

## Олимпиада по физике (2022/23 учебный год)

### КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

#### Муниципальный этап

#### 7 класс

#### Задача 1

##### *Возможное решение*

Переведём скорость стрекозы в метры в секунду. Так, как она считает желтые полосы, а пройденное расстояние при этом равно сумме длин белой и жёлтых полос, то в размерности скорости полос/взмах, одна полоса имеет длину 0,8 м. Один взмах стрекоза делает за 1/1600 секунды, то её скорость  $v = 1/64$  полос/взмах будет равна  $v = 0,8 \cdot 1600/64 = 20 \text{ м/с}$ .

Найдём время за которое пролетит стрекоза переход. Длина перехода, делим на скорость  $8/20 = 0,4 \text{ (с)}$ . За это время автомобиль пройдёт расстояние  $15 \text{ м/с} \cdot 0,4 \text{ с} = 6 \text{ м}$ , автомобиль от перехода может находиться расстоянии  $10 \text{ м} - 6 \text{ м} = 4 \text{ м}$  и  $10 + 6 = 16 \text{ м}$ .

(Можно находить за сколько взмахов пролетит переход стрекоза, а затем перевести в секунды).

<i>Критерии оценивания</i>	<i>Баллы</i>
Одна полоса имеет длину 0,8 м	<b>1 балл</b>
Один взмах стрекоза делает за 1/1600 секунды	<b>1 балл</b>
Переведена скорость стрекозы в метры в секунду $v = 20 \text{ м/с}$	<b>2 балла</b>
Найдено время за которое пролетит стрекоза переход 0,4(с)	<b>1 балл</b>
Найдено, что автомобиль пройдёт расстояние 6м	<b>1 балл</b>
Даны ответы 10м и 16м	<b>2 балла и 2 балла</b>

#### Задача 2

##### *Возможное решение*

Согласно условию задачи, в момент встречи до пристани Б было 12 км, что меньше 16 км. Так как катера одинаковые это значит, что катер, плывущий из Б в А, плывет вверх по течению. Таким образом, пристань А выше по течению.

Если обозначить скорость течения  $V$ , а скорость катера относительно воды  $u$ , то выполняется уравнение  $16/(V+u)=12/(V-u)$ , так как время движения катеров от отплытия до встречи - одно и то же.

Решая уравнение, получаем,  $u=7V$ , т.е. скорость катера в 7 раз больше скорости течения.

<i>Критерии оценивания</i>	<i>Баллы</i>
Указано, что в момент встречи до пристани Б было 12 км, что меньше 16 км	<b>1 балл</b>
Указано, что катер, плывущий из Б в А, плывет вверх по течению. Таким образом, пристань А выше по течению	<b>1 балл</b>
Получено уравнение $16/(V+u)=12/(V-u)$	<b>5 баллов</b>
Получено $u=7V$	<b>3 балла</b>

### Задача 3

#### *Возможное решение*

«Замедленная съёмка». Для нахождения средней скорости необходимо разделить пройденный телом путь  $S$  на время движения  $t$ , то есть  $v_{cp}=S/t$  (1). Обозначим расстояние между двумя соседними большими делениями на мензурке буквой  $s$ , промежутки времени, через которые производилась съёмка, – буквой  $t$ . Тогда на участке а-б средняя скорость движения шарика  $4s/t$  (2), на участке а-в –  $9s/(2t)=4,5s/t$  (3), на участке а-г –  $13s/(3t)=4,3s/t$  (4), на участке а-д –  $18s/(4t)=4,5s/t$  (5). Получается, что максимальная средняя скорость была на участках а-в и а-д (6).

<i>Критерии оценивания</i>	<i>Баллы</i>
Рассуждение (1)	<b>1 балл</b>
Формула (2) или результат	<b>2 балла</b>
Формула (3) или результат	<b>2 балла</b>
Формула (4) или результат	<b>2 балла</b>
Формула (5) или результат	<b>2 балла</b>
Вывод (6)	<b>1 балл</b>

#### Задача 4

##### *Возможное решение*

Средняя скорость  $v_{\text{ср}} = 3s/t_{\text{об}}$ . (1), где  $t_{\text{об}}$  всё время движения равное  $t_{\text{об}} = t_1 + t_2 + t_3$  (2), где  $t_1 = s/v_0$ ,  $t_2 = s/2v_0$  и  $t_3 = s/3v_0$ . Подставив эти выражения в (2) получим  $t_{\text{об}} = 11s/6v_0$ . Подставив  $t_{\text{об}}$  в (1) получим  $v_{\text{ср}} = 18v_0/11$  (3). Подставив численное значение  $v_0$ , получим  $v_{\text{ср}} = 36 \text{ км/час}$ .

<i>Критерии оценивания</i>	<i>Баллы</i>
Формула (1)	<b>2 балла</b>
Формула (2) с $t_1 = s/v_0$ , $t_2 = s/2v_0$ и $t_3 = s/3v_0$	<b>2 балла</b>
Получено $t_{\text{об}} = 11s/6v_0$	<b>2 балла</b>
Формула (3)	<b>2 балла</b>
Ответ $v_{\text{ср}} = 36 \text{ км/час}$	<b>2 балла</b>

## 8 класс

### Задача 1

#### Возможное решение

По условию, банки заполняются содержимым доверху, следовательно, объём ягод в первой банке равен  $V_{01}=V-V_1$  (1), численно  $V_{01}=0,2\text{л}=200\text{см}^3$ , во второй –  $V_{02}=V-V_2$  (2),  $V_{02}=0,4\text{л}=400\text{см}^3$ , в третьей –  $V_{03}=V-V_3$  (3),  $V_{03}=0,2\text{л}=200\text{см}^3$ . Плотность ягод в первой банке  $\rho_1=m_1/V_{01}$  (4), численно  $\rho_1=0,5\text{ г/см}^3$ , во второй –  $\rho_2=m_2/V_{02}$  (5),  $\rho_2=0,6\text{г/см}^3$ . По условию, объёмы ягод в третьей банке должны быть одинаковыми, то есть равными  $V_{03}=V_{01}/2$  (6),  $V_{03}=100\text{см}^3$ . Тогда масса одних ягод в третьей банке будет равна  $m_{31}=\rho_1 \cdot V_{03}=50\text{г}$ , (7) других –  $m_{32}=\rho_2 \cdot V_{03}=60\text{г}$ . (8).

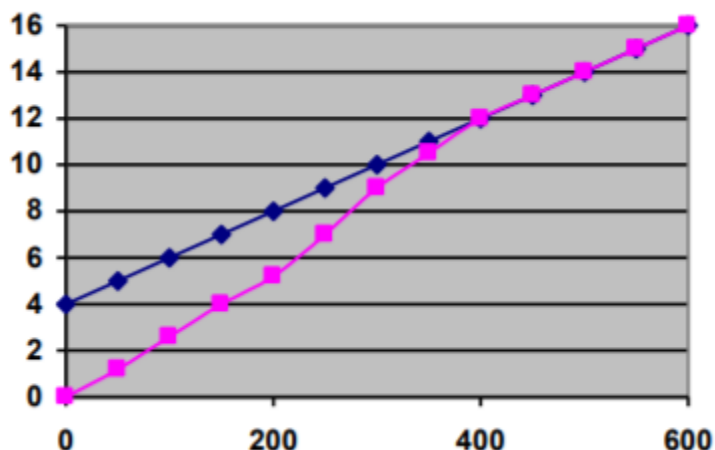
Критерии оценивания	Баллы
Формула (1) и/или численный результат	<b>1 балл</b>
Формула (2) и/или численный результат	<b>1 балл</b>
Формула (3) и/или численный результат	<b>1 балл</b>
Формула (4) и/или численный результат	<b>2 балла</b>
Формула (5) и/или численный результат	<b>2 балла</b>
Рассуждение (6) и/или численный результат	<b>1 балл</b>
Результат (7)	<b>1 балл</b>
Результат (8)	<b>1 балл</b>

### Задача 2

#### Возможное решение

По табличным данным построим график зависимости  $h(v)$ . Из графика следует, что линейный характер этой зависимости начинается после объёма  $400\text{ см}^3$ , и добавляемая жидкость распределяется по всему сечению сосуда равномерно. По угловому коэффициенту наклона этой части графика найдём

площадь сечения сосуда:  
 $S=\Delta v/\Delta h=200/4=50\text{ см}^2$ .



Проведём экстраполяцию линейного участка до нулевого объёма добавленной жидкости. В результате получим значение высоты "нулевого" уровня  $h_0=4\text{см}$ . Это позволяет найти суммарный объём четырёх  $v_4=S h_0$  и одного шарика  $v_1=S h_0/4 =50\text{см}^3$ .

<i>Критерии оценивания</i>	<i>Баллы</i>
Построен график зависимости $h(v)$	<b>3 балла</b>
Утверждение: линейный характер этой зависимости начинается после объёма $400\text{ см}^3$ , и добавляемая жидкость распределяется по всему сечению сосуда равномерно	<b>1 балл</b>
Найдена площадь сечения сосуда $S= 50\text{ см}^2$	<b>3 балла</b>
Получено значение высоты "нулевого" уровня $h_0=4\text{см}$	<b>1 балл</b>
Найден объём одного шарика $v_1=S h_0/4 =50\text{см}^3$	<b>2 балла</b>

### Задача 3

#### *Возможное решение*

Путь – это площадь под графиком зависимости скорости от времени, а в условии задачи дан именно этот график, поэтому для определения пути  $L$  считаем площадь под графиком

$$L = 2V_0\tau_0 + 2V_02\tau_0 - \frac{\pi}{4}V_0\tau_0 + 3V_0\tau_0 + 2V_0\tau_0 + \frac{\pi}{4}V_0\tau_0 = 11V_0\tau_0.$$

Время движения равно  $5\tau_0$ . Средняя скорость равна

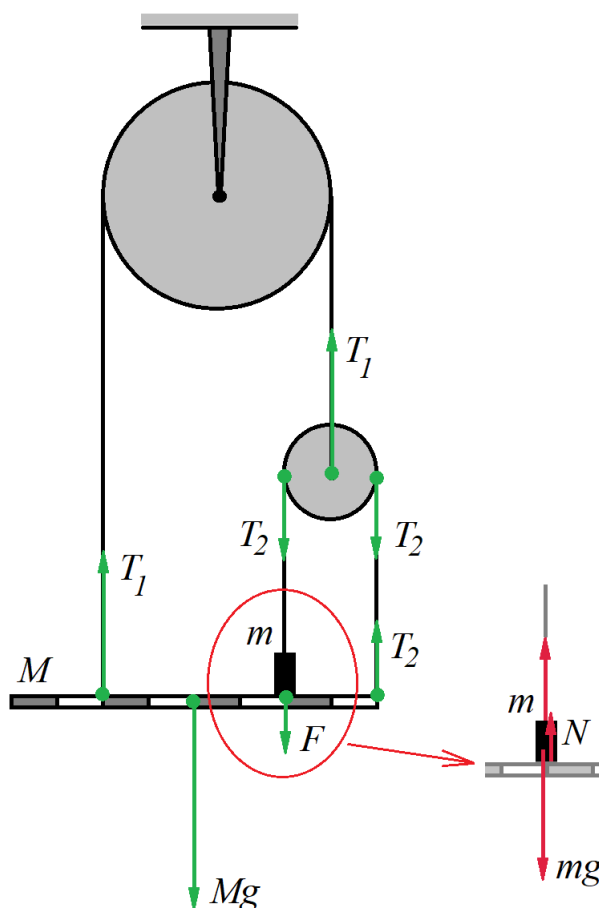
$$V_{cp} = \frac{11V_0\tau_0}{5\tau_0} = \frac{11}{5}V_0.$$

<i>Критерии оценивания</i>	<i>Баллы</i>
Указано: Путь частицы определяется по площади под графиком	<b>2 балла</b>
Найден путь, пройденный частицей	<b>4 балла</b>
Найдено время движения частицы $5\tau_0$	<b>1балл</b>
Средняя скорость движения	<b>3 балла</b>

### Задача 4

#### *Возможное решение*

Расставим силы, действующие на стержень и груз (см. рисунок). Обозначения для сил натяжения и точки приложения всех сил указаны на рисунке.



Запишем условие покоя стержня:

$$T_1 + T_2 = Mg + F.$$

Запишем условие покоя груза:

$$T_2 + N = mg.$$

По третьему закону Ньютона

$$F = N.$$

Для стержня запишем правило моментов (относительно оси, проходящей через точку крепления левой нити)

$$2aMg + 4aF = 6aT_2.$$

Здесь введено обозначение  $a$  – длина одной секции стержня (его полная длина равна  $8a$ ).

Так как неподвижные блоки невесом, то

$$T_1 = 2T_2.$$

Из записанных выражений получаем

$$3T_2 = Mg + F;$$

$$Mg + 2F = 3T_2;$$

$$F = mg - T_2.$$

Проделав небольшие

математические преобразования, получим нужное отношение

$$\frac{M}{m} = 3.$$

В этом случае сила давления тела на стержень равна  $F = 0$ .

Критерии оценивания	Баллы
Расставлены силы, действующие на стержень и груз	1 балл
Условия равновесия стержня: - уравнение $T_1 + T_2 = Mg + F$ - равенство моментов (либо указанное в решении, либо относительно другой оси, но верное – с плечами)	1 балл 2 балла
Условие равновесия груза	1 балл
Записана связь сил натяжения нитей $T_1 = 2T_2$	1 балл
Найдено отношение $M/m = 3$	2 балла
Определена сила давления $F = 0$	2 балла

## 9 класс

### Задача 1

#### Возможное решение

Выберем начало координат в точке А. Тогда координата точки в момент  $t_0$  будет  $x_0=a(t_0)^2/2$ , а скорость  $v_0=at_0$ . Далее рассмотрим второе движение с начальной координатой  $x_0$ , начальной скоростью  $v_{0x}=v_0$  и ускорением  $a_x=-a$ . уравнение этого движения:  $x_t=x_0+v_{0x}t+a_x t^2/2=a(t_0)^2/2+at_0t-at^2/2$ . Можно найти время через которое во втором движении тело придет в точку А:  $x_{t_1}=a(t_0)^2/2+at_0t-at^2/2=0$ . Решение уравнения:  $t_1=(1+\sqrt{2})t_0$ . Тогда время от начала движения через которое тело вернётся в точку А:  $t_{06}=t_0+t_1=(2+\sqrt{2})t_0$ .

Критерии оценивания	Баллы
Найдены координата точки и скорость в момент $t_0$	<b>1 балл</b>
Записано уравнение движения на втором этапе	<b>3 балла</b>
Решено уравнение движения на втором этапе $t_1=(1+\sqrt{2})t_0$	<b>3 балла</b>
Получен ответ	<b>3 балла</b>

### Задача 2

#### Возможное решение

Запишем условие, когда погружённая в воду бутылка с водой тонет  $\rho_v V_{об} g < (m_{ст} + m_в) g$ , где  $m_{ст}$  – масса стекла из которого изготовлена бутылка,  $m_в$  – масса воды в бутылке,  $V_{об}$  – объём бутылки.

Найдём объём бутылки  $V_{об} = (m_{ст} + m_в) / \rho_v$ , где  $m_в = 0,250 \text{ кг}$ .

Найдём объём стекла из которого изготовлена бутылка  $V_{ст} = V_{об} - V_{ём}$ , где  $V_{ём}$  – ёмкость бутылки.

Запишем выражение для плотности стекла  $\rho_{ст} = m_{ст} / V_{ст}$  и найдём  $\rho_{ст} = m_{ст} / (m_{ст} / \rho_v + m_в / \rho_v - V_{ём})$

Подставив числовые значения и получим  $\rho_{ст} = 2250 \text{ кг/м}^3$

Критерии оценивания	Баллы
Записано условие $\rho_v V_{об} g < (m_{ст} + m_в) g$	<b>1 балл</b>
Найден объём бутылки $V_{об} = (m_{ст} + m_в) / \rho_v$	<b>1 балл</b>
Указано, что $m_в = 0,250 \text{ кг}$	<b>1 балл</b>

Найден объём стекла ёмкость бутылки	$V_{ст} = V_{об} - V_{ём}$ , где $V_{ём}$ -	<b>1 балл</b>
Записано выражение	$\rho_{ст} = m_{ст} / V_{ст}$	<b>1 балл</b>
Найдено	$\rho_{ст} = m_{ст} / (m_{ст} / \rho_{в} + m_{г} / \rho_{г} - V_{ём})$	<b>2 балла</b>
Дан ответ	$\rho_{ст} = 2250 \text{ кг/м}^3$	<b>3 балла</b>
(При решении задачи не в общем виде, при правильном ответе –10 баллов)		



### Задача 3

#### Возможное решение

Так как частица движется вдоль прямой причем движение начинается в точке с координатой  $x_0$ , и частица движется до точки с координатой  $4x_0$ , затем возвращается в точку с координатой  $x_0$ , то путь, пройденный частицей  $L=6x_0$ .

Время движения частицы по графику зависимости обратной скорости частицы от ее координаты, определяется по площади под графиком, так как  $\Delta t = (1/\Delta v) \cdot \Delta x$ . Найдем площадь под графиками трех линейных участков:  
 $t_1 = x_0 / 2v_0 + 0,5 x_0 (1/v_0 - 1/2v_0) = 3x_0 / 4v_0$ ;  $t_2 = 2x_0 / 2v_0 + 0,5 \cdot 2x_0 (1/v_0 - 1/2v_0) = 3x_0 / 2v_0$ ;  $t_3 = 3x_0 / 2v_0$ . Время движения частицы  $t_{об} = t_1 + t_2 + t_3 = 15x_0 / 4v_0$ . - Средняя скорость движения  $v_{ср} = L/t_{об}$   $v_{ср} = 8v_0/5$ .

Критерии оценивания	Баллы
Найден путь, пройденный частицей	<b>2 балла</b>
Время движения частицы определяется по площади под графиком	<b>2 балла</b>
Найдено время движения частицы $t_{об} = 15x_0 / 4v_0$	<b>4 балла</b>
Средняя путевая скорость движения $v_{ср} = 8v_0/5$	<b>2 балла</b>

### Задача 4

#### Возможное решение

Так как угол наклона графика увеличился в момент времени  $t_1 = 1,5$  мин, то воду из чайника вылили именно в этот момент (1). Найдём объём вылитой воды: если на первом участке графика вода нагрелась на  $10^\circ\text{C}$  за 1,5 мин, а на втором участке графика на  $10^\circ\text{C}$  за 0,5 мин, то есть в 3 раза быстрее, то нагревался в 3 раза меньший объём воды. Следовательно, объём вылитой воды составил  $V_1 = 2/3$  л (2).

Так как температура и угол наклона графика уменьшились в момент времени  $t_2 = 2,5$  мин, то в этот момент в чайник долили воду (3). Сравнивая первый и третий участки графика, получаем, что в чайник долили  $V_2 = 2 \text{ л} - (V - V_1) = 5/3$  л (4).

Температуру добавленной воды найдём из уравнения теплового баланса:  $c_p (V - V_1)(45^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) = c_p V_2(30^\circ\text{C} - t_x)$  (5), откуда температура долитой воды  $t_x = 27^\circ\text{C}$  (6).

<i>Критерии оценивания</i>	<i>Баллы</i>
Вывод (1)	<b>1 балл</b>
Результат (2)	<b>2 балла</b>
Вывод (3)	<b>1 балл</b>
Результат (4)	<b>2 балла</b>
Формула (5)	<b>1 балл</b>
Результат (6)	<b>3 балла</b>

## 10 класс

### Задача 1

#### Возможное решение

Пусть  $m$ — масса бруска,  $S$ — площадь его горизонтального сечения,  $\rho_1$  и  $\rho_2$ — плотности жидкостей в первом и втором сосудах. Тогда условия плавания бруска в этих жидкостях будут иметь вид:

$$mg = (a - h_1)S\rho_1g, mg = (a - h_2)S\rho_2g.$$

Выразим плотности:

$$\rho_1 = \frac{m}{S(a - h_1)}, \quad \rho_2 = \frac{m}{S(a - h_2)}.$$

При сливании жидкостей в один сосуд объем образовавшейся смеси по условию равен сумме объемов компонент, которые, в свою очередь, равны друг другу. Отсюда следует, что плотность смеси:

$$\rho = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} = \frac{m}{2S} \left( \frac{1}{a - h_1} + \frac{1}{a - h_2} \right).$$

Условие плавания бруска в смеси имеет вид:

$$mg = (a - h)S\rho g.$$

Из последних двух соотношений получаем ответ:

$$h = \frac{a(h_1 + h_2) - 2h_1h_2}{2a - (h_1 + h_2)}.$$

**Ответ**

$$h = \frac{a(h_1 + h_2) - 2h_1h_2}{2a - (h_1 + h_2)}.$$

Критерии оценивания	Баллы
Записано условия плавания бруска в жидкостях: (по баллу за каждое)	<b>2 балла</b>
Выражения для плотности (по баллу за каждое)	<b>2 балла</b>
Найдена плотность смеси	<b>3 балла</b>
Записано условие плавания бруска в смеси	<b>1 балл</b>
Дан ответ	<b>2 балла</b>

## Задача 2

### Возможное решение

Обратим движение бомбы от момента столкновения и сравним с движением осколка. Для вектора перемещения осколка  $S = V_o t + gt^2/2$  для бомбы  $S = V_6 t + gt^2/2$ , где  $V_o$  - вектор начальной скорости осколка,  $V_6$  - начальная скорость бомбы обращённого движения, (вектор скорости бомбы при столкновении) т.к перемещения равны, то равны вектора  $V_o = V_6$ . значит траектории одинаковы и тогда пути тоже равны.

(Решение координатным методом более громоздкое)

Критерии оценивания	Баллы
Применён метод обратимости движения	4 балла
Записано выражения для вектора перемещения осколка	1 балл
Записано выражения для вектора перемещения бомбы	1 балл
Обоснован вывод о равенстве траекторий бомбы и осколка	3 балла
Дан ответ	1 балл

## Задача 3

### Возможное решение

На брусок со стороны доски действует сила трения скольжения  $F = \mu mg$  и направлена вперед по движению доски. Она может сообщить ускорение  $a = \mu g$ , ( $F = \mu mg = ma$ ). Найдём ускорение бруска относительно движущейся доски  $a_6 = a_0 - \mu g$ . Относительно доски брусок движется равноускоренно с начальной скоростью  $V_0 = 0$  и должен пройти расстояние равное длине доски. Применив формулу  $s = a_6 t^2 / 2$ , найдём  $t = \sqrt{(2s/a_6)}$ . Подставим числовые значения и получим  $t = 2c$ .

Критерии оценивания	Баллы
Утверждение, что на брусок действует сила трения скольжения $F = \mu mg$ и направлена вперед по движению доски	1 балл
Найдено максимальное ускорение, которое может сообщить сила трения $a = \mu g$	2 балла
Найдено ускорение бруска относительно движущейся доски $a_6 = a_0 - \mu g$	3 балла
Из формулы $s = a_6 t^2 / 2$ , найдено $t = \sqrt{(2s/a_6)}$	2 балла
Подставлены числовые значения и получено $t = 2c$	2 балла

#### Задача 4

##### Возможное решение

Длину  $L_0$  пружины в нерастянутом состоянии можно найти продлив график к значению массы груза равной нулю. Получим  $L_0=20$  см. Коэффициент  $k$  жесткости пружины  $k=F/\Delta x$ ,  $F=mg$ ,  $\Delta x = L - L_0$ , если массу взять  $m=400$  г, тогда  $L=60$  см и  $k=0,4 \cdot 10 / 0,4 = 10$  н/м. массу груза  $m_1$ , при которой растяжение пружины равно  $\Delta x_1 = 90$  см  $m_1 = k \Delta x_1 / g = 0,9$  кг.

Критерии оценивания	Баллы
Найдена длину $L_0$ пружины в нерастянутом состоянии	2 балла
Найден коэффициент $k$ жесткости пружины	4 балла
Найдена масса груза при которой растяжение пружины равно $x_1 = 90$ см	4 балла

#### Задача 5

##### Возможное решение

Выделим тонкое кольцо протекающей воды толщиной  $h$ . Мощность теплоты, выделяемой в этом кольце при прохождении тока, определяется законом Джоуля-Ленца

$$P = \frac{U^2}{R},$$

где  $R$  - электрическое сопротивление слоя воды, которое можно рассчитать по формуле

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Учитывая, что электрический ток идет перпендикулярно тонкому слою воды, в данном случае

$$L = R_1 - R_2; S = 2\pi R_1 h.$$

За время протекания воды через нагреватель  $\tau = \frac{l}{V}$  она получит количество теплоты

$$Q = \frac{U^2}{R} \tau = \frac{U^2 2\pi R_1 h}{\rho(R_1 - R_2)} \cdot \frac{l}{V}.$$

Этого количества теплоты должно быть достаточно, чтобы нагреть слой воды на  $\Delta t$  градусов. Для этого требуется теплота

$$Q = cm\Delta t = c\gamma \cdot \pi(R_1^2 - R_2^2)h\Delta t,$$

здесь  $\pi(R_1^2 - R_2^2)h$  - объем выделенного слоя воды,  $\gamma$ - плотность воды. Приравнивая два последних выражения, получаем формулы для вычисления скорости

$$V = \frac{2U^2 R_1}{\rho(R_1 - R_2)} \cdot \frac{l}{c\gamma(R_1^2 - R_2^2)\Delta t}.$$

Критерии оценивания	Баллы
Записан закон Джоуля-Ленца $P = \frac{U^2}{R}$	<b>1 балл</b>
Формула $R = \rho \frac{L}{S}$	<b>1 балл</b>
Учтено, что электрический ток идет перпендикулярно тонкому слою воды $L = R_1 - R_2; S = 2\pi R_1 h$	<b>1 балл</b>
Формула $Q = \frac{U^2}{R} \tau = \frac{U^2 2\pi R_1 h}{\rho(R_1 - R_2)} \cdot \frac{l}{V}$	<b>3 балла</b>
Формула $Q = c \Delta m = c\gamma \cdot \pi(R_1^2 - R_2^2)h\Delta t$	<b>3 балла</b>
Дан ответ $V = \frac{2U^2 R_1}{\rho(R_1 - R_2)} \cdot \frac{l}{c\gamma(R_1^2 - R_2^2)\Delta t}$	<b>1 балл</b>

## 11 класс

### Задача 1

#### *Возможное решение*

Для решения задачи воспользуемся законом сохранения импульса системы. Выберем систему координат так, чтобы ось  $x$  совпадала с первоначальной траекторией движения первого тела, а ось  $y$  – с траекторией движения второго тела. Тогда после слипания тела полетят вместе со скоростью  $\mathbf{u}$ , причем

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) u_x \qquad m_2 v_2 = (m_1 + m_2) u_y$$

До соударения кинетическая энергия системы была равна:

$$T = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}$$

После соударения кинетическая энергия становится равной:

$$T^* = \frac{m_1 + m_2}{2} (u_x^2 + u_y^2) = \frac{m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2}{2(m_1 + m_2)}$$

Таким образом, в результате соударения выделится количество теплоты, равное:

$$Q = T - T^* = \frac{m_1 m_2}{2(m_1 + m_2)} (v_1^2 + v_2^2) \approx 4,3 \text{ Дж}$$

<i>Критерии оценивания</i>	<i>Баллы</i>
Выражения $m_1 v_1 = (m_1 + m_2) u_x$ $m_2 v_2 = (m_1 + m_2) u_y$ (по баллу за каждое)	<b>2 балла</b>
Записана кинетическая энергия до соударения	<b>1 балл</b>
Записана кинетическая энергия после соударения	<b>2 балла</b>
Найдено выделившееся количество теплоты	<b>5 баллов</b>
(Правильно получено конечное выражение 3 балла, дан правильный числовой ответ 2 балла)	

### Задача 2

#### *Возможное решение*

Количество теплоты, необходимое для испарения воды массой  $m$ , равно  $Q = rm$ . Поскольку все тепло идет на испарение воды, то  $N = \Delta Q / \Delta t = r \Delta m / \Delta t$ . (2)

Из уравнения Менделеева-Клайперона  $pV=(m/\mu)RT$  найдем массу пара, занимающего объем  $V$ :  $m=Vp \mu/(RT)$ .

Скорость испарения

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{p\mu}{RT} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{p\mu S}{RT} \cdot v \quad (4)$$

где  $v$  - скорость истечения пара из носика чайника. Из (2) и (4) получим

$v=NRT/rp\mu S$ . Подставив данные задачи, получим числовой ответ  $v=1,5$  м/с.

<i>Критерии оценивания</i>	<i>Баллы</i>
Записано количество теплоты, необходимое для испарения воды массой $m$ , равно $Q=rm$	<b>1 балл</b>
Получена формула $N=\Delta Q/\Delta t=r\Delta m/\Delta t$	<b>3 балла</b>
Найдена масса пара $m=Vp \mu/(RT)$	<b>1 балл</b>
Найдена скорость испарения	<b>2 балла</b>
Найдена скорость истечения пара из носика чайника	<b>2 балла</b>
Числовой ответ	<b>1 балл</b>

### Задача 3

*Возможное решение*

По закону Джоуля – Ленца количество теплоты, выделяемой в проводниках, равно  $Q_1=I_1^2 R_1 t$  и  $Q_2=I_2^2 R_2 t$ . По условию  $Q_1=Q_2$ , отсюда  $I_1^2 R_1 t=I_2^2 R_2 t$  и  $I_1^2 R_1=I_2^2 R_2$  (1) Но ток в цепи равен  $I=\frac{E}{R+r}$ , поэтому  $I_1=\frac{E}{R_1+r}$ , и

$I_2=\frac{E}{R_2+r}$ , где  $r$  – внутреннее сопротивление источника тока. Подставим

значения  $I_1$  и  $I_2$  в уравнение (1) и найдем  $r$ :  $r=\sqrt{R_1 R_2}$ ; Вычислим  $r=6$  ом.

<i>Критерии оценивания</i>	<i>Баллы</i>
Выражения для количества теплоты, выделяемой в проводниках (по баллу за каждое)	<b>2 балла</b>
Получено выражение $I_1^2 R_1=I_2^2 R_2$	<b>2 балла</b>
Ток в цепи равен $I=\frac{E}{R+r}$ ,	<b>1 балл</b>
Формулы $I_1=\frac{E}{R_1+r}$ , и $I_2=\frac{E}{R_2+r}$ ,	<b>2 балла</b>
Формула $r=\sqrt{R_1 R_2}$ ;	<b>2 балла</b>
Ответ $r=6$ ом	<b>1 балл</b>



#### Задача 4

##### *Возможное решение*

После замыкания ключа конденсатор  $C_2$  зарядится и будет иметь заряд  $q=C_2E$  и энергию  $W=0,5C_2E^2$

Работа, совершенная батареей при замыкании ключа  $A= qE$ . По закону сохранения энергии  $A=W+Q$ . Подставив  $A$  и  $W$ , получим  $Q= 0,5C_2E^2$ . Отсюда  $C_2 =2Q/E^2$ .

Подставив данные задачи, получим  $C_2=2\cdot 10^{-7}\text{Ф}$  и  $C_1=4\cdot 10^{-7}\text{Ф}$ .

<i>Критерии оценивания</i>	<i>Баллы</i>
Заряд $q=C_2E$	<b>1 балл</b>
Энергия конденсатора $W=0,5 C_2 E^2$	<b>1 балл</b>
Работа, совершенная батареей при замыкании ключа $A= qE$	<b>2 балла</b>
Записан закон сохранения энергии $A=W+Q$	<b>2 балла</b>
Получено $Q= 0,5 C_2 E^2$ и $C_2 =2Q/E^2$	<b>2 балла</b>
Дан ответ $C_2=2\cdot 10^{-7}\text{Ф}$	<b>1 балл</b>
Дан ответ $C_1=4\cdot 10^{-7}\text{Ф}$	<b>1 балл</b>

#### Задача 5

##### *Возможное решение*

Скорости частицы много меньше скорости света в вакууме, поэтому можно пользоваться законами классической механики. Известно, что масса и заряд инвариантны к смене системы отсчёта. Так как мы переходим из одной инерциальной системы отсчёта (ИСО) в другую, то ускорение в ней будет тем же:  $\vec{a}' = \vec{a}$ .

В исходной ИСО это ускорение сообщает сила Лоренца  $F_{\text{л}}=qvB$

Тогда величина ускорения  $a= F/m = 0,15 \text{ м/с}^2$ .

Направления силы и ускорения определяются правилом левой руки. С учётом положительного знака заряда частицы – **в плоскости рисунка перпендикулярно скорости** вверх. В новой системе отсчёта частица в начальный момент неподвижна, поэтому магнитная составляющая поля на неё не действует, но зато появляется сила со стороны электрической компоненты электромагнитного поля напряжённостью  $E'$ . Сила,

действующая на частицу в новой СО,  $F=ma'$ . Тогда модуль напряжённости  $E=F/q = qvB/q= vB = 0,1 \text{ В/м}$ .

Направление напряжённости поля  $E'$  совпадёт с направлением ускорения.

<i>Критерии оценивания</i>	<i>Баллы</i>
1) Указано, что в разных ИСО ускорение частицы одно и то же	<b>1 балл</b>
2) Приведена формула для модуля силы Лоренца	<b>1 балл</b>
3) Записан второй закон Ньютона	<b>1 балл</b>
4) Вычислено значение ускорения	<b>1 балл</b>
5) Правильно указано направление ускорения	<b>1 балл</b>
6) Указано, что в начальный момент в новой ИСО нет магнитных сил	<b>1 балл</b>
7) Записан второй закон Ньютона в новой ИСО	<b>1 балл</b>
8) Получена формула для модуля вектора напряженности $E'$	<b>1 балл</b>
9) Вычислен модуль напряжённости $E'$ в новой ИСО	<b>1 балл</b>
10) Указано направление вектора напряжённости поля $E'$	<b>1 балл</b>