

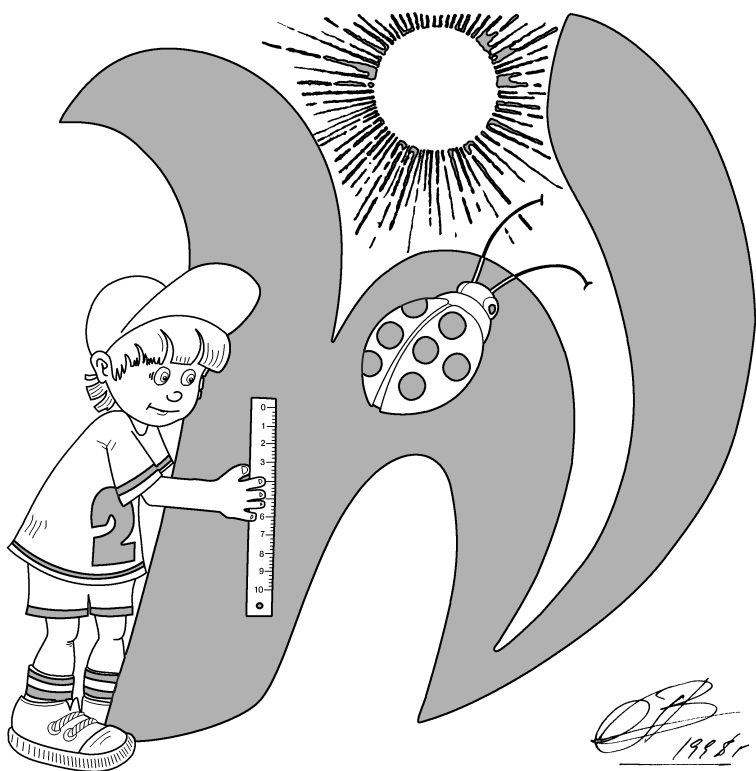
Федеральное агентство по образованию  
Центральный оргкомитет Всероссийских олимпиад

## XXXVI Всероссийская олимпиада школьников по физике

Региональный этап

Экспериментальный тур

Методическое пособие



МФТИ, 2001/2002 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)

Авторский коллектив — Судаков О., Кузьмичев С.

Общая редакция — Слободянин В.

Техническая редакция — Чудновский А.

Оформление и верстка — Чудновский А., Ильин А.

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

Рекомендации для организаторов. Задачи могут быть скорректированы в соответствии с имеющимся оборудованием или заменены.

9 класс

### Задача 1. Резиновая лента

Рассмотрим резиновую ленту пренебрежимо малой массы, один конец которой закреплен, а к другому подвешен груз массой  $m$ . Пусть  $l_0$  — длина ленты в недеформированном состоянии, а  $l$  — длина ленты, растянутой силой  $mg$ . В наших опытах удлинение ленты  $x = l - l_0$  и сила  $mg$  связаны законом Гука  $mg = kx$  (величина  $k$  называется коэффициентом упругости или жесткостью ленты).

Проведите необходимые измерения и по их результатам рассчитайте удлинение  $x$  резиновой ленты, длина которой в недеформированном состоянии  $l_0 = 1$  см, если к ленте прикреплен груз массой  $m = 100$  г.

В отчете приведите: 1) вывод формулы для нахождения неизвестного растяжения  $x$  по измеренным в опыте величинам; 2) описание измерений, их результаты и ошибки; 3) расчет величины  $x$  и соответствующую ошибку.

Что по вашим данным дает больший вклад в ошибку измерений при определении величины  $x$ : ошибки измерения растяжений или неоднородность ширины ленты? Почему?

*Оборудование.* Резиновая лента длиной  $\approx 0,8$  м, груз массой 150 г, рулетка.

10 класс

### Задача 1. Ступенька

Определите высоту ступеньки  $h$  (рис. 1).

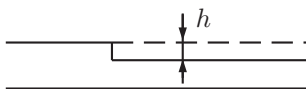


Рис. 1

*Оборудование.* Цилиндр из материала с известной плотностью, динамометр, доска со ступенькой, брусок, транспортер.

11 класс

### Задача 1. Батарейка

Определите напряжение выданной вам батарейки. В отчете укажите предложенную вами методику измерения напряжения батарейки, обоснование методики, оцените ошибку результата измерений.

*Оборудование.* Батарейка, источник тока с регулируемым выходным напряжением, электролитический конденсатор, амперметр или гальванометр.

*Примечание.* Полярность пластин конденсатора (контакты «+» и «-») указана на корпусе.

## Возможные решения

9 класс

### Задача 1. Резиновая лента

*Рекомендации для организаторов.* Резиновые ленты длиной  $L \approx 50$  см и шириной  $b \approx 1$  см можно нарезать из медицинского эластичного бинта.

*Решение.* Прямое измерение  $x$  для ленты с  $l_0 = 1$  см провести не удается, так как нет груза 150 г и слишком велика ошибка измерения начальной длины  $l_0$ . Поэтому проведем косвенные измерения. Для груза  $M = 150$  г и ленты длиной  $L = nl_0$ , где  $n$  — число последовательно соединенных отрезков ленты длиной  $l_0$  имеем:

$$Mg = k(l_0)x(l_0) = k(L)x(L), \quad (1)$$

где  $k(l_0)$  — жесткость ленты длиной  $l_0$ , а  $k(L)$  — жесткость ленты длиной  $L$ . Удлинение ленты длины  $L$  связано с удлинением  $x(l_0)$

$$x(L) = nx(l_0). \quad (2)$$

$$\text{Из (1) и (2) следует} \quad k(l_0) = nk(L) = n \frac{Mg}{L}. \quad (3)$$

Для нескольких длин нерастянутой ленты, например,  $L \approx 20; 30; 40; 50$  см (ошибка измерения длины  $L$  пренебрежимо мала) находим растяжение  $x(L)$ . Ошибку измерения растяжения оцениваем по нескольким (например, четырем) измерениям для соответствующих длин  $L$ . Пример вычисления указан ниже. Искомое удлинение  $x = mg/k(l_0)$ , или с учетом (3),

$$x = \frac{m}{M} \frac{x(L)}{n}. \quad (4)$$

Ошибку величины  $x$  можно определить по ее разбросу в различных сериях измерений длины  $L$ . Имея набор значений  $x$  и их ошибок, можно оценить влияние неоднородности ширины ленты на результат измерений. Для нашей ленты и груза

$$\frac{x(L)}{L} \approx 0,2, \quad \frac{x(l_0)}{l_0} \approx 0,13.$$

Пример расчета ошибки растяжения. Пусть для длины  $L = 50$  см четыре раза измерены растяжения  $x(L)$ .

Номер опыта	1	2	3	4
$x(L)$ , см	10,2	8,9	11,3	12,1
$\Delta x =  x(L) - x_{\text{ср}}(L) $ , см	0,4	1,7	0,7	1,5

$$\text{Среднее значение} \quad x_{\text{ср}} = \frac{10,2 + 8,9 + 11,3 + 12,1}{4} \approx 10,6 \text{ см.}$$

$$\text{Оценка ошибки в серии} \quad \Delta x_{\text{ср}} = \frac{0,4 + 1,7 + 0,7 + 1,5}{4} \approx 1 \text{ см.}$$

Итоговая запись  $x(L) = (11 \pm 1)$  см. Среднее значение округлено в соответствии с величиной ошибки.

10 класс

**Задача 1. Ступенька**

Пусть  $R$  — радиус цилиндра,  $H$  — его высота.

Расположим цилиндр на доске со ступенькой и будем увеличивать угол наклона  $\alpha$  доски до тех пор, пока цилиндр не перекатится через уступ (рис. 2). Пусть это происходит при  $\alpha = \alpha_1$ , тогда  $\cos \alpha_1 = (R-h)/R$ , откуда  $h = R(1 - \cos \alpha_1)$ .

Для дальнейших расчетов нужно найти радиус цилиндра. Определим вес  $P$  цилиндра с помощью динамометра, откуда находим объем цилиндра  $V = P/(g\rho)$ . С другой стороны  $V = \pi R^2 H$ . Установим связь между  $R$  и  $H$ . Поставим цилиндр на доску и будем увеличивать угол наклона  $\alpha$  доски до тех пор, пока цилиндр не упадет (рис. 3). Пусть это происходит при  $\alpha = \alpha_2$ , тогда  $\text{tg } \alpha_2 = R/(H/2)$ , откуда  $H = 2R/\text{tg } \alpha_2$ . Подставим это выражение в формулу для объема:

$$V = \frac{2\pi R^3}{\text{tg } \alpha_2}.$$

Поскольку  $V = P/(g\rho)$ , то 
$$R = \sqrt[3]{\frac{P \text{tg } \alpha_2}{2\pi g\rho}}.$$

Окончательно 
$$h = \sqrt[3]{\frac{P \text{tg } \alpha_2}{2\pi g\rho}} (1 - \cos \alpha_1).$$

*Рекомендации для организаторов.* Цилиндр не должен скользить по доске при углах наклона доски  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ .

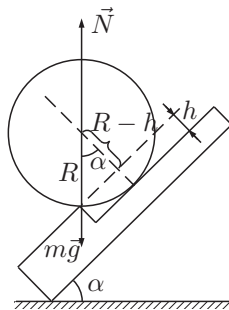


Рис. 2

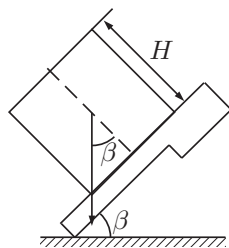


Рис. 3

11 класс

**Задача 1. Батарейка**

Заряжаем конденсатор от батарейки, а затем разряжаем его через амперметр (гальванометр). Фиксируем максимальный отброс стрелки прибора.

Заряжаем конденсатор от источника тока, а затем разряжаем его через амперметр. Фиксируем максимальный отброс стрелки прибора. Повторяем эксперимент для нескольких значений напряжений источника тока. Строим график зависимости отброса  $x$  стрелки амперметра от напряжения источника тока. По графику определяем напряжение батарейки (рис. 4).

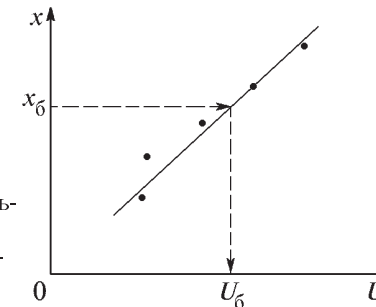


Рис. 4

Можно подобрать напряжение источника тока таким, что после зарядки конденсатора отброс стрелки амперметра будет таким же, как и в опыте с батарейкой. В этом случае напряжение на батарейке равно напряжению источника тока.

Все измерения проводим несколько раз. По их результатам оцениваем среднее значение напряжения и ошибку измерений.