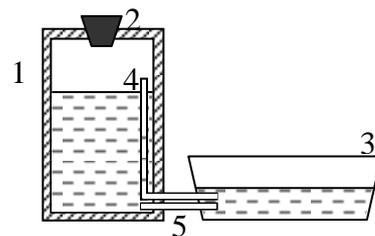


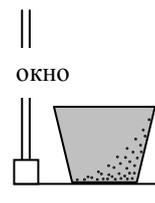
**Задания первого очного отборочного тура  
Инженерной олимпиады школьников,  
9-10 класс  
30 октября 2016 г.**

**1. (1 балл)** На рисунке показана схема вакуумной автопоилки, используемой для животных (кур, кроликов и др.) на фермах. Поилка состоит из резервуара для воды (1), закрытого плотной пробкой (2), корытца, из которого пьют воду животные (3) и двух трубок – изогнутой (4) и прямой (5). Вода в такой поилке перетекает из резервуара в корытце постепенно по мере освобождения корытца. Объясните принцип работы автопоилки.

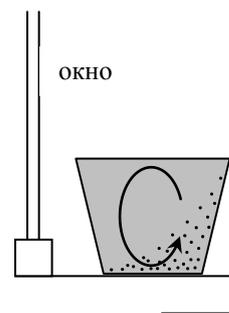


**Решение.** Когда вода вытекает из резервуара 1, под пробкой образуется разрежение, и атмосферное давление, действующее на поверхность воды в корытце, не дает ей вытекать из резервуара. Однако когда уровень воды в корытце опускается ниже трубки 4, по ней в резервуар попадает воздух, давление в резервуаре становится равным атмосферному, и вода по трубке 5 вытекает из резервуара. После того как уровень воды в корытце становится выше горизонтального участка трубки 4, под пробкой образуется разрежение, вода перестает вытекать из резервуара.

**2. (2 балла)** В стакане с водой комнатной температуры находится взвесь маленьких песчинок, которые тонут очень медленно благодаря силе сопротивления воды. Песчинки тщательно размешали, а стакан поставили на подоконник около окна. Через некоторое время песчинки в стакане расположились так, как показано на рисунке. Какая за окном погода?



**Решение.** Переместить взвесь песчинок из одного места стакана в другое можно только с помощью движения воды. Наиболее заметное движение воды – это конвекция – опускание тяжелых холодных масс воды, и поднятие горячих. Это значит, что температура на улице отличается от температуры в комнате, чтобы улица могла «греть» или «охлаждать» воду в стакане, вызывая конвекцию. Очевидно, что заданное в условии задачи расположение песчинок возникнет если организовать конвективные потоки в направлении стрелки на рисунке. А для этого нужно, чтобы слои воды, близкие к окну, охлаждались. Тогда нижние слои должны двигаться в направлении комнаты, а те более теплые слои, которые были там должны подниматься вверх. В результате песчинки, опускаясь вниз, будут смещаться током воды в направлении комнаты. Поэтому на улице холодно.



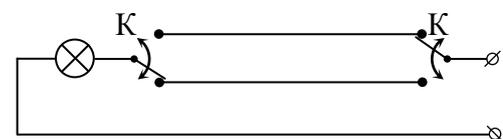
**3. (2 балла)** Определить расход воды в батарее водяного отопления, если вода входит в батарею с температурой  $t_1 = 80^\circ \text{C}$ , выходит – с температурой  $t_2 = 70^\circ \text{C}$ , и батарея обеспечивает мощность  $P = 4,5 \text{ кВт}$ . Удельная теплоемкость воды  $c = 4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$ .

**Решение.** Пусть в единицу времени через батарею проходит масса воды  $\mu$ . Такое количество воды входит в батарею с температурой  $t_1$ , выходит с температурой  $t_2$ . Следовательно, в единицу времени батарея теряет  $c\mu t_1 - t_2$ , где  $c$  - удельная теплоемкость воды. Потеря батареей тепла в единицу времени и есть мощность батареи. Поэтому

$$P = c\mu t_1 - t_2$$

И, следовательно,

$$\mu = \frac{P}{c t_1 - t_2} = 0,107 \text{ кг/сек}$$



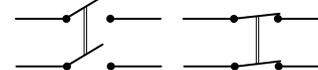
**4. (2 балла)** Известна цепь, в которой лампу можно включать и выключать любым из выключателей K1 и K2, причем независимо от положения второго (см. рисунок слева). На основе приведенной цепи построить цепь, в которой включение-выключение лампочки можно осуществлять любым из пяти выключателей

Одинарный выключатель



Двойной выключатель

Первый режим

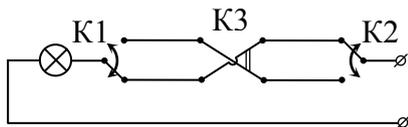


Второй режим

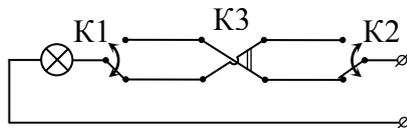


чателей независимо от положения четырех остальных. Цепь должна состоять только из проводов и выключателей – одинарных или двойных (см. рисунок справа): одинарный выключатель соединяет или разрывает один провод, двойной выключатель может работать в двух режимах: (1) одновременно соединять или разрывать два провода двухпроводной линии, (2) одновременно переключать соединение двух проводов двухпроводной линии.

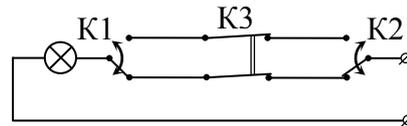
**Решение.** В данной в условии цепи выключатели выполняют функцию переключения тока с верхней линии цепи на нижнюю и наоборот. Поэтому если в системе с большим количеством выключателей каждый будет делать то же самое – переключать ток с верхней линии на нижнюю и наоборот, то каждый (независимо от положения других) будет включать и выключать лампочку. Это значит, что для организации требуемой цепи необходимо использовать нужное количество двойных выключатель во втором режиме. Например, легко видеть, что для цепи, показанной на рисунке, лампочка горит



Если переключить любой выключатель (например K2; см. рисунок), лампочка погаснет.



Если в этом положении переключить любой выключатель, лампочка снова загорится (например, K3; см. рисунок).



И т.д. В первом варианте нужно вставить три таких двойных выключателя, во втором – четыре.

**5. (1 балл)** Имеется два сплава, оба состоящие из платины, золота и серебра, но с разным процентным содержанием компонент. Известно, что первый сплав содержит  $\eta_C^{(1)} = 36\%$  серебра, второй –  $\eta_3^{(2)} = 44\%$  золота, а процентное содержание платины в них одинаково  $\eta_{II}^{(1)} = \eta_{II}^{(2)}$ . Сплавляют  $m_1 = 1,5$  кг первого сплава и  $m_2 = 2,5$  кг второго. При этом оказалось, что в новом сплаве содержится  $m_{II} = 1,2$  кг платины. Найти массу золота и серебра в новом сплаве.

**Решение.** Поскольку процентное содержание платины в исходных сплавах одинаково, то оно будет таким же и в новом сплаве. Зная массу нового сплава и массу платины в нем, находим процентное содержание платины.

$$\eta_{II}^{(1)} = \eta_{II}^{(2)} = \frac{m_{II}}{m_1 + m_2} = 30\%$$

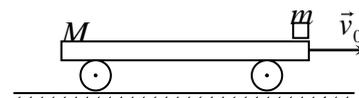
Поэтому процентное содержание золота в первом сплаве и серебра во втором равно

$$\eta_3^{(1)} = 100 - \eta_C^{(1)} - \eta_{II}^{(1)} = 34\%, \quad \eta_C^{(2)} = 100 - \eta_3^{(2)} - \eta_{II}^{(2)} = 26\%$$

Отсюда находим массу золота и серебра в новом сплаве

$$m_3 = \eta_3^{(1)} m_1 + \eta_3^{(2)} m_2 = 1,61 \text{ кг} \quad m_C = \eta_C^{(1)} m_1 + \eta_C^{(2)} m_2 = 1,19 \text{ кг}$$

**6 (3 балла).** На передний край тележки массой  $M$ , движущейся со скоростью  $v_0$  по гладкой горизонтальной поверхности, кладут брусок массой  $m$ . Начальная скорость бруска относительно земли равна нулю. Какой должна быть длина тележки, чтобы брусок в дальнейшем не упал с нее? Коэффициент трения между бруском и тележкой равен  $k$ .



**Решение.** Брусок и тележка будут двигаться следующим образом. Пока скорость тележки больше скорости бруска (как в начальный момент), на брусок со стороны тележки будет действовать сила трения в направлении ее движения, на тележку со стороны бруска - сила трения в противоположном направлении. Поэтому брусок будет разгоняться, тележка тормозиться. В тот момент, когда скорости тел сравняются (если брусок к этому моменту не упадет с тележки), сила трения между бруском и тележкой станет равной нулю, и тела будут двигаться вместе с постоянной скоростью.

Поэтому если брусок к моменту остановки своего движения относительно тележки не упадет с нее, то он не упадет и в дальнейшем. Поэтому для нахождения минимальной длины тележки, при которой брусок не упадет с нее, надо найти перемещение бруска относительно тележки к тому моменту, когда их скорости сравняются, и потребовать, чтобы длина тележки была больше этого перемещения. Это перемещение можно найти по законам равноускоренного движения, а входящие в них ускорения бруска и тележки - по второму закону Ньютона для этих тел.

Поскольку сила трения между бруском и тележкой равна  $kmg$ , ускорения бруска и тележки равны

$$a_{\bar{o}} = kg, \quad a_m = \frac{kmg}{M}$$

Скорости бруска и тележки сравняются в такой момент времени  $t$  после того как брусок положили на тележку, когда

$$v_0 - a_m t = a_{\bar{o}} t \quad \Rightarrow \quad t = \frac{v_0}{a_{\bar{o}} + a_m}$$

Тележка до этого момента пройдет расстояние

$$x_m = v_0 t - \frac{a_m t^2}{2} = \frac{v_0^2}{2} \frac{2a_{\bar{o}} + a_m}{a_{\bar{o}} + a_m},$$

а брусок

$$x_{\bar{o}} = \frac{a_{\bar{o}} t^2}{2} = \frac{v_0^2 a_{\bar{o}}}{2(a_{\bar{o}} + a_m)}.$$

Брусок не упадет с тележки, если ее длина больше разности расстояний, пройденных тележкой и бруском

$$l \geq x_m - x_{\bar{o}} = \frac{v_0^2}{2} \frac{2a_{\bar{o}} + a_m}{a_{\bar{o}} + a_m} - \frac{v_0^2 a_{\bar{o}}}{2(a_{\bar{o}} + a_m)} = \frac{v_0^2}{2} \frac{a_m}{a_{\bar{o}} + a_m} = \frac{v_0^2 M}{2kg(m+M)}$$