

**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:  $T_0 = \rho_c g(V_T - V_n)$ , где  $V_T$  – полный объем тела,  $V_n$  – 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.

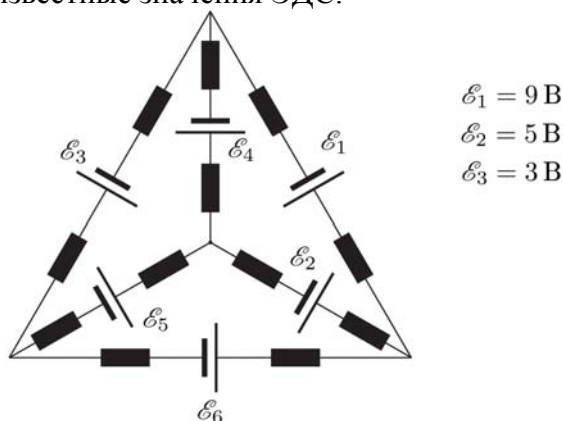
Найдено количество теплоты, поглощаемое при таянии льда – 2 балла.

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:

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

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

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

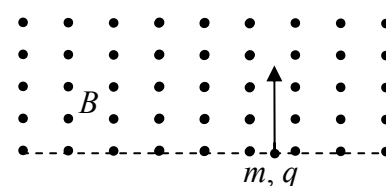
*Критерии оценивания:*

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