проведенным экспериментам. Методическое руководство содержит подробное описание по проведению опытов, входящих в рамки школьной программы физики 7–11-го классов.

Лабораторные работы по физике – яркие, красочные, содержательные и запоминающиеся!



Состав цифровой лаборатории (базовый уровень):

- Нетбук Classmate PC
- Цифровой датчик положения (4 канала)
- Цифровой датчик температуры ($-20 \dots + 110 \text{ }^\circ\text{C}$)
- Цифровой датчик давления ($0 \dots 200 \text{ кПа}$)
- Цифровой осциллографический датчик напряжения ($\pm 100 \text{ В}$)
- Комплект дополнительного оборудования
- Программное обеспечение
- Методическое руководство
- Лоток с прозрачной крышкой для хранения

Перечень лабораторных работ (неполный):

Электродинамика

- Измерение силы тока с помощью осциллографа
- Зависимость сопротивления провода от длины и сечения
- Свойства полупроводникового диода
- Зависимость силы Ампера от силы тока
- Явления электромагнитной индукции

Оптика

- Преломление света на границе двух сред
- Типы изображения в собирающейся линзе
- Измерение коэффициента увеличения собирающей линзы
- Измерение фокусного расстояния рассеивающей линзы

Термодинамика

- Определение удельной теплоемкости твердого вещества
- Зависимость давления газа от объема ($T = \text{const}$)
- Зависимость давления газа от температуры ($V = \text{const}$)

Механика

- Зависимость скорости и пути от времени при равноускоренном движении
- Второй закон Ньютона (тело на наклонной плоскости)
- Измерение ускорения свободного падения
- Измерение коэффициента трения
- Изучение колебаний маятника на пружине



Система хранения оборудования

* Цифровая лаборатория «HP» соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) в части оснащенности учебного процесса и оборудования учебных помещений общеобразовательных учреждений.

www.td-school.ru ☎ +7 (495) 617-0328 ✉ sale@td-school.ru ☎ ООО «Школьный мир»

Система обучающих задач по физике

Ключи к решению физических задач

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: решение задач, ГИА, ЕГЭ, обучающие задачи, механическое движение, динамика, 7–11 классы

Продолжение. См. № 13/2011

Л.Э. ГЕНДЕНШТЕЙН
genden@list.ru
(ИСМО РАО, г. Москва),
А.В. КОШКИНА
(МОУ СОШ № 37,
г. Архангельск),
проф. В.А. ОРЛОВ
(ИСМО РАО, г. Москва)

2. ДИНАМИКА

Обширный раздел «Динамика» традиционно считается одним из самых трудных «задачных» разделов школьного курса физики. Обычно мы предлагаем ученикам решать такие задачи, пользуясь хорошо известным «алгоритмом»: сделать чертёж, на котором изображены все силы и так далее. Признавая ценность «алгоритмического» подхода, обратим внимание на то, что действия по такому «алгоритму» далеко не всегда можно выполнять *алгоритмически* — часто они требуют предварительного *анализа ситуации*, внимания в существо описанного в условии явления.

Так, действуя по алгоритму, ученик должен *начинать* решение с построения чертежа, на котором изображены все силы. Однако до конца решения или, по крайней мере, до тщательного анализа условия ему ещё не известны модули сил, а порой даже и их направления. Подобные «неоднозначности» характерны для задач выше среднего уровня сложности, в особенности для задач ЕГЭ части С.

В таких случаях до начала «формульного» решения и даже до построения чертежа надо провести «расследова-

ние» условия на *качественном* уровне. Слово *качественный* применимо тут в *обоих* значениях — и как антоним слова *количественный*, и как критерий *качества*. Хорошо известно, что именно качественные задачи вызывают у учеников наибольшие трудности (в том числе на ГИА и ЕГЭ): решение таких задач требует *понимания* физики, а не бездумной подстановки чисел в ничего не говорящие им формулы. Значит, для решения *качественных* задач необходимо и более *качественное* знание физики!

Главная сложность большинства более или менее трудных *расчётных* задач (в том числе задач ЕГЭ) как раз и состоит в том, что в них обычно спрятана *качественная* задача: прежде чем писать формулы и *даже строить чертёж*, надо произвести *качественный* (во всех смыслах!) анализ условия.

Мы намеренно употребили выше слово «расследование»: если подать его на уроке в «детективном» ключе, ребята будут с интересом *участвовать*. Главная привлекательность детектива заключается как раз в интерактивности: автор *вовлекает* читателя в *деятельность* по разгадке сюжета (используя модную ныне терминологию, можно было бы сказать, что детектив — это пример «деятельностного подхода» в художественной литературе).

Разберём конкретный пример подробного анализа условия с последующим решением задачи в общем виде. Он хорошо иллюстрирует шуточную модификацию олимпиадниками известного изречения: «Наклонная плоскость так же неисчерпаема, как и атом».

Задача. К бруску (рис. 1), находящемуся на наклонной плоскости с углом наклона α , приложена сила \vec{T} , направленная вдоль наклонной плоскости вверх. Коэффициент трения между бруском и плоскостью μ . Чему равно ускорение бруска, если в начальный момент его скорость равна нулю? (По причинам, которые станут понятными ниже, мы намеренно опустили в условии числовые данные.)

Рис. 1

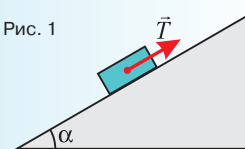
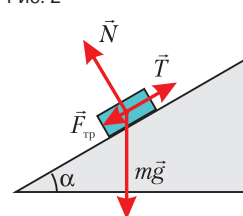


Рис. 2



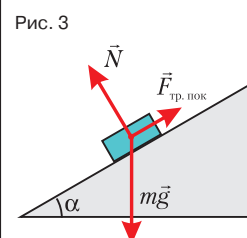
Предварительный чертёж ученика

Следуя «алгоритму», ученики начинают решать эту задачу с построения чертежа (рис. 2), на котором изображены все действующие на брусок силы. При этом силу трения $\vec{F}_{\text{тр}}$ они обычно направляют *противоположно* силе \vec{T} , то есть вдоль наклонной плоскости вниз и сразу полагают её равной по модулю μN , где N — модуль силы нормальной реакции.

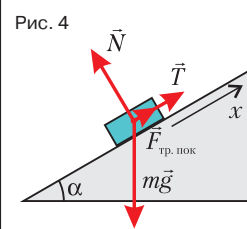
Тем самым они молча предполагают, что брусок начнёт *двигаться*, причём *вверх* по наклонной плоскости. Ребята часто просто *не видят* других возможностей (на самом деле таких возможностей тут *четыре* — см. ниже). А ведь «изюминка» этой задачи как раз и состоит в том, чтобы увидеть *весь спектр* возможностей и выбрать ту, которая соответствует числовым данным, приведённым в условии. После того как этот выбор сделан *правильно*, довести решение до конца уже несложно.

Случай 1. Брусок покоится на наклонной плоскости «сам по себе». Начать «расследование» можно с вопроса: может ли брусок *остаться в покое*? Начнём с простейшей *демонстрации*: если коэффициент трения μ достаточно велик или угол наклона α достаточно мал, то брусок будет покоиться на наклонной плоскости «сам по себе». Как известно, это имеет место при условии $\mu \geq \operatorname{tg} \alpha$ (будем называть далее такую плоскость *шероховатой*). Если приложить к бруску направленную вверх вдоль наклонной плоскости *небольшую* силу \vec{T} (будем называть её для краткости *силой тяги*), то брусок останется в покое (тоже показываем на опыте). Тем самым мы экспериментально опровергаем «очевидное» молчаливое предположение, что брусок обязательно начнёт двигаться вверх по наклонной плоскости.

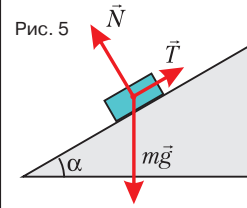
Предложите рассмотреть: какие силы действуют на брусок в этом случае? Главное тут для ребят – осознать (даже «открыть» – для некоторых это и правда может явиться открытием), что в этом случае сила трения – это сила трения *покоя*. А она далеко не всегда равна «привычному» выражению для силы трения μN – это лишь её предельное значение! Когда брусок покоится на наклонной плоскости «сам по себе», сила трения покоя направлена вверх вдоль наклонной плоскости и уравнивает равнодействующую силы тяжести и силы нормальной реакции и поэтому $F_{\text{тр. пок}} = mg \sin \alpha$ (рис. 3).



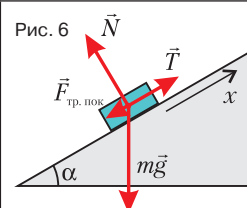
Если приложить *небольшую* силу тяги \vec{T} (далее уточним, какую), то эта сила будет «помогать» силе трения покоя удерживать брусок на месте (рис. 4). Проекция равнодействующей \vec{F} всех действующих на брусок сил на ось координат X , направленную вдоль наклонной плоскости вверх: $F = T + F_{\text{тр. пок}} - mg \sin \alpha$. Поскольку брусок покоится, из второго закона Ньютона следует, что $F = 0$.
 $F = 0 \Rightarrow F_{\text{тр. пок}} = mg \sin \alpha - T$.
 Условие $F_{\text{тр. пок}} = \leq \mu N$ при этом выполнено.



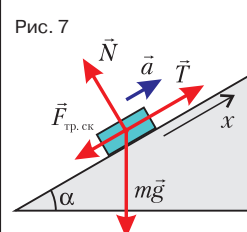
Начнём теперь постепенно увеличивать силу \vec{T} . При этом сила трения покоя будет уменьшаться по модулю, но *сохранять направление* – до тех пор, пока выполняется условие $T \leq mg \sin \alpha$. При $T = mg \sin \alpha$ сила трения покоя обратится в *нуль*: сила тяги будет уравнивать равнодействующую силы тяжести и силы нормальной реакции, «не прибегая к помощи» силы трения покоя (рис. 5).



Интересно однако, что при дальнейшем *небольшом* увеличении силы тяги брусок по-прежнему останется в покое! Однако сила трения покоя при этом *меняет направление* – она будет направлена теперь *вниз* вдоль наклонной плоскости (рис. 6). В этом случае $F = T - F_{\text{тр. пок}} - mg \sin \alpha$. Поскольку брусок покоится, то $F = 0 \Rightarrow F_{\text{тр. пок}} = T - mg \sin \alpha$.
 $F_{\text{тр. пок}} = \leq \mu N \Rightarrow T - mg \sin \alpha \leq \mu mg \cos \alpha \Rightarrow T \leq mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$.



Итак, мы установили, что если выполнено неравенство $\mu \geq \operatorname{tg} \alpha$, то брусок останется в покое, если $T \leq mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$. В этом случае его ускорение будет, конечно, равно нулю. Если же $T > mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$, то есть сила тяги достаточно велика, брусок начнёт двигаться с ускорением, направленным вдоль наклонной плоскости вверх, и на брусок будет действовать сила трения *скольжения* $F_{\text{тр. ск}} = \mu N$ (рис. 7). В этом случае:
 $F = T - mg \sin \alpha - \mu N = T - mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = T - mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$.
 В результате брусок будет двигаться с ускорением $a = \frac{F}{m} = \frac{T}{m} - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$, направленным вверх вдоль наклонной плоскости.



Рассмотрим теперь случай, когда брусок «сам по себе» начал бы соскальзывать по наклонной плоскости. Как известно, это имеет место, если $\mu < \operatorname{tg} \alpha$. Найдём и здесь сначала условие, при котором брусок останется в покое, потому что в таком случае на него действует «капризная» сила трения *покоя*, для которой изначально не известны ни модуль, ни направление. И поэтому построить правильный чертёж без анализа условия невозможно.

Случай 2. Брусок скользит по наклонной плоскости «сам по себе». Если мы удерживаем брусок в покое *наименьшей* возможной силой \vec{T} , она «помогает» направленной вверх вдоль наклонной плоскости *максимальной* силе трения покоя уравновесить равнодействующую силы тяжести и силы нормальной реакции (рис. 8): $F = 0$.

$$T + F_{\text{тр. пок}} - mg \sin \alpha = 0.$$

$$F_{\text{тр. пок}} = mg \sin \alpha - T.$$

$$F_{\text{тр. пок. макс}} = \mu N \Rightarrow mg \sin \alpha - T = \mu mg \cos \alpha \Rightarrow T_{\text{мин}} = mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha).$$

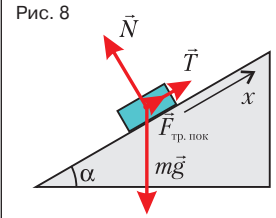


Рис. 8

Теперь найдём, какова *максимально* возможная сила \vec{T} , при которой брусок ещё остаётся в покое. Если мы начнём плавно увеличивать силу \vec{T} от значения $mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$, сила трения покоя начнёт уменьшаться, в некоторый момент станет равной нулю (при $T = mg \sin \alpha$), а затем *изменит направление* и будет направлена уже *вниз* вдоль наклонной плоскости, «противодействуя» силе \vec{T} (рис. 9).

Максимально возможная сила \vec{T} , при которой брусок ещё остаётся в покое, соответствует и тут максимально возможной силе трения покоя: $F = 0$.

$$T - F_{\text{тр. пок}} - mg \sin \alpha = 0.$$

$$F_{\text{тр. пок}} = T - mg \sin \alpha.$$

$$F_{\text{тр. пок}} \leq \mu N \Rightarrow T - mg \sin \alpha \leq \mu mg \cos \alpha \Rightarrow T \leq mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha).$$

Объединим полученные неравенства и получим двойное неравенство для \vec{T} , при выполнении которого брусок останется в покое:

$$\left. \begin{array}{l} T \geq mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \\ T \leq mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \end{array} \right\} \Rightarrow mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \leq T \leq mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha).$$

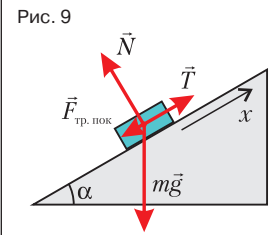


Рис. 9

А что же произойдёт, если это двойное неравенство не будет выполнено?

Если не выполняется левая часть этого неравенства, то есть $T < mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$ (это означает, что сила \vec{T} слишком мала), то брусок начнёт скользить вдоль наклонной плоскости *вниз*! И поэтому на него будет действовать направленная *вверх* вдоль наклонной плоскости сила трения *скольжения* $F_{\text{тр. ск}} = \mu N$ (рис. 10).

В этом случае:

$$\begin{aligned} F &= T - mg \sin \alpha + \mu N = T - mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = T - mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \Rightarrow \\ \Rightarrow a &= \frac{F}{m} = \frac{T}{m} - g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha). \end{aligned}$$

Проекция ускорения *отрицательна*, поскольку $T < mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$. Следовательно, ускорение будет направлено вдоль наклонной плоскости *вниз*.

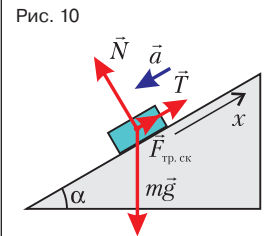


Рис. 10

Если не выполняется правая часть этого неравенства, то есть $T > mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$ (сила \vec{T} достаточно велика), то брусок начнёт скользить вдоль наклонной плоскости *вверх*. И поэтому на него будет действовать направленная *вниз* вдоль наклонной плоскости сила трения *скольжения* $F_{\text{тр. ск}} = \mu N$ (рис. 11).

В этом случае

$$\begin{aligned} F &= T - mg \sin \alpha - \mu N = T - mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = T - mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \Rightarrow \\ \Rightarrow a &= \frac{F}{m} = \frac{T}{m} - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha). \end{aligned}$$

Теперь проекция ускорения *положительна*, поскольку $T > mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$. Следовательно, ускорение, будет направлено вдоль наклонной плоскости *вверх*.

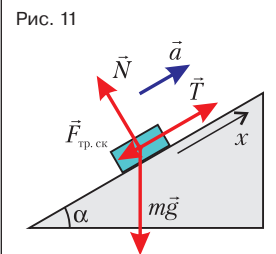


Рис. 11

Обратим внимание на то, что ответ в этом случае совпадает с ответом в рассмотренном выше случае «шероховатой» плоскости (рис. 7), когда ускорение бруска тоже направлено вверх вдоль наклонной плоскости. Сравнивая рис. 7 и 11, можно заметить, что они отличаются только модулем силы трения скольжения: в случае «шероховатой» плоскости сила трения скольжения по модулю больше равнодействующей силы тяжести и силы нормальной реакции $mg \sin \alpha$ (рис. 7), а в случае «умеренно скользкой поверхности» — меньше (рис. 11).

Подведём итог нашего «расследования». Мы установили, что в казалось бы простой и типичной ситуации с одним-единственным телом, имеются *четыре* (!) различные возможности:

1) если $T > mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$, то брусок начнёт двигаться вверх вдоль наклонной плоскости с ускорением $a = \frac{F}{m} = \frac{T}{m} - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$;

2) если $\mu \geq \tan \alpha$ и $T \leq mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$, то брусок останется в покое и поэтому его ускорение $a = 0$;

3) если $\mu < \tan \alpha$ и $mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \leq T \leq mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$, то брусок останется в покое и поэтому его ускорение $a = 0$;

4) если $\mu < \tan \alpha$ и $T < mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$, то брусок начнёт двигаться вниз вдоль наклонной плоскости с ускорением, равным *по модулю* $g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) - \frac{T}{m}$.

Описанное подробное «расследование» ситуации надо проводить, конечно, совместно с учениками, задавая им наводящие вопросы и предлагая выходы из затруднительных положений.

После этого очень полезно разобрать несколько задач с тем же условием, но с *разными* численными данными, подобрав их так, чтобы они соответствовали *всем* указанным выше четырём возможностям. А ещё лучше — предложить ребятам подобрать *самим* численные данные в условии, реализующие ту или иную возможность.

Такое рассмотрение *одной* задачи может потребовать целого урока (во время которого, правда, если проводить его в интерактивном режиме, можно поставить много положительных оценок!) Однако такая «трата времени» многократно окупит себя: *подробный разбор* одной задачи, при котором ребята *действительно разберутся* в ситуации, откроет им ключи к десяткам подобных задач и, что намного более важно, *привьёт вкус к исследовательскому подходу*.

Они убедятся на собственном примере, что построение *правильного* чертежа при решении задач по динамике (да и по другим разделам физики) — это не «подготовка к решению», а порой *главная* его часть:* тот, кто правильно построил чертёж, уже фактически решил задачу (правда, он может сделать ошибку в вычислениях, но «физику» он уже понял).

В заключение предложим три задачи по динамике (нарастающей сложности) типа заданий ЕГЭ части С. Их также можно использовать для анало-

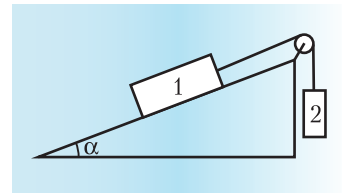
*Нам, педагогам, нельзя забывать, что детство — это не подготовка к жизни, а лучшая её часть. Не будем её портить!

гичных «расследований». Мы намеренно опускаем в них конкретные числовые данные, чтобы сделать их полем для «расследований».

1. На горизонтальной поверхности лежит брусок массой m . Коэффициент трения между бруском и поверхностью равен μ . Чему равна сила трения, действующая на брусок, если приложить к нему горизонтально направленную силу \vec{T} ? (Возможно существенное усложнение: сила \vec{T} направлена под углом α к горизонту.)

2. Брусок массой m прижат к вертикальной стене силой \vec{T} , направленной вверх под углом α к вертикали. Коэффициент трения между бруском и стеной равен μ . Чему равно ускорение бруска, если в начальный момент он покоился?

3. Два бруска массами m_1 и m_2 , связаны невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый блок, в котором нет трения (см. рисунок). Угол наклона плоскости равен α . Коэффициент трения между бруском и наклонной плоскостью μ . С каким ускорением начнут двигаться бруски, если в начальный момент они покоились?



Методике обучения решению задач в курсе основной школы (7–9-й классы) посвящён дистанционный курс Л.Э. Генденштейна, Г.Г. Никифорова, проф. В.А. Орлова «Как научить решать задачи по физике (основная школа). Подготовка к ГИА» (курс 16-011 Педагогического университета «Первое сентября», сайт <http://edu.1september.ru/courses/16/011/>).

ЕГЭ: решаем задачи части С

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: решение задач части С ЕГЭ, статика твёрдого тела, гармонические колебания

Продолжение. См. №12, 13/2011

В.А. ГРИБОВ

vitalii_gribov@mail.ru,

МГУ им. М.В. Ломоносова,

г. Москва

Часть 1. МЕХАНИКА (окончание)

Статика твёрдого тела

Любое движение твёрдого тела можно представить как суперпозицию его поступательного и вращательного движения. Поэтому условия равновесия твёрдого тела и формулируются как два утверждения:

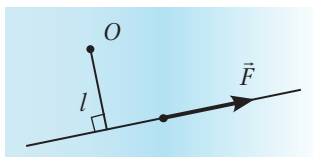
- 1. Сумма приложенных к телу сил должна быть равна нулю (условие равновесия для поступательного движения)
- 2. Сумма моментов приложенных к телу сил тоже должна быть равна нулю (условие равновесия для вращательного движения твёрдого тела).

Очевидное замечание. Эти условия равновесия вытекают из механики Ньютона, и поэтому, пока мы считаем, что силы – это величины, описывающие воздействие одного тела на другое, эти условия относятся только к статике тел относительно инерциальной системы отсчёта (ИСО).

Обсудим вкратце оба условия. Первое не вызывает сложностей. Поскольку в поступательном движении моделью тела служит материальная точка, то в точку, изображающую тело, перенесём приложенные к телу силы, затем сложим их и положим сумму равной нулю.

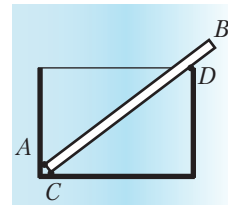
Со вторым условием дело обстоит сложнее. Модуль момента силы относительно оси, перпендикулярной силе (см. рисунок), равен $M = l \cdot F$, где F – модуль силы, l – её плечо, то есть расстояние от точки O , через которую перпендикулярно плоскости рисунка проходит ось, до прямой, на которой лежит сила \vec{F} .

Момент одной и той же силы относительно разных осей (то есть при изменении положения точки O на рисунке) оказывается, вообще говоря, разным. Понятно, что в условии равновесия подразумевается, что моменты всех сил считаются относительно одной оси. Но вот какой? Опыт говорит, что при заданной оси вращения моменты сил надо считать относительно неё.



Печатается в сокращении. Полный текст с решениями см. на диске. – Ред.

Но при решении задач по статике часто моменты сил считаются вовсе не относительно оси вращения, а относительно какой-то другой, параллельной ей оси. Почему мы считаем, что сумма моментов в обоих случаях одна и та же? Вот иллюстрация из заданий ЕГЭ: стержень AB опирается на дно сосуда в точке C , на край сосуда в точке D и упирается в стенку сосуда в точке A . Если стержень покоится, то через какую точку проходит его ось вращения? Относительно какой оси считать моменты приложенных к стержню сил? На помощь приходит элементарная теорема.



Теорема. Если сумма приложенных к телу сил равна нулю, то сумма их моментов относительно любых двух параллельных осей одна и та же.

Покажем справедливость этого утверждения в частном случае и тогда увидим, как действовать в общем случае. Пусть три параллельные силы \vec{F}_1 , \vec{F}_2 и \vec{F}_3 действуют на твёрдое тело в плоскости рисунка вдоль оси Y . Пусть сумма их проекций на ось Y равна нулю: $F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 0$.

Линии действия сил пересекают ось X в точках x_1 , x_2 и x_3 , соответственно. Пусть ось вращения перпендикулярна плоскости рисунка и пересекает эту плоскость в точке P . Координату x точки P обозначим через x_p .

Сумма моментов приложенных к телу сил относительно выбранной оси вращения равна

$$M = F_{1y} \cdot (x_1 - x_p) + F_{2y} \cdot (x_2 - x_p) + F_{3y} \cdot (x_3 - x_p).$$

Здесь мы приняли, что момент силы считается положительным, если сила выводит твёрдое тело из состояния покоя, раскручивая его на оси вращения против часовой стрелки. Нетрудно проверить, что в этой формуле учтены и направления сил, и их расстановка (левее или правее оси вращения).

Теперь раскроем скобки, приведём подобные и, учитывая, что сумма проекций сил на ось Y равна нулю, получим:

$$M = F_{1y} \cdot x_1 + F_{2y} \cdot x_2 + F_{3y} \cdot x_3.$$

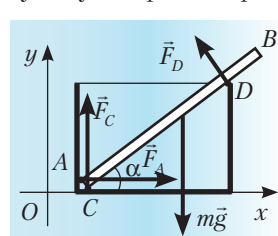
Но это выражение представляет собой сумму моментов всё тех же сил \vec{F}_1 , \vec{F}_2 и \vec{F}_3 но уже относительно оси, проходящей перпендикулярно плоскости рисунка через начало координат O .

От положения исходной оси этот результат никак не зависит. Значит, выбрав любые две оси, перпендикулярные плоскости рисунка, мы получим, что сумма моментов сил \vec{F}_1 , \vec{F}_2 и \vec{F}_3 относительно обеих осей одна и та же. Теорема в частном случае доказана. Чтобы перейти к общему случаю, достаточно вдоль оси вращения направить одну из осей координат, а каждую силу представить в виде трёх составляющих, направленных вдоль осей координат.

Вот теперь у нас есть обоснование того, что в **равновесии** твёрдого тела мы, не допуская ошибки, можем считать моменты сил не относительно оси вращения, а относительно любой параллельной ей оси.

Пример. Вернёмся к уже упоминавшейся ситуации со стержнем. Пусть $AB = L = 1$ м, $AD = \frac{3L}{4} = 0,75$ м, масса стержня $m = 1$ кг, центр тяжести стержня находится на его середине, угол наклона стержня $\alpha = 30^\circ$, диаметр стержня AC пренебрежимо мал по сравнению с его длиной AB . Найти силы, с которыми покоящийся стержень действует на дно и стенки сосуда в точках A , C и D в случае, когда трение отсутствует.

Решение. Пользуясь третьим законом Ньютона, вместо сил, с которыми стержень действует на сосуд, будем рассматривать силы, с которыми сосуд



действует на стержень. Покажем приложенные к стержню силы (см. рисунок).

Начнём с направлений сил. Поскольку трения нет, сила \vec{F}_A горизонтальна, \vec{F}_C – вертикальна, а \vec{F}_D – перпендикулярна стержню AB . Систему отсчёта, связанную с сосудом, считаем инерциальной. Запишем условия равновесия для стержня:

$$X: F_A - F_D \sin \alpha = 0, \quad (1)$$

$$Y: F_C + F_D \cos \alpha - mg = 0. \quad (2)$$

Поскольку сумма приложенных к телу сил равна нулю то, пользуясь теоремой, считаем сумму моментов сил относительно оси, проходящей перпендикулярно плоскости рисунка через нижнее основание стержня. Следуя условию, положим диаметр стержня равным нулю. Тогда условие равновесия стержня относительно вращения записываем в виде:

$$-mg \cdot \frac{L}{2} \cos \alpha + F_D \cdot \frac{3}{4}L = 0. \quad (3)$$

$$\text{Из уравнения (3) следует: } F_D = \frac{2}{3}mg \cos \alpha \approx 5,7 \text{ Н.}$$

Из уравнения (1) следует:

$$F_A = F_D \sin \alpha = \frac{1}{3}mg \sin 2\alpha \approx 2,9 \text{ Н.}$$

Наконец, из уравнения (2):

$$F_C = mg - F_D \cos \alpha = mg \left(1 - \frac{2}{3} \cos^2 \alpha \right) = 5 \text{ Н.}$$

Гармонические колебания

Кинематическое определение. Если зависимость величины x от времени t определяется выражением $x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0)$, то говорят о гармонических колебаниях величины x .

Величина $A > 0$ – амплитуда колебаний, $(\omega t + \varphi_0)$ – фаза колебаний, φ_0 – начальная фаза колебаний, ω – циклическая (круговая) частота колебаний.

$$\text{Очевидно: } v_x(t) = x'_t = \omega A \cos(\omega t + \varphi_0), \\ a_x(t) = (v_x)'_t = -\omega^2 A \sin(\omega t + \varphi_0) = -\omega^2 x(t).$$

Отсюда следует ответ на вопрос: какая динамика вызывает гармонические колебания?

Динамическое определение. Величина $x(t)$ совершает гармонические колебания с циклической частотой $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$, если:

$$ma_x = -kx \Rightarrow a_x + \omega^2 x = 0, \text{ где } \omega^2 = k/m.$$

Мы получим известный результат: гармонические колебания в механике возникают тогда, когда возвращающая сила, действующая на тело, пропорциональна отклонению от равновесия.

В такой ситуации сохраняется полная механическая энергия системы:

$$\frac{mv_x^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \text{const.}$$

Энергетическое определение. Величина $x(t)$ совершает гармонические колебания, если сохраняется числовое значение квадратичной формы: $Ax^2 + Bv_x^2 = \text{const.}$

При этом циклическая частота колебаний $\omega = \sqrt{\frac{A}{B}}$.

Давайте проверим это утверждение. Возьмём производную по времени от квадратичной формы, учитывая, что её числовое значение сохраняется:

$$A \cdot 2x \cdot x'_t + B \cdot 2v_x \cdot (v_x)'_t = 0.$$

$$\text{Учтём, что } x'_t = v_x, (v_x)'_t = a_x.$$

Кроме того $v_x \neq 0$, так как иначе тело покоится и никаких колебаний нет. В результате получаем:

$$Ba_x + Ax = 0, \text{ или } a_x + \frac{A}{B}x = 0,$$

то есть приходим к динамическому определению колебаний с циклической частотой $\omega = \sqrt{\frac{A}{B}}$.

Упражнение. Вернёмся к кинематическому определению гармонических колебаний. Найдём значения амплитуды колебаний A и начальной фазы φ_0 , задав начальные условия

$$\begin{cases} x(t=0) = x_0, \\ v_x(t=0) = v_0. \end{cases}$$

Опираясь на кинематическое определение $x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0)$, находим:

$$\begin{cases} x_0 = A \sin \varphi_0, \\ v_0 = \omega A \cos \varphi_0. \end{cases}$$

Поскольку $A \sin \varphi_0 = x_0$, $A \cos \varphi_0 = \frac{v_0}{\omega}$, получаем:

$$A^2 \sin^2 \varphi_0 + A^2 \cos^2 \varphi_0 = A^2 = x_0^2 + \frac{v_0^2}{\omega^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A = \sqrt{x_0^2 + \frac{v_0^2}{\omega^2}}.$$

Деля первое равенство на второе и учитывая, что $A \neq 0$, получаем $\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{\omega x_0}{v_0}$.

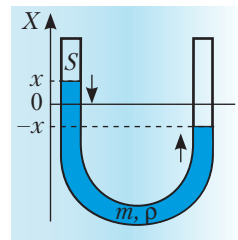
Имеется масса изданий, где ответ для φ_0 пишется немедленно: $\varphi_0 = \operatorname{arctg} \left(\frac{\omega x_0}{v_0} \right)$. Но беда в том, что функция $y = \operatorname{arctg} x$ изменяется только на интервале от $-\frac{\pi}{2}$ до $+\frac{\pi}{2}$, а начальная фаза может принимать любое значение, в том числе $\pm \frac{\pi}{2}$ и значения из 2-й и 3-й четвертей тригонометрического круга. Поэтому, глядя на знак v_0 (и, тем самым, на знак $\cos \varphi_0$), мы выпишем ответ поаккуратнее:

$$\varphi_0 = \begin{cases} \operatorname{arctg} \left(\frac{\omega x_0}{v_0} \right) & \text{при } v_0 > 0, \\ \operatorname{arctg} \left(\frac{\omega x_0}{v_0} \right) + \pi & \text{при } v_0 < 0, \\ \frac{\pi}{2} & \text{при } v_0 = 0, x_0 > 0, \\ -\frac{\pi}{2} & \text{при } v_0 = 0, x_0 < 0. \end{cases}$$

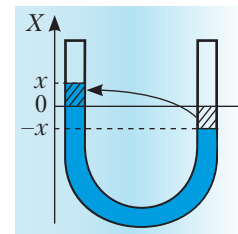
Остановимся теперь на примерах задач, с которыми школьник вряд ли справится, если не применит энергетическое описание гармонических колебаний.

Задача 1 (известная более полувека и время от времени «всплывающая» на олимпиадах и экзаменах в разных модификациях). В U-образную неподвижную трубку с вертикальными широкими коленами налита жидкость плотностью ρ . Масса жидкости равна m . Площадь поперечного сечения трубки равна S . Жидкость несжимаема и движется по трубке без трения. Найдите период малых колебаний уровня жидкости в коленях трубки.

Решение. Динамический подход в школьной версии здесь не подходит, поскольку тело (жидкость в трубке) в ходе движения меняет форму, а силы со стороны трубки распределены по боковой поверхности жидкости. Так что остаётся энергетический подход. Рассмотрим момент, когда уровень жидкости в левом колене имеет координату x , а в правом – координату $(-x)$. При этом вся жидкость движется во всех сечениях, и модуль скорости этого движения равен v .



Запишем выражение для полной механической энергии жидкости в этот момент, полагая, что отсчёт потенциальной энергии жидкости в поле тяжести идёт от положения равновесия. Потенциальная энергия жидкости при отклонении от положения равновесия на величину x равна изменению потенциальной энергии столбика жидкости высотой x при его подъёме на высоту x . Отсюда получаем:



$$E_{\text{потенц}} = \Delta m \cdot gx = (\rho Sx) \cdot gx = \rho g S x^2.$$

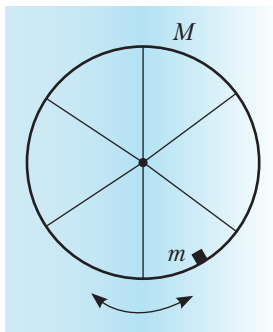
$$\text{Кинетическая энергия жидкости } E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2}.$$

Поскольку полная механическая энергия жидкости сохраняется, получаем: $\frac{m}{2}v^2 + \rho g S x^2 = \text{const}$.

Значит, уровень жидкости в каждом колене совершает гармонические колебания с циклической частотой $\omega = \sqrt{\frac{2\rho g S}{m}}$. В этом можно убедиться, взяв производную по времени от механической энергии жидкости (см. энергетическое определение).

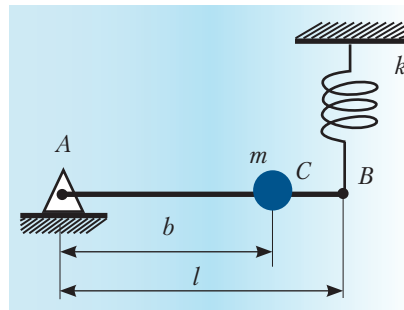
Задач, посвящённых гармоническим колебаниям в механике, довольно много, особенно на олимпиадах абитуриентов. Упомянем две задачи, решение которых приведено на диске.

Задача 2. Тонкое массивное кольцо радиусом R может вращаться в вертикальной плоскости на неподвижной горизонтальной оси. Масса кольца M распределена по нему равномерно. К кольцу прикреплён небольшой по размерам груз массой m (см. рисунок). Определите период малых колебаний этой системы около положения равновесия. Толщина кольца и размеры груза пренебрежимо малы по сравнению с радиусом кольца. Трением и массой спиц и центральной муфты пренебречь.



Толщина кольца и размеры груза пренебрежимо малы по сравнению с радиусом кольца. Трением и массой спиц и центральной муфты пренебречь.

Задача 3. Лёгкий стержень AB шарнирно закреплён в неподвижной точке A . В точке B к стержню прикреплен лёгкая пружина жёсткостью k . Верхний конец пружины закреплён неподвижно. В точке C на стержне закреплён груз массой m . В равновесии стержень горизонтален, ось пружины вертикальна. Найдите период малых вертикальных колебаний системы. $AB = l$, $AC = b$. Трением в шарнире и размерами груза пренебречь.



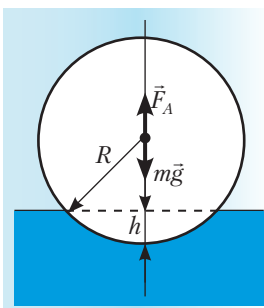
Найдите период малых вертикальных колебаний системы. $AB = l$, $AC = b$. Трением в шарнире и размерами груза пренебречь.

решение задач

Мяч на воде

В.Б. ДРОЗДОВ,
г. Рязань

Жарким летом естественно много времени проводить на берегу водоёма. Несмотря на то, что вода очень тёплая, она в силу большой теплоёмкости эффективно охлаждает человеческое тело. А после плавания хорошо поиграть в волейбол. И вот, как-то мяч попал в воду. Казалось, что мяч лежит на поверхности воды, но конечно, небольшая часть мяча находится под водой. Интересно, а на какую глубину погрузился мяч? Измерить непосредственно не получается: мяч колеблется от малейшего прикосновения. Да и как измерять?



Попробуем вычислить. Рассмотрим мяч радиусом R , находящийся в равновесии на поверхности воды. Положим мяч на электронные весы: его масса $m = 124$ г. Измерим сантиметровой лентой длину «экватора» мяча: $C = 73$ см, тогда $R = \frac{C}{2\pi} = 11,6$ см.

Условие равновесия мяча: $m\vec{g} + \vec{F}_A = 0$, или в скалярном виде: $mg = F_A$, где $F_A = \rho_v Vg$ – модуль силы Архимеда, $\rho_v = 1000$ кг/м³ – плотность воды. Значит, $m = \rho_v V$, где $V = \frac{\pi}{3}(3Rh^2 - h^3)$ – объём подводного шарового сегмента.

Условие равновесия мяча: $m\vec{g} + \vec{F}_A = 0$, или в скалярном виде: $mg = F_A$, где $F_A = \rho_v Vg$ – модуль силы Архимеда, $\rho_v = 1000$ кг/м³ – плотность воды. Значит, $m = \rho_v V$, где $V = \frac{\pi}{3}(3Rh^2 - h^3)$ – объём подводного шарового сегмента.

Итак, приходим к уравнению $3Rh^2 - h^3 = \frac{3m}{\rho_v}$.

Далее удобно ввести безразмерную величину $x = \frac{h}{R}$, деля обе части последнего уравнения на R^3 :

$$3\left(\frac{h}{R}\right)^2 - \left(\frac{h}{R}\right)^3 = \frac{3m}{\rho_v R^3}.$$

В числовом виде имеем кубическое уравнение

$$3x^2 - x^3 = 0,0754. \quad (1)$$

Решить это уравнение гораздо проще, чем кажется. В самом деле, ясно, что $0 < x < 1$. Рассмотрим функцию $f(x) = 3x^2 - x^3$ и продифференцируем её: $f'(x) = 3x(2 - x)$. Видим, что $f'(x) > 0$, значит $f(x)$ – монотонно возрастающая функция. Поэтому уравнение (1) имеет на отрезке $(0; 1)$ единственный корень.

Найдём его. Очевидно, что $x^3 \ll 3x^2$, так как x гораздо ближе к нулю, чем к единице. Последнее ясно из наблюдения мяча на воде. Следовательно, в качестве первого приближения x_1 возьмём корень уравнения равный $x_1 \approx 0,16$. При этом $f(x_1) = 0,0727 < 0,0754$.

В качестве второго приближения x_2 разумно принять $x_2 = 0,17$. Тогда $f(x_2) = 0,0818 > 0,0754$. Значит, $0,16 < x < 0,17$. При $x_3 = 0,163$ имеем $f(x_3) = 0,07538$. Точность третьего приближения x_3 более чем достаточна. Вычисляем искомую глубину погружения мяча: $h = Rx_3 \approx 19$ мм.

Интернет–олимпиада «Шаг в физику-2010»



КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: решение задач, Интернет-олимпиада, «Шаг в физику»,
7–9 классы

См. также № 7–10, 12/2010

С.С. ЧЕШОКОВ
sergeychesnokov@mail.ru,
Е.А. ВИШНЯКОВА,
проф. **В.А. МАКАРОВ,**
Н.В. НЕТРЕБКО,
Н.Б. ПОДЫМОВА,
М.С. ПОЛЯКОВА,
физический факультет
МГУ им. М.В. Ломоносова,
г. Москва

■ В декабре 2010 г. физический факультет МГУ и Национальный центр непрерывного естественнонаучного образования при поддержке МИОО и РНЦ «Курчатовский институт» в третий раз проводили дистанционную олимпиаду для школьников «Шаг в физику». Для участия достаточно было иметь в своём распоряжении компьютер, подключённый к Интернету. В связи с резко возросшим числом участников было принято решение о проведении олимпиады параллельно на двух различных серверах: <http://distant.phys.msu.ru> и <http://phys.mccme.ru> с совершенно одинаковыми условиями участия и задачами. Решения проверялись одним жюри.

После регистрации на любом из двух сайтов олимпиады участник получал учётную запись, с помощью которой он выполнял вход на портал олимпиады. Задания предназначались для учащихся 7–11-го классов средних школ и средних профессиональных учебных заведений. В соответствии с решением оргкомитета, задания для 9–11-го классов включали в себя, кроме задач олимпиадного уровня, также простые задачи уровней *A* и *B* ЕГЭ. В субботу 18.12.2010 г. все зарегистрированные участники получили доступ к заданиям олимпиады, которые они должны были выполнить в тот же день в течение 6 часов. Для дистанционного представления ответов и решений допускались различные формы: текстовый файл, документ **MSWord**, а также отсканированные или сфотографированные с высоким разрешением рукописные страницы.

Олимпиада вызвала большой интерес. В ней приняли участие свыше 4000 школьников из всех субъектов России, а также из Украины, Беларуси, Казахстана и Таджикистана. Все победители и призёры олимпиады получили приглашения на второй тур Московской региональной олимпиады по физике. Ниже приводятся условия и подробные решения заданий дистанционной олимпиады «Шаг в физику-2010».

7-й класс

1. Гольфстрим (от англ. *gulf stream* – *течение из залива*) – тёплое течение в Атлантическом океане. Гольфстрим переносит около 100 млн т тёплой воды в секунду. Его скорость поразительно велика – от 90 до 250 см/с. Это означает, что Гольфстрим может весьма значительно повлиять на продолжительность путешествия по океану в зависимости от того, в каком направлении движется судно. Определите, во сколько раз отличается скорость относительно берега у трансатлантического лайнера, плывущего сначала по направлению течения Гольфстрим (с юго-запада на северо-восток), а потом против этого течения, если скорость лайнера относительно воды 27 км/ч. Скорость течения примите равной 250 см/с.

Ответ. 2.

2. «Положением о мерах и весах», принятым 4 июня 1899 г., в качестве основной меры длины в Российской Империи был узаконен *аршин*, равный 71,12 см, что составляет 1/3 сажени. Определите в аршинах длину Георгиевского зала Большого Кремлёвского дворца в Москве. Георгиевский зал имеет

форму прямоугольника, длина которого превышает ширину на 57 аршин. Периметр зала примите равным 163,576 м.

Ответ. 86 аршин (примерно 61 м).

3. Основой монетной системы Российской Империи начала XX в. был золотой рубль. Один рубль в те годы приравнивали к 0,774 г чистого золота. Поэтому монета номиналом 10 рублей должна была бы весить 7,74 г. Однако на самом деле десятирублевая монета весила 8,6 г. Каково процентное содержание чистого золота в этой монете?

Ответ. 90%.

4. Незнайка долго уговаривал Знайку, чтобы тот поручил ему приобретение строительного материала для обновления всех заборчиков Цветочного Города. В итоге Знайка согласился и сказал, что для строительства потребуются доски в количестве 1000 штук, каждая длиной 4 м, толщиной 20 мм и шириной 10 см. Когда Незнайка добрался до лесозаготовительной базы, обнаружилось, что заказ принимается только в кубических метрах древеси-

ны нужного размера. Сколько кубических метров материала потребуется заказать Незнайке?

Ответ. 8 м^3 .

5. Предприниматель Иван Михайлович Петров заправляет свою роскошную машину исключительно бензином АИ-98, плотность которого 770 кг/м^3 . В один печальный день Иван Михайлович попал в затруднительное положение, поскольку на последней бензоколонке его долгого пути в наличии был только бензин АИ-80 плотностью 730 кг/м^3 . Этим бензином и был заправлен доверху пустой на три четверти бак автомобиля Ивана Михайловича. Определите (в кг/м^3) плотность смеси, образовавшейся в бензобаке.

Ответ. 740 кг/м^3 .

6. Огромная льдина массой 1800 т полностью тает, превращаясь в воду. Затем температура воды поднимается до $4 \text{ }^\circ\text{C}$. На сколько кубических метров объём, занимаемый льдом, отличается от объёма образовавшейся воды? Плотность льда 900 кг/м^3 , плотность воды (при температуре $4 \text{ }^\circ\text{C}$) равна 1000 кг/м^3 .

Ответ. 200 м^3 .

8-й класс

1. Крош, Ёжик и Бараш отправились в поход. Друзья пошли по тропинке со скоростью 5 км/ч . Через 2 часа, добравшись до места привала, рассеянный Бараш признался, что забыл дома палатку. Разгневанный Крош вспомнил, что на полдороге до привала живёт Нюша, и отправился к ней за палаткой со скоростью 10 км/ч . Добравшись до Нюши, Крош целый час рассказывал ей необыкновенные истории о приключениях, которые их ждут в походе. В тот момент, когда Крош, распростившись с Нюшей, бросился назад к друзьям с той же скоростью (10 км/ч), замёрзшие друзья повернули домой, грустно перемещаясь со скоростью $2,5 \text{ км/ч}$. На каком расстоянии от места привала встретились друзья?

Ответ. 1 км .

2. На упаковке шариковых стержней для авторучек обычно указываются следующие данные: длина оставляемого ручкой на бумаге следа 5 км , ширина следа $0,4 \text{ мм}$. Шариковая ручка оставляет след на бумаге при давлении на неё, равном $2,5 \cdot 10^7 \text{ Па}$, а сила трения между пишущим узлом ручки и поверхностью тетради составляет 10% от силы давления на ручку. Какую работу совершит добросовестный ученик, выполняя домашние задания и исписав весь стержень?

Ответ. 1570 Дж .

3. Ступа – персональное транспортное средство Бабы Яги – имеет не очень большую грузоподъёмность, но при полёте развивает довольно приличную скорость. Как вы помните, Баба Яга за 3 часа без тру-

да догнала Ивана-Царевича, похитившего Василису Прекрасную. А ведь он к моменту начала погони полдня (то есть четверть суток) скакал галопом со скоростью 18 км/ч от избытки Бабы Яги. Определите мощность двигателей ступы, поднимающей Бабу Ягу «выше леса стоячего», приняв, что скорость ступы при равномерном вертикальном взлёте такая же, как и во время погони за Иваном-Царевичем. Массу Бабы Яги примите равной 50 кг , а массу ступы 200 кг .

Ответ. $37\,500 \text{ Вт}$.

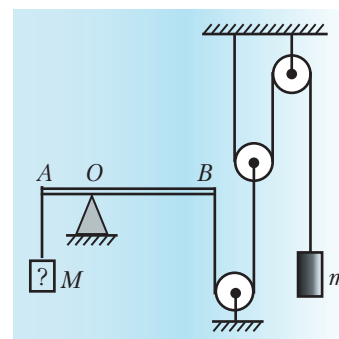
4. Какую массу воды смог нагреть от температуры $5 \text{ }^\circ\text{C}$ до кипения кот Матроскин в медном самоваре, если он сжёг в нём 350 г сухих берёзовых щепок? Известно, что 81% выделяющейся при их сгорании теплоты вылетает в трубу и идёт на разогрев самого самовара. Удельная теплота сгорания сухих берёзовых дров 12 МДж/кг , удельная теплоёмкость воды $4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$.

Ответ. 2 кг .

5. Подъёмный кран был изобретён древними греками в конце VI в. до н. э. Один из самых простых подъёмных кранов тех времен получил название *Trispastos* (журавль). Схема его изображена на рисунке.

Определите, какой массы M груз можно уравновесить с помощью этого механизма, если с другой стороны рейки на тросе, перекинутом через два блока, подвесить груз массой $m = 50 \text{ кг}$. Расстояние AO в 4 раза меньше, чем расстояние OB . Считайте, что блоки, тросы и рейка очень лёгкие, рейка в положении равновесия системы располагается горизонтально, трения нет.

Ответ. 400 кг .



6. Металлический брусок массой 800 г имеет форму прямоугольного параллелепипеда. Если класть брусок на горизонтальную поверхность поочередно тремя разными гранями, то он будет оказывать на неё давления $p_1 = 1,6 \text{ кПа}$, $p_2 = 5p_1$ и $p_3 = \frac{p_2}{2}$, соответственно. Определите плотность материала бруска. Ответ выразите в кг/м^3 .

Ответ. 8000 кг/м^3 .

9-й класс

1. В течение какого времени скорый поезд длиной 300 м , идущий со скоростью 72 км/ч , будет проходить мимо встречного товарного состава длиной 600 м , идущего со скоростью 36 км/ч ?

Ответ. 30 с .

2. Аэростат объёмом $V = 1000 \text{ м}^3$ заполнен гелием. Плотность гелия $\rho_r = 0,18 \text{ кг/м}^3$, плотность воздуха $\rho_b = 1,29 \text{ кг/м}^3$. Масса оболочки аэростата 110 кг. С какой силой натянут трос, удерживающий аэростат у поверхности земли? Ускорение свободного падения примите равным 10 м/с^2 .

Ответ. 10 000 Н.

3. Для нагревания кирпича массой 2 кг от 20°C до 85°C затрачено такое же количество теплоты, как для нагревания той же массы воды на 13°C . Зная удельную теплоёмкость воды $4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$, найдите удельную теплоёмкость кирпича.

Ответ. 840 Дж/(кг · К).

4. Два проводника, соединённые параллельно, имеют сопротивление 2,4 Ом. Сопротивление одного из этих проводников равно 4 Ом. Найдите сопротивление цепи при последовательном соединении этих проводников.

Решение. При параллельном соединении двух проводников с сопротивлениями R_1 и R_2 их общее сопротивление определяется по формуле

$$\frac{1}{R_{\text{пар}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R_{\text{пар}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}.$$

Пусть известно R_1 , тогда $R_2 = \frac{R_1 \cdot R_{\text{пар}}}{R_1 - R_{\text{пар}}}$.

При последовательном соединении этих проводников их общее сопротивление

$$R_{\text{посл}} = R_1 + R_2 = \frac{R_1^2}{R_1 - R_{\text{пар}}} = \frac{4^2}{4 - 2,4} = 10 \text{ Ом}.$$

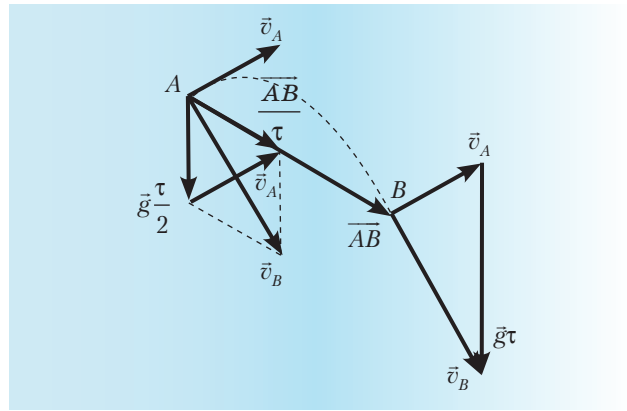
5. Из некоторой точки A брошено тело под углом к горизонту. Через время τ оно достигло точки B , а вектор его скорости оказался перпендикулярным вектору начальной скорости тела. Найдите расстояние AB между точками A и B . Сопротивление воздуха можно не учитывать. Ускорение свободного падения g .

Решение. Обозначим скорости тела в точках A и B через \vec{v}_A и \vec{v}_B соответственно. По законам равноускоренного движения, имеем: $\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{g}\tau$ и $\overline{AB} = \vec{v}_A\tau + \frac{\vec{g}\tau^2}{2}$.

Из записанных уравнений следует, что

$$\vec{v}_A = \frac{\overline{AB}}{\tau} - \vec{g}\frac{\tau}{2}, \quad \vec{v}_B = \frac{\overline{AB}}{\tau} + \vec{g}\frac{\tau}{2}.$$

Таким образом, \vec{v}_A и \vec{v}_B представляют собой диагонали параллелограмма, построенного на векторах $\frac{\overline{AB}}{\tau}$ и $\vec{g}\frac{\tau}{2}$ как на сторонах (см. рисунок).



Поскольку, по условию, векторы \vec{v}_A и \vec{v}_B взаимно перпендикулярны, этот параллелограмм есть ромб, и потому длины векторов $\frac{\overline{AB}}{\tau}$ и $\vec{g}\frac{\tau}{2}$ равны.

$$\text{Отсюда } AB = \frac{g\tau^2}{2}.$$

6. В сосуд, содержащий воду массой $m_b = 200 \text{ г}$ при температуре $t_1 = 10^\circ\text{C}$, бросили кусок льда с вмёрзшей в него железной гайкой, имеющий суммарный объём $V = 125 \text{ см}^3$ и температуру $t_2 = 0^\circ\text{C}$. После того как сосуду сообщили количество теплоты $Q = 55 \text{ кДж}$, температура его содержимого оказалась равной $t_3 = 20^\circ\text{C}$. Найдите массу гайки m_r . Теплоёмкостью сосуда и потерями теплоты можно пренебречь.

Решение. Согласно первому закону термодинамики и условию задачи, количество теплоты, сообщённое сосуду, равно изменению внутренней энергии содержимого сосуда:

$$Q = m_b c_b (t_3 - t_1) + m_l \lambda + m_l c_b (t_3 - t_2) + m_r c_{\text{ж}} (t_3 - t_2),$$

где $c_b = 4,2 \text{ Дж/(г} \cdot \text{K)}$ – удельная теплоёмкость воды, $c_{\text{ж}} = 0,46 \text{ Дж/(г} \cdot \text{K)}$ – удельная теплоёмкость железа, $\lambda = 334 \text{ Дж/г}$ – удельная теплота плавления льда, m_l – начальная масса льда, m_r – масса гайки. Поскольку объём льда вместе с гайкой равен

$$V = \frac{m_r}{\rho_{\text{ж}}} + \frac{m_l}{\rho_l}, \text{ то } m_l = \rho_l \left(V - \frac{m_r}{\rho_{\text{ж}}} \right), \text{ где } \rho_l = 0,9 \text{ г/см}^3 -$$

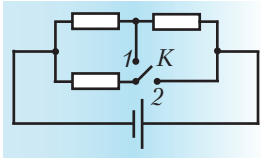
плотность льда, $\rho_{\text{ж}} = 7,8 \text{ г/см}^3$ – плотность железа. Подставляя массу льда в уравнение теплового баланса и выражая из него массу гайки, получаем:

$$m_r = \frac{m_b c_b (t_3 - t_1) + \rho_l V [\lambda + c_b (t_3 - t_2)] - Q}{(\rho_l / \rho_{\text{ж}}) [\lambda + c_b (t_3 - t_2)] - c_{\text{ж}} (t_3 - t_2)} \approx 10,9 \text{ г}.$$

Замечание. Числовой ответ довольно чувствителен к значению удельной теплоты плавления льда.

Подстановка значения $\lambda = 333$ Дж/г, часто встречающегося в справочниках, даёт $m_{\tau} \approx 8$ г. Поэтому ответ в диапазоне от 8 г до 11 г следует считать правильным.

7. Три одинаковые количества воды, взятые при одной и той же начальной температуре, доводят до кипения на плитке при разных способах подключения трёх одинаковых нагревательных элементов к источнику. При положениях ключа 1 и 2 время закипания оказалось одинаковым и равным $\tau_0 = 25$ с. За какое время закипит вода при последовательном соединении всех трёх элементов и подключении к тому же источнику? Потерями теплоты можно пренебречь.



При последовательном соединении всех трёх элементов и подключении к тому же источнику? Потерями теплоты можно пренебречь.

Решение. Пусть R – сопротивление одного нагревательного элемента. Тогда сопротивления плитки при положениях ключа 1 и 2 равны соответственно $R_1 = \frac{3}{2}R$ и $R_2 = \frac{2}{3}R$. Так как по условию время закипания воды в обоих случаях одинаково, то

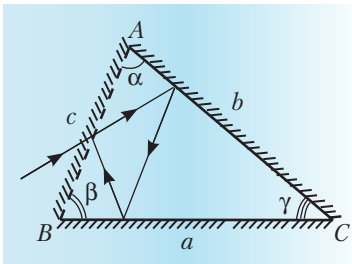
$$N_1 = N_2, \text{ где } N_1 = \frac{\mathcal{E}^2 R_1}{(R_1 + r)^2}, N_2 = \frac{\mathcal{E}^2 R_2}{(R_2 + r)^2} - \text{мощности, развиваемые плиткой при положениях ключа 1 и 2, } \mathcal{E} - \text{ЭДС источника, } r - \text{его внутреннее сопротивление.}$$

Из этих равенств находим, что $r = \sqrt{R_1 R_2} = R$. Следовательно, $N_1 = N_2 = \frac{6\mathcal{E}^2}{25R}$.

При последовательном соединении нагревательных элементов сопротивление плитки $R_3 = 3R$ и развиваемая ею мощность $N_3 = \frac{3\mathcal{E}^2}{16R}$.

Из условия $N_{1,2}\tau_0 = N_3\tau$ находим ответ: $\tau = \frac{32}{25}\tau_0 = 32$ с.

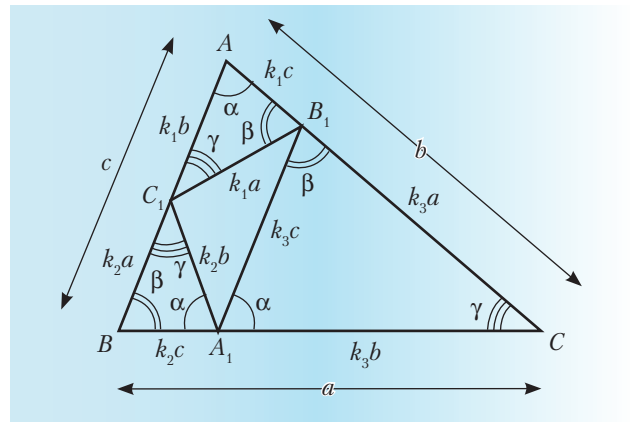
8. Из трёх плоских зеркал, одно из которых является полупрозрачным, составлена прямая треугольная призма, поперечное сечение которой изображено на рисунке. Зеркала обращены отражающими поверхностями внутрь призмы. На внеш-



нюю поверхность полупрозрачного зеркала AB снаружи падает тонкий лазерный луч, который частично отражается от этой поверхности, а частично проходит во внутреннюю полость призмы. Известно, что, попав внутрь призмы, луч стал распространяться по замкнутой траектории, представляющей из себя трёхзвенную ломаную. Найдите длину L этой ломаной, считая заданными стороны треугольника: $BC = a$, $AC = b$, $AB = c$ и противолежащие им углы: $\angle BAC = \alpha$, $\angle ABC = \beta$, $\angle ACB = \gamma$.

Замечание. Ясно, что если стороны треугольника известны, то дополнительно задавать противолежащие им углы нет необходимости, поскольку они однозначно определяются, например, по теореме косинусов. Включение в условие задачи избыточных данных служит единственной цели: сделать решение и запись ответа менее громоздкими.

Решение. Ход решения проиллюстрирован рисунком.



Из равенства углов падения и отражения следует, что треугольники ABC , AB_1C_1 , A_1B_1C , A_1BC_1 подобны друг другу (доказательство этого факта см. на диске). Обозначим коэффициент подобия между ΔAB_1C_1 и ΔABC через k_1 , между ΔA_1BC_1 и ΔABC – через k_2 , между ΔA_1B_1C и ΔABC – через k_3 . Для определения коэффициентов подобия имеем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} k_2c + k_3b = a, \\ k_1c + k_3a = b, \\ k_1b + k_2a = c. \end{cases}$$

Решая эту систему, находим $k_1 = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$,

что по теореме косинусов равно $\cos\alpha$. Аналогично, $k_2 = \cos\beta$ и $k_3 = \cos\gamma$. Таким образом, искомая длина $A_1B_1C_1$ ломаной равна $L = k_1a + k_2b + k_3c = a\cos\alpha + b\cos\beta + c\cos\gamma$.

Комментарий редакции к решению задач см. на диске.

Модульные курсы «Навыки личной эффективности»

Педагогический
университет
Первое сентября

Лицензия 77 № 000349, рег. № 027477 от 15.09.2010, выдана Департаментом образования г. Москвы

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 онлайн;
- 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.



Стресс-менеджмент,
или Приемы
профилактики
и преодоления стресса.



Управление имиджем,
или Как создать
свой стиль.

ПОДАЙТЕ ЗАЯВКУ НА ОБУЧЕНИЕ НА САЙТЕ
<http://edu.1september.ru>

Получить более подробную информацию можно на сайте, по электронной почте: module@1september.ru или по телефону (499) 249-47-82

Русский полигистор Михаил Васильевич Ломоносов



К 300-летию со дня рождения

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: история физики, Михаил Васильевич Ломоносов

В.Н. БЕЛЮСТОВ

Belustov@yandex.ru

БЦО, г. Борисоглебск,
Воронежская обл.

История человечества знает много разносторонне одарённых людей. И среди них на одно из первых мест следует поставить Михаила Васильевича Ломоносова. Теплота и тяготение, оптика и электричество, химия и история, астрономия и метеорология, геология и искусство, география и металлургия, философия и литература, приборостроение и развитие образования – вот далеко неполный перечень областей, в которых он оставил свой след.

Начало

Первый русский академик, ставший гордостью России, Михаил Васильевич Ломоносов родился 19 (8 – по ст. стилю) ноября 1711 г. в деревне Мишанинской Куростровской волости Двинского уезда Архангелогородской губернии. Его родители – государственный крестьянин-помор, владевший землёй и морскими судами, Василий Дорофеевич и дочь священнослужителя Елена Ивановна. (Документальных сведений о дате рождения Ломоносова нет. Исследователь М.И. Сухомлинов ввёл её в 1896 г., связав, возможно, с так называемым «Михайловым днём») [1].

До десятилетнего возраста Михайло оставался, как тогда было принято, в деревне, а потом отец стал брать его с собой в качестве зуйка (юнга) летом и осенью на промысел. Воспитываемый в труде, мальчик рос здоровым и крепким, с сильным характером – «будучи лет четырнадцати, побарывал и перетягивал тридцатилетних сильных лопарей» [2]. Он постигал мореходное дело; ловлю рыбы и морского зверя; ознакомился с ремёслами; наблюдал действие волн на берега, приливы и отливы, бури в океане, полярные льды и ледяные горы Северного Океана, северные сияния. Его интересовали и китобойный промысел, и солеварное дело. Увиденное побуждало в нём огромное желание изучать науки, чтобы ближе познать эти явления природы.

Грамоте он обучался у соседа Ивана Шубного и местного дьячка С.Н. Сабельникова. У холмогорского священника Х. Дудина познакомился со старинной славянской грамматикой М. Смотрицкого и арифметикой Л. Магницкого (по смерти учителя Михаил получил эти «врата своей учёности» в собственность). Успехи мальчика были поразительны: в 12 лет он уже считался лучшим чтецом «Псалтыря» и «Жития святых» в деревенской церкви, часто помогал односельчанам в составлении прошений и деловых бумаг, писал за неграмотных письма. Михайло постоянно тянул

Презентацию см. на диске. Рекомендуем также юбилейные статьи в журналах «Химия-ПС» № 14, 15 и «История-ПС» № 15 за этот год. – Ред.



Портрет М.В. Ломоносова. Копия Л.С. Миропольского (Митропольского) с работы Г.К. фон Преннена. 1787

ся к знаниям, но детей крестьян, положенных в подушный оклад, в единственную в Холмогорах словесную школу не брали.

Стремление к знаниям и семейные проблемы заставили молодого Ломоносова принять решение «поступить в учёные» в Москве. Получив паспорт, он занял у соседа Фомы Шубного три рубля и, прихватив «Арифметику» и «Граматику», в декабре покинул родительский дом и отправился с рыбным обозом навстречу новой жизни.

Единственным высшим учебным заведением в Москве того времени, готовившим служителей церкви и государственных служащих, была Славяно-латинская академия (впоследствии Славяно-греко-латинская), размещённая в Заиконоспасском монастыре. Здесь он мог изучать «преддверие всех наук» – латинский язык. В неё юноше и решил поступить, выдав себя за сына холмогорского дворянина, поскольку крестьян не принимали.

15 января 1731 г. он был зачислен в первый класс академии. Несмотря на трудные условия быта, усугубляемые насмешками учеников (их забавляли его высокий рост и «солидный» возраст), Ломоносов блестяще прошёл первые три класса за год. За пять лет он получил здесь то, что вряд ли сумел приобрести самоучкой – полно ознакомился с латин-

<http://s39.radikal.ru/i086/0808/3e/5e66ae3830fb.jpg>

ским языком и, благодаря логике и философии, – приобрёл ясность мышления.

Учёба в Санкт-Петербурге и Германии

Прилежание и быстрые успехи Ломоносова были замечены: в декабре 1735 г. в числе двенадцати лучших учеников он был направлен в Петербургскую академическую гимназию. В новом учебном заведении талантливый помор слушал лекции по экспериментальной физике профессора Г. Крафта, по механике и оптике – И.-Г. Лейтмана, по астрономии – Ж.-Н. Делиля, много читал, познакомился с новейшим инструментарием для проведения исследований [3].

Вскоре (в сентябре 1736 г.) вместе с двумя другими студентами он был послан в Германию к известному в то время учёному Христиану Вольфу. В Марбургском университете Ломоносов познакомился с физическими учениями Р. Декарта и И. Ньютона, трудами Э. Мариотта, П. Гассенди, С. Гальса и других. Особенное удовольствие доставляли ему лекции самого Вольфа по механике, гидростатике, теоретической физике, логике, аэрометрии, гидравлике и философии. Брал он и частные уроки рисования, танцев и фехтования. Первые его заграничные студенческие работы по физике (1738–1739) получили положительную оценку академиков Петербурга. В феврале 1739 г. студент Ломоносов женился на Елизавете-Христине Цильх, дочери своей квартирной хозяйки.

Обучение продолжилось у крупного специалиста горного дела И. Генкеля в г. Фрейберг. Здесь он получил знания по минералогии и металлургии, прошёл практику на рудниках и заводах. Придя к заключению о нецелесообразности дальнейшего пребывания во Фрейберге, Ломоносов покинул его (май, 1740). Странствования по городам Европы в поисках русского посланника при Саксонском курфюрсте, который помог бы ему вернуться в Петербург, были полны событий и приключений. Во время ночлега в одной из гостиниц он был обманчивым путём завербован в прусскую королевскую кавалерию и отправлен в гарнизон крепости Везель, откуда сумел бежать. Наконец, из Голландии Ломоносов отправляется снова в Марбург, а оттуда – на родину [1].

Академия наук и художеств

С приходом Ломоносова в Петербургскую Академию (8 июня 1741 г.) начался новый период в развитии русской науки, который историками назван ломоносовским. Первыми шагами к известности стали его описания минералогических коллекций, переводы для «Санкт-Петербургских ведомостей» и сочинение возложенных на Академию наук похвальных од на официальные придворные торжества. В январе 1742 г. ученик становится учителем – назначается адъюнктом по физическому классу. Он вносит предложение об учреждении первой в России химической лаборатории. Спустя три года (25 июля 1745 г.) Михаил Васильевич – профессор химии – первый настоящий русский учёный среди академиков-иностранцев, приглашённых в Академию наук и художеств [4].

В течение 20 лет он обучал студентов физике, химии, натуральной и минеральной «гистории», физической геогра-

фии. В совершенстве владевший 11-ю иностранными языками, занимался подготовкой учебников и учебных пособий на русском. В 1746 г. вышел в свет его перевод с латыни книги Л.-Ф. Тюммига «Вольфианская экспериментальная физика», ставшей настольной для нескольких поколений студентов, гимназистов и учащихся учебных заведений России. Благодаря научным трудам учёного в отечественную физику прочно вошли десятки новых научных терминов (опыт, предмет, движение, наблюдение, явление, частицы и т.д.) и выражений (например, «о законах движения» вместо «о силах тел подвиженному в данных») [5]. Он возглавлял Географический департамент Академии Наук (1758), руководил Академическим университетом (1760), выдвинул идею Московского университета и добился (вместе с И.И. Шуваловым) его открытия (1755), первым внедрил физические методы в химию.

Физические исследования

В многосторонней научной деятельности М.В. Ломоносова физика занимает особое место, причём центральное принадлежит атомистике и кинетической теории теплоты. В его трудах не было отчётливо изложения атомно-молекулярного учения, к раскрытию его сущности учёный шёл много лет.

Материя и её строение. По Ломоносову, окружающий мир состоит из «весомой материи», «тончайшей материи эфира» и «тяготительной материи». Каждый из этих трёх видов слагается из своего «сорта» сферических нечувствительных частиц, отличающихся по величине и шероховатости (как шестерёнки отличаются друг от друга количеством зубцов) и соотносящихся как 4 : 2 : 1. Нечувствительные частицы перемещаются по законам механики, поэтому и «частные качества тел могут быть объяснены законами механики». Тела, составляющие материю, состоят из «корпускулов» (молекул), содержащих некоторое количество «элементов» (атомов, шаричков). Сцепление частиц определяется силой давления эфира. Все физические явления рассматриваются как результат поступательного, колебательного и вращательного («коловратного») движения больших и малых масс весомой материи и эфира. Процессы в природе происходят так, что изменения в одном месте обязательно связаны с изменениями в другом. При этом ничто не исчезает бесследно и не возникает из ничего (закон сохранения материи и движения Ломоносова) [6].

Тяготение и вес тела. «Тяготительную» материю учёный наделял особыми свойствами: она всегда движется к центру Земли с постоянной скоростью, «обрушивается на отдельные частицы с одинаковым натиском» и прижимает весомые тела к Земле, а сила её давления воспринимается как вес тела. Согласно разработанной им теории центр тяжести Земли находится на некотором расстоянии от её геометрического центра и перемещается при суточном вращении. Это перемещение он фиксировал направлением стрелки центроскопического маятника, а изменение силы тяжести – специально сконструированным «универсальным барометром». Результаты проводимых на протяжении 5 лет

опытов были изложены им в диссертации «О перемене тяготы по земному глобусу» (1763) [6, 7]*.

Теплота. М.В. Ломоносов отверг общепринятую в то время теорию теплорода, взяв за основу вращательное движение частиц и свой «принцип совмещения». В работе «Размышления о причинах теплоты и холода» (1744) [8] он указывал: «Теплота состоит во внутреннем вращательном движении связанной материи». Скорость вращения составляющих тело частиц учёный считал мерой температуры, которую измерял жидкостным термометром конструкции Делиля, имевшим шкалу со 150 делениями от точки плавления льда до точки кипения воды [9]. Изучая нагревание и охлаждение тел, он пришёл к важнейшему в истории науки выводу о существовании абсолютного нуля температуры, отметив, что «высшая степень холода ... на нашем земноводном шаре не существует».

Основополагающие принципы своей теории Ломоносов применил для объяснения ряда физических явлений: градиента температуры, возникающего при нагревании твёрдого тела с одного конца, увеличения объёма тел при нагревании, изменения агрегатного состояния. Прямым следствием механической теории тепла является его переход в работу и наоборот.

Исходя из атомно-молекулярного строения вещества и закона сохранения движения, он показал (1760), что с помощью гипотезы о тепловом движении частиц материи выводится положение о невозможности передачи тепла от менее нагретого тела к более нагретому и отсутствие верхней границы температуры.

Кинетическая теория газов. Свои представления о кинетической теории газов Ломоносов изложил в работе «Опыт теории упругости воздуха» (1748) [10]. Опираясь на работы И. Ньютона, Д. Бернулли и своё молекулярное учение, он объяснил механизм упругости – «стремления воздуха распространяться во все стороны» – вращением атомов при тепловом движении. Далее следовали его выводы: 1) атмосферный воздух должен быть тем реже, чем более он отдалён от центра Земли; 2) воздух не может бесконечно расширяться. Звук же распространяется не мгновенно, потому что для последовательных контактов достаточно удалённых друг от друга атомов необходимо время.

Проведённые в 1749 г. опыты с замораживанием воды в стеклянных сосудах и чугунных бомбах показали, что при небольших давлениях «упругость воздуха пропорциональна его плотности» (закон Бойля–Мариотта), а «плотности воздуха при больших сжатиях не пропорциональны упругостям его» с высокой для своего времени точностью он определил коэффициент расширения газов. Делая опыты «...в заплывленных накрепко стеклянных сосудах, чтобы исследовать пребывает ли вес металлов от чистого жару; оными опытами нашлось, что славного Роберта Боила мнение ложно, ибо без пропущения внешнего воздуха вес сожженного металла остается в одной мере», М.В. Ломоносов опередил работы А. Лавуазье (1770–1774)

*М.В. Ломоносов отрицал, что масса тела пропорциональна его весу (силе тяжести). Эти взгляды академик П.Л. Капица назвал «самым крупным заблуждением» гения [7].

почти на 15 лет и установил этими опытами закон сохранения массы [11, 12].

Теория света и цветов. Вопросами света и цветов М.В. Ломоносов начал заниматься сразу по приезде в Петербург. За 15 лет он создал оригинальную по меркам того времени теорию (синтез атомистики и концепции эфира), дав её основные положения в «Слове о происхождении света, новую теорию о цветах представляющее» (1756) [13]. Большую роль в этом деле сыграли его опыты по получению цветных стекол и смальт для картин-мозаик. В XIX в. многие его представления получили подтверждение [14]. К сожалению, на Западе о них не знали и открывали научные истины независимо.

Электричество. В 1743 г. М.В. Ломоносов заинтересовался электрическими явлениями в атмосфере и стал проводить опыты на Усть-Рудицкой фабрике и городской квартире на 2-й линии Васильевского острова. Десять лет он наблюдал за северными сияниями и зарницами, «чинил электрические воздушные наблюдения с немалую опасностью» за грозовыми разрядами (с Г.-В. Рихманом), составил сводную таблицу гроз 1744–1748 гг. Во время очередного эксперимента с «громовой машиной» его друг Рихман погиб от удара молнии (26.07.1753). Четыре месяца спустя Ломоносов представил Академическому собранию результаты своих трудов – «Слово о явлениях воздушных, от электрической силы происходящих» [15].

В работах по электричеству он первым указал на связь грозы с вертикально восходящими в атмосфере потоками воздуха; сделал предположение о распределении электрических зарядов по мельчайшим капелькам по всему объёму облака; показал наличие электрического поля в атмосфере не только во время грозы, но и при ясной погоде.

Им была доказана тождественность природы молнии и искры от электростатической машины. В XX в. эксперименты подтвердили гипотезу исследователя об электрической природе северных сияний [16]. Его мысль о связи электрических и оптических явлений, намечаемые опыты по преломлению светового луча в наэлектризованных стекле и воде предвосхитили наблюдение эффекта двойного лучепреломления в веществе (Дж. Керр, 1875) [9].

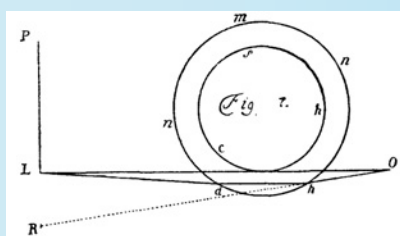
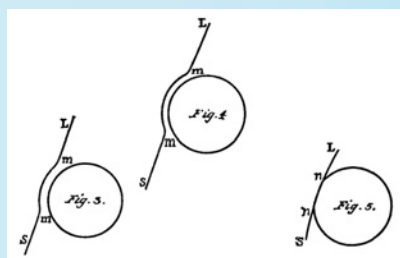
Для проведения метеонаблюдений учёный предложил конструкцию «аэродромической машины» с приводом винта от пружины, способную поднимать «термометры и электрические стрелы» на значительную высоту (1754).

Астрономия. М.В. Ломоносов первым в России серьёзно занялся астрономией в 30-летнем возрасте. В его библиотеке имелись труды Н.-Л. Лакайля, Л. Эйлера, И. Ньютона, Я. Гевелия, атлас «Uranographia Britannica» и другие сочинения. В академической обсерватории учёный наблюдал планеты и спутники, кометы и полярные сияния, любовался звёздным небом.

В стихотворениях «Утреннее размышление о божием величестве» и «Вечернее размышление...» (1743) он высказал свои взгляды на бесконечность Вселенной, развил идею о множественности миров. Описанные бурные процессы на Солнце (протуберанцы, солнечные пятна) учёные

Рисунки М.В. Ломоносова и описание его наблюдений [17]

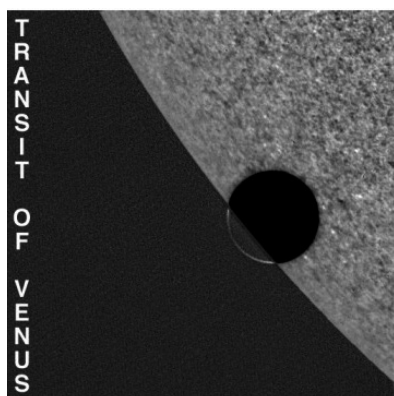
При выступлении Венеры из Солнца, когда передней ее край стал приближаться к солнечному краю и был (как просто глазом видеть можно) около десятой доли Венерина диаметра, тогда появился на краю Солнца пупырь (смотри *A*, фиг. 1), который тем явственнее учинился, чем ближе Венера к выступлению приходила (фиг. 3 и 4). *LS* значит край Солнца; *mm* – выпуклое перед Венерою солнце. Вскоре оный пупырь потерялся, и Венера показалась вдруг без края (смотри фигуру 5); *nn* – отрезок, хотя весьма малый, однако явственной.



Полное выхождение, или последнее прикосновение Венеры заднего края к Солнцу при самом выходе, было также с некоторым отрывом и с неясностью солнечного края.

<...> Сие не что иное показывает, как преломление лучей солнечных в Венериной атмосфере. *LP* – конец диаметра видимой солнечной плоскости (фиг. 7); *sch* – тело Венеры; *mnn* – ее атмосфера; *LO* – простирающийся луч к обсерватору глазу от самого края Солнца вплоть подле тела Венеры, ежели бы атмосферы не было. Но когда есть атмосфера, тогда самого края солнечного луч *Ld*, преломившись в *d*, к перпендикулу достигает до *h* и, преломившись от перпендикула, простирается к глазу зрителю в *O*. А из оптики известно, что глаз видит по той линии, которая в него входит; для того самый край Солнца *L* уже через преломление должен быть видим в *R*, по линии прямой *OR*, то есть далее самого края солнечного *L*, и ради того излишек расстояния *LR* представить должен пупырь на краю солнечном перед передним краем Венеры при её выступлении.

Благодаря энергии и стараниям Ломоносова Россия впервые участвовала в крупном международном проекте наблюдения прохождения Венеры по диску Солнца (26 мая 1761 г.) с целью точного определения расстояния между Солнцем и Землёй по методу Галлея. Русские экспедиции были направлены в Иркутск, Тобольск и Селенгинск, проводились наблюдения и в петербургской обсерватории Академии наук. Сам учёный наблюдал транзит Венеры в домашней лаборатории сквозь «весьма не густо копчёное стекло» в небольшую трубу «о двух стеклах длиною в 4¹/₂ фута». Он обратил внимание на лёгкое затуманивание солнечного края при первом касании, в момент же подхода противоположного края планеты к солнечному диску показалось «тонкое как волос» сияние. Когда планета подходила к другому краю диска, на нём сначала возникла выпуклость – «пупырь», а затем – «срез». Появление светлого ореола вокруг планеты, частично находящейся на диске Солнца (явление Ломоносова) учёный объяснил рефракцией солнечных лучей в атмосфере Венеры. Его вывод – «планета Венера окружена знатной воздушной атмосферой, таковой (лишь бы не большею), какова обливается около нашего шара земного» – подтвердился только с появлением космической техники. Спустя 8 лет аналогичное объяснение описанному явлению дали английский астроном Н. Маскелин, а позднее – В. Гершель и И. Шрётер [3].



Прохождение Венеры по диску Солнца 8 июня 2004 г. [18]

астрофизики научно доказали лишь во второй половине XIX в. Особо им подчёркивалась роль электрических сил в свечении хвоста и головы кометы (1753).



Астрономия. Худ. Суходольский Б.В. Около 1754 г.

В XXI в. ближайший транзит Венеры состоится 6 июня 2012 г., место его наилучшей

видимости – Дальний Восток России. А вот следующее подобное явление произойдёт только 11 декабря 2117 г. [19].

Ломоносов, видимо, предполагал продолжать изучение Венеры. Рассчитывая обнаружить на её поверхности объекты, подобные земным, он заранее подобрал 12 названий для гор и 14 для морей.

М.В. Ломоносов создал русскую школу научной и прикладной оптики; изобрёл и построил около 100 конструкций приборов различного назначения, в том числе: телескоп-рефлектор (система Ломоносова–Гершеля), зеркальный телескоп, «солнечную печь», «ночезрительную трубу», рефрактомер. Он занимался фотометрией звёзд, технологией производства оптического стекла и сплавов для металлических зеркал [11].

Последние годы. Годы лишений, переживаний и борьбы подкосили здоровье Михаила Васильевича. Он стал рассеянным, а с весны 1764 г. из-за болезни ног прекратил бывать в Академии. 7 июня дом Ломоносовых посетила императрица Екатерина II. Она в течение двух часов осматривала мозаичные работы учёного, физические инструменты, наблюдала некоторые опыты и даже отобедала [4].

В марте 1765 г. Михаил Васильевич простудился, состояние его ухудшалось. 15 (4) апреля в пять часов вечера, пропившись с женой, дочерью и всеми присутствующими в доме, Ломоносов умер «после нового припадка его прежней болезни, которую он получил вследствие простуды». Похоронили его на Лазаревском кладбище Александро-Невской лавры в Петербурге [1].

Память

Многие десятилетия и в Европе, и в России научные труды М.В. Ломоносова по естествознанию не были широко известны. Просвещённые современники знали только его поэтический талант. Впервые несколько строк, не лишённых курьёза, написал о нём французский историк

химии Ф. Хойфер: «Среди русских химиков, которые стали известными химиками, мы упомянем Михаила Ломоносова, которого не надо смешивать с поэтом того же имени» (1860) [16]. Идеи Ломоносова восторжествовали лишь в конце XIX – начале XX вв. благодаря исследованиям, прежде всего, профессора физической химии Б.Н. Меншуткина.

Сегодня 10 географических объектов на Земле, кратеры на Луне и Марсе носят имя М.В. Ломоносова [19]. Организация ЮНЕСКО, включающая в себя поч-

ти 200 государств мира, объявила 2011 год Годом русского учёного-энциклопедиста. Возможно, совсем скоро частицы высокой энергии в космосе будут исследовать новый спутник «Михаил Ломоносов».

Литература

1. Летопись жизни и творчества М.В. Ломоносова / АН СССР; Ин-т истории естествознания и техники. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1961. [Электронный ресурс] URL: <http://feb-web.ru/feb/lomonos/lcl-abc/Lcl-025-.htm>
2. Меншуткин Б.Н. Михайло Васильевич Ломоносов. Жизнеописание. СПб.: Имперская Академия Наук, 1912. [Электронный ресурс] URL: <http://vivovoco.rsl.ru/VV/BOOKS/LOMONOSOV/CONTENT.HTM>
3. Куликовский П.Г. М.В. Ломоносов – астроном и астрофизик. М.: Наука, Гл. ред. ФМЛ, 1986. [Электронный ресурс] URL: <http://telescope1.ucoz.ru/index/0-25>
4. Билярский П.С. Материалы для биографии Ломоносова. – СПб.: Типография Императорской Академии Наук, 1865. [Электронный ресурс] URL: http://imwerden.de/pdf/bilyarsky_bio_lomonosova_1865.pdf
5. URL: http://neznal.ru/20110524_slova-gradusnik-ravnovesiechertezh-opyt-kislota-pridumal-mixail-lomonosov
6. Карпеев Э.П. Михаил Васильевич Ломоносов. Кн. для учащихся. М.: Просвещение, 1987. [Электронный ресурс] URL: http://lomonosov300.ru/56270_booklist.download.pdf.html
7. Капица П.Л. Ломоносов и мировая наука. // Эксперимент. Теория. Практика. – М.: Наука, 1977. [Электронный ресурс] URL: http://reslib.com/book/Eksperiment__Teoriya__Praktika
8. Ломоносов. Краткий энциклопедический словарь / РАН; музей М.В. Ломоносова. Ред.-сост. Э.П. Карпеев. СПб.: Наука, 1999. URL: <http://feb-web.ru/feb/lomonos/kes-abc/kes/kes-1552.htm>
9. Ломоносов М.В. Физико-химические работы. /Под ред. и с прим. Б.Н. Меншуткина. – М.-Л.: Госиздат, 1923. [Электронный ресурс] URL: http://publ.lib.ru/ARCHIVES/L/LOMONOSOV_Mihail_Vasil'evich/_Lomonosov_M.V..html#03
10. Ломоносов. Краткий энциклопедический словарь. URL: <http://feb-web.ru/feb/lomonos/kes-abc/kes/kes-1271.htm>
11. Белюстов В.Н. Памятные даты // Физика-ПС. 2006. № 20. URL: <http://fiz.1september.ru/article.php?ID=200602010>
12. Ломоносов М.В. ПСС. в 11 т. М-Л.: АН СССР, 1957. Т 10. С. 392.
13. Елисеев А.А., Ченакал В.Л., Андреев А.И. Примечания. Ломоносов М.В. ПСС / АН СССР. М.; Л., 1950–1983. (Т. 3: Труды по физике и химии, 1753–1765. М.; Л.: АН СССР, 1952. С. 510–591. URL: <http://feb-web.ru/feb/lomonos/texts/lo0/lo3/Lo3-510-.HTM?cmd=0&hash=%D2%E5%EA%F1%F2.15>)
14. Кудрявцев П.С., Конфедератов И.Я. История физики и техники. М.: Учпедгиз, 1960. [Электронный ресурс] URL: <http://osnovanija.narod.ru/history.html>
15. Ломоносов. Краткий энциклопедический словарь. URL: <http://feb-web.ru/feb/lomonos/kes-abc/kes/kes-1831.htm>
16. Спасский Б.И. История физики. Ч. I. – М.: Высшая школа, 1977. [Электронный ресурс] URL: <http://gen.lib.rus.ec/get?na metype=orig&md5=01c2dea1e9a15bcfaeb21b5658f6cee8>
17. Ломоносов М.В. Явление Венеры на Солнце, наблюденное в Санктпетербургской Императорской академии наук мая 26 дня 1761 г. / ПСС в 11 т. М-Л.: АН СССР, 1955. Т. 4.
18. G. Schneider (Steward Obs.), J. Pasachoff (Williams College), TRACE Project, NASA. URL: <http://www.physics.uni-altai.ru/pub/show.html?id=1368>
19. URL: <http://edu.zelenogorsk.ru/astron/planets/vensun/vensun.ht>
20. Бызова Н.М. Имя М.В. Ломоносова на карте мира. URL: <http://kafep.narod.ru/Lomonosov.pdf>

URL: http://img-fs.ki.yandex.ru/get/5406/west-wind.29/0_4e291_693e1887_onig



Аэродинамическая машина М.В. Ломоносова. Государственный музей истории космонавтики имени К.Э. Циолковского в Калуге

Введение в теорию колебаний



КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: теория колебаний, маятник, характеристическое уравнение, затухающие колебания, аperiodический режим

Продолжение. См. диск к №14 /2011

А. М. РЕЙМАН

rey_noc@mail.ru,

ИПФ РАН, лицей № 40,

г. Нижний Новгород

ЛЕКЦИЯ 2

В этой лекции будет ещё немного математики, которая вам пока непривычна. Речь пойдёт о формальном поиске решений уравнения осциллятора с помощью некоторых математических приёмов. Например, мы с вами проверяли, что гармонические функции (синус и косинус) являются решениями этого уравнения, – просто путём подстановки. Но можно пойти чуть дальше. Давайте попробуем найти вообще такие функции, которые переходят сами в себя при взятии производных. Такая функция есть, и она хорошо известна – это показательная функция. Вот и давайте искать решение в виде $x(t) = Ae^{\lambda t}$. Возьмём теперь производные и подставим в уравнение гармонического осциллятора. Получим: $Ae^{\lambda t}(\lambda^2 + \omega_0^2) = 0$. Так как наша функция должна удовлетворять уравнению в любой момент времени, то выражение в скобках должно быть равно нулю, то есть $\lambda^2 + \omega_0^2 = 0$. Это уравнение называется *характеристическим*. Что же является его решением? Очевидно, оно не решается в действительных числах, а вот в комплексных – легко. Вы уже знаете, что такое мнимая единица, а кто не знает – придётся сделать над собой небольшое усилие и разобраться с простейшими алгебраическими правилами. Вы ещё много раз в своей жизни будете встречаться с неизвестным, и пасовать перед ним – последнее дело, особенно для физика-исследователя.

Итак, получим два корня характеристического уравнения $\lambda_{1,2} = \pm i\omega_0$, то есть мы должны искать решение в виде $x_{1,2}(t) = A_{1,2}e^{\pm i\omega_0 t}$. А ещё мы должны учесть, что если каждая из этих функций является решением, то и их линейная комбинация $x_1 + x_2$ также будет решением (в этом нетрудно убедиться, подставив эту комбинацию в уравнение осциллятора). Обратите внимание, что здесь амплитуды A_1 и A_2 могут быть любыми – уравнение удовлетворяется, но так ведь не бывает. А как их найти? Да так же, как мы это делали раньше – из начальных условий! Кстати, раз у нас начальные условия действительны, то и решение получится действительное.

Как же это происходит? Мы должны вспомнить формулу Эйлера $z = Ae^{i\varphi} = A(\cos\varphi + i\sin\varphi)$, тогда

получим наши синус и косинус, которые у нас получались раньше!

Вы можете мне возразить, что искать решение сразу в виде показательной функции – это натяжка. А вдруг существуют и другие функции, удовлетворяющие нашему уравнению? Ну, к счастью, за нас уже потрудились несколько поколений математиков, так что можно им и поверить, есть строгие доказательства, которые вы будете изучать в курсе матанализа и дифференциальных уравнений вузе.

Вы спросите, зачем же применять такой сложный анализ, если мы просто подбором можем получить практически то же самое? Ответ очевиден – мы ведь сейчас рассматриваем самые простые уравнения и на них отработываем технику решения. И сейчас мы усложним нашу задачу. Предположим, что в нашей колебательной системе существуют потери на трение, причём это трение вязкое – сопротивление воздуха (случай сухого трения мы рассмотрим позднее). Сила вязкого трения пропорциональна скорости движения тела (при не слишком больших скоростях), а ещё в неё входят вязкость среды и характерные размеры тела, поэтому в уравнении динамики появится ещё одно слагаемое $F_{\text{тр}} = -r\dot{x}$. Здесь мы «закопали» в коэффициент трения r всю дополнительную информацию о среде и о теле. Приводя, как обычно, уравнение к каноническому виду (коэффициент при старшей производной должен быть равен 1), получим его в виде $\ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$, где $\delta = r/(2m)$. Для чего выделять двойку – увидим чуть позже.

Как же искать решение в этом случае? Очевидно, что простые гармонические функции уже не удовлетворяют этому уравнению, значит, одно из двух – либо мы честно найдём решение, либо подберём его (на самом деле эта подгонка основана на том, что кто-то уже решил это уравнение честно, и мы только притворяемся, что подбираем функцию). Начнём со второго. Понятно, что при очень малом затухании мы должны получить ту же синусоиду, только медленно убывающую с течением времени. Покажем, что функция $x(t) = Ae^{-\delta t} \cos(\omega t + \varphi_0)$ годится. Кстати, вот и ответ, почему мы выделяли двойку в уравнении – чтобы не таскать её за собой в решении и остальных формулах. Возьмём производные и подставим в уравнение.

$$\dot{x} = -Ae^{-\delta t} [\delta \cos(\omega t + \varphi_0) + \omega \sin(\omega t + \varphi_0)];$$

$$\ddot{x} = Ae^{-\delta t} (\delta^2 + \omega^2) \cos(\omega t + \varphi_0) + 2Ae^{-\delta t} \delta \omega \sin(\omega t + \varphi_0);$$

$$Ae^{-\delta t} \cos(\omega t + \varphi_0) (\omega^2 - \omega_0^2 + \delta^2) = 0.$$

Как и раньше, потребуем, чтобы равенство выполнялось в любой момент времени: получим $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$, то есть частота колебаний, входящая в наше решение, не совпадает с собственной частотой осциллятора, а несколько ниже. Кстати, а что будет, если затухание не мало?

Найдём то же решение методом характеристического уравнения. Нетрудно видеть, что последнее будет иметь вид $\lambda^2 + 2\delta\lambda + \omega_0^2 = 0$, то есть опять приходим к квадратному уравнению, имеющему два корня. И вот тут нас ждёт небольшой сюрприз: при малых затуханиях мы получаем два комплексно сопряжённых корня $\lambda_{1,2} = -\delta \pm i\sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$, дающие решение, найденное выше методом подбора. А при больших затуханиях получаются два действительных корня $\lambda_{1,2} = -\delta \pm \sqrt{\delta^2 - \omega_0^2}$. То есть мы нашли более общий способ решения уравнения, которое вообще можно не получить, если пытаться просто подбирать функцию. Вот зачем надо было рассматривать общий случай!

Итак, давайте рассмотрим подробнее случай малого затухания. Давайте проверим, являются ли колебания периодическими. В строгом смысле – конечно, нет, ведь размах колебаний всё время убывает. А следуют ли характерные точки (нули, максимумы, минимумы) через равные промежутки времени? Да, и это легко показать. Например, для максимума или минимума запишем условие экстремума: $\dot{x} = 0$, подставим в него наше решение и получим уравнение $\operatorname{tg}(\omega t + \varphi_0) = -\delta/\omega$. Это уравнение непростое, трансцендентное, но мы не будем его решать, а вспомним, что тангенс – функция периодическая. Это значит, что если есть какое-то решение этого уравнения t^* , то значения $t^* \pm nT$ и $t^* + T/2 \pm nT$ также являются решениями (здесь $T = 2\pi/\omega$). А для точек пересечения нуля показать такую «периодичность» ещё проще.

Теперь посмотрим, что происходит с амплитудой, опять же понимая под ней в данном случае значение переменной в текущем максимуме. Пусть в n -м максимуме значение отклонения от положения равновесия x_n , а в $(n+1)$ -м – x_{n+1} . Тогда легко показать, что $x_{n+1}/x_n = e^{-\delta T} = e^{-d}$, то есть максимумы (и минимумы) образуют убывающую геометрическую прогрессию. Безразмерная величина d называется *логарифмическим декрементом затухания*. Чаше используется другая величина $Q = \frac{\pi}{d} = \frac{\pi}{\delta T} = \frac{\omega}{2\delta} \approx \frac{\omega_0}{2\delta}$ – *добротность* колебательной системы (последнее приближение справедливо лишь при малых затуханиях). Каков смысл этих величин?

Пусть за N периодов колебаний амплитуда убывает в e раз. Тогда нетрудно видеть, что $d = \delta T = \frac{1}{N}$, то есть d – величина, обратная числу периодов, за

которые колебания убывают в e раз. А добротность $Q = \frac{\pi}{d} = \pi N$. А если взять число периодов, равное Q , то амплитуда падает более чем в 20 раз. Если наблюдать за колебаниями простых механических маятников, можно считать, что это число колебаний практически до остановки. Так можно грубо оценить добротность осциллятора. Обычно для механических систем добротности не превышают значения 50–100. Однако есть колебательные системы с очень малыми потерями, и соответственно с большой добротностью. Например, кварцевые пластинки, применяемые в электромеханических резонаторах, имеют добротности до 10^6 .

А что будет происходить при больших величинах затухания? До тех пор, пока корни характеристического уравнения не стали действительными всё будет по-прежнему, число переколебаний бесконечно, лишь период их увеличивается. А вот как только происходит переход, то есть $\delta > \omega_0$, ситуация изменяется. Представьте себе качели, стоящие не на земле, а в воде. Вы отклоняете их, и они плавно возвращаются в вертикальное положение, не пересекая его. А если вы их ещё и подтолкнёте, они проскочат положение равновесия, но всего лишь один раз и опять же плавно придут к нему с другой стороны. Как бы мы ни толкали качели, нам никогда не удастся заставить их пересечь положение равновесия два или более раз. Удивительное дело – мы получаем вообще неколебательное движение, но оно описывается теми же колебательными уравнениями! Такое движение в теории колебаний называют *апериодическим*. К графикам этих движений мы вернёмся в следующей лекции.

Давайте ещё немного «поиграем» с нашим уравнением динамики материальной точки с вязким трением, например, для пружинного маятника. Умножим почленно уравнение $m\ddot{x} + r\dot{x} + kx = 0$ на \dot{x} . Получим $m\dot{x}\ddot{x} + kx\dot{x} = -r\dot{x}^2$. Запишем это выражение в виде $\frac{d}{dt} \left(\frac{m\dot{x}^2}{2} + \frac{kx^2}{2} \right) = -r\dot{x}^2$. Выражение в скобках –

это полная механическая энергия нашей системы E . Умножая обе части на dt (физики любят делать такие преобразования, повергая математиков в ужас), получим: $dE = -r\dot{x}^2 dt = -F_{\text{тр}} v dt = -F_{\text{тр}} dx = dA_{\text{тр}} < 0$, то есть убыль полной механической энергии равна работе сил трения. Это закон изменения полной механической энергии нашей системы.

Рассмотрим теперь задачу, в которой трение другое – сухое, или кулоновское (подчиняющееся закону Кулона–Амонтона).

Задача 1. Пусть у нас есть горизонтальный пружинный маятник, и коэффициент трения скольжения груза по поверхности равен μ . Так вот, ког-

да мы будем записывать уравнение динамики груза в проекции на горизонтальную ось, мы должны будем учесть, что сила трения скольжения направлена против движения, а значит, зависит от знака скорости \dot{x} , хотя и не зависит от величины скорости. Это означает, что, несмотря на простоту такой системы, она описывается нелинейным уравнением, и нам надо ещё придумать, как его решать.

Итак, имеем: $m\ddot{x} = -kx \pm \mu mg$. Здесь знак «-» соответствует движению по направлению оси X , а «+» – против. Начнём анализ этого уравнения, как всегда, с определения положения равновесия. И тут мы получаем неожиданный результат – этих положений равновесия два, для разных знаков скорости: $x_{1,2} = \pm x^*$, где $x^* = \mu mg / k$. Но если мы вспомним то, что знаем о силе трения скольжения и силе трения покоя, то ответ станет очевидным: у нас здесь вообще не точка равновесия, а целая зона: $|x| < x^*$. Она называется *зоной застоя*. Дело в том, что если мы отклоним тело от положения недеформированной пружины меньше, чем на x^* , оно вообще не будет двигаться, так как сила упругости компенсируется силой трения покоя (для простоты мы считаем коэффициенты трения покоя и скольжения равными). А вот если отклонение выходит за границы застойной зоны, то силы трения уже недостаточно и начнётся движение. Давайте для определённости предположим, что мы отклонили груз вправо на величину A_0 . Тогда начнётся движение влево и до тех пор, пока не сменится знак скорости, наше уравнение будет иметь вид: $\ddot{x} + \omega_0^2 x - \mu g = 0$. А такие уравнения с «лишним» постоянным слагаемым мы уже умеем решать: надо ввести новую координату, смещённую относительно старой: $y = x - \frac{\mu g}{\omega_0^2} = x - x^*$,

то есть новое начало координат смещено вправо на величину x^* . В новых координатах мы получим обычное уравнение гармонического осциллятора, с известной нам частотой ω_0 и амплитудой $A_0 - x^*$. Это означает, что в крайнем левом положении координата груза в старой системе будет $x_{min} = -A_0 + 2x^*$.

Что будет происходить дальше? Начнётся движение в обратную сторону, то есть изменится наше постоянное слагаемое: $\ddot{x} + \omega_0^2 x + \mu g = 0$. Рецепт мы уже знаем – перенесём ось в другую сторону и опять получим уравнение гармонического осциллятора. Если нам хватит амплитуды, то координата в правой точке (то есть по окончании одного периода колебаний) будет $x_{min} = -A_0 + 4x^*$. Что будет происходить дальше? Пока отклонение в крайних точках будет выходить за границы зоны застоя, будут происходить описанные выше колебания, для которых при смене направления движения будет как бы меняться точка, относительно которой движение симметрично. При этом амплитуда будет убывать линейно, а не экспоненциально, как в случае вязкого

трения, пока в конце концов груз не попадёт в зону застоя, где и остановится (рис. 1).

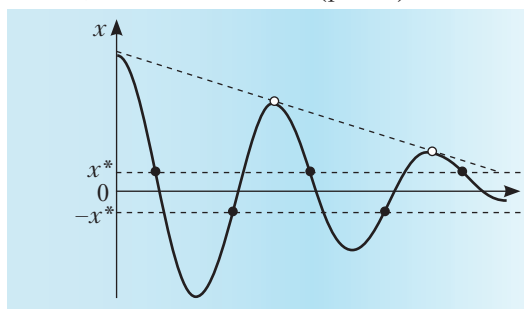
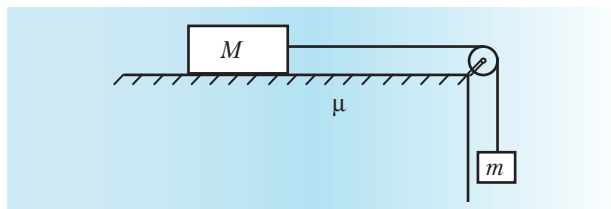


Рис. 1

А в завершение лекции рассмотрим ещё одну задачу, связанную с колебаниями и трением, хотя наличие в ней колебаний на первый взгляд не очевидно. Автор впервые увидел эту задачу на олимпиаде «Нелинейные дни для молодых в Саратове», хотя некоторые её варианты встречаются и в известных задачниках.

Задача 2. На горизонтальной поверхности с коэффициентом трения μ покоится груз массой M . К нему привязана тонкая длинная верёвка, переброшенная через невесомый блок, с крючком на конце. Найдите наименьшую массу гири m , которую необходимо подвесить без рывка на крючок, чтобы сдвинуть груз с места.



Решение. На первый взгляд, задача совершенно простая. Гиря должна иметь такую массу, чтобы сила натяжения верёвки превысила максимальную силу трения покоя груза. Тогда получим $m = \mu M$. Кажется бы, задача решена. Но так ли всё просто?

Давайте немного изменим условие. Пусть на конце нити перед крючком находится невесомая пружина жёсткостью k . Тогда при подвешивании гири без рывка пружина начнёт деформироваться, и у гири возникнет новое положение равновесия, в котором сила тяжести гири равна силе упругости $mg = kx^*$. Но нетрудно видеть, что в этом случае возникнут колебания гири с амплитудой, равной начальной деформации x^* . А вот теперь давайте посмотрим, как будет изменяться с течением времени сила упругости. Она пропорциональна смещению гири относительно первоначального положения равновесия, и в нижней точке равна $2kx^* = 2mg$, то есть в два раза превышает статическое значение. Таким образом, к верхнему грузу в течение некоторого времени будет приложена вдвое большая сила, а это значит, что, в принципе, для того чтобы стронуть груз с места, достаточно массы гири $m = \mu M / 2$. Обратите внимание, что жёсткость пружины не вошла в ответ, это очень интерес-

Простые опыты по физике с киндер-сюрпризами

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: занимательный эксперимент, киндер-сюрприз, фокус

А. П. СОРОКИН

tvoi_slova@mail.ru, ВятГГУ, г. Киров

но. Таким образом, даже достаточно слабо деформируемая нить может существенно изменить решение. Существуют классы задач, которые без использования таких слабых растяжений (виртуальных) просто не решить.

Эту задачу можно видоизменить, добавляя в неё дополнительный рывок, то есть в начальный момент времени будет ещё и скорость гири, направленная вниз. Это означает, что амплитуда колебаний пружины (нити) будет больше, чем расстояние между начальным положением крючка и новым положением равновесия, соответственно, и масса необходимого груза станет ещё меньше. Решать эту задачу можно и по-другому, но об этом в следующий раз. А ещё в следующий раз мы поговорим о том, что произойдёт, если на осциллятор начнёт действовать внешняя сила.

От редакции к задаче № 2

Пока жёсткость пружины конечна, всё идёт хорошо. Но переход к большой жёсткости означает, что амплитуда колебаний при их конечной энергии становится всё меньше. Добавим, что сдвинув (если это удастся) груз, мы включаем потери энергии колебаний за счёт сухого трения. Всего несколько циклов колебаний, и груз остановится (см предыдущую задачу). Итак, несколько шажков ничтожной величины, а дальше – покой. Это и называется «сдвинуть груз с места»? Возможно. Но вот заметим ли мы это? Возьмём метровой длины нитку и подвесим на неё гирию, скажем, в 500 г. Какова, на глазок, амплитуда вертикальных колебаний гири? Заметим ли мы такое (по порядку величины) смещение груза?

Вывод. Давайте изменим вопрос задачи. Вместо того, чтобы спрашивать о минимальной массе гири, нужной, чтобы **сдвинуть** груз с места, спросим, какая масса гири нужна, чтобы груз **сдвинулся** с места и **поехал**.

Часто наиболее эффектные опыты по физике получаются при использовании учителем очень простого и в то же время знакомого школьникам оборудования. Десятки красивых демонстраций можно провести с использованием даже хорошо известных киндер-сюрпризов. Это и опыты по изучению важнейших физических явлений, законов и закономерностей (условий равновесия, давления, механических колебаний, фигур Лиссажу) и познавательные опыты-фокусы.

Ниже описано 5 опытов, которые всегда вызывают восторг школьников, учителей и студентов. На Всероссийской студенческой олимпиаде по методике физики в г. Челябинск (2011) показанные эксперименты были удостоены специального приза зрительских симпатий. Учитель может не только сам продемонстрировать эти опыты, но и вывесить их описание на стенде, с тем, чтобы школьники попытались разгадать секрет.

В ОДНУ СТОРОНУ. Сквозь капсулу от киндер-сюрприза пропущена нить. К одному из концов нити привязан деревянный шарик, к другому – металлический. Если нить удерживать за металлический шарик (когда внизу будет находиться деревянный), то отпущенная сверху капсула будет легко соскальзывать по нити вниз (рис. 1). А вот если внизу будет металлический шарик, то капсула по нити перемещаться не будет (рис. 2).

Вопрос: как устроена капсула?



Рис. 1

Рис. 2

ХАМЕЛЕОН. Школьникам показывают пластиковый стакан, вырезанный из 1,5-литровой бутылки, в который насыпан просеянный речной песок. На поверхность песка укладывается жёлтая капсула от киндер-сюрприза (рис. 3). Если стакан накрыть большим непрозрачным платком и, не выпуская стакан из рук, оказать на него какое-то механическое воздействие, то после сдёргивания платка капсула изменяет цвет на красный (рис. 4). Сам песок при



Рис. 3



Рис. 4

этом не претерпевает никаких изменений. (Уровни песка на фотографии разные, потому что съёмку производили под разными углами.)

Вопрос: почему капсула поменяла цвет? Чтобы показать, что демонстратор не мог прикоснуться к содержимому стакана, стакан можно заклеить сверху одной-двумя полосками скотча.

ЗАГАДОЧНАЯ ПРОБКА. Учитель показывает необычный киндер-сюрприз: он больше других по размеру и со значительным отверстием сверху (рис. 5). Если в него налить немного воды, то ничего необычного не происходит – вода, как и положено, сохраняется внутри этого сосуда. Но если ещё потихоньку подливать, то в какой-то момент вода начнёт вытекать через обнаружившееся снизу отверстие, причём не прекращает течь, даже если прекратить доливать воду сверху. В итоге почти вся вода вытекает, и капсула оказывается практически пустой.



Рис. 5

Вопрос: как устроена капсула?

ВОДНЫЙ ЛИФТ. Учитель показывает широкую пробирку (мерный цилиндр), в который может входить киндер-сюрприз. Зазора между стенками пробирки и расположенным вертикально киндер-сюрпризом едва-едва достаточно для свободного движения последнего.

Пробирка заполняется водой, а затем в неё помещается киндер-сюрприз. Придерживая его, система переворачивается так, чтобы пробирка оказалась вверх дном. Как только из пробирки начнёт вытекать вода, киндер-сюрприз начнёт подниматься вверх (рис. 6).



Рис. 6

Вопрос: почему?

СЕКРЕТНАЧИНКИ. Школьникам показывают два киндер-сюрприза: один из них учитель называет «послушным», а другой – «непослушным». Особенности их «поведения» проявляются, когда учитель пытается их поставить произвольным образом (рис. 7): один можно поставить на любую точку и в любом положении, а второй всегда стремится занять вертикальное положение (если даже оказывается на краю стола).

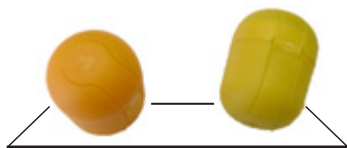


Рис. 7

Вопрос: как устроены капсулы?

ОБЪЯСНЕНИЯ

Не прилагая интеллектуальных усилий, практически невозможно догадаться, что оказывается внутри капсулы от киндер-сюрприза в каждом случае, ведь в ней может находиться все что угодно: от маленькой кнопки, до несложного прибора. Но, обладая знаниями по физике, представлениями о природе физических процессов и явлений, анализируя результаты опытов, можно сказать, какой физический сюрприз заключён в каждой капсуле.

В ОДНУ СТОРОНУ. Внутри капсулы находится мембрана с нецентральной дырочкой, сквозь которую пропущена нить (рис. 8). Если внизу висит легкий деревянный шарик, то нить не натягивается, и в точках касания нити с капсулой и мембраной не возникает значительного трения.



Рис. 8

Если снизу находится металлический шарик, то нить натягивается и прижимается к мембране и капсуле. В этих местах возникает сила трения, достаточная для удерживания капсулы.

ХАМЕЛЕОН. Перед показом эксперимента в песок зарывают пустую красную капсулу, а жёлтую наполняют дробинками. При механическом воздействии (энергичном поперечном давлении на стенки стакана) песок начинает проявлять свойства жидкости: он выталкивает лёгкие предметы на поверхность и «топит» тяжёлые. В результате красная капсула вытесняется песком вверх, а жёлтая – погружается в толщу песка.

ЗАГАДОЧНАЯ ПРОБКА. Работа устройства основана на принципе действия сифона (рис. 9). Внутри яйца вклеена трубка с коленами разной длины, по которой жидкость сначала поднимается до места перегиба, а затем начинает выливаться.



Рис. 9

ВОДНЫЙ ЛИФТ. При вытекании воды над киндер-сюрпризом образуется область пониженного давления. Под действием силы атмосферного давления капсула и поднимается вверх.

СЕКРЕТ НАЧИНКИ. «Послушное» яйцо примерно на одну четверть заполнено просеянным речным песком. Перед установкой такое яйцо нужно слегка встряхнуть, держа в положении, которое оно должно занять на подставке. Песчинки переместятся, и яйцо будет сохранять устойчивое равновесие. Внутри «непослушного» яйца к одному из оснований на пластилин прилеплена гайка. Поэтому яйцо и ведёт себя, как кукла-неваляшка.

Как это устроено?

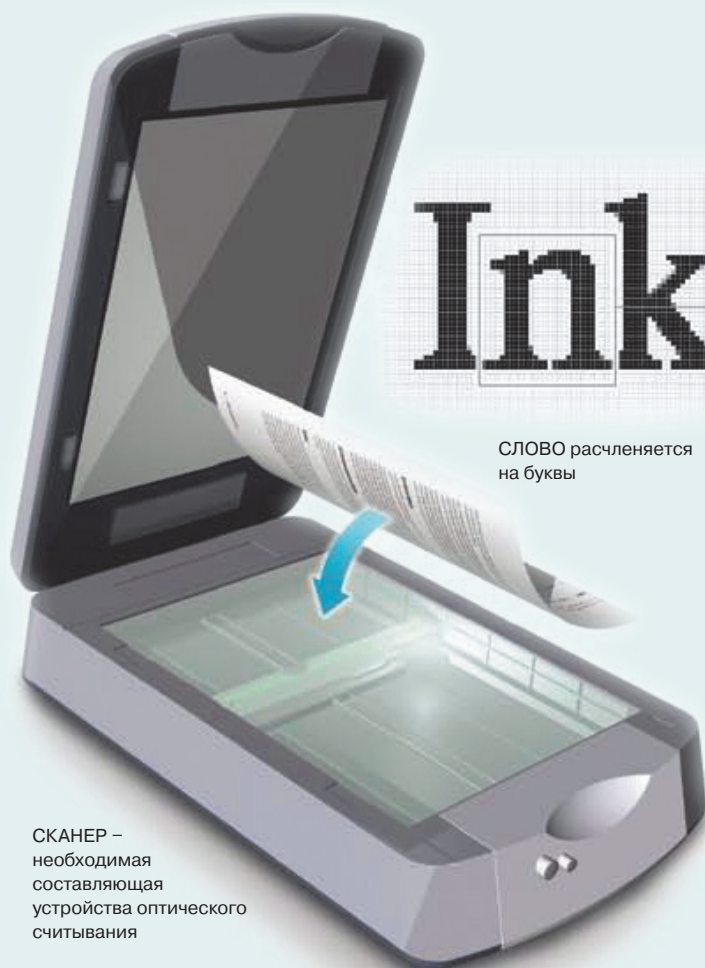
КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: оптическое считывание символов, дешифраторы

См. также № 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 14 /2011

■ **ОПТИЧЕСКОЕ СЧИТЫВАНИЕ СИМВОЛОВ.** Просканировать текст книги с тем, чтобы импортировать её содержание в текстовый редактор... Перенести запись от руки, сделанную на экране личной цифровой записной книжки, в крупноформатную таблицу... Прочитать каракули или почтовый код на конверте... Для выполнения всех этих задач необходима программа, способная распознавать рукописные или печатные символы и преобразовывать их в цифровую форму, которую можно редактировать, пересылать по электронной почте, запоминать или сообщать быстродействующей почтовой машине, куда направить письмо. Такие программы первоначально использовались в устройствах оптического считывания символов, сегодня – уже в устройствах считывания текстовых наборов (полиграфия). Анализ печатных или рукописных символов называется чтением с помощью искусственного интеллекта. Независимо от назначения в основе всех этих программ лежат похожие алгоритмы анализа характерных признаков распознаваемых знаков (букв, цифр и прочих): анализируются характерные участки знаков и сравниваются с математическими моделями, чтобы найти наиболее подходящие для каждого случая варианты. Наиболее простой случай – распознавание символов, написанных от руки в цифровой электронной записной книжке, поскольку при записи запоминается направление движения стилуса. Анализ машинописного или рукописного знака на печатной странице – более трудная задача, так как вы должны выделить интересующий вас элемент из статичного изображения, отсеять помехи, «увидеть» букву. Самая сложная задача – анализ рукописного текста. Эти программы находятся в стадии разработки и пока не получили коммерческих лицензий. Когда-то для распознавания знаков использовались один-два алгоритма и полученные после обработки рисунки просто сравнивались с табличными. Современные программы обрабатывают символы по нескольким алгоритмам, «взвешивают» и сравнивают результаты обработки, выбирая наилучшее совпадение с образцом. Если старым программам требовалось несколько минут, чтобы прочесть страницу текста, то новые тратят на это несколько секунд.

Сейчас усилия разработчиков направлены на создание программ считывания арабских, китайских и японских текстов, в которых символы на строке обозначают не одну букву, а целое слово или даже несколько слов. Программы распознавания образов начинают использоваться в сотовых телефонах и цифровых фотоаппаратах: сфотографировал документ и сейчас же можешь послать его по почте или записать как текстовый файл.

УСТРОЙСТВА ОПТИЧЕСКОГО СЧИТЫВАНИЯ работают с программами, которые выделяют строки, накладывают сетку на каждое считываемое слово и расчленяют его на буквы. Затем по алгоритму анализируются характерные признаки каждой буквы и сравниваются вектора признаков (наборы чисел) – данного символа в тексте и в имеющейся в программе таблице. В результате делается вывод, что это – буква, знак препинания или пометка. Дальнейшая обработка данных позволяет заключить, какая конкретно буква распознаётся, и складывает буквы в слова.



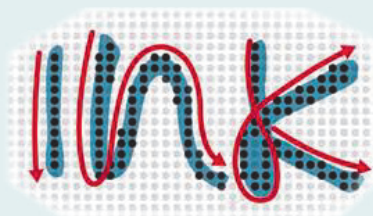
СЛОВО расчленяется на буквы

СКАНЕР – необходимая составляющая устройства оптического считывания

РУКОПИСНЫЕ БУКВЫ распознаются почти в реальном времени с помощью так называемых *on-line*-программ, которые задают строку как совокупность точек между последовательными изменениями направления движения стилуса вверх-вниз. Поскольку точки и строки регистрируются как функции времени, алгоритм может ковертировать данные в последовательность чисел и, сравнив полученную последовательность с табличной, сделать заключение о том, какая буква написана.

Стилус идёт вниз

Стилус идёт вверх



- Точки
- Линия
- Время



Сам стилус или табло регистрируют вертикальные и горизонтальные движения стилуса

0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
12%	60%	76%	76%	100%	88%	6%	0%
0%	56%	80%	12%	18%	100%	25%	0%
0%	50%	75%	0%				
0%	50%	75%					
0%	50%						
6%							

ПРИЗНАК: цвет

АЛГОРИТМ: согласование матриц

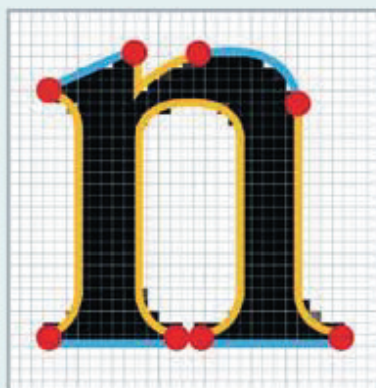
МЕТОД: расчёт соотношения чёрного и белого в каждой ячейке сетки



ПРИЗНАК: количество и протяжённость закруглений

АЛГОРИТМ: отслеживание контура

МЕТОД: измерение кривизны



ПРИЗНАК: ориентация закруглений

АЛГОРИТМ: отслеживание контура

МЕТОД: построение конечных точек и ориентации закруглений

Устройства оптического считывания символов патентуются в США и странах Европы с 1929 г. Управление безопасности Армии США начало использовать эти устройства в 1950-х гг. для автоматической дешифровки закодированных сообщений. В 1965 г. Почтовое ведомство США внедрило автоматическое считывание почтовых индексов на конвертах, сейчас американское Бюро переписи обрабатывает с их помощью миллионы анкет.

Распознавание широко используется для конвертации книг и документов в электронный вид, для автоматизации систем учёта в бизнесе или для публикации текста на веб-странице. Оптическое распознавание текста позволяет редактировать текст, осуществлять поиск слова или фразы, хранить его в более компактной форме, демонстрировать или распечатывать материал, не теряя качества, анализировать информацию, а также переводить текст на другой язык (электронные переводчики), форматировать или преобразовывать в речь. Оптическое распознавание текста является исследуемой проблемой в областях распознавания образов, искусственного интеллекта и компьютерного зрения.

На изображениях с рукописным «печатным» текстом без артефактов может быть достигнута точность в 80–90%, но с такой точностью изображение будет преобразовано с десятками ошибок на странице. Такая технология может быть полезна лишь в очень ограниченном числе приложений.

http://ru.wikipedia.org/wiki/Оптическое_распознавание_символов

Scientific American, 2007, June, p. 96–97.
Сокр. пер. с англ. Н.Д. КОЗЛОВОЙ



1 НОЯБРЯ

Учительская книга



Предметы естественно-научного цикла

География • Биология • Химия • Физика • Математика • Информатика

БОЛЕЕ 1000 НАИМЕНОВАНИЙ КНИГ ДЛЯ УЧИТЕЛЯ ПРЕДСТАВЛЯЮТ

«Айрис-пресс», «АСТ-Пресс», «Бином», «ВАКО», «Илекса», «Интеллект-Центр», «Легион», «Мнемозина», «Новый Диск», «Первое сентября», «Потенциал», «СГУ», «СМИО Пресс», «1С», «Учитель», «Экзамен»

программа дня

10.00 – 11.15	Издательство «Айрис-пресс» 9-й класс. ГИА – комплексная подготовка по математике В.И. Глизбург, д.п.н., к.физ.-мат.н., профессор института педагогики и психологии образования ГОУ ВПО МГПУ	Издательство «СМИО Пресс» Снова о повторении. Достижение успеха в обучении математике. Поурочные разработки С.Е. Злотин, к.тех.н., соросовский учитель, 4-кратный лауреат фонда «Династия»	Издательство «Экзамен» ЕГЭ 2012. Обучение решению задач группы С. Новые возможности И.Н. Сергеев, д.ф.-м.н., профессор МГУ
11.30 – 12.45	Издательство «Легион» Организация мониторинга учебных достижений школьников в освоении нового образовательного стандарта по математике с использованием пособий издательства «Легион» С.Ю. Кулабухов, к.физ.-мат.н., начальник отдела математики издательства «Легион», автор пособий по математике	Компания «Бином. Лаборатория знаний» Лекция	Компания «Экзамен-Медиа» Инновационные, электронные учебно-наглядные пособия по физике в рамках введения новых стандартов образования и реализации национальной образовательной программы «Наша новая школа» А.А. Кудрявцев, преподаватель математики, физики и информатики, разработчик электронных учебных пособий («Экзамен-Медиа»)
13.00 – 14.15	Издательство «Мнемозина» Реализация новых подходов в методике преподавания профильного курса биологии А.В. Теремов, д.п.н., профессор кафедры методики обучения биологии МПГУ	<i>расписание уточняется</i>	Компания «Экзамен-Медиа» Инновационные, электронные учебно-наглядные пособия по биологии в рамках введения новых стандартов образования и реализации национальной образовательной программы «Наша новая школа» В.Л. Шалов, старший преподаватель кафедры ИКТ ГОУ Педагогической академии («Экзамен-Медиа»)
14.30 – 15.45	<i>расписание уточняется</i>	<i>расписание уточняется</i>	<i>расписание уточняется</i>

Начало работы в 9.00. В расписании возможны изменения и дополнения.

Следите за изменениями в расписании на сайте <http://bookfair.1september.ru>

ВХОД СВОБОДНЫЙ, но чтобы получить профессиональные подарки,

придите заранее бесплатную регистрацию на сайте <http://bookfair.1september.ru>

Все мероприятия фестиваля пройдут в московском государственном лицее № 1535 по адресу: ул. Усачева, дом 52 (в 3 минутах ходьбы от станции метро «Спортивная»). Телефон (499) 249-31-38. **Внимание!** В лицее нет камеры хранения. Спасибо за понимание.

АКЦИЯ-2012

Полугодовая подписка
на электронную версию журнала

«Физика»

200 рублей!



**Каждый подписчик получает по почте
именной сертификат, подтверждающий
профессиональную компетентность
в использовании ИКТ**

Акция-2012 проводится в рамках тарифного плана «Экономичный» .
Все тарифные планы – на последней странице обложки

Подписка на сайте www.1september.ru

ПОДПИСНАЯ КАМПАНИЯ ОТКРЫТА

ж у р н а л

Физика – Первое сентября

ТАРИФНЫЕ ПЛАНЫ НА ПОДПИСКУ
1-е полугодие 2012 г.

Максимальный – от 999 руб.

бумажная версия + CD + доступ к электронной версии на сайте

Подписаться можно на почте по каталогам «Роспечать» (индекс 32032), «Почта России» (индекс 79147) или на сайте www.1september.ru

Оптимальный – 594 руб.

электронная версия на CD + доступ к электронной версии на сайте

Подписаться можно на почте по каталогам «Роспечать» (индекс 26119), «Почта России» (индекс 12757) или на сайте www.1september.ru

Экономичный – 200 руб. **АКЦИЯ-2012**

доступ к электронной версии на сайте

Подписаться по данному тарифному плану можно только на сайте www.1september.ru

Бесплатный – 0 руб.

для педагогических работников образовательных учреждений, участвующих в Общероссийском проекте «Школа цифрового века». Подробности – на digital.1september.ru



Бумажная версия

CD с электронной версией журнала и дополнительными материалами для практической работы

Доступ к электронной версии журнала на сайте. Дополнительные материалы включены

Именные сертификаты – пользователям электронной версии на сайте www.1september.ru

ЭКОНОМИЧНЫЙ тарифный план

ОПТИМАЛЬНЫЙ тарифный план

МАКСИМАЛЬНЫЙ тарифный план

На сайте www.1september.ru подписку можно оплатить по кредитным картам

