

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО  
ФИЗИКЕ  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
11 КЛАСС**

**Возможные решения и критерии оценивания**

**Задача 1. Движение бруска по доске**

Первый вариант решения

Пусть  $M$  – масса доски,  $v_0$  – начальная скорость бруска,  $u$  – конечная скорость.

1. Когда брусок перестает скользить по доске, оба тела двигаются с одинаковой скоростью. (1 балл)

2. Так как стол гладкий, то по закону сохранения импульса имеем:

$$Mv_0 = 2Mu, \quad u = \frac{v_0}{2} \quad (1 \text{ балл})$$

3. По теореме об изменении энергии:  $\frac{Mv_0^2}{2} = \frac{2Mu^2}{2} + \mu Mg\ell$  (2 балла)

4. Решая совместно оба уравнения, найдем:  $v_0^2 = 4\mu g\ell$  (1 балл)

5. Для половинки  $\frac{M}{2}v_0 = \frac{3M}{2}u_1, \quad u_1 = \frac{v_0}{3}$  (1 балл)

6. И  $\frac{Mv_0^2}{4} = \frac{3Mu_1^2}{4} + \mu \frac{M}{2}g\ell_1$  (2 балла)

7. Из двух последних уравнений получим  $\frac{2}{3}v_0^2 = 2\mu g\ell$  (1 балл)

8. Сравнивая ответы в пп. 4 и 7, находим  $\ell_1 = \frac{4}{3}\ell$  (1 балл)

Второй вариант решения

Пусть  $M$  – масса доски, а  $m$  – масса бруска.

1. На брусок и доску действуют одинаковые по величине силы трения (3-й закон Ньютона)  $F_{тр} = \mu mg$  (1 балл)

2. В момент остановки бруска на доске их скорости одинаковы и равны  $u$ .

3. Скорость движения бруска  $u = v_0 - \mu gt$  (1 балл)

4. Скорость движения доски  $u = \frac{\mu g}{M}t$  (1 балл)

5. Из последних уравнений находим скорость совместного движения

$$u = \frac{mv_0}{M+m}, \quad (1 \text{ балл})$$

что может быть получено из закона сохранения импульса.

6. Расстояния, которые проходят при этом брусок и доска относительно стола:

$$S_1 = \frac{v_0^2 - u^2}{2\mu g} \quad (1 \text{ балл})$$

$$S_2 = \frac{Mu^2}{2\mu mg} \quad (1 \text{ балл})$$

7. Брусок проходит по доске расстояние:

$$L = S_1 - S_2 = \frac{v_0^2 - u^2}{2\mu g} - \frac{Mu^2}{2\mu mg} \quad (1 \text{ балл})$$

8. В первом случае  $m=M$  имеем: из п.5  $u = \frac{v_0}{2}$ , из п.7  $\ell = L = \frac{v_0^2}{4\mu g}$  (1 балл)

9. Во втором:  $u = \frac{v_0}{3}$  и  $\ell_1 = \frac{v_0^2}{3\mu g}$  (1 балл)

10. Сравнивая  $\ell$  и  $\ell_1$ , получим  $\ell_1 = \frac{4}{3}\ell$  (1 балл)

### Задача 2. Жидкость над газом

1. Так как объем газа не изменился, то  $P_0 / T_0 = P_1 / T_1$

2. Из условия задачи следует, что  $P_1 / P_0 = N$

3. Следовательно  $T_1 = N T_0$

4. Уравнение теплового баланса  $cM(N-1)(T_{\text{ж}} - T_1) = cM(T_1 - T_0)$

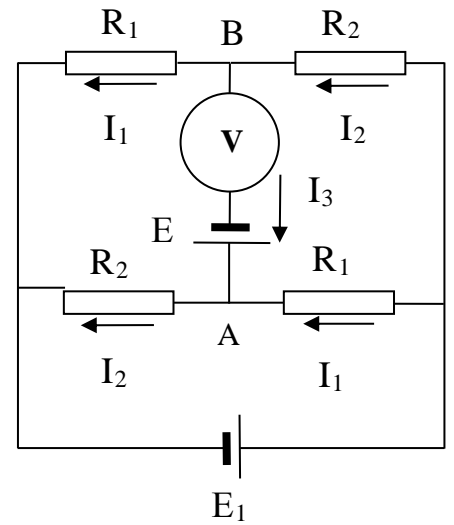
5. Из п.4 с учетом п.3 получаем  $T_{\text{ж}} = (N+1)T_0$

#### **Критерии оценивания решения:**

Пункт 1	2 балла
Пункт 2	2 балла
Нахождение конечной температуры	1 балл
Уравнение теплового баланса	3 балла
Получение ответа	2 балла

### Задача 3. Что показывает вольтметр?

1. Из симметрии схемы можно догадаться, что токи, текущие через одинаковые резисторы, одинаковы.
2. Так как сопротивление вольтметра велико по сравнению с сопротивлениями резисторов, то  $I_1 \approx I_2$ .
3. В этом приближении напряжение между точками А и В равно  $U_{AB} = E_1/3$ .
4. По закону Ома для неоднородного участка цепи АВ имеем  $U_V = I_3 R_V = E_2 + U_{BA}$ . Откуда  $U_V = E_2 - E_1/3$



#### Критерии оценивания решения:

Учёт симметрии схемы	2 балла
Вывод о равенстве токов	2 балла
Определение напряжения $U_{AB}$	3 балла
Получен ответ	3 балла

### Задача 4. Цепь L-C

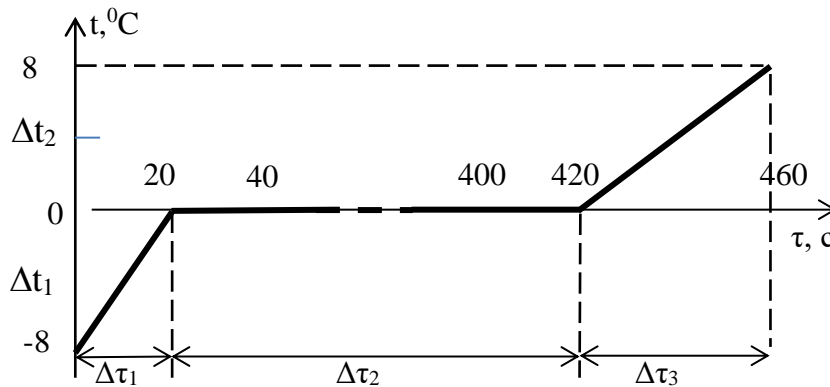
1. В момент протекания в цепи максимального тока  $i$  ЭДС самоиндукции равна нулю.
2. Так как у контура нет активного сопротивления, то в момент протекания максимального тока  $E_i = B \cdot d \cdot v = U_c = q/C$  (1)
3. Из уравнения движения переключки  $m \cdot \Delta v / \Delta t = F_A = i \cdot d \cdot B$  следует  $m \cdot \Delta v = i \cdot \Delta t \cdot d \cdot B = \Delta q \cdot d \cdot B$ , (2), где  $\Delta q$  – заряд, протекший по цепи за время  $\Delta t$ .
4. Суммируя (2) по времени от 0 до момента протекания максимального тока, получим  $m(v_0 - v) = q \cdot d \cdot B$  (3)
5. По закону сохранения энергии  $m v_0^2 / 2 = m v^2 / 2 + L i^2 / 2 + q^2 / 2C$  (4)
6. Решая совместно (1), (3) и (4), находим  $i_{\max} = v_0 \cdot B \cdot d \sqrt{\frac{C \cdot m}{L \cdot (m + C(B \cdot d)^2)}}$ .

#### Критерии оценивания:

1. Отсутствие ЭДС в момент протекания максимального тока	1 балл
2. Записано уравнение (1)	2 балла
3. Записано уравнение движения переключки и выведена связь заряда и изменения скорости (п.3) за $\Delta t$	2 балла
4. Произведено суммирование (п.4)	1 балл
5. Записан закон сохранения энергии	2 балла
6. Получен ответ	2 балла

### Задача 5. Определение удельных теплоёмкостей

По табличным данным зависимость температуры от времени:



1. Содержимое калориметра нагревается вследствие теплообмена с окружающей средой. Будем считать, что в рассматриваемом интервале температур подводимая тепловая мощность  $P$  практически постоянна.

2. Тогда количество теплоты, затраченное на нагревание льда:

$$P\Delta\tau_1 = c_{\text{л}}m\Delta t_1. \quad (1)$$

3. На плавление льда расходуется:

$$P\Delta\tau_2 = \lambda m. \quad (2)$$

4. Количество теплоты, необходимое на нагревание воды:

$$P\Delta\tau_3 = c_{\text{в}}m\Delta t_2. \quad (3)$$

5. Исключая с помощью уравнения (2)  $P$  и  $m$ , получим из (1) и (3):

$$c_{\text{л}} = \frac{\lambda}{\Delta t_1} \cdot \frac{\Delta\tau_1}{\Delta\tau_2} = \frac{330}{8} \cdot \frac{20}{400} \approx 2,06 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{С}},$$

$$c_{\text{в}} = \frac{\lambda}{\Delta t_2} \cdot \frac{\Delta\tau_3}{\Delta\tau_2} = \frac{330}{8} \cdot \frac{40}{400} \approx 4,13 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{С}}.$$

#### Критерии оценивания:

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Предположение о постоянстве подводимой к калориметру мощности   | 2 балла |
| 2. Выражение для количества теплоты, необходимой для нагрева льда  | 1 балл  |
| 3. Выражение для количества теплоты, затраченной на плавление льда | 1 балл  |
| 4. Выражение для количества теплоты, необходимой для нагрева воды  | 1 балл  |
| 5. Выведены расчётные формулы для теплоёмкостей                    | 3 балла |
| 6. Найдены численные значения теплоёмкостей                        | 2 балла |