

## ОЛИМПИАДА имени МАКСВЕЛЛА

### 7 класс

#### Задача 1. Скорость света

Экспериментатор Глюк исследовал движение солнечного зайчика, который изначально покоился, затем с постоянной скоростью перемещался вдоль прямой, а в конце пути опять замер. Глюк раз в минуту записывал в таблицу координату зайчика. Правда, несколько раз он отвлеклся и пропустил несколько измерений (в таблице прочерки).

$t$ , мин	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$x$ , м	0	0	-	7	-	-	-	47	-	-	50

Помогите экспериментатору определить, в какой момент зайчик начал движение. С какой скоростью зайчик перемещался? Как долго он перемещался? Кроме этого, заполните пропуски в таблице.

#### Задача 2. Который путь длиннее?

Первую треть пути автомобиль ехал со скоростью  $v_1$ , а последнюю треть времени – со скоростью  $v_3$ . На втором участке пути его скорость равнялась средней скорости движения на всём пути. Известно, что  $v_1 > v_3$ .

Какой из участков самый короткий, а какой самый длинный?

На каком участке автомобиль находился дольше всего, а на каком – меньше всего?

#### Задача 3. Коробка с сахаром (1)

Кубики сахара-рафинада плотно упакованы в коробку, на которой написано: «Масса нетто ( $m$ ) = 500 г, 168 штук». Длина самого длинного ребра коробки  $c = 98$  мм. Вдоль самого короткого ребра коробки укладывается ровно 4 кусочка сахара. Чему равна плотность  $\rho$  сахара-рафинада?

*Примечание:* «нетто» это масса продукта без учёта массы упаковки (тары).

#### Задача 4. С одним велосипедом

Группа туристов из 3 человек направилась из пункта  $A$  в пункт  $B$ , расстояние между которыми  $L = 22$  км. Попутных машин нет ☹. В распоряжении группы есть один велосипед, на котором одновременно могут ехать не больше 2-х человек. Скорость движения пешим ходом составляет  $v_0 = 5$  км/час, при езде на велосипеде одного человека его скорость  $v_1 = 20$  км/час, а при езде вдвоем –  $v_2 = 15$  км/час. Как должны действовать туристы, чтобы за минимальное время добраться до пункта  $B$ ? Найдите это время.

**8 класс**

**Задача 1. Равновесие**

Планка массой  $m$  и два одинаковых груза массой  $2m$  каждый с помощью лёгких нитей прикреплены к двум блокам (рис. 1). Система находится в равновесии. Определите силы натяжения нитей и силы, с которыми подставка действует на грузы. Трения в осях блоков нет.

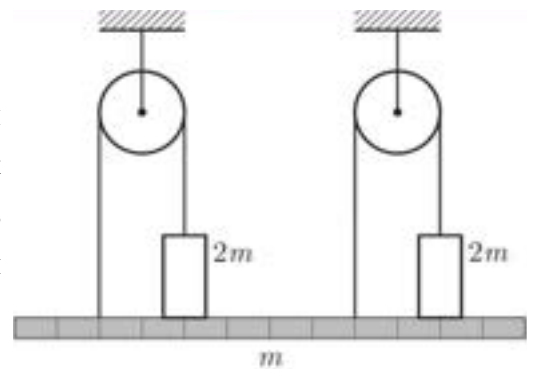
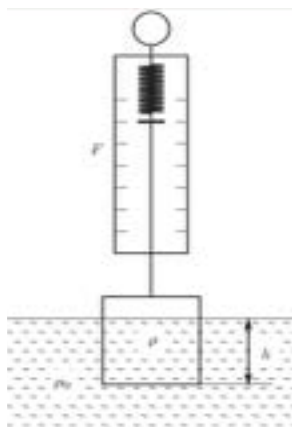


Рис. 1

**Задача 2. Неизвестное в неизвестном**

Экспериментатор Глюк проводил опыт по погружению кубика изготовленного из неизвестного материала в жидкость неизвестной плотности (рис. 2). В таблицу он занёс показания динамометра, соответствующие различным глубинам погружения кубика. Некоторые значения силы он забыл и не стал их вносить в таблицу.



$h$ , см	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F$ , Н	8,7 4	8,0 9					4,8 4	4,19	3,93	3,93

Рис. 2

По результатам измерений определите плотность кубика и плотность жидкости.

**Задача 3. Коробка с сахаром (2)**

Кубики сахара-рафинада плотно упакованы в коробку, на которой написано: «Масса нетто ( $m$ ) = 500 г, 168 штук». Протяженность самого длинного ребра коробки  $c = 112$  мм. Вдоль самого короткого ребра коробочки укладывается ровно 3 кусочка сахара. Чему равна плотность сахара-рафинада?

**Примечание:** 1) Нетто – масса продукта без учёта массы упаковки (тары).

2) Достоверно известно, что плотность сахара-рафинада не превышает  $4 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

**Задача 4. Лёд на чашке весов**

В одной чашке на равноплечных весах лежит кусок льда, который уравновешен гирей массой 1 кг, находящейся в другой чашке. Когда лед растаял, равновесие нарушилось. Груз какой массы и на какую чашку следует добавить, чтобы восстановить равновесие?

**Региональная олимпиада школьников по физике. 17.01.2015. Московская область.**

**Справочные данные (могут понадобиться для любой из задач!!!)**

Ускорение свободного падения  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ .

Плотность дерева (сосны)  $\rho_{\text{д}} = 400 \text{ кг/м}^3$

Плотность воздуха  $\rho_0 = 1,3 \text{ кг/м}^3$ .

Плотность воды  $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

Плотность льда  $\rho_{\text{л}} = 917 \text{ кг/м}^3$ .

## Возможные решения

### 7 класс

**Задача 1. (Замятнин М.).** Из-за редких измерений из таблицы сразу не ясно, в какой момент зайчик начал движение, а в какой – остановился. Можно построить график зависимости координаты от времени и по нему найти время  $t$  движения. По коэффициенту наклона графика найдём скорость движения зайчика:  $v = 10$  м/мин. Разделив перемещение  $x = 50$  м на скорость  $v$ , найдём полное время движения  $t_0 = 5$  мин. Время начала движения можно определить по перемещению за 3-ю минуту. Оно составляет 7 метров, следовательно, зайчик двигался 0,7 мин. Время старта 2,3 мин от начала измерений. На месте пропусков должны быть числа 0 м, 17 м, 27 м, 37 м, 50 м и 50 м соответственно.

#### Примерные критерии оценивания

Найдена скорость движения зайчика .....	3 балла
Найдено время движения зайчика .....	2 балла
Найдено время начала движения .....	2 балла
Заполнены пропуски в таблице (по 0,5 балла за точку) .....	3 балла

**Задача 2. (Слободянин В.).** Поскольку  $v_1 > v_3$ , то  $v_{\text{ср}}$  справедливо неравенство

$$v_1 > v_{\text{ср}} = v > v_3 \quad \dots\dots\dots(1)$$

Учитывая, что  $T_1 + T_2 + T_3 = T$ , получим

$$T_1 < T_3 < T_2 \quad \dots\dots\dots(2)$$

На первом участке  $\frac{S}{3} = v_1 T_1$ . Следовательно  $S > 3v_{\text{ср}} T_1$ , откуда  $T_1 < \frac{S}{3v_{\text{ср}}} = \frac{T}{3} = T_3$ .

На третьем участке  $S_3 = v_3 \frac{T}{3} < v \frac{T}{3} = \frac{S}{3}$ , и  $S_1 + S_2 + S_3 = S$ , откуда следует:

$$S_3 < S_1 < S_2 \quad \dots\dots\dots(3)$$

*Альтернативное решение.* По условию на втором участке

$$v_{\text{ср}} = \frac{S_2}{T_2} = \frac{S - \frac{S}{3} - T_3 v_3}{T - \frac{S}{3v_1} - \frac{T}{3}}$$

Поделим числитель и знаменатель на  $T$  и приведём подобные. В результате получим:

$$v_{\text{ср}} = \sqrt{v_1 v_3}$$

Теперь несложно получить неравенства на перемещения и время движения.

#### Примерные критерии оценивания

**Региональная олимпиада школьников по физике. 17.01.2015. Московская область.**

- Написано неравенство для скоростей или  $v_{\text{ср}}$  выражена через  $v_1$  и  $v_3$  .....2 балла  
Написано неравенство для времён движения на соответствующих участках  
(по два балла за неравенство) .....4 балла  
Написано неравенство для длин соответствующих участков  
(по два балла за неравенство) .....4 балла

**Задача 3. (Кармазин С.).** Так как в коробке уложено 4 слоя кусочков сахара, то в одном слое их 42 штуки ( $n = 168/4 = 42$ ). Число 42 можно разложить на простые множители:  $42 = 2 \cdot 3 \cdot 7$ . Следовательно, один слой может иметь размеры  $21 \cdot 2$  кусочка,  $14 \cdot 3$  кусочка или  $7 \cdot 6$  кусочков. Первые два варианта противоречат условию, так как тогда вдоль самого короткого ребра укладывалось бы 2 или 3 кусочка. Таким образом, вдоль длинного ребра укладывается 7 кусочков и, соответственно, размер ребра кубика сахара равен

$$a = c/7 = 98 \text{ мм}/7 = 14 \text{ мм}.$$

Общий объем сахара равен

$$V = 14 \text{ мм} \cdot 14 \text{ мм} \cdot 14 \text{ мм} \cdot 168 \text{ штук} \approx 460992 \text{ мм}^3 \approx 0,461 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

$$\text{Плотность сахара } \rho = m/V = 0,5/(0,461 \cdot 10^{-3}) \approx 1085 \text{ кг/м}^3.$$

*Примерные критерии оценивания*

- Найдено число кусков в слое .....1 балла  
Возможные длины сторон слоя выражены в кусках сахара .....3 балла  
Показано что длины сторон слоя в кусках сахара равны 7 и 6 штук.....1 балл  
Длина ребра куска сахара выражена в мм .....2 балла  
Найден объем куска сахара в  $\text{мм}^3$  или  $\text{м}^3$  .....2 балла  
Найдена плотность сахара .....1 балл

**Задача 4. (Варламов С.).** Время путешествия будет минимальным, если все туристы одновременно придут в пункт назначения, а велосипед всё время будет задействован: в сторону от  $A$  к  $B$  на нём будут ехать двое, а от  $B$  к  $A$  – один).

Пусть два туриста на велосипеде проехали расстояние  $x$ . На это им потребовалось время  $t_2 = x/v_2$ . Затем один из них до пункта  $B$  шёл пешком (и прошёл расстояние  $L - x$  за некоторое время  $t_0$ ), а другой – поехал обратно навстречу своему товарищу, который из  $A$  шёл пешком. Пусть на обратную дорогу он потратил время  $\tau$ . Если они встретятся от пункта  $A$  на расстоянии  $y = L - x$ , то далее проедут на велосипеде расстояние  $x$  и придут в пункт  $B$  одновременно со спешившимся туристом!

Запишем эти условия на языке формул.

$$v_0(t_2 + \tau) = L - x \tag{1}$$

**Региональная олимпиада школьников по физике. 17.01.2015. Московская область.**

$$x_1 = v_0 t_2 = x \frac{v_0}{v_2}$$

За время  $t_2$  пеший турист прошёл расстояние  $x$ . Следовательно, велосипедист проедет обратно, до встречи со своим товарищем, расстояние  $l = x - x_1$  за

$$\tau = \frac{x - x_1}{v_0 + v_1} = \frac{v_2 - v_0}{v_2} \frac{x}{v_0 + v_1}$$

время

Подставим в формулу (1) времена  $t_2$  и  $\tau$ .

$$v_0 \left( \frac{x}{v_2} + \frac{v_2 - v_0}{v_2} \frac{x}{v_0 + v_1} \right) = L - x$$

Разрешив это уравнение относительно  $x$  и подставив числовые значения скоростей и расстояния  $L$ , получим:  $x = 15$  км.

Теперь найдём время  $t_2 = \frac{x}{v_2} = 1$  час. Расстояние  $L - x = 7$  км. Откуда  $t_0 = \frac{L - x}{v_0} = 1,4$  часа.

Таким образом, всё время путешествия  $T = t_2 + t_0 = 2,4$  часа.

*Примерные критерии оценивания*

Предложена идея нахождения минимума времени путешествия .....	3 балла
Конкретизация этой идеи ( $y = L - x$ ) .....	1 балл
За формулу (1) или её аналога .....	1 балл
Найдено время $\tau$ перемещения велосипедиста в направлении от $B$ к $A$ .....	1 балл
Решена система уравнений и найдено расстояние $x$ .....	3 балла
Найдено время $T$ всего путешествия .....	1 балл

8 класс

**Задача 1. (Замятин М.).** Наиболее простое решение получится, если систему, состоящую из блоков, грузов и подставки, рассматривать как единое целое.

Применим для неё правило моментов относительно точек  $O_1$  и  $O_2$ , лежащих на линии действия сил натяжения нитей за которые подвешены блоки (рис. 1):

$$\text{Относительно точки } O_2: \quad T_3 \cdot 6x - 2mg \cdot 5x - mg \cdot 3x + 2mg \cdot x = 0, \quad (1)$$

$$\text{Относительно точки } O_1: \quad 2mg \cdot x + mg \cdot 3x + 2mg \cdot 7x - T_4 \cdot 6x = 0. \quad (2)$$

Из уравнения (1) следует  $T_3 = \frac{11}{6}mg$ , а из уравнения (2), соответственно,  $T_4 = \frac{19}{6}mg$ .

Сила натяжения нити, удерживающая левый груз, равна  $T_1 = \frac{T_3}{2} = \frac{11}{12}mg$ . Аналогично, сила

натяжения нити, удерживающая правый груз, равна  $T_2 = \frac{T_4}{2} = \frac{19}{12}mg$ . Из условия равновесия левого груза найдём силу, с которой на него действует подставка:

$$N_1 = 2mg - T_1 = \frac{13}{12}mg.$$

Аналогично для правого груза

$$N_2 = 2mg - T_2 = \frac{5}{12}mg.$$

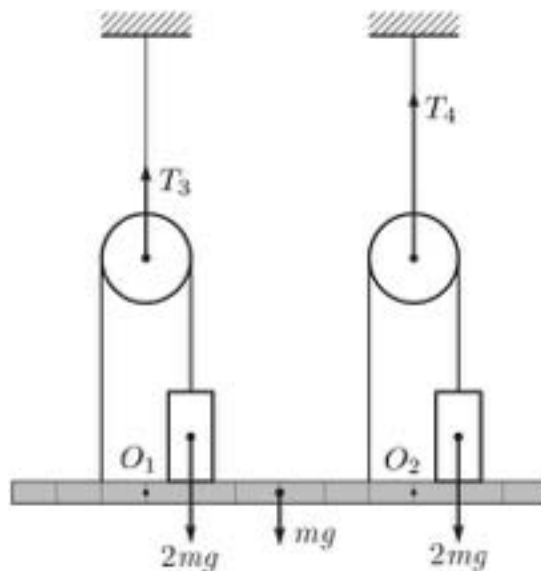


рис. 1

*Примерные критерии оценивания*

Записано правило моментов для системы (или для грузов и планки).....	2 балла
Найдены силы натяжения нитей (по 2 балла за каждую) .....	4 балла
Записано условие равновесия грузов (по 1 баллу за каждое) .....	2 балла
Найдены силы реакции опоры (по 1 баллу за каждую) .....	2 балла

**Региональная олимпиада школьников по физике. 17.01.2015. Московская область.**



**Региональная олимпиада школьников по физике. 17.01.2015. Московская область.**

**Задача 2. (Замятнин М.).** Так как показания динамометра перестают изменяться при погружении кубика на 7,4 см, то длина его ребра равна  $a = 7,4$  см. Это позволяет найти плотность материала из которого изготовлен кубик:

$$\rho = \frac{F(0)}{ga^3} \approx 2,2 \text{ г/см}^3.$$

По мере погружения кубика в жидкость сила Архимеда будет возрастать, а показания динамометра уменьшаются. Это будет продолжаться до тех пор, пока кубик полностью не погрузится в жидкость. Максимальная сила Архимеда

$$F_A = F(7,4) - F(0) \approx 4,06 \text{ Н}$$

действует на весь объем кубика. Следовательно, плотность жидкости

$$\rho \approx 1,21 \text{ г/см}^3.$$

*Примерные критерии оценивания*

Найдена сторона кубика.....	2 балла
Получена формула связывающая силу объем и плотность .....	2 балла
Определена плотность кубика .....	2 балла
Записана формула для силы Архимеда.....	2 балла
Определена плотность жидкости .....	2 балла

**Задача 3. (Кармазин С.).** Так как в коробочке уложено 3 слоя кусочков сахара, то в одном слое  $n = 168/3 = 56$  кусочков. Число 56 можно разложить на простые множители:

$56 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 7$ . Следовательно, один слой может иметь размеры  $28 \cdot 2$  кусочка,  $14 \cdot 4$  кусочка или  $7 \cdot 8$  кусочков. Первый вариант противоречат условию, так как тогда вдоль самого короткого ребра помещалось бы 2 кусочка. Таким образом, вдоль длинного ребра можно положить либо 14, либо 8 кусочков и, соответственно, размер ребра кубика сахара равен либо  $a_1 = 112\text{мм}/14 = 8$  мм, либо  $a_2 = 112\text{мм}/8 = 14$  мм.

В первом случае:

$$\text{Общий объем сахара равен } V_1 = 8 \text{ мм} \cdot 8 \text{ мм} \cdot 8 \text{ мм} \cdot 168 \text{ штук} = 8 \cdot 6016 \text{ мм}^3 \approx 86 \text{ см}^3.$$

Плотность сахара равна  $\rho_1 = m/V_1 = 500 \text{ г}/86 \text{ см}^3 = 5,8 \text{ г/см}^3 = 5 \cdot 800 \text{ кг/м}^3$ . Такая плотность противоречит условию.

Во втором случае:

Общий объем сахара равен

$$V_2 = 14 \text{ мм} \cdot 14 \text{ мм} \cdot 14 \text{ мм} \cdot 168 \text{ штук} = 460 \cdot 992 \text{ мм}^3 \approx 461 \text{ см}^3.$$

Плотность сахара равна  $\rho_2 = m/V_2 = 500 \text{ г}/461 \text{ см}^3 \approx 1,08 \text{ г/см}^3 = 1 \cdot 080 \text{ кг/м}^3$ .

*Примерные критерии оценивания*

Найдено число кусков в слое.....	1 балл
Возможные длины сторон слоя выражены в кусках сахара (по баллу за случай).....	3 балла
Показано, что возможны два варианта раскладки кусочков сахара .....	1 балл
Для каждого случая длина ребра куска сахара выражена в мм (или см или м) .....	1 балл
Для каждого случая найден объем куска сахара в мм <sup>3</sup> (или см <sup>3</sup> или м <sup>3</sup> ) .....	1 балл
Для каждого случая найдена плотность сахара .....	2 балла
Дан числовой ответ .....	1 балл

**Задача 4. (Осин М.).** На тела со стороны окружающего воздуха действует сила Архимеда. Обычно по сравнению с весом тел она ничтожна и её не учитывают. В нашем случае это не

так. Пусть  $m$  – масса льда. Его объем  $V_{\text{л}} = \frac{m}{\rho_{\text{л}}}$ . После плавления льда он превратится в

воду. Её объем будет  $V_{\text{в}} = \frac{m}{\rho_{\text{в}}}$ . Из-за уменьшения объема льда уменьшится и сила

Архимеда  $\Delta F_A = \rho_0 g \left( \frac{m}{\rho_{\text{л}}} - \frac{m}{\rho_{\text{в}}} \right)$ , поэтому чашка с водой опустится в низ (равновесие нарушится). Чтобы восстановить равновесие на чашку с гирей следует добавить груз

массой  $\Delta m = \frac{\Delta F_A}{g} = \rho_0 \left( \frac{m}{\rho_{\text{л}}} - \frac{m}{\rho_{\text{в}}} \right)$ . Поскольку сила Архимеда мала по сравнению с весом

льда или гири, можно считать, что  $m \approx m_1$ . Отсюда  $\Delta m = m \left( \frac{\rho_0}{\rho_{\text{л}}} - \frac{\rho_0}{\rho_{\text{в}}} \right) \approx 0,12 \text{ г.}$

*Примерные критерии оценивания*

Указано, что изменение показаний весов связано с изменением силы Архимеда .....	2 балла
Указано, на какую чашку следует положить гирьку .....	1 балл
Найден объем льда .....	1 балл
Найден объем воды.....	1 балл
Найдено изменение сила Архимеда.....	3 балла
Найдена масса гирьки .....	2 балла