

Критерии оценивания и ответы  
Всероссийская олимпиада школьников по физике 2024-2025 года  
Муниципальный этап.

11 класс

Время выполнения 230 минут.

Каждая задача оценивается в 10 баллов

**Задача 1.**

Тело массой  $m = 1$  кг запустили с башни высотой  $h = 60$  м с начальной скоростью  $v_0 = 40$  м/с. Через время  $\tau = 2$  сек полета его кинетическая энергия оказалась равна  $E_k = 600$  Дж. Через сколько секунд после броска тело упало на Землю? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивлением воздуха пренебречь.

**Решение:**

1. Сделаем рисунок с осями ОХ и ОУ и найдем проекции скорости тела на соответствующие оси координат  $v_x = v_{ox} = \text{const}$  и  $v_y = v_{oy} - gt$ .

2. Найдем в момент времени  $\tau$  кинетическую энергию тела

$$E_k = \frac{m(v_x^2 + v_y^2)}{2} = \frac{m(v_o^2 - 2v_{oy}g\tau + g^2\tau^2)}{2}$$

3. Тогда проекция начальной скорости на ось ОУ будет равна:

$$v_{oy} = \frac{v_o^2}{2g\tau} - \frac{E_k}{mg\tau} + \frac{g\tau}{2} = 20 \text{ м/с.}$$

4. Пусть координату  $y$  отсчитываем от уровня земли, тогда для тела в момент падения:

$$y = h + v_{oy}t - \frac{gt^2}{2} = 0.$$

5. Решая квадратное уравнение  $60 + 20t - 5t^2 = 0$  получим, что у него имеется единственный положительный корень, который и будет нашим ответом:  $t = -2$  и  $6$  с.

$t = 6$  сек.

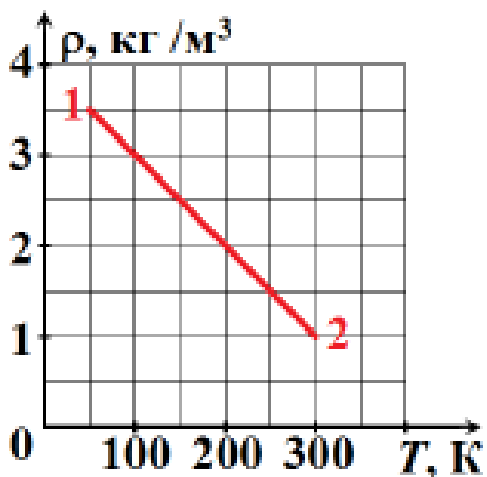
№		Баллы
1	Сделан рисунок и найдены проекции скорости тела на оси координат: $v_x = v_{ox} = \text{const}$ и $v_y = v_{oy} - gt$	1+1
2	Найдена в момент времени $\tau$ кинетическая энергия тела	2
3	Найдена проекция начальной скорости на ось ОУ	2
4	Найдем уравнение для координату $y$ в момент падения	2

5	Решено квадратное уравнение	1
6	Получен правильный ответ	1

**Ответ:** 6 с.

### Задача 2.

На графике зависимости плотности гелия  $\rho$  от абсолютной температуры газа  $T$  приведен процесс. Определите диапазон значений давления, которые газ принимал в данном процессе. Молярная масса гелия  $\mu = 4$  г/моль, универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(мольК).



### Решение:

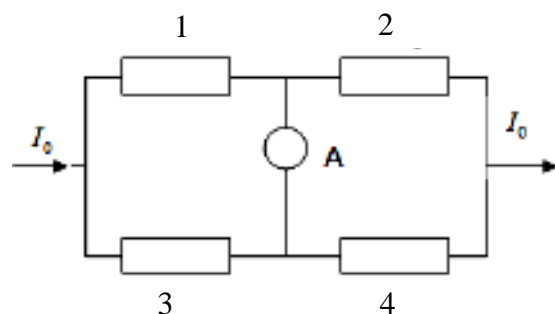
- Представим уравнение Менделеева-Клапейрона, используя определение плотности  $\rho = m/V$  в виде:  $PV = \frac{m}{\mu} RT = \frac{\rho RT}{\mu}$ .
- Из графика определим зависимость плотности от температуры. Зависимость является линейной.  
Определим коэффициенты и запишем уравнение:  $\rho(T) = 4 - 0,01T$ .
- Получим выражение для зависимости давления от температуры, подставив значения в п.1:  $P(T) = 8,31(T - 0,0025 \times T^2)$  кПа.
- Исследуем квадратичную зависимость и найдем максимум давления:  
 $p_{\max} = p(200) = 831$  кПа.
- Для нижней границы выбираем из двух значений по краям диапазона:  
 $p_{\min} = p(50) = 363,6$  кПа.

№		Баллы
1	Записано уравнение Менделеева-Клапейрона через плотность	1
2	Из графика определена зависимость плотности от температуры	3
3	Записано уравнение $P(T)$	2
4	Найдено максимальное давление $p_{\max} = p(200) = 831$ кПа	2
5	Найдено минимальное давление $p_{\min} = p(50) = 363,6$ кПа	2

**Ответ:** от 363,6 кПа до 831 кПа.

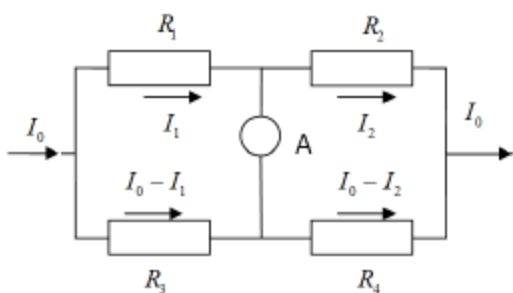
### Задача 3.

Какой ток будет идти через амперметр в электрической цепи, изображённой на рисунке, если сопротивление этого амперметра значительно меньше сопротивлений в её ветвях, а  $R_1 = r$ ;  $R_2 = 2r$ ;  $R_3 = 3r$ ;  $R_4 = 4r$  и  $I_0 = 1$  А?



### Решение:

1. Токи через сопротивления обозначим так, как показано на рис. Так как сопротивление амперметра много меньше сопротивлений ветвей цепи, то сопротивления 1 и 3 можно считать соединенными параллельно, так же, как и сопротивления 2 и 4. Поскольку напряжение на первом и третьем сопротивлениях будут одинаковыми, то есть  $R_1 I_1 = R_3 (I_0 - I_1)$ .



2. Одинаковыми будут напряжения и на втором и четвёртом сопротивлениях, поэтому  $R_2 I_2 = R_4 (I_0 - I_2)$ .

3. Из этих соотношений найдем:  $I_1 = \frac{R_3 I_0}{R_1 + R_3}$  и  $I_2 = \frac{R_4 I_0}{R_2 + R_4}$

4. Тогда ток, идущий через амперметр будет равен:  $I_A = I_1 - I_2$  и подставляя полученные выражения получим:  $I_A = \frac{R_3 I_0}{R_1 + R_3} - \frac{R_4 I_0}{R_2 + R_4} = \frac{1}{12} I_0 = \frac{1}{12} \text{ А}$ .

№		Баллы
1	Найдено что $R_1$ и $R_3$ параллельны, как и $R_2$ и $R_4$	1
2	Получены соотношения $R_1 I_1 = R_3 (I_0 - I_1)$ и $R_2 I_2 = R_4 (I_0 - I_2)$	1
3	Найдены силы тока $I_1$ и $I_2$	1
4	Найдена сила тока, идущий через амперметр $I_A = I_1 - I_2$	1
5	Получено верное значение $I_A = \frac{1}{12} A$ .	

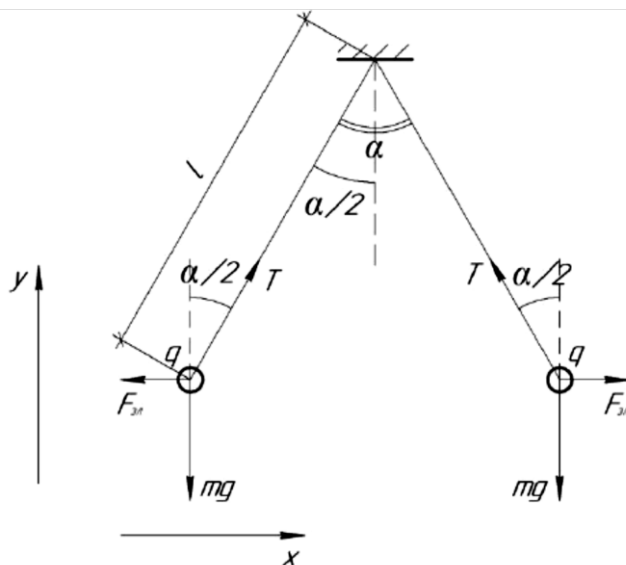
**Ответ:**  $\frac{1}{12} A$ .

#### Задача 4.

Экспериментатор Глюк, разбирая свой архив, обнаружил рисунок его старого опыта с двумя шариками массой по 1 г подвешенными на нитях длиной 0,5 м в одной точке. В опыте после сообщения им отрицательного заряда угол между нитями стал  $60^\circ$ . Чему равна сила их электрического взаимодействия?

#### Решение:

После сообщения каждому из шариков отрицательного заряда они разойдутся на угол  $\alpha$  (как показано на рисунке), при этом в какой-то момент времени шарики придут в равновесие. В этом состоянии на каждый шарик действуют три силы: сила тяжести  $mg$ , искомая кулоновская сила отталкивания  $F_{эл}$  и сила натяжения нити  $T$ . Запишем второй закон Ньютона в проекции на обе оси координат.



$$T \times \sin (\alpha/2) = F_{эл}$$

$$T \times \cos (\alpha/2) = mg$$

Поделим верхнее уравнение на нижнее и получим, что:

$$\operatorname{tg} (\alpha/2) = F_{эл}/mg.$$

Тогда получаем общее решение задачи:  $F_{эл} = \operatorname{tg} (\alpha/2) / mg$ .

Найдем численный ответ:  $F_{эл} = 0,001 \times 10 \times \operatorname{tg} (60/2) = 5,8 \text{ мН}$ .

№		Баллы
1	Сделан рисунок	2
2	Записан второй закон Ньютона в проекции на обе оси координат.	1+1
3	Получено выражение для тангенса	2
4	Получена формула для силы Кулона	2
5	Получен верный численный ответ	2

### Задача 5. Псевдоэксперимент

Экспериментатор Глюк в баллистической лаборатории измерял зависимости значений скоростей  $v$  брошенных вверх двух шариков от высоты  $h$  над уровнем стола. Результаты его измерений для последовательных моментов времени представлены в таблице.

К сожалению, в спешке в таблицу с результатами измерений попали данные для двух разных шариков.

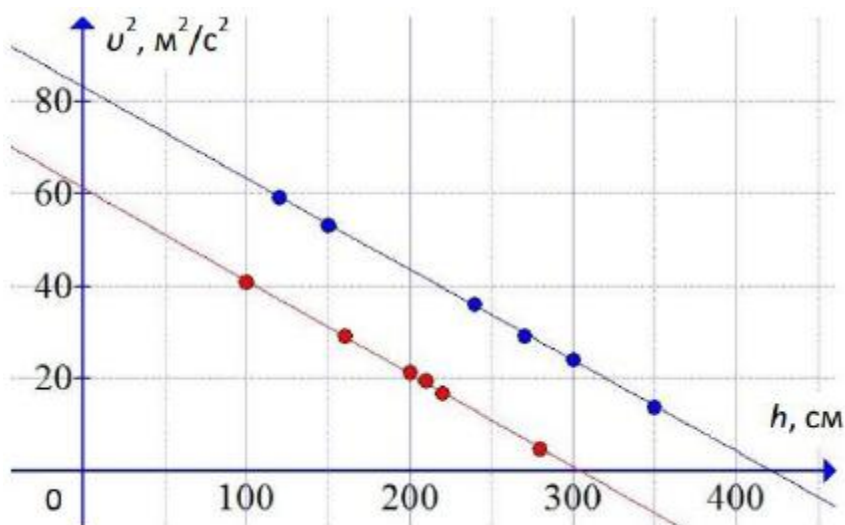
1. Определите, какие данные относятся к одному, а какие к другому шарiku. Для этого постройте график с результатами измерений в таких координатах, в которых он должен быть линейным.
2. Рассчитайте, во сколько раз отличаются максимальные высоты подъёма шариков над столом.
3. Определите времена полёта шариков. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$h$ , см	220	240	350	150	280	160	270	120	300	210	100	200
$v$ , м/с	4,1	6,0	3,7	7,3	2,2	5,4	5,5	7,7	4,9	4,4	6,4	4,6

### Решение:

Возможное решение

1. Из закона сохранения энергии для любого шарика  $\frac{mv_o^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh$  сделав упрощение получаем выражение  $v_o^2 = v^2 + 2gh$ , где  $v_o$ - скорость на уровне стола.
2. Следовательно, зависимость скорости от высоты будет линейной, например, в осях  $v^2(h)$ .
3. Построим графики для двух шариков.



4. Все точки хорошо разделяются, ложась на две прямые. Таким образом, одному шарiku принадлежат точки (см. табл. ниже).

№	1	2	3	4	5	6
$h$ , см	120	150	240	270	300	350
$v$ , м/с	7,7	7,3	6,0	5,5	4,9	3,7

А другому (см. табл. ниже).

№	1	2	3	4	5	6
$h$ , см	100	160	200	210	220	280
$v$ , м/с	6,4	5,4	4,6	4,4	4,1	2,2

5. Прямые пересекают ось  $h$  в точках 310 см и 425 см. Это максимальные высоты подъёма шариков. Отличаются примерно в 1,37 раза.

6. Время полёта шарика может быть найдено, как удвоенное время падения без начальной скорости с максимальной высоты  $t = 2\sqrt{\frac{2h}{g}}$ . Для одного шарика  $t_1 \approx 1,57$  с, для другого  $t_2 \approx 1,84$  с.

№		Баллы
1	Найдено из закона сохранения энергии $\frac{mv_o^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh$ выражение для скоростей $v_o^2 = v^2 + gh$	1
2	Определена линейная зависимость скорости от высоты $v^2(h)$	2
3	Построены графики $v^2(h)$	3
4	Разделены экспериментальные точки для двух шариков	1

5	Найдены из графиков максимальные высоты подъёма для обоих шариков	1+1
6	Найдены времена полета обоих шариков	1+1

**Ответ:** 1,57 с и 1,84 с.