

Методическая комиссия по физике
при центральном оргкомитете
Всероссийских олимпиад школьников

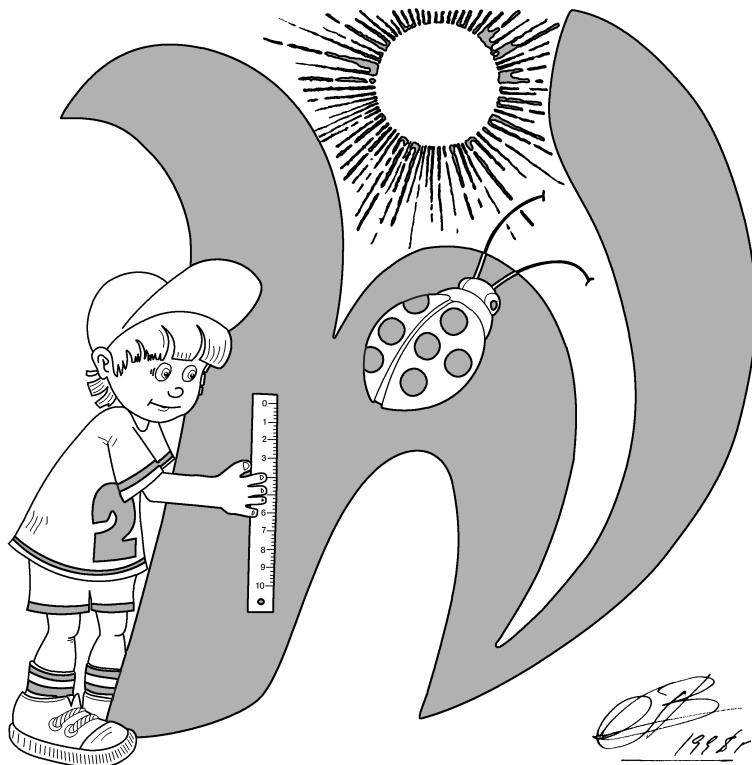
XLIV Всероссийская олимпиада школьников по физике

Региональный этап

Теоретический тур

7 и 8 классы

Методическое пособие



МФТИ, 2009/2010 уч.г.

Комплект задач подготовлен методической комиссией по физике
при центральном оргкомитете Всероссийских олимпиад школьников
Телефоны: (495) 408-80-77, 408-86-95.
E-mail: physolymp@gmail.com

Авторы задач

7 класс

1. Подлесный Д.
2. Орлов В.
3. Фольклор
4. Ерофеев И.

8 класс

1. Слободянин В.
2. Фольклор
3. Кармазин С.
4. Фольклор

Общая редакция — Кóзел С., Слободянин В.

Оформление и вёрстка — Ерофеев И., Сметнёв Д., Матвеев Х.,
Кудряшова Н., Кузнецов И., Старков Г., Землянов В.

При подготовке оригинал-макета
использовалась издательская система L^AT_EX 2 _{ϵ} .
© Авторский коллектив
Подписано в печать 13 декабря 2009 г. в 19:55.

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

7 класс

Задача 1. Турист

Турист перешёл через симметричный перевал (рис. 1) и пошёл далее по равнине. Его средняя скорость на пути через перевал оказалась равной $v_{\text{ср}} = 2,1$ км/ч.

Какое расстояние L турист прошёл по равнине, если для этого ему потребовалось 2 часа?

Известно, что при подъёме на перевал его скорость v_1 составляла 0,6 от скорости v_0 движения по равнине, а при спуске с перевала скорость v_2 была больше скорости подъёма в $7/3$ раза.

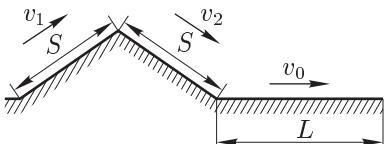


Рис. 1

Задача 2. Эксперимент с цилиндром

На рисунке 2 приведена фотография мерного сосуда с вертикальными стенками до погружения в него цилиндрического груза. На ней видно, что объём воды в сосуде равен 40 мл. Фотография сосуда после погружения цилиндра приведена на рисунке 3. Чему равен объём V грузика?

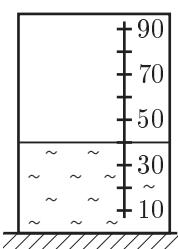


Рис. 2

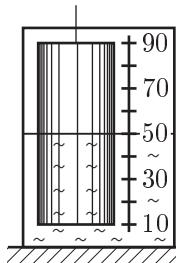


Рис. 3

Задача 3. Гонки на моторных лодках

Две моторные лодки стартовали от причала Дивноморска в сторону Геленджика. Скорость первого катера была $v_1 = 9$ узлов, а скорость второго $v_2 = 11$ узлов. В середине пути (точка A) первый катер увеличил скорость до 11 узлов. Второй катер в некоторой точке B уменьшил скорость до 9 узлов. На финише выяснилось, что до точки B он плыл ровно половину всего времени. Какая из точек ближе к Дивноморску, A или B ? Чему равно расстояние ΔL от точки A до точки B ? Известно, что от места старта до финиша расстояние $L = 3,6$ мили.

Примечание. Один узел — это скорость, при которой судно проходит 1 милю за 1 час.

Задача 4. Под микроскопом

На рисунке 4 приведено изображение кончика иглы, наблюдаемое в микроскоп. Расстояние между делениями 0 и 1 соответствует одному миллиметру. Чему равен внешний диаметр иглы d ? Найдите также толщину стенок иглы h .

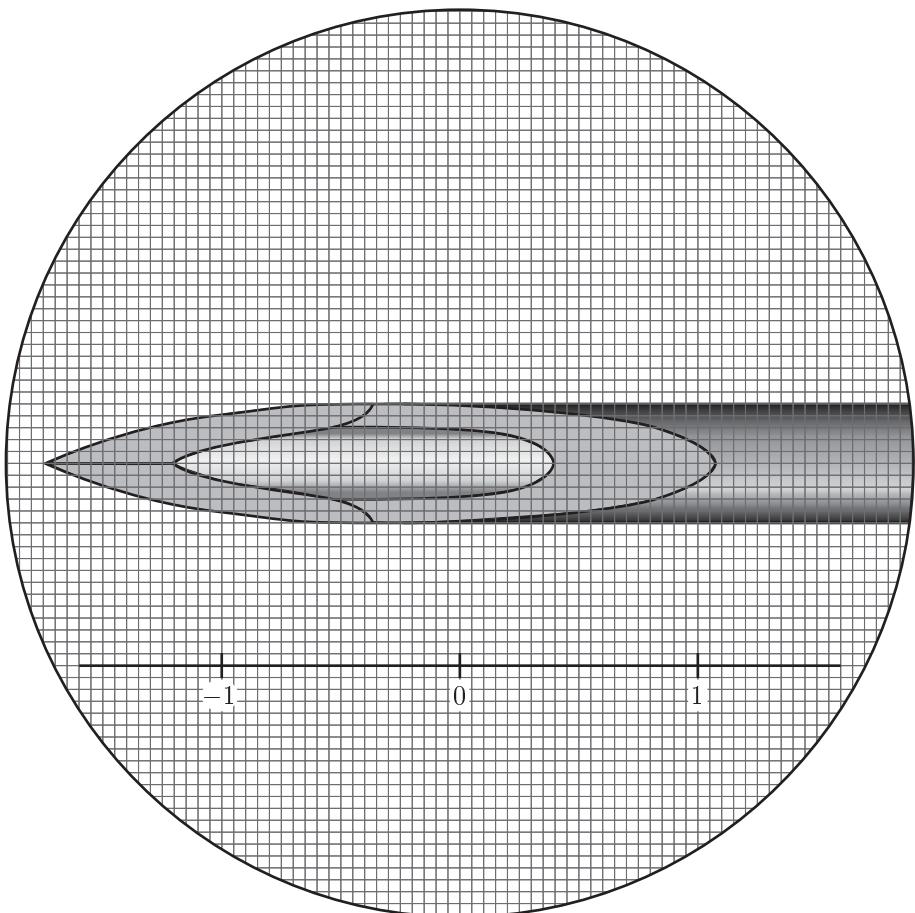


Рис. 4

8 класс

Задача 1. Встреча

Мальчик стоит на эскалаторе, поднимающемся вверх со скоростью v . Ровно на половине пути он поравнялся со своей учительницей, стоящей на соседнем эскалаторе, движущемся вниз с той же скоростью. Как мальчику быстрее добраться до учительницы, если он может двигаться относительно эскалатора с постоянной скоростью $u > v$: побежать сперва вверх, сменить эскалатор и побежать вниз, или побежать сперва вниз, сменить эскалатор и побежать навстречу вверх? Считайте, что в обоих случаях учительница не достигает конца эскалатора к моменту встречи.

Задача 2. Последовательный контакт

В трёх одинаковых теплоизолированных сосудах находится одинаковое количество масла при комнатной температуре. Нагретый металлический цилиндр опустили в первый сосуд. После того, как между цилиндром и маслом установилось тепловое равновесие, цилиндр перенесли во второй сосуд. После того, как и там установилось равновесие, цилиндр перенесли в третий сосуд. На сколько градусов повысилась температура масла в третьем сосуде, если во втором она возросла на 5°C , а в первом — на 20°C ?

Таблица 1

Задача 3. Груз на линейке

Если груз массы $m = 10\text{ г}$ поставить на линейку на расстоянии x от её края, то линейка примет горизонтальное положение равновесия при размещении под ней упора на расстоянии y от того же края линейки (рис. 5). Зависимость $y(x)$ при различных размещениях груза представлена в таблице 1. Построив график зависимости $y(x)$, определите массу линейки и её длину.

$x, \text{мм}$	$y, \text{мм}$
10	120
30	129
50	137
70	146
90	155
100	160
120	169

Задача 4. Вот он какой, силикатный кирпич!

Силикатный кирпич имеет следующие размеры сторон: $a = 5\text{ см}$, $b = 10\text{ см}$ и $c = 20\text{ см}$. Два таких кирпича поставили буквой Т сначала на основание $a \times c$ (рис. 6 а), а потом в аквариум, заполненный водой, на основание $a \times b$ (рис. 6 б). В результате оказалось, что давление кирпичей на поверхность, одинаково. Найдите массу m такого кирпича. Поскольку кирпич шершавый, вода под него подтекает. Плотность воды $\rho_0 = 1000\text{ кг}/\text{м}^3$.

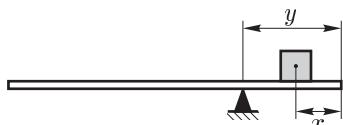


Рис. 5

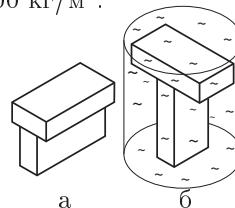


Рис. 6

Возможные решения

7 класс

Задача 1. Турист

Запишем условия задачи в виде формул:

$$v_1 = 0,6v_0, \quad v_2 = \frac{7}{3}v_1 = \frac{7}{3}\frac{6}{10}v_0 = 1,4v_0.$$

Средняя скорость на перевале — это отношение длины перевала ко времени, за которое турист его прошёл:

$$v_{\text{ср}} = \frac{2S}{S/v_1 + S/v_2} = \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2} = 0,84 v_0.$$

Поскольку $v_{\text{ср}} = 2,1 \text{ км/ч} = 0,84 v_0$, получим:

$$v_0 = \frac{v_{\text{ср}}}{0,84} = 2,5 \text{ км/ч}.$$

Искомое расстояние $L = v_0 t = 2,5 \text{ км/ч} \cdot 2 \text{ ч} = 5 \text{ км}$.

Примерные критерии оценивания

Скорость v_2 выражена через v_0	2
Дано выражение $v_{\text{ср}}$ через v_1 и v_2	3
Получен численный коэффициент (0,84) для связи $v_{\text{ср}}$ и v_0	2
Определена скорость v_0	2
Вычислено расстояние L	1

Задача 2. Эксперимент с цилиндром

Посмотрим на рисунок 7. На нём грузик ровно наполовину погружен в воду. При погружении он вытеснил 10 мл воды. Так как объём вытесненной воды равен объёму погруженной части тела, то $V = 20 \text{ мл}$.

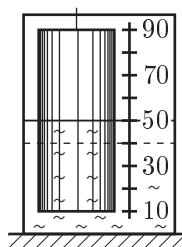


Рис. 7

Примерные критерии оценивания

Замечено, что тело вытеснило 10 мл воды	2
Указано, что объёмы вытесненной воды и погруженной части тела равны ..	3
Замечено, что тело погружено ровно наполовину	3
Найден объём V груза	2

Задача 3. Гонки на моторных лодках

Расстояние от места старта до точки A равно $L_A = L/2 = 1,8$ мили. Общее время в пути второго катера равно:

$$T = \frac{L}{v_{\text{cp}}} = \frac{L}{(v_1 + v_2)/2} = \frac{2L}{v_1 + v_2} = 0,36 \text{ часа.}$$

Отсюда:

$$L_B = v_2 \frac{T}{2} = L \frac{v_2}{v_1 + v_2} = 1,98 \text{ мили.}$$

Искомое расстояние:

$$\Delta L = L_B - L_A = \frac{L}{2} \left(\frac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1} \right) = 0,18 \text{ мили.}$$

Примерные критерии оценивания

Вычислено расстояние L_A	1
Вычислена средняя скорость второго катера	4
Вычислено время в пути второго катера	2
Вычислено расстояние L_B	1
Проведено сравнение L_A и L_B	1
Найдено значение ΔL	1

Задача 4. Под микроскопом

Между соседними делениями шкалы микроскопа укладывается 20 клеток, поэтому длине стороны 1 клетки соответствует расстояние $1/20 = 0,05$ [мм]. Тогда по рисунку определяем, что внешний диаметр иглы:

$$d = 10 \cdot 0,05 = 0,5 \text{ [мм]},$$

а толщина стенок иглы $h = 2 \cdot 0,05 = 0,1$ [мм].

Примерные критерии оценивания

Найдено количество клеток между соседними делениями	2
Указано, что измерять надо в середине иглы	2
Определён внешний диаметр иглы	3
Определена толщина стенок иглы	3

8 класс

Задача 1. Встреча

Рассмотрим случай, когда мальчик бежит вверх по эскалатору. Развернув эскалатор на 180° относительно точки A , мы получим два эскалатора, движущихся в одну сторону с одинаковой скоростью (рис. 8). Теперь ясно, что скорость сближения мальчика и учительницы равна u , а поэтому встреча произойдёт спустя время $t = L/u$, где L — длина эскалатора.

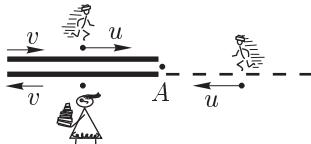


Рис. 8

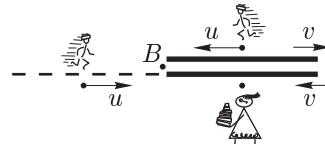


Рис. 9

Проводя такие же рассуждения для случая, когда мальчик вначале бежит по эскалатору вниз (рис. 9), но осуществляя поворот вокруг точки B , находим, что время до встречи тоже равно t . То есть мальчику без разницы, куда бежать вначале: вверх или вниз.

Примерные критерии оценивания

Подсчитано время, когда мальчик бежит вначале вверх	4
Подсчитано время, когда мальчик бежит вначале вниз	4
Проведено сравнение времён	2

Задача 2. Последовательный контакт

Пусть теплоёмкость цилиндра равна C , а теплоёмкость масла в каждом из сосудов C_m . Пусть начальная температура масла равна t_0 , а после всех манипуляций с цилиндром в первом сосуде установится температура t_1 , во втором — t_2 , в третьем — t_3 .

При переносе цилиндра из первого сосуда во второй груз передаст маслу количество теплоты $Q_1 = C(t_1 - t_2)$, а масло во втором цилиндре получит количество теплоты $Q_2 = C_0(t_2 - t_0)$. Из условия теплового баланса:

$$C(t_1 - t_2) = C_0(t_2 - t_0). \quad (1)$$

Заметим, что $t_1 - t_2 = (t_1 - t_0) - (t_2 - t_0) = 20^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C} = 15^\circ\text{C}$.

Аналогичным образом можно записать условие теплового баланса при переносе цилиндра из второго сосуда в третий:

$$C(t_2 - t_3) = C_0(t_3 - t_0). \quad (2)$$

Пусть в третьем сосуде масло нагрелось на $\Delta t = t_3 - t_0$. Тогда:

$$t_2 - t_3 = (t_2 - t_0) - (t_3 - t_0) = 5^\circ\text{C} - \Delta t. \quad (3)$$

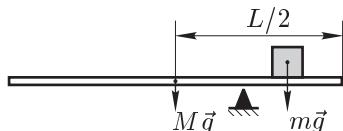
Решая совместно уравнения (1), (2) и (3), находим $\Delta t = 1,25$ °С.

Примерные критерии оценивания

Найдено Q_1	1
Найдено Q_2	1
Записано уравнение теплового баланса для второго сосуда.....	1
Найдено Q , переданное маслу в третьем сосуде.....	1
Найдено Q , полученное цилиндром при втором переносе.....	1
Записано уравнение теплового баланса для третьего сосуда.....	1
Вычислено Δt	4

Задача 3. Груз на линейке

Рассмотрим систему в положении равновесия (рис. 10). Пусть M — масса линейки, а L — её длина. Запишем правило моментов относительно точки опоры:



$$Mg(L/2 - y) = mg(y - x).$$

Рис. 10

Преобразовав выражение, получим:

$$y = \frac{m}{m + M}x + \frac{M}{2(m + M)}L.$$

Построим график зависимости y от x (рис. 11). Из полученной формулы следует, что должна получиться прямая с угловым коэффициентом $\alpha = m/(M + m)$, пересекающая ось y в точке с ординатой $y_0 = ML/(2m + 2M)$.

Определяем по графику указанные параметры: $\alpha = 0,445$, $y_0 = 115,3$ мм. Из них получаем искомые характеристики линейки:

$$M = \frac{1 - \alpha}{\alpha}m = 12,5 \text{ г}, \quad L = \frac{2y_0}{1 - \alpha} = 41,5 \text{ мм}.$$

Примерные критерии оценивания

Записано правило моментов относительно опоры.....	2
Построен график $y(x)$	3
Получены коэффициенты α , y_0 из графика.....	3
Определены M , L	2

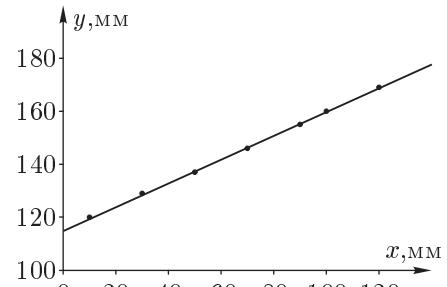


Рис. 11

Задача 4. Вот он какой, силикатный кирпич!

Пусть плотность кирпича ρ , тогда в первом случае давление составит:

$$p_1 = \frac{2m}{ac} = \frac{2\rho \cdot abc}{ac} = 2\rho \cdot b.$$

Во втором случае из массы кирпичей нужно вычесть массу вытесненной воды:

$$p_2 = \frac{2m - m_{\text{в}}}{ab} = \frac{2\rho \cdot abc - 2\rho_0 \cdot abc}{ab} = 2(\rho - \rho_0)c.$$

Приравняв давления, получим:

$$2(\rho - \rho_0)c = 2\rho \cdot b, \quad \text{откуда} \quad \rho = \rho_0 \frac{c}{c - b} = 2000 \text{ кг/м}^3.$$

Наконец, найдём массу кирпича:

$$m = \rho \cdot abc = 2 \text{ кг.}$$

Примерные критерии оценивания

Определено давление в первом случае	2
Учтён вес воды во втором случае	2
Определено давление во втором случае	2
Определена плотность кирпича	2
Определена масса кирпича	2