

## **Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике (2013/14 учебный год)**

### **7 класс**

Количество задач – 3. Время, отводимое на выполнение - 90 минут.

Каждая задача оценивается из 10 баллов. Полное решение задачи оценивается в 10 баллов **вне зависимости** от того, совпадает выбранный школьником способ решения с авторским или нет. Приведенные ниже критерии оценивания используются, только если решение задачи не доведено до правильного ответа.

#### **Задача 7.1**

Моторная лодка развивает скорость 10 км/ч. Из пункта А в пункт В можно добраться по озеру и по реке, оба пути одинаковой длины 120 км. Лодочник должен проехать туда и обратно, либо по реке, либо по озеру. Какой способ быстрее, если скорость течения реки 2 км/ч?

Решение:

Путь туда и обратно по озеру будет длиться  $120/10 + 120/10 = 24$  часа, тогда как по реке это будет  $120/12 + 120/8 = 25$  часов. Поэтому добраться быстрее по озеру.

*Критерии оценивания:*

Записана формула или видно из работы школьника, что скорость - это расстояние, деленное на время - 1 балл

Найдено время пути по озеру - 3 балла

Найдено время пути по реке по течению - 2 балла

Найдено время пути по реке против течения - 2 балла

Сделано сравнение и получен правильный ответ - 2 балла

#### **Задача 7.2**

Китайскому крестьянину нужно построить плот. Крестьянин знает, что хороший плот получается из 40 цельных стволов бамбука, каждый длиной 100 чи (чи – древнекитайская мера длины, 1 чи = 30,12 см). Беда в том, что весь бамбук в округе вчера вырубили. Сколько времени придется ждать, пока он не вырастет заново, если бамбук за сутки вырастает на 75,3 см, а в округе есть 60 бамбуковых растений?

Решение:

Поскольку стволы должны быть цельными, нужно подождать пока каждое дерево вырастет до высоты 100 чи, а потом срубить 40 из них. Ждать придется

$$(100 \cdot 30,12 \text{ см}) / (75,3 \text{ см/сут}) = 40 \text{ суток.}$$

*Критерии оценивания:*

Все величины приведены к одной системе единиц - 3 балла

Получена связь времени со скоростью роста и нужной длиной ствола - 3 балла

Получен правильный ответ - 4 балла

#### **Задача 7.3**

Плотностью вещества называют отношение массы тела из этого вещества к его объему. Например, масса  $1 \text{ см}^3$  воды составляет 1 г, поэтому плотность воды  $1 \text{ г/см}^3$ . Представим, что смешали 100 литров воды и 100 литров спирта плотностью  $0,8 \text{ г/см}^3$ , и при смешении оказалось, что суммарный объем уменьшился на 5 процентов. Какова плотность полученного раствора?

Решение:

Суммарная масса раствора  $100 \cdot 1 + 100 \cdot 0,8 = 180$  кг. При этом суммарный объем раствора  $(100 + 100) \cdot 0,95 = 190$  литров. Плотность раствора равна  $180/190 \approx 0,95$  г/см<sup>3</sup>.

*Критерии оценивания:*

Найдена масса всей воды - 2 балла

Найдена масса всего спирта - 2 балла

Найдена суммарная масса раствора - 1 балл

Найден суммарный объем после смешения - 3 балла

Найдена плотность раствора - 2 балла

**Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике (2013/14 учебный год)**

**8 класс**

Количество задач – 4. Время, отводимое на выполнение - 120 минут.

Каждая задача оценивается из 10 баллов. Полное решение задачи оценивается в 10 баллов **вне зависимости** от того, совпадает выбранный школьником способ решения с авторским или нет. Приведенные ниже критерии оценивания используются, только если решение задачи не доведено до правильного ответа.

**Задача 8.1**

Моторная лодка развивает скорость 10 км/ч. Из пункта А в пункт В можно добраться по озеру и по реке, оба пути одинаковой длины 120 км. Лодочник должен проехать туда и обратно, либо по реке, либо по озеру. Какой способ быстрее, если скорость течения реки 2 км/ч?

Решение:

Путь туда и обратно по озеру будет длиться  $120/10 + 120/10 = 24$  часа, тогда как по реке это будет  $120/12 + 120/8 = 25$  часов. Поэтому добраться быстрее по озеру.

*Критерии оценивания:*

Записана формула или видно из работы школьника, что скорость - это расстояние, деленное на время - 1 балл

Найдено время пути по озеру - 3 балла

Найдено время пути по реке по течению - 2 балла

Найдено время пути по реке против течения - 2 балла

Сделано сравнение и получен правильный ответ - 2 балла

**Задача 8.2**

Средняя скорость тела за 20 секунд движения составила 4 м/с. Средняя скорость этого же тела за последние 4 секунды движения составила 10 м/с. Определите среднюю скорость тела за первые 16 секунд движения.

Решение:

Весь путь, пройденный телом, равен  $4 \cdot 20 = 80$  метров. Из них  $4 \cdot 10 = 40$  метров оно прошло за последние 4 секунды. За первые 16 секунд оно прошло  $80 - 40 = 40$  метров. Таким образом, средняя скорость за первые 16 секунд равна  $40/16 = 2,5$  м/с.

*Критерии оценивания:*

Написано или видно из работы, что средняя скорость равна отношению пройденного расстояния к промежутку времени - 2 балла

Найден весь путь, пройденный телом - 2 балла

Найден путь, пройденный телом за последние 4 секунды - 2 балла

Найден путь, пройденный телом за первые 16 секунд - 2 балла

Найдена средняя скорость за первые 16 секунд - 2 балла

**Задача 8.3**

При смешивании 100 литров воды и 100 литров спирта плотностью  $0,8 \text{ г/см}^3$  оказалось, что суммарный объем уменьшился на 5 процентов. Какова плотность полученного раствора?

Решение:

Суммарная масса раствора  $100 \cdot 1 + 100 \cdot 0,8 = 180$  кг. При этом суммарный объем раствора  $(100 + 100) \cdot 0,95 = 190$  литров. Плотность раствора равна  $180/190 \approx 0,95 \text{ г/см}^3$ .

*Критерии оценивания:*

Найдена масса всей воды - 2 балла

Найдена масса всего спирта - 2 балла

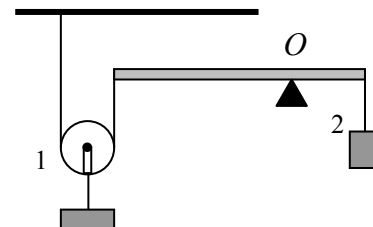
Найдена суммарная масса раствора - 1 балл

Найден суммарный объем после смешения - 3 балла

Найдена плотность раствора - 2 балла

#### Задача 8.4

На каком расстоянии от левого конца невесомого рычага нужно разместить точку  $O$  опоры, чтобы рычаг находился в равновесии (см. рис.)? Длина рычага  $L = 60$  см, масса первого груза вместе с блоком  $m_1 = 2$  кг, масса второго груза  $m_2 = 3$  кг.



Решение:

Обозначим искомое расстояние  $x$ . К правому концу рычага приложена сила тяжести  $m_2g$ , а к левому – сила натяжения нити  $m_1g/2$  (так как подвижный блок дает выигрыш в силе в 2 раза). По правилу рычага (относительно точки  $O$ ):  $(m_1g/2)x = m_2g(L-x)$ . Отсюда  $x = 2m_2L/(m_1 + 2m_2) = 45$  см.

*Критерии оценивания:*

Указана сила тяжести, действующая на правый конец рычага – 2 балла

Указана сила натяжения нити, действующая на левый конец рычага - 3 балла

Записано правило рычага, из которого можно получить ответ - 3 балла (если сразу правильно записано правило рычага, то автоматически ставится 8 баллов)

Выражено искомое расстояние  $x$  в виде формулы - 1 балл

Получен правильный численный ответ - 1 балл

**Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике (2013/14 учебный год)**

**9 класс**

Количество задач – 5. Время, отводимое на выполнение - 150 минут.

Каждая задача оценивается из 10 баллов. Полное решение задачи оценивается в 10 баллов **вне зависимости** от того, совпадает выбранный школьником способ решения с авторским или нет. Приведенные ниже критерии оценивания используются, только если решение задачи не доведено до правильного ответа.

**Задача 9.1**

Средняя скорость тела за 20 секунд движения составила 4 м/с. Средняя скорость этого же тела за последние 4 секунды движения составила 10 м/с. Определите среднюю скорость тела за первые 16 секунд движения.

Решение:

Весь путь, пройденный телом, равен  $4 \cdot 20 = 80$  метров. Из них  $4 \cdot 10 = 40$  метров оно прошло за последние 4 секунды. За первые 16 секунд оно прошло  $80 - 40 = 40$  метров. Таким образом, средняя скорость за первые 16 секунд равна  $40/16 = 2,5$  м/с.

*Критерии оценивания:*

Написано или видно из работы, что средняя скорость равна отношению пройденного расстояния к промежутку времени - 2 балла

Найден весь путь, пройденный телом - 2 балла

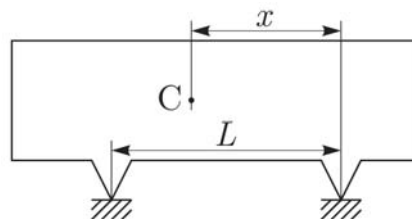
Найден путь, пройденный телом за последние 4 секунды - 2 балла

Найден путь, пройденный телом за первые 16 секунд - 2 балла

Найдена средняя скорость за первые 16 секунд - 2 балла

**Задача 9.2**

Расстояние между двумя опорами балки (см. рис.) равно  $L = 2,8$  м, а расстояние между правой опорой и центром масс (к центру масс, в точке С, приложена сила тяжести) равно  $x = 2,1$  м. Для того чтобы определить массу балки, под правую опору подставили весы. Их показания составили  $M = 2400$  кг. Определите массу балки  $m$ .



Решение:

По правилу рычага (относительно левой опоры):  $mg(L - x) = MgL$ . Отсюда  $m = M \frac{L}{L - x} = 2400 \cdot \frac{2,4}{0,7}$  кг = 9600 кг.

*Критерии оценивания:*

Учтено, что показание весов пропорционально силе реакции опоры (не обязательно в явном виде) - 2 балла

Указаны силы, действующие на балку (если сразу верно написано правило рычага – этот балл получается автоматически) - 2 балла

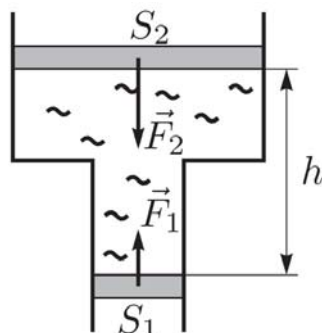
Записано правило рычага, из которого можно получить ответ - 4 балла

Выражена масса  $m$  из формулы - 1 балл

Получен правильный численный ответ - 1 балл

### Задача 9.3

В сосуде, закрепленном в штативе, между двумя невесомыми поршнями находится вода ( $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ ). На поршень 1 площадью  $S_1 = 110 \text{ см}^2$  действует сила  $F_1 = 1,76 \text{ кН}$ , на поршень 2 площадью  $S_2 = 2200 \text{ см}^2$  действует сила  $F_2 = 3,3 \text{ кН}$ . Поршни неподвижны, жидкость несжимаема, ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Определите расстояние  $h$  между поршнями.



Решение:

Давление жидкости на уровне верхнего (второго) поршня  $p_2 = F_2/S_2 = 150 \text{ кПа}$ , давление жидкости на уровне нижнего (первого) поршня  $p_1 = F_1/S_1 = 160 \text{ кПа}$ . Разность давлений равняется гидростатическому давлению  $p_1 = p_2 + \rho gh$ . Отсюда выражаем  $h = \frac{p_1 - p_2}{\rho g} = 1 \text{ м}$ .

*Критерии оценивания:*

Найдено давление жидкости на уровне верхнего (второго) поршня – 2 балла.

Найдено давление жидкости на уровне нижнего (первого) поршня – 2 балла.

Разность давлений на уровнях поршней приравнена гидростатическому давлению – 4 балла.

Получен правильный численный ответ – 2 балла.

### Задача 9.4

В калориметре находится вода массой  $m_b = 0,16 \text{ кг}$  и температурой  $t_b = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ . Для того, чтобы охладить воду, из холодильника в стакан переложили лед массой  $m_l = 80 \text{ г}$ . В холодильнике поддерживается температура  $t_l = -12 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определите конечную температуру в калориметре. Удельная теплоёмкость воды  $C_b = 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$ , удельная теплоёмкость льда  $C_l = 2100 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$ , удельная теплота плавления льда  $\lambda = 334 \text{ кДж/кг}$ .

Решение:

Так как неясно, каким будет конечное содержимое калориметра (растает ли весь лёд?) будем решать задачу «в числах».

Количество теплоты, выделяемое при охлаждении воды:  $Q_1 = 4200 \cdot 0,16 \cdot 30 \text{ Дж} = 20160 \text{ Дж}$ .

Количество теплоты, поглощаемое при нагревании льда:  $Q_2 = 2100 \cdot 0,08 \cdot 12 \text{ Дж} = 2016 \text{ Дж}$ .

Количество теплоты, поглощаемое при таянии льда:  $Q_3 = 334000 \cdot 0,08 \text{ Дж} = 26720 \text{ Дж}$ .

Видно, что количества теплоты  $Q_1$  недостаточно для того, чтобы расплавить весь лёд ( $Q_1 < Q_2 + Q_3$ ). Это означает, что в конце процесса в сосуде будут находиться и лёд, и вода, а температура смеси будет равна  $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

*Критерии оценивания:*

Найдено количество теплоты, выделяемое при охлаждении воды – 2 балла.

Найдено количество теплоты, поглощаемое при нагревании льда – 2 балла.

Найдено количество теплоты, поглощаемое при таянии льда – 2 балла.

Указано, что расплавится не весь лед – 2 балла.

Указана конечная температура смеси – 2 балла.

### Задача 9.5

Кипятильник был подключен к батарее идеальных аккумуляторов с выходным напряжением  $U_0 = 200$  В. Он смог прогреть стакан воды до температуры  $t_1 = 85$  °С при температуре в комнате  $t_{\text{комн}} = 25$  °С. Потом второй такой же кипятильник подключили последовательно с этим и опустили во второй такой же стакан с водой. Какая температура  $t_2$  установится в нем? Количество теплоты  $\Delta Q$ , теряемое стаканом за время  $\Delta t$ , пропорционально разности температур воды и воздуха, то есть  $\Delta Q/\Delta t = k(t_{\text{воды}} - t_{\text{возд}})$ . Сопротивление кипятильника не зависит от его температуры.

Решение:

Во втором случае мощность, выделяющаяся в кипятильнике, падает, т.к. в 2 раза уменьшается напряжение на нем (то же напряжение  $U_0$  распределяется на 2 последовательно соединенных кипятильника).

Когда кипятильник уже не сможет нагревать воду дальше, т.е. установится равновесие, будет выполнено условие равенства мощностей кипятильника и теплоотдачи в окружающую среду:  $P_{\text{выдел. на кипяч.}} = P_{\text{отдав. в окр. среду}}$ . Для первого и второго кипятильников это условие имеет вид:  $U_0^2/R = k(t_1 - t_{\text{комн}})$  и  $(U_0/2)^2/R = k(t_2 - t_{\text{комн}})$ , где  $R$  – сопротивление кипятильника,  $k$  – некоторый коэффициент пропорциональности.

Поделив одно уравнение на другое, получим:  $t_2 - t_{\text{комн}} = (t_1 - t_{\text{комн}})/4$ . После преобразований найдем:  $t_2 = 0,75t_{\text{комн}} + 0,25t_1 = 40$  °С.

*Критерии оценивания:*

Сформулировано (или записано в виде формулы) утверждение: мощность теплопотерь при установившейся температуре = мощности кипятильника - 3 балла

Указанное выше утверждение записано в виде формул для первого и второго кипятильников - 2 балла

Получено выражение для  $t_2$  - 5 баллов

**Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике (2013/14 учебный год)**

**10 класс**

Количество задач – 5. Время, отводимое на выполнение - 150 минут.

Каждая задача оценивается из 10 баллов. Полное решение задачи оценивается в 10 баллов **вне зависимости** от того, совпадает выбранный школьником способ решения с авторским или нет. Приведенные ниже критерии оценивания используются, только если решение задачи не доведено до правильного ответа.

**Задача 10.1**

Домашняя кошка любит валяться на полу и играть в мячик, бросая его задними лапами вертикально вверх и ловя его после удара о потолок. Скорость мячика перед абсолютно упругим ударом о потолок обычно равна  $V_0 = 5$  м/с. Однажды кошка стала так же играть, лежа на лужайке. Она привычными движениями бросала мячик вверх, а вот ловить его приходилось позже на время  $\Delta t$ . Определите это время. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

Решение:

После абсолютно упругого удара о потолок вектор скорости меняется на противоположный. Так же происходит и в отсутствие потолка: мячик, опускаясь, имеет на той же высоте ту же (по модулю) скорость. Т.е. «пропажа» потолка добавляет к движению стадию полета «выше потолка». До верхней точки траектории мячик долетит, когда  $gt_{\text{до верха}} = V_0$ , поэтому общее время «дополнительного» полета  $\Delta t = 2V_0/g = 1$  с.

**Критерии оценивания**

Сформулирована идея рассматривать только стадию полета с начальной скоростью  $V_0$  на участке «выше потолка» (или запись общих уравнений для всего движения в целом) - 5 баллов

Расчет искомого дополнительного времени полета и получение правильного ответа - 5 баллов

**Задача 10.2**

Сферическая капля воды падает в воздухе с установившейся скоростью  $V_0$ . С какой установившейся скоростью  $V$  будет падать капля воды, имеющая в  $n$  раз **большую** массу? Считайте, что сферическая форма капли не меняется при увеличении ее скорости, а сила сопротивления воздуха пропорциональна площади поперечного сечения и квадрату скорости движения капли. Для справки: объем шара радиусом  $R$  равен  $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ .

Решение:

По условию  $F_{\text{сопр}} = kSV^2$ , где  $k$  – некоторый коэффициент пропорциональности.

При установившемся падении  $F_{\text{сопр}} = F_{\text{тяж}} = mg$ .

Пусть вначале капли имели площадь сечения  $S_0$  и массу  $m_0$ . Тогда  $m_0g = kS_0V_0^2$ . Аналогично, для случая с «добавкой»:  $m_1g = kS_1V_1^2$ .

По условию  $m_1 = nm_0$ . Значит, линейные размеры (радиус капель и т.п.) отличаются в  $\sqrt[3]{n}$  раз. Площади сечений относятся как квадраты линейных размеров, т.е. у тяжелой капли площадь сечения в  $n^{2/3}$  раз больше:  $S_1 = n^{2/3}S_0$ .

Подставим полученные соотношения в формулы равенства сил:

$$m_0g = kS_0V_0^2$$

$$(nm_0)g = k(n^{2/3}S_0)V_1^2.$$

Поделив уравнения друг на друга, получим  $V_1^2/V_0^2 = n^{1/3}$ , отсюда  $V_1 = V_0\sqrt[6]{n}$ .



*Критерии оценивания:*

Записана формула для равенства силы сопротивления и силы тяжести при установившемся падении - 3 балла

Указана связь между  $n$  и отношением площадей сечений - 3 балла

Выражена скорость  $V$  - 4 балла

### Задача 10.3

Две стороны проволочной рамки, имеющей форму равностороннего треугольника, сделаны из алюминиевой проволоки, а третья – из медной вдвое большего диаметра. Плотность меди считайте в три раза большей плотности алюминия. Определите, на каком расстоянии от середины медной проволоки находится центр тяжести системы, если сторона треугольника равна  $L$ .

Решение:

Центр тяжести алюминиевых частей находится на расстоянии  $h = (L/2) \cdot \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{4} L$

от центра медной проволоки. Общая масса алюминиевых частей равна  $m = 2L \frac{\pi d^2}{4} \rho$ . Масса

медной проволоки  $m_m = L \frac{\pi (2d)^2}{4} \cdot 3\rho$ . Для координаты  $x_c$  центра масс всей конструкции

справедливо соотношение:  $x_c (m + m_m) = m \frac{\sqrt{3}}{4} L$ . Отсюда  $x_c = \frac{1}{1 + (m_m / m)} \frac{\sqrt{3}}{4} L = \frac{\sqrt{3}}{28} L$ .

*Критерии оценивания:*

Сделан чертеж с указанием центра тяжести алюминиевой части – 1 балл

Найдено расстояние от медной проволоки до центра тяжести алюминиевой части - 3 балла

Выражена масса алюминия - 1 балл

Выражена масса меди - 1 балл

Записано уравнение для положения центра масс - 2 балла

Получен ответ - 2 балла

### Задача 10.4

В калориметре находится вода массой  $m_b = 0,16$  кг и температурой  $t_b = 30$  °С. Для того, чтобы охладить воду, из холодильника в стакан переложили лед массой  $m_l = 80$  г. В холодильнике поддерживается температура  $t_l = -12$  °С. Определите конечную температуру в калориметре. Удельная теплоёмкость воды  $C_b = 4200$  Дж/(кг·°С), удельная теплоёмкость льда  $C_l = 2100$  Дж/(кг·°С), удельная теплота плавления льда  $\lambda = 334$  кДж/кг.

Решение:

Так как неясно, каким будет конечное содержимое калориметра (растает ли весь лёд?) будем решать задачу «в числах».

Количество теплоты, выделяемое при охлаждении воды:  $Q_1 = 4200 \cdot 0,16 \cdot 30$  Дж = 20160 Дж.

Количество теплоты, поглощаемое при нагревании льда:  $Q_2 = 2100 \cdot 0,08 \cdot 12$  Дж = 2016 Дж.

Количество теплоты, поглощаемое при таянии льда:  $Q_3 = 334000 \cdot 0,08$  Дж = 26720 Дж.

Видно, что количества теплоты  $Q_1$  недостаточно для того, чтобы расплавить весь лёд ( $Q_1 < Q_2 + Q_3$ ). Это означает, что в конце процесса в сосуде будут находиться и лёд, и вода, а температура смеси будет равна  $t = 0$  °С.

*Критерии оценивания:*

Найдено количество теплоты, выделяемое при охлаждении воды – 2 балла.

Найдено количество теплоты, поглощаемое при нагревании льда – 2 балла.

Найдено количество теплоты, поглощаемое при таянии льда – 2 балла.

Указано, что расплавится не весь лед – 2 балла.

Указана конечная температура смеси – 2 балла.

### Задача 10.5

Кипятильник был подключен к батарее идеальных аккумуляторов с выходным напряжением  $U_0 = 200$  В. Он смог прогреть стакан воды до температуры  $t_1 = 85$  °С при температуре в комнате  $t_{\text{комн}} = 25$  °С. Потом второй такой же кипятильник подключили последовательно с этим и опустили во второй такой же стакан с водой. Какая температура  $t_2$  установится в нем? Количество теплоты, теряемое стаканом в единицу времени, пропорционально разности температур воды и воздуха. Сопротивление кипятильника не зависит от его температуры.

Решение:

Во втором случае мощность, выделяющаяся в кипятильнике, падает, т.к. в 2 раза уменьшается напряжение на нем (то же напряжение  $U_0$  распределяется на 2 последовательно соединенных кипятильника).

Когда кипятильник уже не сможет нагревать воду дальше, т.е. установится равновесие, будет выполнено условие равенства мощностей кипятильника и теплоотдачи в окружающую среду:  $P_{\text{выдел. на кипяч.}} = P_{\text{отдав. в окр. среду}}$ . Для первого и второго кипятильников это условие имеет вид:  $U_0^2/R = k(t_1 - t_{\text{комн}})$  и  $(U_0/2)^2/R = k(t_2 - t_{\text{комн}})$ , где  $R$  – сопротивление кипятильника,  $k$  – некоторый коэффициент пропорциональности. Поделив одно уравнение на другое, получим:  $t_2 - t_{\text{комн}} = (t_1 - t_{\text{комн}})/4$ . После преобразований найдем:  $t_2 = 0,75t_{\text{комн}} + 0,25t_1 = 40$  °С.

*Критерии оценивания:*

Сформулировано (или записано в виде формулы) утверждение: мощность теплопотерь при установившейся температуре = мощности кипятильника - 3 балла

Указанное выше утверждение записано в виде формул для первого и второго кипятильников - 2 балла

Получено выражение для  $t_2$  - 5 баллов

**11 класс**

Количество задач – 5. Время, отводимое на выполнение - 150 минут.

Каждая задача оценивается из 10 баллов. Полное решение задачи оценивается в 10 баллов **вне зависимости** от того, совпадает выбранный школьником способ решения с авторским или нет. Приведенные ниже критерии оценивания используются, только если решение задачи не доведено до правильного ответа.

**Задача 11.1**

Тело с герметичной полостью изготовлено из стеклопластика ( $\rho_c = 2,0 \text{ г/см}^3$ ). Если это тело подвесить на нити в воздухе, сила натяжения нити равна  $T_0 = 3,5 \text{ Н}$ . Для удержания этого тела в воде (тело полностью погружено в воду и не касается дна сосуда) к нити прикладывают силу  $T_1 = 1,5 \text{ Н}$ . Определите возможные значения отношения  $\alpha$  объема полости к полному объему тела.

Решение:

Когда тело находится в воздухе:  $T_0 = \rho_c g(V_T - V_{\text{п}})$ , где  $V_T$  – полный объем тела,  $V_{\text{п}}$  – объем полости.

Первый случай: тело тонет в воде:

$$\begin{aligned} T_0 &= F_{\text{Арх}} + T_1, & T_0 - T_1 &= \rho_v g V_T, \\ \frac{T_0}{T_0 - T_1} &= \frac{\rho_c}{\rho_v} (1 - \alpha), & \alpha &= 1 - \frac{\rho_v}{\rho_c} \frac{T_0}{T_0 - T_1} = 0,125 \end{aligned}$$

Второй случай: тело всплывает:

$$\begin{aligned} T_0 + T_1 &= F_{\text{Арх}}, & T_0 + T_1 &= \rho_v g V_T, \\ \frac{T_0}{T_0 + T_1} &= \frac{\rho_c}{\rho_v} (1 - \alpha), & \alpha &= 1 - \frac{\rho_v}{\rho_c} \frac{T_0}{T_0 + T_1} = 0,65 \end{aligned}$$

*Критерии оценивания:*

Сила тяжести в воздухе равна силе натяжения нити - 1 балл

Сила тяжести выражена через объёмы - 1 балл

Каждый из рассмотренных случаев:

Условие равновесия тела в воде - 1 балл

Выполнены необходимые преобразования, выражено отношение  $\alpha$ , получен ответ - 3 балла

**Задача 11.2**

Неподвижная наклонная плоскость наклонена под углом  $\alpha$  к горизонту. Брусок может скользить по ней с коэффициентом трения  $\mu < \text{tg } \alpha$ . Бруску сообщают начальную скорость, направленную вверх вдоль горки. Определите отношение времени подъема бруска ко времени его опускания.

Решение:

Ускорение бруска во время подъема  $a_1 = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$ . Ускорение бруска во время опускания  $a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$ . Время движения бруска в каждую сторону  $t_{1,2} = \sqrt{2L/a_{1,2}}$ , где  $L$  – пройденное расстояние,  $a_{1,2}$  – соответствующее ускорение. Отсюда

$$\frac{t_1}{t_2} = \sqrt{\frac{a_2}{a_1}} = \sqrt{\frac{\sin \alpha - \mu \cos \alpha}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}}.$$

*Критерии оценивания:*

Найдено ускорение при подъеме бруска - 1 балл

Найдено ускорение при опускании бруска - 1 балл

Найдено время движения в каждую сторону - 3 балла

Получен ответ - 5 баллов

### Задача 11.3

В калориметре находится вода массой  $m_в = 0,16$  кг и температурой  $t_в = 30$  °С. Для того, чтобы охладить воду, из холодильника в стакан переложили лед массой  $m_л = 80$  г. В холодильнике поддерживается температура  $t_л = -12$  °С. Определите конечную температуру в калориметре. Удельная теплоёмкость воды  $C_в = 4200$  Дж/(кг·°С), удельная теплоёмкость льда  $C_л = 2100$  Дж/(кг·°С), удельная теплота плавления льда  $\lambda = 334$  кДж/кг.

Решение:

Так как неясно, каким будет конечное содержимое калориметра (растает ли весь лёд?) будем решать задачу «в числах».

Количество теплоты, выделяемое при охлаждении воды:  $Q_1 = 4200 \cdot 0,16 \cdot 30$  Дж = 20160 Дж.

Количество теплоты, поглощаемое при нагревании льда:  $Q_2 = 2100 \cdot 0,08 \cdot 12$  Дж = 2016 Дж.

Количество теплоты, поглощаемое при таянии льда:  $Q_3 = 334000 \cdot 0,08$  Дж = 26720 Дж.

Видно, что количества теплоты  $Q_1$  недостаточно для того, чтобы расплавить весь лёд ( $Q_1 < Q_2 + Q_3$ ). Это означает, что в конце процесса в сосуде будут находиться и лёд, и вода, а температура смеси будет равна  $t = 0$  °С.

*Критерии оценивания:*

Найдено количество теплоты, выделяемое при охлаждении воды – 2 балла.

Найдено количество теплоты, поглощаемое при нагревании льда – 2 балла.

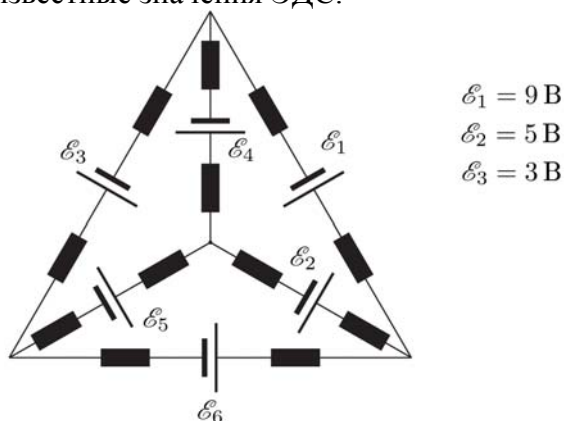
Найдено количество теплоты, поглощаемое при таянии льда – 2 балла.

Указано, что расплавится не весь лед – 2 балла.

Указана конечная температура смеси – 2 балла.

### Задача 11.4

Экспериментатор собрал электрическую цепь, состоящую из разных батареек с пренебрежимо малыми внутренними сопротивлениями и одинаковых плавких предохранителей, и нарисовал ее схему (предохранители на схеме обозначены черными прямоугольниками). При этом он забыл указать на рисунке часть ЭДС батареек. Однако экспериментатор помнит, что в тот день при проведении опыта все предохранители остались целыми. Восстановите неизвестные значения ЭДС.



Решение:

Если бы при обходе какого-либо замкнутого контура алгебраическая сумма ЭДС была бы не равной нулю, то в этом контуре возник бы очень большой ток (из-за малости

внутренних сопротивлений батареек), и предохранители перегорели бы. Поскольку такого не произошло, можно записать следующие равенства:

$$E_1 - E_2 - E_4 = 0, \text{ откуда } E_4 = 4 \text{ В},$$

$$E_3 + E_5 - E_4 = 0, \text{ откуда } E_5 = 1 \text{ В},$$

$$E_5 + E_2 - E_6 = 0, \text{ откуда } E_6 = 6 \text{ В}.$$

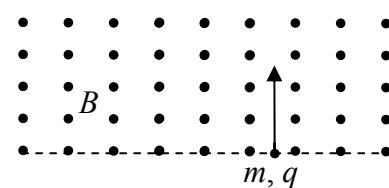
*Критерии оценивания:*

Сформулирована идея о равенстве нулю суммы ЭДС при обходе любого контура - 4 балла

Правильно найденные значения трех неизвестных ЭДС – по 2 балла за каждую (всего 6 баллов)

### Задача 11.5

Частица массой  $m$ , несущая заряд  $q$ , влетает со скоростью  $V$  в область однородного магнитного поля с индукцией  $B$  перпендикулярно линиям индукции и плоской границе области (см. рис.). Определите максимальное расстояние, на которое удалится от границы области частица в процессе своего движения.



Решение:

Частица движется по дуге окружности, радиус которой  $R$  и есть искомое расстояние. Сила Лоренца, действующая на частицу, создаёт центростремительное ускорение

$$a = \frac{qVB}{m} = \frac{V^2}{R}. \text{ Отсюда } R = \frac{mV}{qB}.$$

*Критерии оценивания:*

Указано, что траектория — окружность - 2 балла

Правильно записана формула для силы Лоренца - 3 балла

Правильно записана формула для центростремительного ускорения - 2 балла

Записан второй закон Ньютона - 1 балл

Получен ответ - 2 балла