

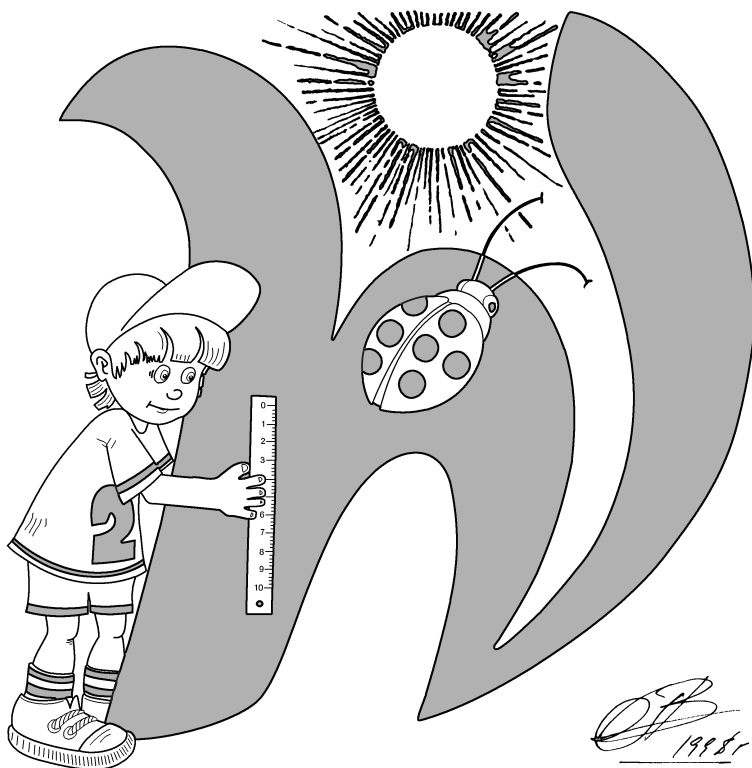
Федеральное агентство по образованию  
Центральный оргкомитет Всероссийских олимпиад

## XXXV Всероссийская олимпиада школьников по физике

Окружной этап

Экспериментальный тур

Методическое пособие



МФТИ, 2000/2001 уч.г.

Комплект задач подготовлен методической комиссией по физике  
Центрального оргкомитета Всероссийских олимпиад школьников  
Министерства образования и науки Российской Федерации  
Телефоны: (095) 408-80-77, 408-86-95.  
E-mail: [fizolimp@mail.ru](mailto:fizolimp@mail.ru) (с припиской **antispan** к теме письма)

Авторы задач

9 класс

1. Слободянин В.
2. Мельниковский Л.

10 класс

1. Мельниковский Л.
2. Крюков А.

11 класс

1. Мельниковский Л.
2. Варгин А., Ду-  
нин С.

Общая редакция — Слободянин В

Оформление и верстка — Чудновский А., Ильин А., Макаров А., Кулигин Л.

При подготовке оригинал-макета  
использовалась издательская система  $\text{\LaTeX}$  2 $\epsilon$ .  
© Авторский коллектив  
Подписано в печать 14 марта 2005 г. в 22:41.

141700, Московская область, г.Долгопрудный  
Московский физико-технический институт

9 класс

**Задача 1. Шпулька**

Определите, на сколько микрон отличаются радиусы щечек выданной вам шпульки от швейной машинки.

*Оборудование.* Шпулька от швейной машинки, деревянная линейка, три булавки, лист бумаги.

**Задача 2. Задача из сбербанка**

Определите отношение масс монет разного достоинства.

*Оборудование.* Монетки двух достоинств (по 15-20 штук), воздушный шарик, нитка, вода.

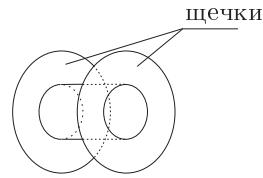


Рис. 1

10 класс

**Задача 1. Отношение масс грузов**

Определите отношение масс грузов двух типов.

*Оборудование.* Грузы 2 типов (10-15 штук каждого типа), магнит.

**Задача 2. Воздушный шарик**

Определить давление воздуха в воздушном шарике.

*Оборудование.* Воздушный шарик, кусок органического стекла, набор грузов известной массы, лист миллиметровой бумаги, фломастер.

11 класс

**Задача 1. Бумажный конус**

Исследуйте зависимость силы сопротивления воздуха  $F$ , испытываемой при движении бумажным конусом, от радиуса его основания  $R$ . Считайте известным, что эта сила пропорциональна квадрату скорости движения  $v$ :  $F = f(R)v^2$ . Постройте график. Предложите аналитическое выражение для  $f(R)$ , описывающее эту зависимость.

*Оборудование.* Одинаковые конусы, линейка, ножницы, миллиметровая бумага, рулетка длиной 2 м.

**Задача 2. Колебания двух шаров**

Проделайте следующий опыт: отведите один из шаров на небольшой угол от положения равновесия и отпустите его. После нескольких столкновений шары начнут двигаться как единое целое. Определите, какую долю энергии, первоначально сообщенной системе, она будет иметь к этому моменту. С помощью липкой ленты измените степень упругости сталкивающихся поверхностей шаров. Исследуйте, как изменяется при этом поведение системы. Объясните результат.

*Оборудование.* Два одинаковых шара, подвешенных на бифилярных подвесах, линейка, липкая лента.

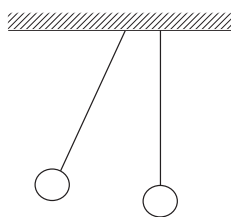


Рис. 2

**Возможные решения**

9 класс

**Задача 1. Шпулька**

Установим две булавки на оси шпульки. Будем катить шпульку по столу. Из-за различия радиусов щечек шпулька будет катиться по дуге окружности радиуса  $R \approx 70$  см. Установим третью булавку в центре кривизны траектории шпульки. Несложно показать, что  $\Delta r/r = L/R$ , где  $r$  — радиус щечки,  $L$  — расстояние между щечками,  $\Delta r$  — искомое различие радиусов. Численно:  $r = 10$  мм,  $L = 11$  мм, отсюда  $\Delta r = (150 \pm 20)$  мкм.

*Рекомендации для организаторов.* Диаметр одной из щечек шпульки следует сточить на 0,3 мм. Стол, на котором проводится эксперимент, должен допускать вкалывание в него булавок. Если поверхность стола не позволяет этого делать, то следует накрыть стол листом картона формата А3. Длина линейки не менее 40 см. Количество булавок — 3 шт.

**Задача 2. Задача из сбербанка**

Заполним шарик водой и, оставив маленький пузырек, завяжем ниткой. Положим шарик на стол и предоставим ему возможность прийти в равновесие. Поместим некоторое количество монеток одного достоинства в «хвостик» шарика В, отметим ручкой положение пузырька А. Вытащим эти монетки и посчитаем, сколько монеток другого достоинства потребуется чтобы пузырек находился в том же месте. Отношение количеств монет равно отношению их масс.

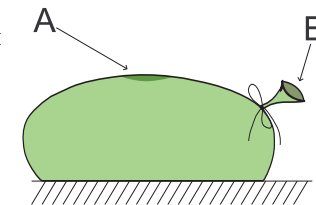


Рис. 3

*Рекомендации для организаторов.* Шарик должен быть круглый («сосиска» не подходит). Выдается отрезок нити длиной около 10 см — она необходима для завязывания шарика. Диаметр отверстия шарика должен позволять вкладывать туда монетки обоих достоинств. Хорошо, если все участники будут иметь доступ к водопроводному крану и раковине.

10 класс

**Задача 1. Отношение масс грузов**

Подвесим магнит (за полюс) на грузе и будем постепенно увеличивать количество грузов первого типа, подвешенных на нижнем полюсе. В некоторый момент магнит упадет. Повторим, подвешивая на нижнем полюсе грузы второго типа. Отношение количеств грузов, требующихся для отрыва магнита обратно отношению масс грузов.

*Рекомендации для организаторов.* Требуется ферромагнитные грузы. В этом качестве подойдут монетки достоинством 1 и 5 копеек. Если предоставляемый магнит тяжелый, предпочтительнее могут оказаться гвозди двух типов. Сила магнита должна быть достаточна для того, чтобы, будучи подвешенным к одному из грузов, удерживать собственный вес и не меньше десяти грузов меньшего веса.

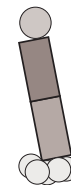


Рис. 4

**Задача 2. Воздушный шарик**

Надуваем воздушный шарик. Накладываем на шарик кусок органического стекла (см.рис.), а сверху ставим первый груз. Отмечаем фломастером границу касания шарика с органическим стеклом. Повторяем эксперимент для остальных грузов. Используя миллиметровую бумагу, измеряем площадь контуров нарисованных на органическом стекле. Поскольку шарик надут сла-

бо, можно считать, что давление в нем при смене грузов не меняется, а вес груза уравновешен силой, с которой воздух в шарике давит на площадку, по которой стекло соприкасается с шариком:  $mg = PS$ . Отложим на графике экспериментально найденные точки в координатах  $m, S$ . Проведем прямую, наименее отклоняющуюся от этих точек. Если учесть массу пластинки, то прямая должна быть приподнята на величину  $S_0$  площади пятна, создаваемого пластинкой без грузов. Таким образом давление в шарике определяем по формуле:  $P = \Delta mg / \Delta S$ .

**Рекомендации для организаторов.** Воздушный шарик лучше брать диаметром 15 – 20 см в надутом состоянии, а его форма не должна быть вытянутой. Шарик следует брать достаточно мягкий. В любом случае не нужно надуть шарик слишком сильно. Примерный размер куска органического стекла 15 × 15 см, толщина 3 мм. Для проведения работы достаточно 3-4 грузов массой от 100 г до 500 г. Если используются нестандартные грузы, то необходимо выдать весы для их взвешивания. Фломастер должен оставлять на органическом стекле четкий след. Для этого необходимо использовать специальные фломастеры для рисования на прозрачных пленках.

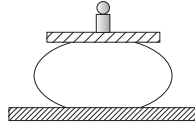


Рис. 5

11 класс

### Задача 1. Бумажный конус

Заметим, что скорость падающего конуса быстро «устанавливается», и в дальнейшем остается постоянной. Одновременно отпуская два одинаковых конуса с некоторой высоты, убеждаемся в том, что они касаются пола в один и тот же момент времени. Начнем постепенно уменьшать диаметр одного из конусов (отрезая ножницами тонкие полоски от края и складывая их внутрь конуса, чтобы масса оставалась неизменной). Для каждого диаметра находим высоту  $H$ , при падении с которой, время  $t$  остается равным времени падения целого конуса. Таким образом, для силы сопротивления  $F$  мы получим зависимость, неявно заданную уравнением:  $F = f(R)(H/t)^2 = const$ . Анализ показывает, что  $f \propto R^2$ .

**Рекомендации для организаторов.** Необходимо вырезать и склеить не менее 5 одинаковых конусов для каждого участника. Конусы делаются из обычной писчей бумаги. Примерный радиус вырезаемого круга 100 мм; в нем вырезается сектор с длиной стягивающей хорды 110 мм, вдоль одной из сторон следует оставить клапан для склейки шириной около 7–8 мм. Для устойчивости имеет смысл положить в вершину каждого конуса по кусочку пластилина (одинаковой массы).

### Задача 2. Колебания двух шаров

Начальная энергия системы есть потенциальная энергия одного шара, отведенного на угол  $\alpha$ . Энергию «слипшихся» шаров удобно измерять по амплитуде  $A$  их отклонения. Для шара, отклоненного на малый угол  $\alpha$ , высота подъема, а значит и потенциальная энергия, пропорциональна  $A_0^2$ . Для конечного состояния системы, учитывая малость диаметра шара по сравнению с длиной подвеса, потенциальная энергия системы пропорциональна  $2A_k^2$ , потому что теперь потенциальная энергия определяется массой двух отклоняющихся шаров. Теоретически рассмотрим движение системы из двух шаров. При малых отклонениях период колебаний не зависит от амплитуды. Поэтому шарики будут сталкиваться в нижней точке траектории. Применим законы

сохранения энергии и импульса к системе шаров для  $i$ -го столкновения:

$$mV_{i1} + mV_{i2} = mV'_{i1} + mV'_{i2},$$

$$mV_{i1}^2/2 + mV_{i2}^2/2 = mV_{i1}'^2/2 + mV_{i2}'^2/2 + E_i,$$

где  $E_i$  — часть механической энергии, перешедшая в другие формы. Разрешив эти уравнения относительно скоростей шаров после столкновения, получим:

$$V'_{i1} = (V_{i2} + V_{i1} + \sqrt{(V_{i2} - V_{i1})^2 - 4E_i/m})/2,$$

$$V'_{i2} = (V_{i2} + V_{i1} - \sqrt{(V_{i2} - V_{i1})^2 - 4E_i/m})/2.$$

Разность этих скоростей  $V'_{i1} - V'_{i2} = \sqrt{(V_{i1} - V_{i2})^2 - 4E_i/m}$ . Скорости шаров перед  $i$ -ым столкновением равны скоростям после  $(i - 1)$ -го столкновения. Поэтому подкоренное выражение может быть приведено к виду  $V_1^2 - 4(E_1 + \dots + E_i)/m$ , где  $V_1$  — скорость налетающего шарика перед первым столкновением (второй шарик первоначально покоился). Пусть после  $n$ -го столкновения шарики начинают двигаться практически вместе, то есть  $V'_{n1} = V'_{n2}$ . Это произойдет, когда суммарная потеря механической энергии будет  $E_1 + E_2 + \dots + E_n = mV_1^2/4 = mgH/2$ . Таким образом, амплитуда отклонения системы в установившемся состоянии должна быть в два раза меньше, чем первоначальное отклонение первого шара. Возможные расхождения с экспериментом могут объясняться потерями энергии в системе за счет трения в подвесе и сопротивления воздуха. При уменьшении упругости сталкивающихся поверхностей шаров характерное число столкновений  $n$  будет уменьшаться. Это может привести к лучшему совпадению экспериментальных результатов с теоретическим расчетом, если из-за сопротивления движению потери энергии были велики в первом случае.

**Рекомендации для организаторов.** Шары следует взять стальные или из твердой пластмассы, диаметром  $20 \pm 5$  мм. Длина подвеса  $45 \pm 15$  см. Шары должны быть подвешены на одинаковой высоте так, что в положении равновесия их поверхности соприкасаются, а плоскости подвесов вертикальны.