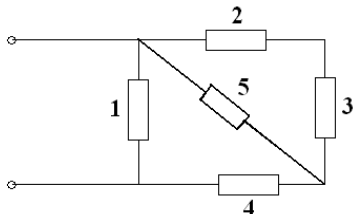
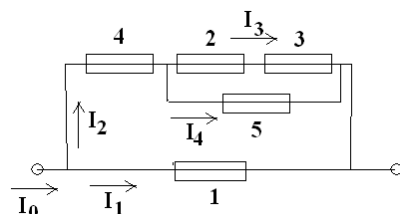


**Задача 1 (10 баллов)**

Полностью одинаковых пять нагревательных элементов соединили так, как показано на схеме и подсоединили к источнику тока. Если считать, что выделяемое нагревательным элементом тепло идет только на нагрев самого элемента, а сопротивление элемента не зависит от температуры, то в какой очередности элементы нагреются до некоторой заданной температуры? Ответ поясните.

**Вариант ответа**

Быстрее достигать заданную температуру будет тот элемент, на котором выделяется большая мощность. Поскольку сопротивления нагревательных элементов одинаковые, то большую мощность будет выделять тот, через который идет больший ток. Перерисовав эквивалентную схему видно, что ток  $I_0$  делится на  $I_1$  и  $I_2$ , причем сопротивление ветки, через которую идет ток  $I_1$  меньше, а значит этот ток максимальный и этот элемент нагреется до заданной температуры первым.  $I_2 = I_3 + I_4$  следовательно 4 элемент достигнет заданной температуры следующим. В ветке, где идет ток  $I_3$ , сопротивление в два раза больше чем в ветке с током  $I_4$  и, следовательно,  $I_4 > I_3$  затем достигнет заданной температуры 5 элемент. И в последнюю очередь нагреются 2 и 3 элемент одновременно. Очередность достижения нагревательными элементами заданной температуры: 1, 4, 5, затем 2 и 3 (одновременно).

**Критерии оценивания**

Представлена эквивалентная схема

2 балла

(За каждый этап правильно определенной последовательности с соответствующими объяснениями по 2 балла)

Обоснованно определен первый в последовательности элемент 1

2 балла

Обоснованно определен второй в последовательности элемент 4

2 балла

Обоснованно определен третий в последовательности элемент 5

2 балла

Обоснованно определены последние в последовательности

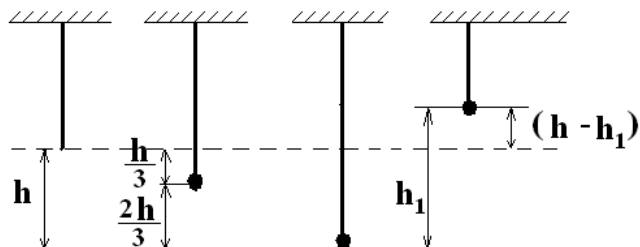
элементы 2 и 3 с указанием одновременности нагревания

2 балла

**Задача 2 (10 баллов)**

Для создания модели метательного орудия резиновый шнур одним концом закрепили на потолке, а к свободному концу прикрепляли груз, который может подлетать или его оттянуть вниз и отпустить. Груз подлетает на максимальную высоту если его притянуть непосредственно к полу и отпустить. Груз подлетает на максимальную высоту если его притянуть непосредственно к полу и отпустить. Определите максимальную высоту  $h_1$  полета груза относительно пола если известно, что свободный конец шнура без груза находится на высоте  $h$  над полом, а конец жгута с прикрепленным грузом находится на высоте  $2h/3$  над полом. На какую высоту подлетал бы грузик, если заменить резиновый жгут пружиной.

**Вариант решения**



**Резиновый жгут.** После уравнивания груза на жгуте выполняется условие:  $mg = k \frac{h}{3}$ . Потенциальная энергия растянутого до пола жгута при его отпуске перейдет в потенциальную энергию груза:  $\frac{kh^2}{2} = mgh_1$

Решая совместно эти два уравнения, приходим к искомому выражению:  $h_1 = \frac{3h}{2}$

**Пружина.** После уравнивания груза на пружине выполняется условие:  $mg = k \frac{h}{3}$ . Потенциальная энергия растянутой до пола пружины при ее отпуске перейдет частично в потенциальную энергию груза и частично в потенциальную энергию сжатия пружины:  $\frac{kh^2}{2} = mgh_1 + \frac{k(h-h_1)^2}{2}$

Решая совместно эти два уравнения, приходим к искомому выражению:  $h_1 = \frac{4h}{3}$

### Критерии оценивания

Приведены формулы условия равновесия и закона сохранения энергии для жгута

3 балла

Приведено итоговое выражение для высоты подъема груза на жгуте

2 балла

Приведены формулы условия равновесия и закона сохранения энергии для пружины

3 балла

Приведено итоговое выражение для высоты подъема груза на пружине

2 балла

### Задача 3 (10 баллов)

Жидкость нагревают на плите постоянной мощности. В таблице ниже приведены данные температуры жидкости в зависимости от времени нагревания за первые 16 минут нагрева.

Время, минуты	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
t, °C	25,0	26,4	27,6	28,7	29,8	30,7	31,5	32,3	33,0	...

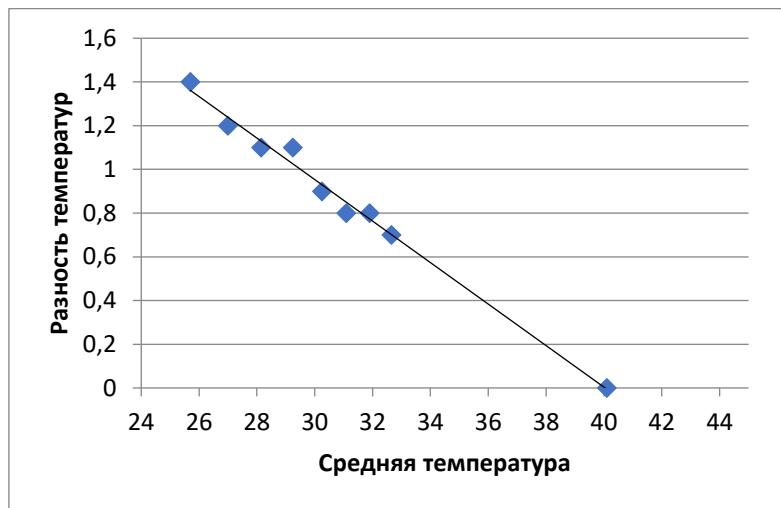
Определите до какой максимальной температуры нагреется жидкость?

### Вариант решения

Предлагается графический способ решения данной задачи. Считаем, что температура воды увеличивается неравномерно за счет усиления теплоотдачи с ростом температуры. Чтобы учесть влияние теплоотдачи, посмотрим, как меняется приращение  $\Delta t$  температуры воды за каждые  $\Delta \tau = 2$  мин в зависимости от температуры воды, причем температуру будем считать, как среднюю между ее значениями в начале и в конце каждого интервала времени. Построим на основе этого наблюдения следующую таблицу:

$t_{cp}$ , °C	25,7	27	28,15	29,25	30,25	31,1	31,9	32,65
$\Delta t$ , °C	1,4	1,2	1,1	1,1	0,9	0,8	0,8	0,7

По точкам этой таблицы построим график зависимости  $\Delta t$  от  $t_{cp}$ . Из графика видно, что прямая может пересекаться с осью абсцисс. Эта точка пересечения соответствует температуре  $t_{cp} \approx 40$  °C. Таким образом, вода нагреется только до этой температуры.



### Критерии оценивания

Выдвинуто предположение о том, что приращение температуры уменьшается со временем

2 балла

Построен график зависимости изменения температуры в координатах  $T_{\text{ср}}$  от  $\Delta T$

4 баллов

Представлены пояснения построения графика

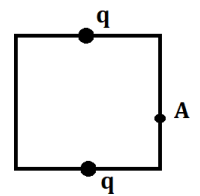
2 балла

Определена максимальная температура

2 балла

### Задача 4 (10 баллов)

Два одинаковых точечных заряда  $q$  закреплены на квадратной рамке со стороной  $H$  по середине стороны как показано на рисунке. Какую работу нужно совершить, чтобы, разрезав рамку в точке  $A$ , распрямить рамку в линию? Силы деформации рамки не учитывать.



### Вариант решения

Работа по изменению конфигурации электрических зарядов равна изменению потенциальной энергии системы.

В первом случае: расстояние между зарядами равно  $H$  – стороне рамки, а потенциальная энергия их взаимодействия

$$W_1 = \frac{kq_1q_2}{H}$$

После того как рамку развернули в линию, расстояние между зарядами стало равным  $2H$ , а их энергия взаимодействия

$$W_2 = \frac{kq_1q_2}{2H}$$

$$\text{Работа равна } A = W_2 - W_1 = \frac{kq_1q_2}{2H} - \frac{kq_1q_2}{H} = -\frac{kq_1q_2}{2H}$$

При условии, что заряды одинаковые  $A = -\frac{kq^2}{2H}$

### Критерии оценивания

Определено выражение потенциальной энергии зарядов на рамке

3 балла

Определено выражение потенциальной энергии бусинок на линии

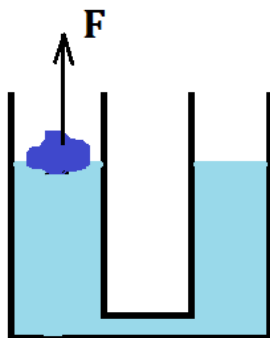
3 балла

Определено выражение для работы

4 балла

### Задача 5. (10 баллов)

Два одинаковых сообщающихся сосуда, частично заполнены водой. В левом сосуде на нити удерживается кусочек льда, частично помещенный в воду. Сила натяжения нити составляет  $F=3$  Н. Насколько изменится уровень воды в правом сосуде после того, как кусочек льда растает? Сосуды имеют форму цилиндра с площадью поперечного сечения  $S = 0,0015$  м<sup>2</sup>. Плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>. Ускорение свободного падения принять равным  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



#### Вариант решения

Рассмотрим внешние силы, действующие на содержимое сосудов, в которое включим воду и льдинку. Сила тяжести компенсируется двумя внешними силами  $F$  и силой реакции со стороны дна. Последняя, в свою очередь, равна по модулю силе давления на дно со стороны жидкости. Из условия равновесия в начальной ситуации следует:  $F + 2S\rho gh_1 = m_1g$ . После таяния льдинки масса содержимого сохраняется, но изменяется уровень воды. Кроме того, перестает действовать сила  $F$ . Новое условие равновесия примет вид:  $2S\rho gh_2 = m_1g$ . Вычитая из первого уравнения второе, получим:

$$\Delta h = h_2 - h_1 = \frac{F}{2\rho gS} = 10 \text{ см}$$

#### Критерии оценивания

Записано условие равновесия для ситуации, когда льдинка удерживается на нити	3 балла
Записано условие равновесия для ситуации, когда льдинка растаяла	3 балла
Получено выражение для нахождения изменения высоты столба жидкости	2 балла
Получен правильный численный ответ	2 балла