

# РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЭТАП

МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ



2014/2015 учебный год

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

## 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 отвлекался 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.

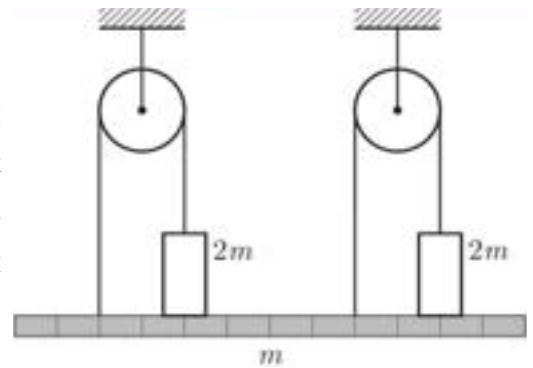
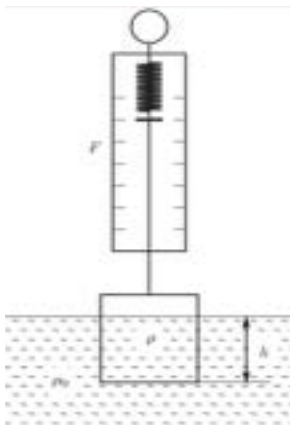


Рис. 1

**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

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

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

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

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:

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

*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

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

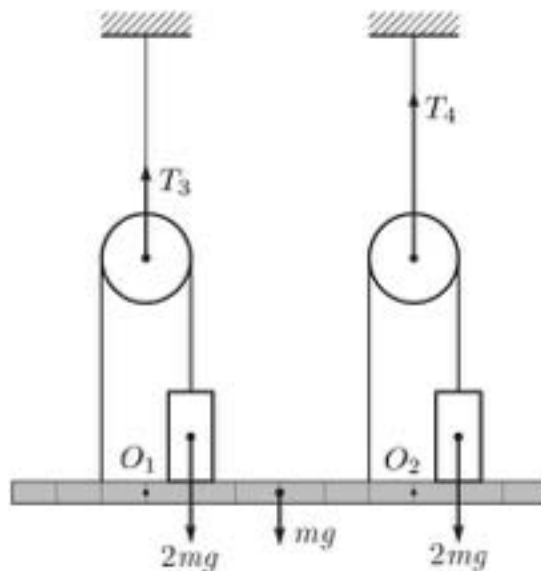


рис. 1

*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  $\approx 1,21 \text{ г/см}^3$ .

*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:

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

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА

### 9 класс

#### Задача 1. Постоянная планка

В системе (рис.1) найдите величины сил, с которыми грузы действуют на однородную планку. При каких значениях массы  $M$  возможно равновесие грузов на планке? Нити и блоки невесома. Трения нет. Масса  $m$  известна.

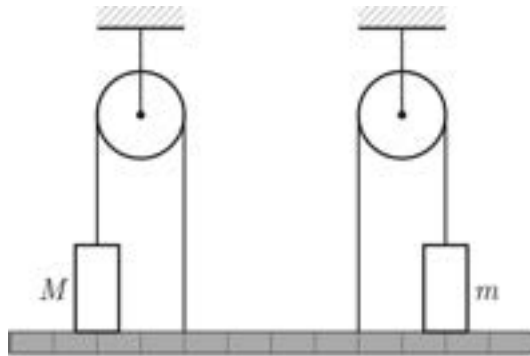


рис. 1

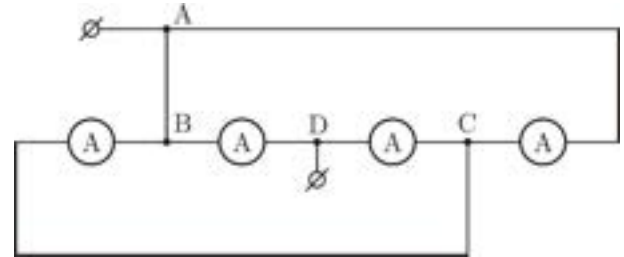


рис. 2

#### Задача 2. Карлсон уже не тот

Однажды у Карлсона заглох моторчик, и он начал падать вертикально вниз с постоянной скоростью  $v_1 = 6$  м/с. После ремонта моторчик стал развивать постоянную силу тяги. Из-за этого, при вертикальном подъеме Карлсон выходил на скорость  $v_2 = 3$  м/с. С какой постоянной скоростью он двигался в горизонтальном полете? Считать силу сопротивления воздуха пропорциональной квадрату скорости. Карлсон, будучи в меру упитанным, одинаково обтекаем во всех направлениях.

#### Задача 3. Амперметры

Из четырёх одинаковых амперметров собрали цепь (рис. 2), которую подключили к источнику с небольшим напряжением. Определите силу тока, текущего через переключку АВ (сопротивление переключки и соединительных проводов много меньше сопротивления амперметра), если сумма показаний всех амперметров  $I_0 = 49$  мА.

#### Задача 4. Полёт камня

Величина скорости камня, брошенного с горизонтальной плоскости под углом к горизонту, через время  $\tau = 0,5$  с после броска составляла  $\alpha = 80\%$  от величины начальной скорости, а ещё через  $\tau$ , соответственно  $\beta = 70\%$ .

- 1) Найдите продолжительность  $T$  полёта камня.
- 2) На каком расстоянии  $S$  от места броска упал камень?

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

#### Задача 5. Положение Солнца

На листе с приведённой фотографией (рис. 3) восстановите положение Солнца и верхнего края забора. Все построения проводите непосредственно на выданном листе с фотографией и по окончании тура сдайте его вместе с работой. В своей тетради приведите необходимые пояснения.

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

**Результаты проверки теоретического тура смотрите 18 января с 8.00 на сайте <http://www.physolymp.ru>**

**18 января в 18.30 на портале [online.mipt.ru](http://online.mipt.ru) представитель Центральной предметно-методической комиссии по физике проведёт консультацию по выполнению экспериментального тура.**

Региональная олимпиада школьников по физике. 17.01.2015. Московская область.

Шифр работы: \_\_\_\_\_

(переписать с обложки тетради)



рис. 3

10 класс

Задача 1. Ящик с пружинами

Внутри черного ящика находятся две легкие пружины с жесткостями  $k$  и  $2k$ , связанные легкой нерастяжимой нитью, и легкий подвижный блок (рис. 4). В начальном состоянии, внешняя сила  $F = 6$  Н, приложенная к свободному концу нити, обеспечивает деформацию нижней пружины  $x = 1$  см. Какую минимальную работу  $A$  должна совершить внешняя сила, чтобы сместить вниз свободный конец нити ещё на  $x$ ?

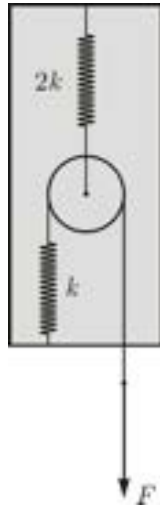


рис. 4

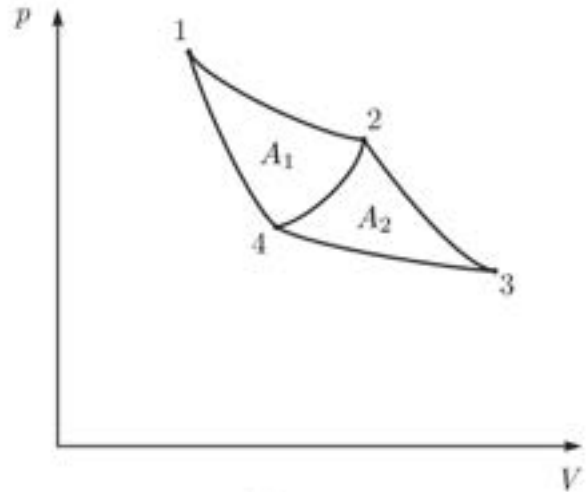


рис. 5

Задача 2. Два в одном

На  $pV$ -диаграмме (рис. 5) изображены три замкнутых цикла в которых рабочим телом является идеальный газ: 1-2-4-1, 2-3-4-2 и 1-2-3-4-1. На участках 1-2 и 3-4 температура газа постоянна, а на участках 2-3 и 4-1 газ теплоизолирован. Известно, что в цикле 1-2-4-1 совершается работа  $A_1 = 5$  Дж, а в цикле 2-3-4-2 — работа  $A_2 = 4$  Дж. Найдите коэффициент полезного действия цикла 1-2-3-4-1, если коэффициенты полезного действия циклов 1-2-4-1 и 2-3-4-2 равны.

Задача 3. Приключения пробирки

Пробирку длиной  $l = 35$  см, перевернули вверх дном и полностью погрузили в ртуть так, что дно пробирки касается поверхности жидкости (пробирка вертикальна). При этом жидкость заполнила часть пробирки длиной  $h = 4$  см. Затем пробирку медленно подняли вверх так, что её нижний край оказался чуть ниже поверхности ртути (пробирку из ртути не вынимали). Считайте, что в процессе подъема температура воздуха в пробирке не менялась и оставалась равной  $T_0 = 300$  К. Затем температуру воздуха в пробирке изменили, и ртуть вновь заполнила часть пробирки длиной  $h$ . Найдите конечную температуру  $T$  воздуха в пробирке. Атмосферное давление  $p_0 = 760$  мм рт. ст.

Задача 4. Сложный сплав

Из сплава с линейно изменяющимся от расстояния удельным сопротивлением изготовлены два тонких проводника одинаковой длины с вдвое отличающейся площадью сечения. Удельное сопротивление с одного конца каждого из проводников равно  $\rho_1$ , а с другого  $\rho_2$ . Проводники соединили параллельно и подключили к идеальному источнику с



напряжением  $U$ , а к их серединам (точки  $a$  и  $b$ ) подключили идеальный вольтметр (рис. 6).  
Найдите показание  $V$  вольтметра.

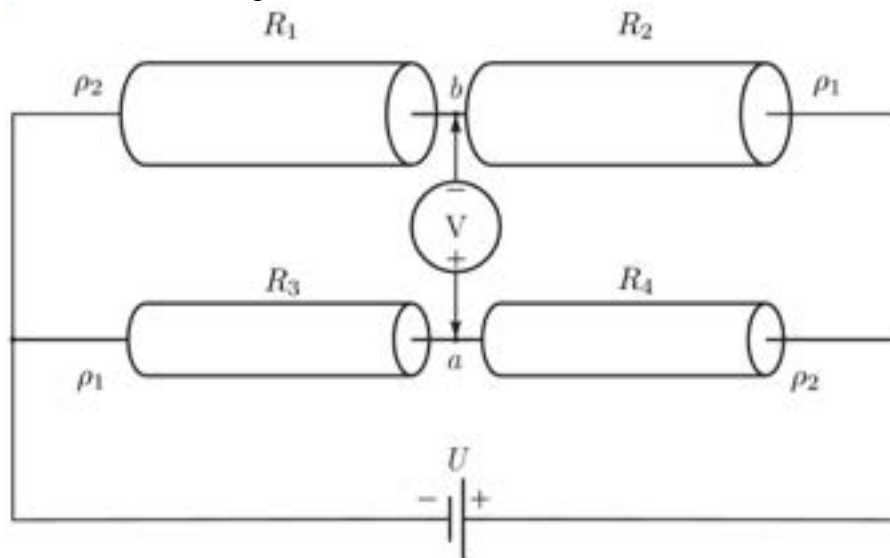


рис. 6

### Задача 5. Две шайбы

На гладкой горизонтальной поверхности находятся две одинаковые гладкие шайбы радиуса  $R$ . Одной из шайб сообщают скорость  $v_0$  вдоль оси  $x$  (рис. 7). При каком значении прицельного параметра  $d$  проекция вектора скорости второй шайбы на ось  $y$  после абсолютно упругого удара максимальна?

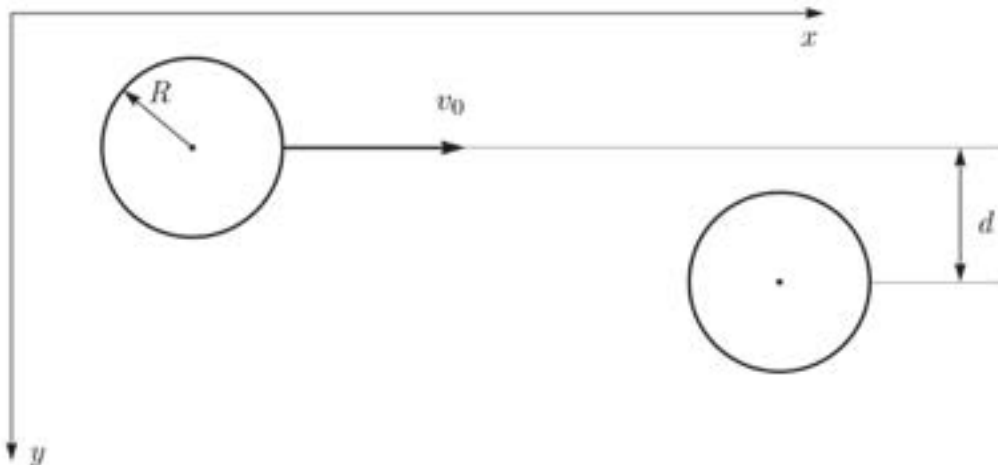


рис. 7

---

Разбор теоретического тура начнётся 17 января в 20.30 на портале [online.mipt.ru](http://online.mipt.ru)  
Результаты проверки теоретического тура смотрите 18 января с 8.00 на сайте <http://www.physolymp.ru>

18 января в 18.30 на портале [online.mipt.ru](http://online.mipt.ru) представитель Центральной предметно-методической комиссии по физике проведёт консультацию по выполнению экспериментального тура.

11 класс

Задача 1. Ускорение доски

На гладкой горизонтальной поверхности лежит доска длиной  $L$  и массой  $M$ . На краю доски покоится небольшой брусок. На брусок начинает действовать постоянная горизонтальная сила, так что он движется вдоль доски с ускорением, которое больше ускорения доски. Найдите ускорение, с которым двигалась доска, если за время движения по ней бруска выделилось количество теплоты  $Q$ .

Задача 2. Маятник

Маленький шарик колеблется на лёгкой нерастяжимой нити в поле тяжести  $g$  с большой угловой амплитудой  $\alpha$ . Найдите величину ускорения, с которым движется шарик в те моменты времени, когда величина силы натяжения в 4 раза больше ее минимальной величины. При каких значениях  $\alpha$  возможна такая ситуация?

Задача 3. Перезарядка конденсаторов

Три одинаковых конденсатора ёмкостью  $C$ , резистор сопротивлением  $R$  и диод включены в схему, представленную на рис. 8. Вольтамперная характеристика диода представлена на рис. 9. Первоначально левый (на рисунке) конденсатор заряжен до напряжения  $U_0$ , при этом заряд верхней пластины — положительный. Два других конденсатора не заряжены, ключ разомкнут. Затем ключ замыкают.

Определите:

1. напряжение на конденсаторах через большой промежуток времени после замыкания ключа;
2. тепло, которое выделится в схеме к этому моменту времени;
3. тепло, выделившееся к этому моменту на диоде;
4. тепло, выделившееся к этому моменту на резисторе.

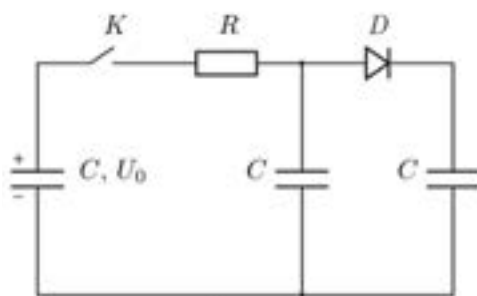


рис. 8

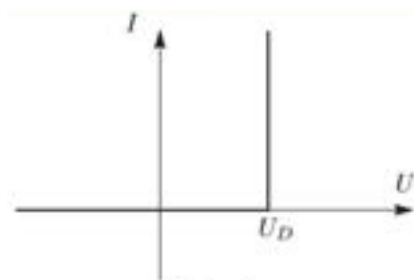


рис. 9

Задача 4. Циклический процесс

На рис. 10 представлен график циклического процесса. Рабочее тело - многоатомный идеальный газ. Найдите КПД этого процесса.

*Примечание:* процесс с постоянной теплоёмкостью  $C$  называется политропическим и для идеального газа задаётся уравнением

$$pV^{\frac{C_p - C}{C_v - C}} = \text{const},$$

где  $C_p$  — теплоёмкость газа при постоянном давлении, а  $C_v$  — теплоёмкость газа при постоянном объёме.

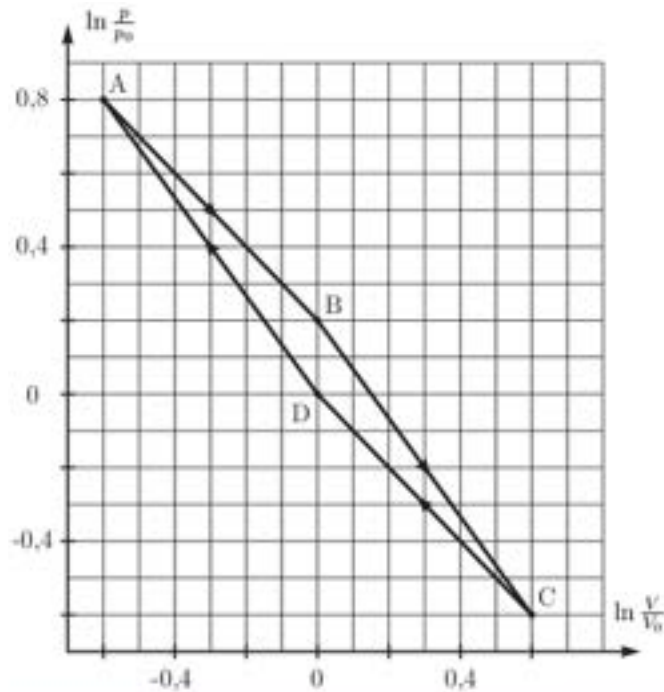


рис. 10

### Задача 5. Провисла-натянулась

На гладкой горизонтальной плоскости находятся три бруска, массы которых равны  $m_1$ ,  $m_2$  и  $m_3$ . На рис. 11 приведён вид сверху. Упругая лёгкая резинка связывает бруски 1 и 2 и проходит через блок, прикреплённый к бруску 3. Трения в системе нет. Исходно бруски неподвижны, а резинка чуть провисает. Бруску 3 ударом (мгновенно) сообщают скорость  $V$ .

1. Найдите скорости брусков в момент, когда растяжение резинки наибольшее.
2. Какими будут скорости брусков, когда резинка снова провиснет?
3. В случае, когда  $V = 1$  м/с,  $m_1 = 1$  кг,  $m_2 = 2$  кг,  $m_3 = 3$  кг найдите скорость  $v_3$  третьего бруска, когда растяжение резинки наибольшее.



рис. 11

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

**Результаты проверки теоретического тура смотрите 18 января с 8.00 на сайте <http://www.physolymp.ru>**

**18 января в 18.30 на портале [online.mipt.ru](http://online.mipt.ru) представитель Центральной предметно-методической комиссии по физике проведёт консультацию по выполнению экспериментального тура.**

Возможные решения

9 класс

Задача 1. Постоянная планка

Равновесие возможно, если существуют отличные от нуля силы реакции грузов и планки и силы натяжения нитей. Для нахождения сил натяжения рассмотрим только внешние силы, действующие на систему грузы+блоки+планка. Правила моментов относительно точек  $O_1$  и  $O_2$ , лежащих на линиях действия сил натяжения верхних нитей (рис. 12), имеют вид:

$$\begin{aligned} Mg x + 2T_2 6x &= 2mg 3x + mg 7x & (O_1) \\ mg x + 2T_1 6x &= 2mg 3x + Mg 7x & (O_2) \end{aligned}$$

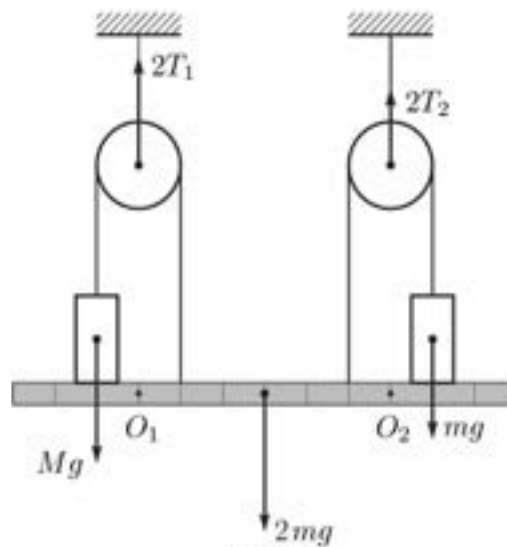


рис. 12

$$T_1 = \frac{5m + 7M}{12} g; \quad T_2 = \frac{13m - M}{12} g$$

Откуда

Видно, что левая нить не провисает при любых массах  $M$ , а правая натянута при  $M < 13m$ . Запишем условия равновесия для каждого из грузов в отдельности:

$$\begin{aligned} Mg &= T_1 + N_1, \\ mg &= T_2 + N_2. \end{aligned}$$

Откуда с учетом выражений для сил натяжения силы реакции равны:  $N_1 = 5(M - m)g / 12$  и  $N_2 = (M - m)g / 12$ . Положительные значения сил реакции будут только при  $M > m$ .

Окончательно, равновесие системы возможно для  $m \leq M < 13m$ .

*Примерные критерии оценивания*

- Проанализированы условия равновесия .....1 балл
- Записаны уравнения моментов для системы (для планки).....2 балла
- Получено условие для натянутых нитей .....2 балла

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

Уравнения равновесия грузов.....	2 балла
Условия сохранения контакта грузов и планки.....	2 балла
Явно записан диапазон значений для $M$ .....	1 балл

**Задача 2. Карлсон уже не тот**

По условию сила сопротивления пропорциональна квадрату скорости, то есть задаётся формулой  $kv^2$ . При свободном падении сила тяжести равна силе сопротивления:

$$mg = kv_1^2, \quad k = \frac{mg}{v_1^2}$$

Обозначим силу тяги моторчика после ремонта  $F_T$ . При вертикальном взлёте сила тяги равна сумме силы тяжести и силы сопротивления:

$$F_T = mg + kv_2^2 = mg \left( 1 + \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^2 \right).$$

При горизонтальном полёте сила тяги компенсирует силу тяжести, направленную вертикально и силу сопротивления, направленную горизонтально:

$$F_T^2 = (mg)^2 + (kv_3^2)^2 = (mg)^2 \left( 1 + \left( \frac{v_3}{v_1} \right)^4 \right).$$

Из приведённой выше системы уравнений найдём  $v_3$ :

$$v_3 = \sqrt[4]{v_2^2 (v_2^2 + 2v_1^2)} \approx 5,2 \text{ м/с.}$$

*Примерные критерии оценивания*

За второй закон Ньютона для свободного падения .....	2 балла
Выражена сила тяги при вертикальном взлёте .....	3 балла
Выражена сила тяги при горизонтальном полёте.....	3 балла
Получен ответ в символьной форме .....	1 балл
Числовой ответ.....	1 балл

**Задача 3. Амперметры**

Пронумеруем амперметры слева направо (

рис. 13) и изобразим эквивалентную схему (рис. 14). Поскольку все амперметры одинаковые, одинаковы и их внутренние сопротивления. Значит,  $I_1 = I_4 = I$ ,  $I_3 = I_1 + I_4 = 2I$ . Обозначим внутреннее сопротивление амперметра  $r$ , тогда напряжение источника равно

$$U = I_1 r + I_3 r = 3Ir = I_2 r, \quad I_2 = I$$



По условию  $I_0 = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 7I$ , откуда  $I = I_0/7 = 7$  мА. Искомая сила тока через перемычку АВ  $I_{AB} = I_1 + I_2 = 4I = 28$  мА.

*Примерные критерии оценивания*

Указано, что все амперметры имеют равные внутренние сопротивления.....	1 балл
Найдена сила тока $I_1$ .....	2 балла
Найдена сила тока $I_2$ .....	2 балла
Указано, что $I_{AB} = I_1 + I_2$ .....	2 балла
Найдена сила тока $I_{AB}$ .....	3 балла

**Задача 4. Полёт камня**

Пусть  $v_{x0}$  — проекция скорости камня в начальный момент на горизонтальную ось, а  $v_{y0}$  — на вертикальную. Если пренебречь сопротивлением воздуха, то проекция скорости камня на горизонтальную ось сохраняется, а проекция на вертикальную ось будет изменяться по закону

$$v_y(t) = v_{y0} - gt.$$

Величина скорости камня в любой момент может быть найдена по формуле

$$v(t) = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_{x0}^2 + (v_{y0} - gt)^2}.$$

По условию

$$v(\tau) = \sqrt{v_{x0}^2 + (v_{y0} - g\tau)^2} = \alpha \sqrt{v_{x0}^2 + v_{y0}^2},$$

$$v(2\tau) = \sqrt{v_{x0}^2 + (v_{y0} - 2g\tau)^2} = \beta \sqrt{v_{x0}^2 + v_{y0}^2}.$$

Решая эту систему, найдём: (в разосланном решении подставляли время  $\tau = 1$  с)

при  $\tau = 0,5$  с скорость  $v_{x0} \approx 10,53$  м/с (при  $\tau = 1$  с скорость  $v_{x0} \approx 21,1$  м/с),

при  $\tau = 0,5$  с скорость  $v_{y0} \approx 10,85$  м/с (при  $\tau = 1$  с скорость  $v_{y0} \approx 21,7$  м/с)

При  $\tau = 0,5$  с время полёта  $t_{п} = 2v_{y0}/g \approx 2,21$  с,  $t_{п} \approx$

Расстояние от места броска до места падения

$$l = v_{x0}t_{п} \approx 23,3 \quad \tau = \quad \tau = \quad l \approx$$

*Примерные критерии оценивания*

Указано, что горизонтальная проекция скорости постоянна .....	1 балл
Уравнение для вертикальной проекции скорости .....	1 балл
Система или аналогичная ей.....	2 балла

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

- Формула для времени полёта  $t_{\text{п}} = 2v_{y0}/g$  .....1 балл
- Формула  $l = v_{x0}t_{\text{п}}$  .....1 балл
- Найдена величина времени падения с точностью не хуже 5% .....2 балла  
(если точность 6-10% даётся 1 балл, если точность хуже баллов не даётся)
- Найдено расстояние от точки броска до падения с точностью не хуже 5% .....2 балла  
(если точность 6-10% даётся 1 балл, если точность хуже баллов не даётся)



Задача 5.

Световые лучи распространяются прямолинейно. Слева на фотографии запечатлены несколько людей вместе с отбрасываемыми ими тенями. Полностью видна тень девушки в чёрном плаще. Через вершины её головы и тени проведём прямую 1, на которой будет лежать изображение Солнца (рис. 15). Тоже справедливо, например, для ребёнка в коляске и его тени. Если на фотографии тень от какого-нибудь прута забора и прут лежат на одной прямой, то на этой же прямой находится изображение Солнца. Найдём на фотографии наиболее подходящий прут и проведём через него линию 2. На пересечении линий 1 и 2 лежит изображение Солнца. Обозначим эту точку  $S$ . Зная положение Солнца, можно восстановить положение верхнего края забора. Проведём прямую через верхушку тени, отбрасываемой одним из столбов, и точку  $S$ . Проведём также прямую, являющуюся продолжением этого столба. На пересечении двух этих прямых лежит вершина столба (точка  $A$ ). Аналогичным образом можно найти вершину другого столба (точка  $B$ ) и через две этих точки провести прямую, соответствующую верхнему краю столба. Эта прямая должна также проходить через точку  $C$  — пересечение прямых, являющихся продолжениями тени верхнего края забора и нижнего края забора. Эта точка также может быть использована для восстановления верхнего края забора.

*Примерные критерии оценивания*

Проведена прямая 1 .....	2 балла
Проведена прямая 2 .....	2 балла
Отмечено положение Солнца .....	1 балл
Отмечена вершина одного из столбов .....	2 балл
Отмечена вершина другого столба либо точка $C$ .....	2 балла
Проведена линия соответствующая верхнему краю забора .....	1 балл

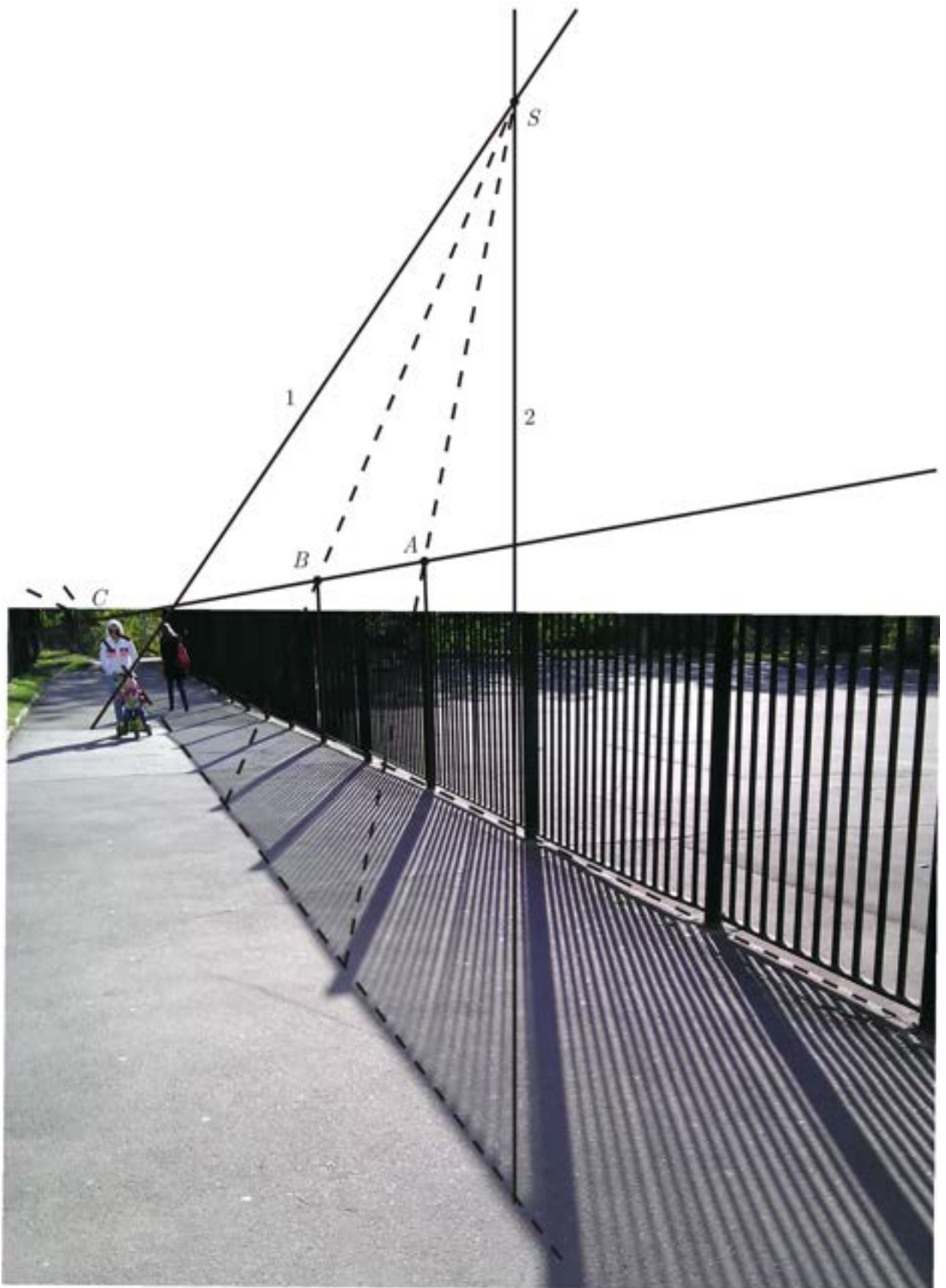


рис. 15

10 класс

Задача 1. Ящик с пружинами

Из-за блока сила, растягивающая верхнюю пружину вдвое больше. Тогда, по закону Гука, деформации верхней и нижней пружин одинаковы:  $F = kx$ ,  $2F = 2kx$ . Пусть при смещении свободного конца на  $x$  вниз растяжение верхней пружины увеличивается на  $y$ . При этом блок опустится вниз на  $y$ . Как было показано, растяжение нижней пружины также равно  $y$ . Поскольку нить нерастяжима  $x = 3y$ .

Внешняя сила сначала равна  $F = kx$ , в конце  $F_1 = k(x + y) = (4/3)kx = (4/3)F$  и линейно зависит от  $x$ . Работу этой силы найдём как площадь под графиком  $F(y)$ :

$$A = \frac{F + F_1}{2} x = \frac{7}{6} Fx = 7 \cdot 10^{-2} \text{ Дж.}$$

Примерные критерии оценивания

Найдена связь между силами натяжения нижней и верхней пружины.....	2 балла
Найдена связь между $x = 3y$ .....	3 балла
Записана зависимость $F(y)$ .....	1 балл
Получен ответ.....	4 балла

Задача 2. Два в одном

Пусть в цикле 1-2-4-1 на участке 1-2 к газу подводят количество теплоты  $Q_1$ , а на участке 2-4 газ отдаёт количество теплоты  $Q$ . В цикле 2-3-4-2 на участке 4-2 к газу подводят количество теплоты  $Q$ , а на участке 3-4 газ отдаёт количество теплоты  $Q_2$ . В цикле 1-2-3-4-1 на участке 1-2 к газу подводят количество теплоты  $Q_1$ , а на участке 3-4 газ отдаёт количество теплоты  $Q_2$ . В циклах 1-2-4-1 и 2-3-4-2 газ (рабочее тело) проходит один и тот же участок 2-4, но в разных направлениях, поэтому в одном цикле на этом участке совершается положительная, а в другом такая же по величине, но отрицательная работа. Отсюда следует, что  $A = A_1 + A_2$ .

По определению коэффициента полезного действия

$$\eta_1 = \frac{A_1}{Q_1}, \quad \eta_2 = \frac{A_2}{Q}.$$

Поскольку  $\eta_1 = \eta_2$ , то  $Q = (A_2/A_1)Q_1$ . По закону сохранения энергии для цикла 1-2-4-1  $A_1 = Q_1 - Q$ . Откуда

$$Q_1 = \frac{A_1^2}{A_1 - A_2}.$$

Зная работу  $A$  и тепло  $Q_1$ , можно найти искомый КПД

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{A_1^2 - A_2^2}{A_1^2} = 36\%.$$

*Примерные критерии оценивания*

Связь между работами	$A = A_1 + A_2$ .....	2 балла
Связь между количествами теплоты	$Q = (A_2/A_1)Q_1$ .....	3 балла
Выражение для работы	$A_1 = Q_1 - Q$ .....	2 балла
Конечный ответ	.....	3 балла

**Задача 3. Приключения пробирки**

Пусть площадь  $S$  внутреннего сечения пробирки (перпендикулярного её оси). Проверим, не выходит ли часть воздуха из пробирки при её (почти полном) извлечении из ртути. В конечном состоянии объем воздуха не может превышать объема пробирки (иначе часть воздуха выйдет), а давление не может превышать атмосферного (давление равно атмосферному, если она будет заполнена в конечном положении целиком и меньше атмосферного, если в ней есть жидкость). Таким образом, по закону Бойля-Мариотта получаем условие:

$$p_{\text{нач}} V_{\text{нач}} = p_{\text{кон}} V_{\text{кон}} \leq p_0 V_{\text{пробирки}}, \text{ т.е. } p_{\text{нач}} V_{\text{нач}} \leq p_0 V_{\text{пробирки}} \text{ откуда } (p_0 + \rho g(l-h))(l-h) - p_0 l \leq 0$$

Это условие не выполняется! Поэтому мы приходим к выводу, что за время подъема часть воздуха из пробирки выходит. После подъема пробирки она будет целиком заполнена воздухом при атмосферном давлении. Запишем для этого случая уравнение состояния для воздуха в пробирке:

$$p_0 V_0 = \rho g H \cdot l S = \nu R T_0.$$

(1)

После изменения температуры уравнение состояния примет вид:

$$\rho g (H - h) \cdot (l - h) S = \nu R T.$$

(2)

Поделив уравнение (2) на (1) получим:

$$T = T_0 \frac{(H - h)(l - h)}{Hl} \approx 252 \quad \rightarrow - \quad \boxed{\times}$$

Если не учесть выход воздуха из пробирки, то получается **неправильный ответ**:

$$T = T_0 \frac{H - h}{H + (l - h)} = 202 \quad - \quad \boxed{\times}$$

Заметим, что температура плавления ртути  $-38,8$  °С. Поэтому такая ситуация вряд ли реализуется.

*Примерные критерии оценивания*

Показано, что часть воздуха выходит из пробирки .....	3 балла
---	---------

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

Записаны необходимые уравнения состояния .....2 балла

Получен ответ .....5 баллов

Решения, в которых не учтён выход воздуха из пробирки, оцениваются из 3 баллов.

**Задача 4. Сложный сплав**

Сопротивление проводника длиной  $L$  и площадью поперечного сечения  $S$ , удельное сопротивление которого линейно изменяется с расстоянием от  $\rho_l$  до  $\rho_r$  можно найти по формуле:

$$R = \frac{\rho_l + \rho_r}{2} \frac{l}{S}.$$

Для нахождения показания вольтметра мысленно разобьём каждый проводник посередине на два последовательно соединённых (рис. 16). Применим для них формулу:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\rho_2 + (\rho_1 + \rho_2)/2}{\rho_1 + (\rho_1 + \rho_2)/2} = \frac{\rho_1 + 3\rho_2}{3\rho_1 + \rho_2}.$$

Поскольку при последовательном соединении проводников напряжение на них падает пропорционально сопротивлению, падение напряжение на резисторе  $R_2$ :

$$V_2 = U \frac{R_2}{R_1 + R_2} = U \frac{3\rho_1 + \rho_2}{4(\rho_1 + \rho_2)},$$

аналогично

$$V_4 = U \frac{R_4}{R_3 + R_4} = U \frac{\rho_1 + 3\rho_2}{4(\rho_1 + \rho_2)}.$$

Падение напряжения на резисторе  $R_2$  равно сумме падений напряжений на резисторе  $R_4$  и вольтметре:

$$V_2 = V_4 + V, \quad V = V_2 - V_4 = \frac{U}{2} \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1 + \rho_2}$$

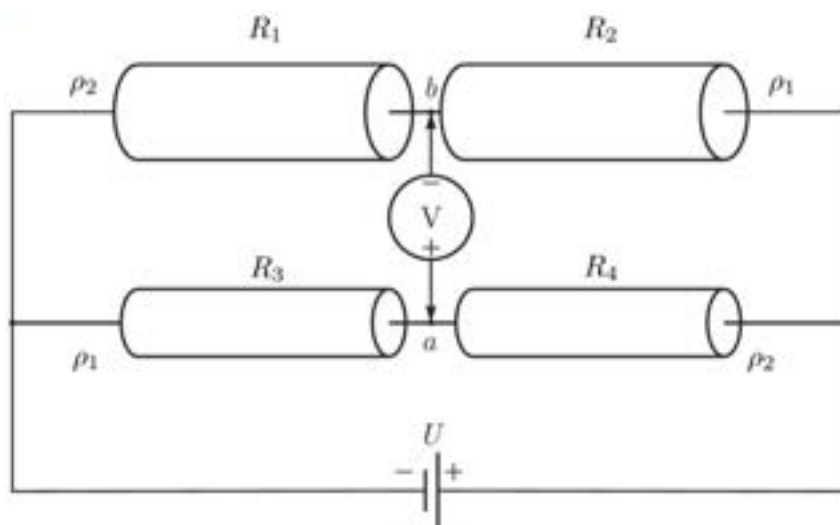


рис. 16

*Примерные критерии оценивания*

Формула расчета сопротивления проводника .....2 балла

Напряжения на проводнике при последовательном соединении.....2 балла  
 Выражение для показания вольтметра .....6 баллов

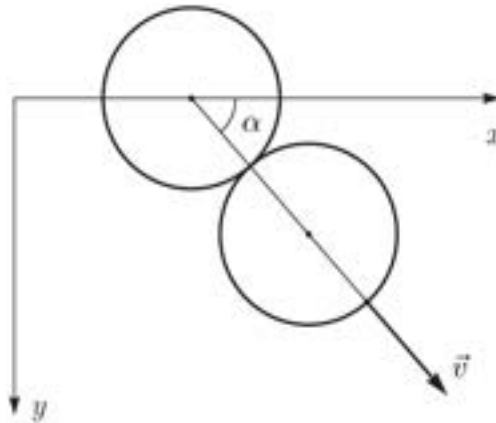
**Задача 5. Две шайбы**

Поскольку шайбы гладкие, при столкновении действующие между ними силы будут направлены вдоль прямой, соединяющей центры шайб (рис. 17). Введем обозначение  $v$  - скорость второй шайбы после столкновения. Поскольку шайбы одинаковы, их массы равны. По закону сохранения импульса скорость первой шайбы после столкновения будет равна  $v_0 - v$ . Поскольку удар абсолютно упругий, кинетическая энергия сохраняется:

$$v_0^2 = (v_0 - v)^2 + v^2 = v_0^2 - 2v_0v \cos \alpha + 2v^2, \quad v = v_0 \cos \alpha.$$

$$v \sin \alpha = v_0 \cos \alpha \sin \alpha = \frac{1}{2} v_0 \sin 2\alpha.$$

Проекция скорости второй шайбы на ось  $y$  есть  
 Проекция максимальна при  $\alpha = 45^\circ$ , в этом случае  $d = \sqrt{2}r$ .



*Примерные критерии оценивания*

Записан закон сохранения импульса.....1 балл  
 Записан закон сохранения энергии .....1 балл  
 Найдена скорость второй шайбы после удара .....4 балла  
 Правильно указано условие максимальности.....1 балл  
 Получен ответ.....3 балла

**11 класс**

**Задача 1. Ускорение доски**

Пусть  $m$  — масса бруска,  $a$  — искомое ускорение доски,  $ka$  — ускорение бруска ( $k > 1$ ),  $F$  — величина постоянной силы, действующая на брусок,  $F_{\text{тр}}$  — величина силы трения. Запишем вторые законы Ньютона для бруска и доски в проекции на горизонтальную ось:

$$F - F_{\text{тр}} = mka,$$

$$F_{\text{тр}} = Ma.$$

Если за  $t$  обозначить время движения бруска от одного края доски до другого, то в лабораторной системе отсчёта путь, пройденный бруском, равен  $L_m = kat^2 / 2$ , а путь, пройденный доской, равен  $L_M = at^2 / 2$ . Разность этих путей есть длина доски:

$$L = L_m - L_M.$$

Работа силы, приложенной к бруску, равна

$$A = F \cdot L_m = (mka + Ma) \cdot L_m.$$

Запишем закон сохранения энергии для системы «брусок+доска»:

$$A = \frac{m}{2}(kat)^2 + \frac{M}{2}(at)^2 + Q = mkaL_m + MaL_M + Q.$$

С учётом выражения для работы после сокращения получим:

$$Q = Ma(L_m - L_M) = MaL, \quad a = \frac{Q}{ML}$$

**Альтернативное решение**

Количество выделившейся при трении теплоты равно произведению силы трения на относительное перемещение трущихся тел:

$$Q = F_{\text{тр}}L, \quad F_{\text{тр}} = \frac{Q}{L}$$

Ускорение доски  $a = \frac{F_{\text{тр}}}{M} = \frac{Q}{LM}$

**Примерные критерии оценивания решения (1)**

Использован второй закон Ньютона для доски .....	1 балл
Использован второй закон Ньютона для бруска .....	1 балл
Записано выражение для пути, пройденного бруском .....	1 балл
Записано выражение для пути, пройденного доской .....	1 балл
Записано выражение для разности путей .....	1 балл
Записан закон сохранения энергии .....	1 балл
Получен ответ .....	4 балла



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

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

*Примерные критерии оценивания альтернативного решения*

Формул для количества теплоты $Q = F_{\text{тр}} L$ .....	4 балла
Найдена сила трения .....	2 балла
Найдено ускорение доски .....	4 балла

**Задача 2. Маятник**

Обозначим массу шарика  $m$ , а длину нити  $l$ . Обратим внимание на то, что шарик в любой момент движется по окружности радиуса  $l$ , то есть амплитуда колебаний не должна превышать  $90^\circ$ . Рассмотрим момент, когда нить составляет угол  $\varphi$  с вертикалью. Запишем второй закон Ньютона для шарика в проекции на ось, параллельную нити:

$$m \frac{v^2}{l} = T - mg \cos \varphi.$$

Из закона сохранения энергии найдём квадрат скорости шарика:

$$m \frac{v^2}{2} = mgl(\cos \varphi - \cos \alpha), \quad mv^2 = 2gl(\cos \varphi - \cos \alpha)$$

Подставив в (1), получим

$$T = mg(3 \cos \varphi - 2 \cos \alpha).$$

Видно, что сила натяжения нити минимальна при  $\varphi = \alpha$  и равна  $T_{\min} = mg \cos \alpha$ . При  $\varphi$  таком, что  $\cos \varphi = 2 \cos \alpha$ ,  $T = 4T_{\min} = 2mg \cos \varphi$ . В этот момент нормальное ускорение шарика равно

$$a_n = \frac{T - mg \cos \varphi}{m} = g \cos \varphi,$$

а тангенциальное ускорение шарика равно

$$a_t = g \sin \varphi.$$

Полное ускорение шарика  $a = g \sqrt{\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi} = g$ .

Сила натяжения нити может в 4 раза превышает минимальную, если существует такой угол  $\varphi$ , что  $\cos \varphi = 2 \cos \alpha$ , то есть

$$2 \cos \alpha \leq 1, \quad \alpha \geq 60^\circ.$$

Значит, описанная в задаче ситуация возможна при  $60^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ .

*Примерные критерии оценивания*

Найдена скорость шарика при заданном отклонении от вертикали .....	2 балла
Для шарика записан второй закон Ньютона в проекции на ось, параллельную нити ...	1 балл
Правильно указан момент, когда натяжение нити минимально .....	1 балл
Найдено искомое ускорение .....	3 балла
Указано, что $\alpha < 90^\circ$ .....	1 балл

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

Найдена минимальная амплитуда колебаний, при которой возможна описанная в задаче ситуация ( $60^\circ$ ).....2 балла

**Задача 3. Перезарядка конденсаторов**

Нужно рассмотреть два случая: малых напряжений  $U_0$ , когда правый конденсатор вообще не будет заряжаться, так как напряжение на среднем конденсаторе не превзойдёт напряжение открытия диода  $U_D$ , и случая, когда заряжается и правый конденсатор. Если диод не открывается, то первоначальный заряд левого конденсатора делится поровну между двумя конденсаторами. Напряжения на конденсаторах через большой промежуток времени после замыкания ключа:

$$U_1 = \frac{U_0}{2}, \quad U_2 = \frac{U_0}{2}, \quad U_3 = 0 \quad (\text{..... право}).$$

Видно, что этот случай реализуется при  $U_D \geq U_0/2$ . Выделившееся в цепи количество теплоты  $Q$  найдём из закона сохранения энергии:

$$Q = \frac{CU_0^2}{2} - 2 \frac{C(U_0/2)^2}{2} = \frac{CU_0^2}{4}.$$

Поскольку ток через диод не течёт, всё тепло выделилось на резисторе.

Теперь рассмотрим случай  $U_D < U_0/2$ . При зарядке правого конденсатора напряжение на нём  $U_3$  будет меньше, чем напряжение на среднем  $U_2$  на величину  $U_D$ . Напряжения на левом и среднем конденсаторах  $U_1$  и  $U_2$  к окончанию перезарядки будут равными:  $U_1 = U_2 = U$ . Условие сохранения заряда:

$$CU_0 = 2CU + C(U - U_D), \quad U = \frac{U_0 + U_D}{3}$$

Общее количество теплоты, выделившееся к концу процесса в схеме будет равно разности начальной и конечной энергий конденсаторов:

$$Q = \frac{CU_0^2}{2} - 2 \frac{CU^2}{2} - \frac{C(U - U_D)^2}{2} = \frac{C(U_0^2 - U_D^2)}{3}.$$

Напряжение на третьем конденсаторе:

$$U_3 = U - U_D = \frac{(U_0 - 2U_D)}{3}.$$

Тепло, выделившееся на диоде

$$Q_D = q_D \cdot U_D,$$

где  $q_D = CU_3$  — заряд правого конденсатора к концу процесса перезарядки. Таким образом

$$Q_D = \frac{C(U_0 U_D - 2U_D^2)}{3}.$$

Остальное тепло выделится на резисторе:

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

$$Q_R = Q - Q_D = \frac{C(U_0^2 - U_0 U_D + U_D^2)}{3}.$$

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

*Примерные критерии оценивания*

Рассмотрен и проанализирован случай $U_D \geq U_0 / 2$ .....	3 балла
Для случая $U_D < U_0 / 2$ :	
Указано, что $U_3 = U_2 - U_D$ .....	1 балл
Указано, что $U_1 = U_2$ .....	1 балл
Найдены напряжения $U_1, U_2, U_3$ .....	1 балл
Записан закон сохранения энергии .....	1 балл
Найдено всё выделившееся тепло $Q$ .....	1 балл
Найдено тепло, выделившееся на диоде $Q_D$ .....	1 балл
Найдено тепло, выделившееся на резисторе $Q_R$ .....	1 балл

**Задача 4. Циклический процесс**

График процесса состоит из четырёх прямых, каждую из которых можно задать уравнением вида

$$y + nx = c,$$

где  $y = \ln(p / p_0)$ ,  $x = \ln(V / V_0)$ , а  $c$  — некоторая константа. Для участков АВ и CD  $n = 1$ , а для участков ВС и AD  $n = 4/3$ . Произведя потенцирование выражения, получим

$$pV^n = c_1, \quad c_1 = p_0 V_0^n e^{c_1}$$

Участки АВ и CD описываются уравнением  $pV = \text{const}$ , то есть являются изотермами, а участки ВС и AD описываются уравнением  $pV^{4/3} = \text{const}$ , то есть являются адиабатами (газ многоатомный). Значит, исследуемый процесс есть цикл Карно, его КПД

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1},$$

где  $T_1$  — температура на верхней изотерме, а  $T_2$  — на нижней. Из уравнения состояния идеального газа следует, что

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_D V_D}{p_B V_B} = \frac{p_D}{p_B} = e^{-0,2} = 0,82.$$

Откуда

$$\eta = 18\%.$$

*Примерные критерии оценивания*

Показано, что участки АВ и CD — изотермы .....	2 балла
Показано, что участки ВС и AD — адиабаты .....	2 балла
Выражение для КПД цикла Карно .....	2 балла
Получен ответ .....	4 балла

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

**Задача 5. Провисла-натянулась**

1. Пусть  $T$  — сила натяжения резинки, тогда сила, действующая со стороны блока на брусок 3 равна  $2T$ . Ускорения брусков обозначим  $a_1$ ,  $a_2$  и  $a_3$  соответственно. По второму закону Ньютона

$$m_1 a_1 = T; m_2 a_2 = T; m_3 a_3 = 2T.$$

Тогда тоже отношение справедливо для изменения импульсов (с учётом направлений)

$$m_1 v_1 = m_2 v_2 = (V - v_3) \frac{m_3}{2}.$$

Скорость изменения длины резинки  $dL/dt = 2v_3 - (v_1 + v_2)$  при наибольшем растяжении обращается в ноль, то есть  $v_1 + v_2 = 2v_3$ .

Откуда

$$v_3 = V \frac{m_3 (m_1 + m_2)}{(4m_1 m_2 + m_1 m_3 + m_3 m_2)};$$

$$v_1 = V \frac{2m_3 m_2}{(4m_1 m_2 + m_1 m_3 + m_3 m_2)};$$

$$v_2 = V \frac{2m_3 m_1}{(4m_1 m_2 + m_1 m_3 + m_3 m_2)}.$$

2. Остаётся в силе следствие второго закона Ньютона

$$m_1 v_1 = m_2 v_2 = \frac{m_3 (V - v_3)}{2}.$$

При возвращении резинки снова в ненатянутое состояние, по закону сохранения энергии:

$$m_1 \frac{v_1^2}{2} + m_2 \frac{v_2^2}{2} + m_3 \frac{v_3^2}{2} = m_3 \frac{V^2}{2}.$$

Откуда

$$v_3 = V \frac{(m_1 m_3 + m_3 m_2 - 4m_1 m_2)}{(4m_1 m_2 + m_1 m_3 + m_3 m_2)};$$

$$v_1 = V \frac{4m_3 m_2}{(4m_1 m_2 + m_1 m_3 + m_3 m_2)};$$

$$v_2 = V \frac{4m_3 m_1}{(4m_1 m_2 + m_1 m_3 + m_3 m_2)}.$$

3. Подставляю в полученную в первом пункте формулу числовые значения, находим

$$v_3 = \frac{9}{17} \text{ м/с}.$$

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

*Примерные критерии оценивания*

Записаны вторые законы Ньютона для брусков .....	1 балл
Из связи между ускорениями получена связь между скоростями .....	1 балл
Пункт 1:	
Найдены искомые скорости .....	3 балла
Пункт 2:	
Записан закон сохранения энергии .....	1 балл
Найдены искомые скорости .....	3 балла
Пункт 3:	
Получен ответ .....	1 балл