



НАУЧНАЯ ОЛИМПИАДА «ФИЗИК-ИССЛЕДОВАТЕЛЬ»

А.П. Кузнецов, С.П. Кузнецов, А.В. Савин

Представлена новая форма работы с молодыми исследователями – научная олимпиада. Приведены анонс научной олимпиады, задачи и пример решения.

И вот Знайка стал думать.
Думал он три дня и три ночи и придумал...

Н. Носов

О научной олимпиаде

В течение нескольких десятков лет основной формой выявления интересующихся физикой одаренных школьников являются олимпиады. В определенной мере, именно на олимпиады (и на поступление в вуз) нацелена работа с наиболее сильными учащимися. Конечно, олимпиады очень важны и могут существенно совершенствовать технику решения задач. Однако не всякий учащийся, склонный к повседневной, вдумчивой и серьезной исследовательской работе, может проявить себя за 4-5 часов, отводимых на традиционную олимпиаду. Из-за своей скоротечности такие олимпиады не формируют навыки, необходимые будущему исследователю. С другой стороны, из-за специфики организации учебного процесса, перегруженности учителей текущей преподавательской работой и сложившихся традиций очень трудно внедрить в школьный учебный процесс индивидуальную исследовательскую работу. Помочь в разрешении перечисленных вопросов, по нашему мнению, может такая форма работы, как *научная олимпиада*.

Предлагаем вниманию читателей ПНД научную олимпиаду «Физик-исследователь 2007». Прежде всего, представляем анонс олимпиады, который предваряет условия задач. Анонс достаточно важен, так как объясняет существенную разницу между организацией и целями *научной олимпиады* и традиционными олимпиадами

с решением задач повышенной трудности. В частности, предлагается использовать литературу, возможности сети Интернет, компьютерное моделирование, обсуждать задачи друг с другом, смело выходить за рамки школьной программы и т.д. (см. ниже). Сохранена форма обращения к школьнику – участнику олимпиады.

Далее представлены задачи олимпиады 2007 года. Отметим, что при подготовке задач *научной олимпиады* можно использовать подходы и методологию тех областей науки, в которых специализируются организаторы. Например, *задача 1* для 8-го класса связана с возможным качественным изменением состояния системы при изменении параметра – объема доливаемой в систему жидкости. В *задаче 2* для 10-го класса в системе с ростом температуры может произойти катастрофа (бифуркация) исчезновения устойчивого равновесия, в результате чего ртуть выталкивается из сосуда. *Задача 3* для 11-го класса связана с катастрофой (бифуркацией) сборки, которая обусловлена возможностью в системе двух устойчивых и одного неустойчивого равновесий и различных ситуаций их слияния друг с другом при вариации двух параметров задачи. При решении *задачи 3* для 8-го класса можно использовать дискретные отображения, которые позволяют обосновать существование установившегося режима (аттрактора) в системе. Решения *задач 1 и 3* для 8-го класса, иллюстрирующие сказанное, представлены в следующей публикации*.

На решение и оформление задач отводилось примерно 2 месяца. Тексты заданий были доступны в сети Интернет по адресу <http://sgtnd.narod.ru/wts/rus/index.htm>. Лучшие решения были отмечены дипломами и призами. Заметим, наконец, что по итогам олимпиады можно устроить презентацию и обсуждение (в форме научной конференции) решенных задач.

При подготовке задач для научной олимпиады рекомендуется литература [1–3].

Анонс олимпиады

Научная олимпиада отличается от традиционной. На традиционной олимпиаде на решение каждой задачи отводится примерно 45 минут, что существенно ограничивает характер заданий, которые, требуя глубокого знания физики, в то же время сильно отличаются от реальных задач, решаемых учеными в ходе исследовательской работы. Каждая же из предлагаемых на *научной олимпиаде* задач допускает определенное исследование. Для них имеет значение не скорость решения и «правильный» ответ, а глубина проработки, обсуждение различных вариантов и путей развития задачи. Вы также самостоятельно выбираете методы решения задачи и подбираете иллюстрации к решению. Таким образом, эти задачи наиболее приближены к настоящим научным задачам.

Некоторые задачи по «антуражу» могут показаться Вам знакомыми, но вопросы и задания к ним поставлены иначе.

*См. статью А.П. Кузнецов, М.Н. Рыскина. Решения задач научной олимпиады. Качественный анализ и дискретное отображение в кинематических задачах, с. 62 в этом номере.

Задания *научной олимпиады* могут быть решены как индивидуально, так и в составе «научной группы», количество участников которой должно быть не более трех человек. Вы можете обсуждать задачи друг с другом, использовать, как это и принято в научных исследованиях, любую литературу, справочники, Интернет, а также при необходимости привлекать знания, выходящие за рамки школьной программы. Если Вы используете «разделение труда» внутри научной группы, позаботьтесь, чтобы все участники группы владели решением всех задач в полной мере.

При решении и представлении решений всех задач может быть использован компьютер, а при решении некоторых он необходим. Как и на любой олимпиаде, для участия не обязательно решить (или даже начать решать) все задачи.

Итогом научной работы ученого является статья в научном журнале. Поэтому также будет учитываться и качество оформления Ваших решений, в первую очередь, ясность изложения материала. Если Вы оформляете решение в электронном виде (что желательно, но необязательно), лучше пользоваться текстовым редактором MSWord. Как дополнения принимаются к рассмотрению также компьютерные презентации решений задач. Для задач, использующих компьютерное моделирование, в решении необходимо приводить результаты, полученные при помощи созданных Вами программ, а не сами тексты программ.

1. Условия задач

8 класс

1. В сообщающихся сосудах находится жидкость с плотностью ρ , так что ее высота равна H . В один из сосудов начинают очень медленно подливать другую, более легкую жидкость с плотностью ρ . Что будет происходить в системе? Жидкости не перемешиваются.

2. На поверхности воды плавает шар радиуса R и плотности ρ . На какую глубину погрузится шар, если $\rho = 0.1 \text{ г/см}^3$, 0.6 г/см^3 ? Что можно сказать в общем случае?

3. Ученик вышел из дома в школу (рис. 1), но на полпути он передумал и решил пойти в кинотеатр. Пройдя полпути в кинотеатр, он передумал и пошел на каток, затем на полпути снова пошел в школу и т.д. Создайте компьютерную модель, иллюстрирующую движение ученика. Каким будет в конечном



Рис. 1.

итоге характер его движения? Чем он определяется? Определите период установившегося движения. Все объекты расположены на открытой местности (рис. 1). Обсудите возможные частные случаи и предельные переходы. Может быть, задача допускает какое-то обобщение?

9 класс

1. На гладкую наклонную плоскость с углом наклона к горизонту β падает «плашмя» плоская шайба массы m так, что ее скорость перед ударом равна v и образует с поверхностью угол α . Считая, что коэффициент трения скольжения шайбы по поверхности равен μ , исследуйте, как будет двигаться шайба после удара.

2. а. Перед «забором», представляющем собой тонкие планки ширины D , расположенные на расстоянии a друг от друга (рис. 2, а), помещен точечный источник света, а за забором параллельно ему – плоский экран. Опишите распределение освещенности на экране. Как оно будет меняться при удалении экрана от забора? Зависит ли вид этого распределения от положения источника?

б. Пусть теперь «доски» «забора» имеют конечную толщину L (рис. 2, б). Как изменится распределение освещенности по экрану?

3. Поле имеет вид прямоугольника со сторонами a и b , причем $b < a$. Из вершины прямоугольника идет человек. Он может идти по дороге по краю поля со скоростью u , или по полю со скоростью v . (Переходить с поля на дорогу и наоборот можно в любой точке.) Исследуйте с помощью компьютерного моделирования вопрос, как при заданном отношении $\varepsilon = v/u$ пешеходу выбрать путь, чтобы попасть в противоположную вершину за минимальное время? Продумайте возможность различных компьютерных иллюстраций. Сначала рассмотрите случай какого-либо фиксированного отношения сторон поля $\mu = b/a$, а затем проведите общее рассмотрение в случае произвольных параметров μ и ε . В каком случае пешеходу сложнее всего «на глаз» выбрать маршрут?

10 класс

1. У Знайки имеется $m_{\text{гор}}$ воды при температуре 100°C и $m_{\text{хол}}$ воды при температуре 0°C . Предложите способ, позволяющий за минимальное время получить не

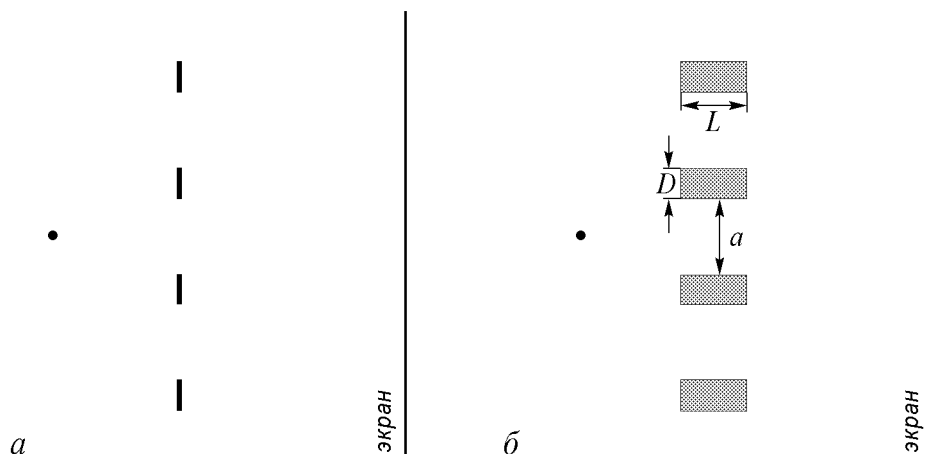


Рис. 2.

менее $m_{\text{гор}}$ воды температурой 40°C . Оцените это время, если за одну минуту (пока Знайка размышлял над задачей) горячая вода остыла до 99°C . Считайте, что при смешивании жидкостей тепловое равновесие устанавливается мгновенно, горячая и холодная вода находятся в одинаковых стаканах, теплоемкость которых пренебрежимо мала, а стенки всегда имеют ту же температуру, что и вода внутри стакана; вместительность каждого из стаканов превышает суммарный объем воды. Температура воздуха в комнате 20°C . (Указание: при численной оценке величины времени выберите несколько конкретных значений масс горячей и холодной воды.)

2. В пробирке под поршнем, поверх которого налита ртуть, находится идеальный газ (рис. 3). Газ начинают очень медленно нагревать. Что будет происходить при повышении температуры? Обсудите все возможные сценарии развития событий. Атмосферное давление p_0 , масса поршня M , его площадь S , начальная температура газа T_0 , длина пробирки l , первоначальное расстояние от дна пробирки до поршня l_0 . Ртуть может выливаться через край пробирки.

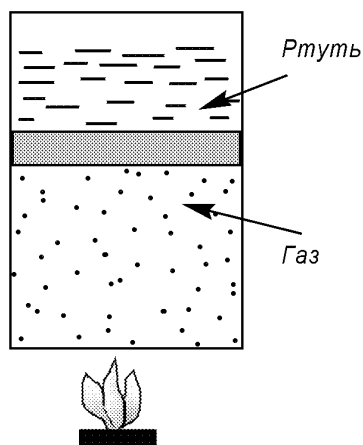


Рис. 3.

3. На прямой между шаром массы M и стенкой располагается другой шар массы m . Начальное расстояние между первым шаром и стенкой L . Первый шар первоначально неподвижен, а второй имеет скорость v . Удар между шарами и стенкой всегда абсолютно упругий. Постройте компьютерную модель и с ее помощью дайте иллюстрацию динамики системы. С помощью этой модели определите число соударений в системе в зависимости от параметров. Как изменится динамика в случае неупругого удара?

11 класс

1. Цилиндрический световод состоит из сердцевины радиуса r_1 с показателем преломления n_1 и окружающей ее оболочки с внешним радиусом r_2 и с показателем преломления $n_2 < n_1$. Торец световода освещается точечным источником света, находящимся на его оси на расстоянии L от торца.

а. Пусть световод выпрямлен. Найдите угол расхождения пучка на выходе из него.

б. Световод согнули по дуге окружности радиуса R ($R \gg r_2$). Исследуйте, что произойдет с пучком на выходе световода.

2. Рассмотрим «модель» известной игрушки «неваляшка»: однородный по длине цилиндр, центр тяжести которого отстоит от оси на расстояние h . Если такой цилиндр положить на плоскую поверхность, то он, очевидно, будет иметь два положе-

ния равновесия: устойчивое, в котором центр тяжести занимает наинизшее положение, и неустойчивое, в котором центр тяжести занимает наивысшее положение. Исследуйте, какие положения равновесия будет иметь этот цилиндр, если его положить на выпуклый (или вогнутый) полуцилиндр большего радиуса. Что будет происходить при выведении цилиндра из положений равновесия?

3. Имеются два одинаковых кольца радиуса R , по которым равномерно распределены положительные заряды Q_1 и Q_2 . Вдоль оси, проходящей через центры колец, может скользить маленький шарик массы m , несущий отрицательный заряд $-q$ (рис. 4). С помощью компьютера выясните все возможные типы движения шарика. Начальная скорость и координата точечного заряда могут быть произвольными. Рекомендуем обсудить возможные частные случаи и предельные переходы.

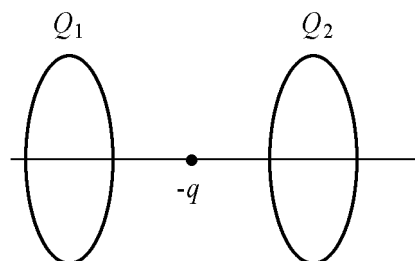


Рис. 4.

Библиографический список

1. Кузнецов А.П., Кузнецов С.П., Савин А.В. Исследовательские задачи // Известия вузов. ПНД. 2007. Т. 15, № 2. С. 121. (Статья доступна в сети Интернет по адресу <http://sgtnd.narod.ru/sciedu/rus/index.htm>)
2. Кузнецов А.П. Как работают и думают физики. Ижевск-Москва: РХД, 2006. 180 с.
3. Кузнецов А.П., Кузнецов С.П., Мельников Л.А., Савин А.В. Неформальная физика. Саратов: Изд-во «Научная книга», 2006. 104 с. (Книга доступна в сети Интернет по адресу <http://sgtnd.narod.ru/sciedu/rus/index.htm>)

Саратовский государственный
университет
Саратовский филиал ИРЭ РАН

Поступила в редакцию 13.03.08

SCIENTIFIC OLYMPIAD «PHYSICIST-RESEARCHER»

A.P. Kuznetsov, S.P. Kuznetsov, A.V. Savin

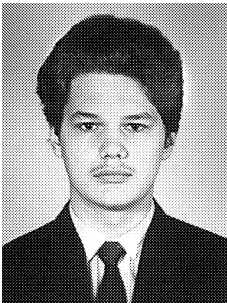
The new form of work with young researchers – Scientific Olympiad is introduced. The announcement of Scientific Olympiad and the problems are presented.



Кузнецов Александр Петрович – родился в 1957 году. Доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Саратовского филиала Института радиотехники и электроники РАН, профессор Саратовского государственного университета, заведующий базовой кафедрой динамических систем СГУ в СФ ИРЭ РАН. Специалист по нелинейной динамике, теории динамического хаоса и теории критических явлений. Занимается использованием идей теории катастроф и теории бифуркаций, а также развитием концепции сценариев перехода к хаосу применительно к многопараметрическим модельным и физическим нелинейным системам. Соросовский профессор (2000, 2001), научный руководитель студенческой лаборатории «Теоретическая нелинейная динамика» и школьной научной лаборатории. Опубликовал более 100 научных работ. Автор нескольких оригинальных учебных курсов для факультета нелинейных процессов и лица прикладных наук СГУ, 10 учебных пособий и монографии «Нелинейные колебания» (совместно с С.П. Кузнецовым и Н.М. Рыскиным. М.: Физматлит, 2002). E-mail: alkuz@sgu.ru; www.sgtnd.narod.ru



Кузнецов Сергей Петрович – родился в Москве (1951). Окончил Саратовский государственный университет (1973). С 1988 – сотрудник Саратовского филиала Института радиотехники и электроники РАН, в настоящее время – заведующий лабораторией теоретической нелинейной динамики. Защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в СГУ (1977) и доктора наук (1987) по специальности радиофизика. Профессор кафедры динамических систем СГУ. Автор учебно-научной монографии «Динамический хаос» и «Нелинейные колебания» (в соавторстве с А.П. Кузнецовым и Н.М. Рыскиным). Опубликовал свыше 150 научных статей по нелинейной динамике, радиофизике и электронике. Под его руководством защищены семь кандидатских диссертаций. Лауреат государственной научной стипендии для ученых России (1994-1996), Соросовский доцент (1998), Соросовский профессор (2000, 2001). Член редакционной коллегии журнала «Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика». E-mail: spkuz@rambler.ru



Савин Алексей Владимирович – родился в Саратове в 1980 году. Окончил физический факультет Саратовского государственного университета (2002) и аспирантуру факультета нелинейных процессов СГУ. Кандидат физико-математических наук (2005). Ассистент базовой кафедры динамических систем СГУ, младший научный сотрудник Саратовского филиала ИРЭ РАН. Имеет более 20 научных публикаций в центральных и международных журналах. Область научных интересов: особенности перехода к хаосу и критического поведения в связанных нелинейных системах.