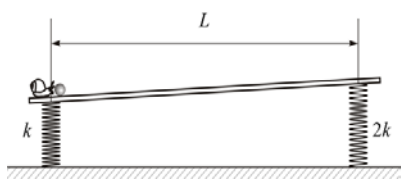


**Второй (заключительный) этап XIX олимпиады школьников  
«Шаг в будущее» для 8-10 классов по образовательному предмету  
«Физика», 8 класс, весна 2017 г.**

**Вариант №1**

1. На плоском дне водоема глубиной  $h = 5$  м лежит золотой слиток, имеющий форму куба с ребром  $a = 1$  дм. Плотность золота  $\rho_k = 19300$  кг/м<sup>3</sup>. К центру верхней грани прикреплен прочный трос, за который тянут куб вверх. Какую силу нужно приложить к тросу, чтобы оторвать камень от дна? Плотность воды  $\rho_v = 1000$  кг/м<sup>3</sup>. Атмосферное давление  $p_a = 100$  кПа.

(25 баллов)

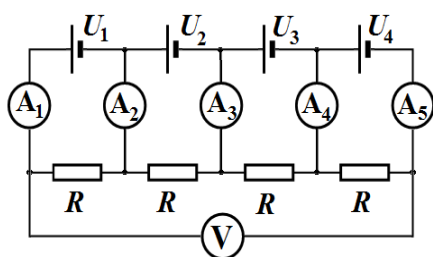


2. По длинной прямой однородной палочке слева направо со скоростью  $u$  ползёт маленькая улитка и катит перед собой лёгкий маленький шарик. Масса улитки  $m$ , а палочки  $M$ . Концы палочки опираются на две вертикальные пружины, расстояние между которыми  $L$ . Жёсткость левой пружины  $k$ , а правой  $2k$ . Длины пружин в недеформированном состоянии одинаковы, а их нижние концы закреплены на одном горизонтальном уровне. В начальный момент улитка находится на левом крае палочки, над левой пружиной.

(25 баллов)

3. Некоторое количество воды нагревается нагревателем мощностью 500 Вт. При включении нагревателя на время 2 мин температура воды повысилась на 1 °С, а при отключении понизилась за 1 мин на столько же градусов. Какая масса воды, если потери тепла за счёт рассеяния в окружающую среду прямо пропорционально времени? Удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг К).

(25 баллов)



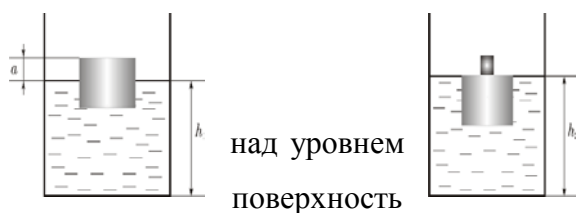
4. В цепи, показанной на рисунке, сопротивления всех резисторов одинаковы и равны  $R = 1,0$  Ом. Все измерительные приборы идеальные, внутренние сопротивления источников пренебрежимо малы. Напряжения источников таковы, что амперметры  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  и  $A_4$  показывают одинаковые значения сил токов равные  $I_1 = 1$  А.

- а) Укажите направления токов через все резисторы и амперметры.
- б) Какую силу тока показывает амперметр  $A_5$ ?
- в) Какое напряжение показывает вольтметр?

(25 баллов)

**Второй (заключительный) этап XIX олимпиады школьников  
«Шаг в будущее» для 8-10 классов по образовательному предмету  
«Физика», 8 класс, весна 2017 г.**

**Вариант №2**

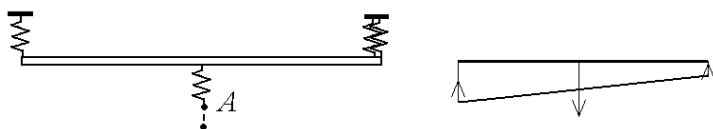


над уровнем  
поверхности

1. Деревянный цилиндр плавает в цилиндрическом сосуде с водой, выступая на  $a = 60$  мм жидкости, который равен  $h_1 = 300$  мм. На верхнюю цилиндра ставят алюминиевый кубик так, что цилиндр

полностью погружается в воду (верхняя поверхность цилиндра совпадает с уровнем воды. При этом уровень воды в сосуде становится равным  $h_2 = 312$  мм. Затем сосуд слегка толкнули, кубик съехал с поверхности цилиндра и утонул. Найдите уровень воды  $h_3$ , который установился после этого в сосуде. Плотность воды  $\rho_0 = 1,0$  г/см<sup>3</sup>, плотность алюминия  $\rho_1 = 2,7$  г/см<sup>3</sup>.

(25 баллов)



2. На гладком горизонтальном столе лежит очень жесткий тонкий стержень длиной 1 м. Четыре одинаковые пружинки

прикреплены к стержню: одна к левому краю, две – к правому и одна – к середине. В начальный момент все пружинки перпендикулярны стержню и натянуты, но силы натяжения очень малы. Удлиним «серединную» пружинку, сдвинув точку А (конец этой пружинки) вдоль направления пружинки на  $\Delta l = 1$  см. Найти натяжения каждой из пружинок в растянутом состоянии. Жесткость пружинки 110 Н/см.

(25 баллов)

3. При длительном пропускании тока 1,4 А через проволоку последняя нагрелась до 55°C, а при силе тока 2,8 А – до 160 °С. При какой силе тока проволока нагреется до температуры 250 °С? Сопротивление проволоки не зависит от температуры. Температура окружающего воздуха постоянна. Теплоотдача прямо пропорциональна разности температур проволоки и воздуха.

(25 баллов)

4. При испытании новой модели электрического чайника оказалось, что вода нагревается почти до 100°C, но все же не закипает. Чайник рассчитывался конструктором на мощность нагревателя  $P$  и напряжение 110 В. Чайник подключили к сети 220 В. За какое время чайник выкипит наполовину? Масса воды в чайнике  $M$ . Теплота парообразования воды  $L$ .

(25 баллов)

## Решение заданий для 8 класса. Вариант 1. Вариант 2.

### Задача 1. (Вариант 1).

На плоском дне водоема глубиной  $h = 5$  м лежит золотой слиток, имеющий форму куба с ребром  $a = 1$  дм. Плотность золота  $\rho_k = 19300$  кг/м<sup>3</sup>. К центру верхней грани прикреплен прочный трос, за который тянут куб вверх. Какую силу нужно приложить к тросу, чтобы оторвать камень от дна? Плотность воды  $\rho_v = 1000$  кг/м<sup>3</sup>. Атмосферное давление  $p_a = 100$  кПа.

**Решение:** Для подъема слитка необходимо преодолеть: силу тяжести, силу атмосферного давления, силу гидростатического давления (сила Архимеда отсутствует, т.к. вода снизу слитка отсутствует):

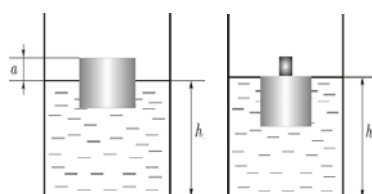
$$F = \rho_k a^3 g + p_a a^2 + \rho_v g (h - a) a^2 \approx 1,67 \text{ кН.}$$

**Ответ:** 1,67 кН.

### Критерии оценивания задачи 1

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мак. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Сделан чертёж с указанием действующих сил	от 1 до 5 баллов
2	Обосновано отсутствие силы Архимеда	от 1 до 2 баллов
3	Верно выведено выражение для расчёта силы натяжения троса	от 1 до 13 баллов
4	Получен окончательный результат в виде числа с указанием единиц	от 1 до 5 баллов

### Задача 1. (Вариант 2).



Деревянный цилиндр плавает в цилиндрическом сосуде с водой, выступая на  $a = 60$  мм над уровнем жидкости, который равен  $h_1 = 300$  мм. На верхнюю поверхность цилиндра ставят алюминиевый кубик так, что цилиндр полностью погружается в воду (верхняя поверхность цилиндра совпадает с уровнем воды). При этом уровень воды в сосуде становится равным  $h_2 = 312$  мм. Затем сосуд слегка толкнули, кубик съехал с поверхности цилиндра и утонул. Найдите уровень воды  $h_3$ , который установился после этого в сосуде. Плотность воды  $\rho_0 = 1,0$  г/см<sup>3</sup>, плотность алюминия  $\rho_1 = 2,7$  г/см<sup>3</sup>.

**Решение:** Пусть  $s$  – площадь поперечного сечения деревянного цилиндра. После того, как на цилиндр поставили кубик, объём погруженной в воду части увеличился на  $as$ , вследствие чего

уровень воды поднялся на  $h_2 - h_1$ . Поскольку объём воды постоянен,  $as = (h_2 - h_1)S$ , где  $S$  – площадь сечения сосуда, откуда

$$S/s = a/(h_2 - h_1) = 5.$$

Сила тяжести, действующая на кубик, равна изменению силы Архимеда, действующей на цилиндр:  $\rho_1 V g = \rho_0 g s a$ , откуда объём кубика  $V = \rho_0 s a / \rho_1$ .

В конечный момент цилиндр плавает, как и вначале, а кубик вытесняет объём воды, равный  $V$ . Таким образом, новый уровень воды в сосуде

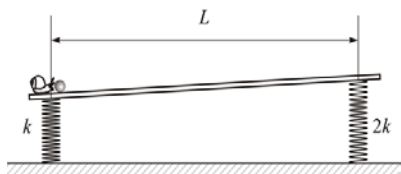
$$h_3 = h_1 + V/S = h_1 + (\rho_0 s / \rho_1 S) a = h_1 + (\rho_0 / \rho_1) (h_2 - h_1) \approx 304,4 \text{ мм.}$$

**Ответ:** 304,4 мм.

### Критерии оценивания задачи 1

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мак. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Записана связь изменения уровня $h_2 - h_1$ с размерами цилиндра	от 1 до 5 баллов
2	Найдено отношение $S/s$	от 1 до 5 баллов
3	Записано равенство силы тяжести кубика и изменения силы Архимеда	от 1 до 5 баллов
4	Найден объём кубика	от 1 до 5 баллов
5	Получен окончательный результат в виде числа с указанием единиц	от 1 до 5 баллов

### Задача 2. (Вариант 1).



По длинной прямой однородной палочке слева направо со скоростью  $u$  ползёт маленькая улитка и катит перед собой лёгкий маленький шарик. Масса улитки  $m$ , а палочки  $M$ . Концы палочки опираются на две вертикальные пружины, расстояние между которыми  $L$ . Жёсткость левой пружины  $k$ , а правой  $2k$ . Длины пружин в недеформированном состоянии одинаковы, а их нижние концы закреплены на одном горизонтальном уровне. В начальный момент улитка находится на левом крае палочки, над левой пружиной.

**Решение:** Рассмотрим момент времени, когда улитка находится на расстоянии  $x$  от начального положения. Пусть в данный момент сила упругости левой пружины равна  $F_1$ , а сила

упругости правой пружины равна  $F_2$ . Тогда сжатие левой пружины равно  $\Delta x_1 = F_1/k$ , правой пружины равно  $\Delta x_2 = F_2/2k$ .

Сумма сил, действующих на палочку, должна быть равна нулю:

$$F_1 + F_2 = (m + M)g.$$

Запишем уравнение моментов относительно оси, проходящей через центр масс палочки перпендикулярно плоскости рисунка:  $F_1 L/2 = mg(L/2 - x) + F_2 L/2$ . Как видно из этого уравнения, в начале движения (при небольших  $x$ )  $F_1 > F_2$ , а значит, и  $\Delta x_1 > \Delta x_2$ , то есть левый конец палочки находится ниже, чем правый. При таком положении палочки шарик стремится скатиться влево, но ему мешает улитка. Но как только правый край станет хоть немного ниже левого, шарик скатится. В критический момент, когда сжатия пружин равны, а палочка горизонтальна:  $\Delta x_1 = \Delta x_2 \Rightarrow F_2 = 2F_1$ ;  $F_1 + F_2 = 3F_1 = (m + M)g$ , откуда  $F_1 = (m + M)g/3$ .

Подставив полученное выражение в уравнение моментов, получим  $(m + M)g/3 \cdot L/2 = mg(L/2 - x) + 2(m + M)g/3 \cdot L/2$ , откуда  $x = L/2 + (m + M)/m \cdot L/6$ .

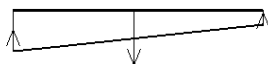
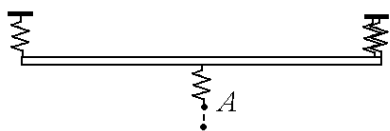
Значит, шарик начнёт скатываться спустя время  $t = x/u = (4 + M/m)L/6u$ .

**Ответ:**  $t = (4 + M/m)L/6u$ .

### Критерии оценивания задачи 2

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мак. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Показано, что шарик начнёт скатываться, когда $F_2 = 2F_1$	от 1 до 7 баллов
2	Записано равенство нулю всех сил, действующих на палочку	от 1 до 5 баллов
3	Записано уравнение моментов	от 1 до 5 баллов
4	Найдено положение улитки в момент, когда начнёт скатываться шарик	от 1 до 5 баллов
5	Получен окончательный результат в виде числа с указанием единиц	от 1 до 3 баллов

### Задача 2. (Вариант 2).



На гладком горизонтальном столе лежит очень жесткий тонкий стержень длиной 1 м. Четыре одинаковые пружинки

прикреплены к стержню: одна к левому краю, две – к правому и одна – к середине. В начальный момент все пружинки перпендикулярны стержню и натянуты, но силы натяжения очень малы. Удлиним «серединную» пружинку, сдвинув точку А (конец этой пружинки) вдоль направления пружинки на  $\Delta l = 1$  см. Найти натяжения каждой из пружинок в растянутом состоянии. Жесткость пружинки 110 Н/см.

**Решение:** Стержень немного «перекосятся», смещения его концов будут неодинаковыми. Правый конец сместится на вдвое меньшую величину  $d$  (две пружины, такая же сила – моменты этих сил относительно середины стержня одинаковы), левый конец сместится на  $2d$ , смещение середины стержня  $1,5d$ . Удлинения пружин: левой  $2d$ , правых – каждой  $d$ , средней  $(\Delta l - 1,5d)$ . Из условия равновесия сил:  $k \cdot 2d + 2kd = k(\Delta l - 1,5d)$ , отсюда  $d = (2/11)$  см. Тогда натяжения пружин 40 Н, 20 Н, 20 Н, 80 Н.

**Ответ:** 40 Н, 20 Н, 20 Н, 80 Н.

### Критерии оценивания задачи 2

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Сделан чертёж, на котором обозначены все силы, действующие в системе и их плечи	от 1 до 5 баллов
2	Записано условие равновесия	от 1 до 10 баллов
3	Верно применён закон Гука	от 1 до 5 баллов
4	Получено решение в общем виде	от 1 до 5 баллов
5	Получен окончательный результат в виде числа с указанием единиц	от 1 до 5 баллов

### Задача 3. (Вариант 1)

Некоторое количество воды нагревается нагревателем мощностью 500 Вт. При включении нагревателя на время 2 мин температура воды повысилась на  $1^\circ\text{C}$ , а при отключении понизилась за 1 мин на столько же градусов. Какая масса воды, если потери тепла за счёт рассеяния в окружающую среду прямо пропорционально времени? Удельная теплоёмкость воды  $4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ .

**Решение:** «Потери тепла за счёт рассеяния в окружающую среду прямо пропорционально времени» - ключевая фраза в задаче. Для процесса нагревания воды уравнение теплового баланса имеет вид:

$$cm\Delta t = P\tau_1 - P_{\text{потерь}}\tau_1$$

а для процесса охлаждения:

$$cm\Delta t = P_{\text{потерь}}\tau_2$$

Из полученной системы уравнений

$$m = \frac{P\tau_1\tau_2}{c\Delta t(\tau_1 + \tau_2)} = 4,76 \text{ кг}$$

Ответ: 4,76 кг

### Критерии оценивания задачи 3

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Составлены уравнения теплового баланса для нагревания и охлаждения	от 1 до 7 баллов за каждое уравнение
2	Получено решение в общем виде	от 1 до 6 баллов
3	Получен окончательный результат в виде числа с указанием единиц	от 1 до 5 баллов

### Задача 3. (Вариант 2)

При длительном пропускании тока 1,4 А через проволоку последняя нагрелась до 55°C, а при силе тока 2,8 А – до 160 °С. При какой силе тока проволока нагреется до температуры 250 °С? Сопротивление проволоки не зависит от температуры. Температура окружающего воздуха постоянна. Теплоотдача прямо пропорциональна разности температур проволоки и воздуха.

**Решение:** «Теплоотдача прямо пропорциональна разности температур проволоки и воздуха» - ключевая фраза в задаче. Составим уравнения теплового баланса.

$$I_1^2 R \tau = k(t_1 - t_0)$$

$$I_2^2 R \tau = k(t_2 - t_0)$$

$$I_3^2 R \tau = k(t_3 - t_0).$$

Решая полученную систему уравнений, находится искомое значение силы тока: 10,05А.

Ответ: 10,05А.

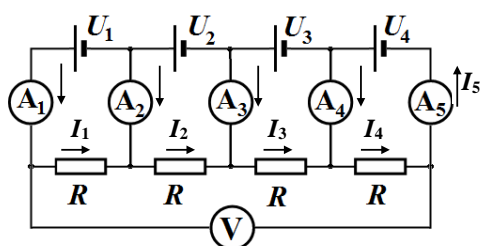
### Критерии оценивания задачи 3

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Составлена система уравнений	от 1 до 5 баллов за каждое уравнение
2	Получено решение в общем виде	от 1 до 5 баллов
3	Получен окончательный результат в виде	от 1 до 5 баллов

**Задача 4.** (Вариант 1)

В цепи, показанной на рисунке, сопротивления всех резисторов одинаковы и равны  $R = 1,0$  Ом. Все измерительные приборы идеальные, внутренние сопротивления источников пренебрежимо малы. Напряжения источников таковы, что амперметры  $A_1, A_2, A_3$  и  $A_4$  показывают одинаковые значения сил токов равные  $I_1 = 1$  А.

- а) Укажите направления токов через все резисторы и амперметры.
- б) Какую силу тока показывает амперметр  $A_5$ ?
- в) Какое напряжение показывает вольтметр?



**Решение:** На рисунке показаны правильные направления токов.

Так как вольтметр идеальный, то его сопротивление бесконечно велико, и ток через него не течет. Поэтому, ток через первый слева резистор равен  $I_1 = 1,0$  А. Пользуясь

тем, что токи, входящие в узел, складываются, найдем токи через остальные резисторы:  $I_2 = 2I_1 = 2,0$  А,  $I_3 = I_2 + I_1 = 3I_1 = 3,0$  А,  $I_4 = I_3 + I_1 = 4I_1 = 4,0$  А. Этот суммарный ток протекает через пятый амперметр, только в направлении, противоположном току  $I_1$ . Поэтому  $I_5 = I_4 = 4,0$  А.

Вольтметр показывает напряжение равное сумме напряжений на резисторах:  $U = I_1R + I_2R + I_3R + I_4R = (I_1 + I_2 + I_3 + I_4)R = (1 + 2 + 3 + 4) \cdot 1 = 10$  В.

**Ответ:** 10 В

**Критерии оценивания задачи 4**

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Показаны направления токов	от 1 до 9 баллов
2	Найден ток через амперметр $A_5$	от 1 до 8 баллов
3	Найдено напряжение	от 1 до 8 баллов

**Задача 4.** (Вариант 2)

При испытании новой модели электрического чайника оказалось, что вода нагревается почти до  $100^\circ\text{C}$ , но все же не закипает. Чайник рассчитывался конструктором на мощность



нагревателя  $P$  и напряжение 110 В. Чайник подключили к сети 220 В. За какое время чайник выкипит наполовину? Масса воды в чайнике  $M$ . Теплота парообразования воды  $L$ .

**Решение:** Мощность, на которую рассчитан чайник:

$$P = U^2/R \quad (1)$$

Судя по испытаниям, мощность  $P$  расходуется на потери в окружающее пространство. Когда чайник включили в сеть с напряжением  $U_1 = 220\text{В}$ , нагреватель чайника стал выделять мощность:

$$P_1 = U_1^2/R \quad (2)$$

Разделим (2) на (1):

$$P_1 / P = (U_1 / U)^2 = (220 / 110)^2 = 4,$$

откуда  $P_1 = 4P$

Как только температура воды достигнет 100 градусов потери энергии будут такими же, как и в первом случае, тогда на кипение будет идти мощность:

$$P_H = P_1 - P = 3P$$

Количество тепла для выпаривания массы  $M/2$ :

$$Q = LM/2 = P_H t = 3Pt$$

Откуда искомое время:

$$t = LM/(6P)$$

**Ответ:**  $t = LM/(6P)$

#### Критерии оценивания задачи 4

	<b>Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются</b>	<b>Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.</b>
1	Записан закон Джоуля-Ленца	от 1 до 5 баллов для каждого случая
2	Записано выражение для количества тепла для выпаривания воды	от 1 до 5 баллов
3	Получено решение в общем виде	от 1 до 5 баллов
4	Получен окончательный результат в виде числа с указанием единиц	от 1 до 5 баллов