

Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда»  
по естественным наукам

Заключительный этап  
2016-2017 уч. год

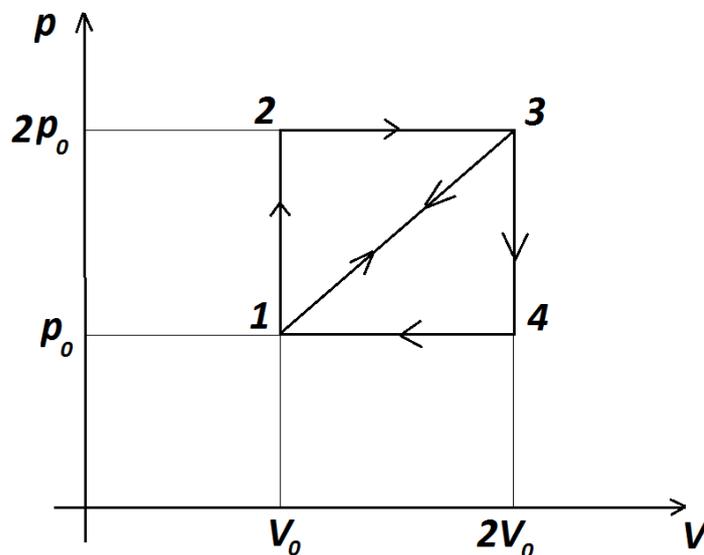
Задания, ответы и критерии оценивания

10 класс  
Вариант 1

физика

Задача № 5 (15 баллов)

С одинаковым количеством одноатомного идеального газа совершают два циклических процесса 1–2–3–1 и 1–3–4–1. Найдите отношение их КПД.



Ответ:  $\frac{13}{12} \approx 1,08$

Решение и критерии оценивания:

Для цикла 1–2–3–1: работа газа за цикл:  $A = \frac{1}{2} p_0 V_0$  (2 балла)

Теплота, получаемая от нагревателя:

$Q = Q_{12} + Q_{23} = \Delta U_{123} + A_{123} = \frac{3}{2} (4p_0 V_0 - p_0 V_0) + 2p_0 V_0 = 6,5 p_0 V_0$  (2 балла)

КПД данного цикла:  $\eta_{123} = \frac{A}{Q} = \frac{1}{13}$  (2 балла)

Для цикла 1–3–4–1: работа газа за цикл:  $A = \frac{1}{2} p_0 V_0$  (2 балла)

Теплота, получаемая от нагревателя:

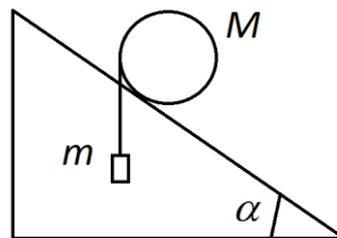
$$Q = Q_{13} = \Delta U_{13} + A_{13} = \frac{3}{2}(4p_0V_0 - p_0V_0) + 1,5p_0V_0 = 6p_0V_0 \quad (2 \text{ балла})$$

$$\text{КПД: } \eta_{134} = \frac{A}{Q} = \frac{1}{12} \quad (2 \text{ балла})$$

$$\text{Отношение КПД данных циклов: } \frac{\eta_{134}}{\eta_{123}} = \frac{13}{12} \approx 1,08 \quad (3 \text{ балла})$$

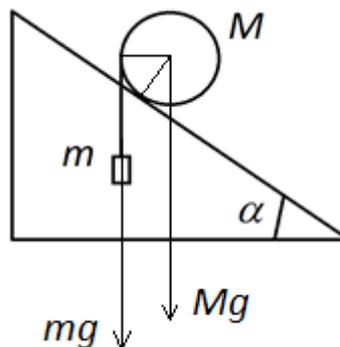
### Задача № 6 (10 баллов)

Цилиндр массой  $M = 1 \text{ кг}$  поместили на рельсы, наклоненные под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту (вид сбоку показан на рисунке). Груз какой минимальной массы  $m$  нужно прикрепить к намотанной на цилиндр нити, чтобы он покатился вверх? Проскальзывание отсутствует.



**Ответ:** 1 кг

**Решение и критерии оценивания:**



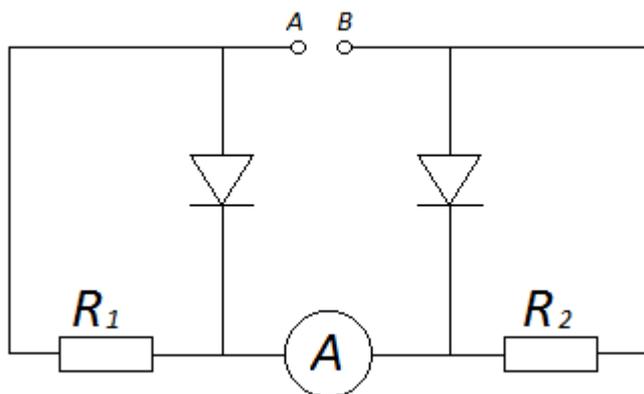
Правило моментов сил в данной ситуации относительно точки соприкосновения цилиндра с плоскостью:  $mg(R - R \sin \alpha) = MgR \sin \alpha$  (5 баллов)

$$m(1 - \frac{1}{2}) = M \frac{1}{2}$$

$$m = M = 1 \text{ кг} \quad (5 \text{ баллов})$$

**Задача № 7 (10 баллов)**

В электрической цепи, показанной на рисунке сопротивления резисторов  $R_1 = 10 \text{ Ом}$  и  $R_2 = 20 \text{ Ом}$ . К точкам  $A$  и  $B$  схемы подключается источник тока. При смене полярности его подключения показания амперметра изменяются в полтора раза. Определите внутреннее сопротивление источника. Амперметр считайте идеальным. Считайте, что сопротивление диодов в прямом направлении пренебрежимо малое, а в обратном – бесконечно большое.



**Ответ: 10 Ом**

**Решение и критерии оценивания:**

Когда плюс источника питания присоединяют к точке  $A$ , ток течет только через резистор  $R_2$  и в этом случае:  $I_1 = \frac{\varepsilon}{R_2 + r}$ .

**(3 балла)**

При смене полярности, ток течет только через сопротивление  $R_1$ , и:

$$I_2 = \frac{\varepsilon}{R_1 + r} \quad \text{(3 балла)}$$

По условию:  $I_2 = 1,5I_1$  **(2 балла)**

Получаем:

$$1,5I_1(R_1 + r) = I_1(R_2 + r)$$

$$1,5(10 + r) = 20 + r$$

$$r = 10 \text{ Ом} . \quad \text{(2 балла)}$$

### **Задача № 8 (15 баллов)**

50 одинаковых металлических шариков радиуса  $R=1\text{ мм}$  соединили равными проводящими отрезками в цепочку, причем длина каждого отрезка соединительного провода  $l=30\text{ см}$  намного больше величины радиуса шарика. Затем полученная конструкция была помещена в однородное электрическое поле известной напряженности  $E=100\text{ В/м}$ . Шарики располагаются на одной линии, параллельной вектору напряженности. Какие по величине заряды индуцируются на крайних в цепочке шариках.

**Ответ:**  $8,17 \cdot 10^{-11}\text{ Кл}$

#### **Решение и критерии оценивания:**

Т.к. шарики расположены далеко друг от друга, то их можно считать уединенными, т.е. пренебречь взаимным влиянием друг на друга. Потенциал поля, создаваемый шариком:

$$\varphi = k \frac{q}{R} \quad (2 \text{ балла})$$

Заряды крайних шариков одинаковы по величине и разные по знаку. (2 балла)

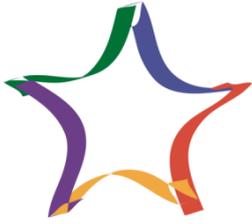
Проводник в электрическом поле является эквипотенциальной поверхностью, поэтому разность потенциалов между крайними шариками должна быть равной нулю и получаем:

$$0 = \Delta\varphi_B + (\varphi_N - \varphi_1) = \Delta\varphi_B + 2\varphi_1 = \Delta\varphi_B + 2k \frac{q}{R} \quad (3 \text{ балла})$$

где  $\Delta\varphi_B = E(N-1)l$  – разность потенциалов, создаваемая внешним полем. (3 балла)

$$\text{Получаем: } E(N-1)l = 2k \frac{q}{R} \quad (3 \text{ балла})$$

$$\text{Окончательный результат: } q = \frac{E(N-1)lR}{2k} = \frac{100 \cdot 49 \cdot 0,3 \cdot 0,001}{2 \cdot 9 \cdot 10^9} = 8,17 \cdot 10^{-11}\text{ Кл} \quad (2 \text{ балла})$$



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда»  
по естественным наукам

Заключительный этап  
2016-2017 уч. год

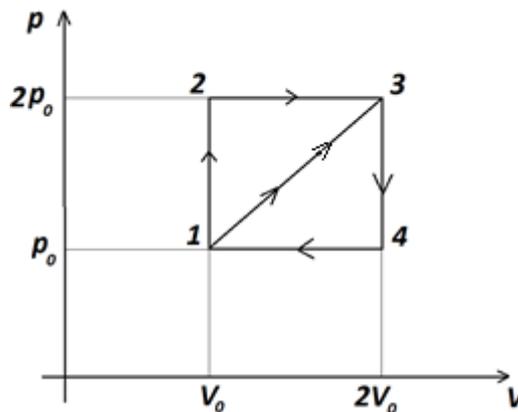
Задания, ответы и критерии оценивания

10 класс  
Вариант 2

физика

Задача № 5 (15 баллов)

С одинаковым количеством одноатомного идеального газа совершают два циклических процесса 1–2–3–4–1 и 1–3–4–1. Найдите отношение их КПД.



Ответ:  $\frac{24}{13} \approx 1,85$

**Решение и критерии оценивания:**

Для цикла 1–2–3–4–1: работа газа за цикл:  $A = p_0V_0$  (2 балла)

Теплота, получаемая от нагревателя:

$$Q = Q_{12} + Q_{23} = \Delta U_{123} + A_{123} = \frac{3}{2}(4p_0V_0 - p_0V_0) + 2p_0V_0 = 6,5p_0V_0 \quad (2 \text{ балла})$$

КПД данного цикла:  $\eta_{1234} = \frac{A}{Q} = \frac{2}{13}$  (2 балла)

Для цикла 1–3–4–1: работа газа за цикл:  $A = \frac{1}{2}p_0V_0$  (2 балла)

Теплота, получаемая от нагревателя:

$$Q = Q_{13} = \Delta U_{13} + A_{13} = \frac{3}{2}(4p_0V_0 - p_0V_0) + 1,5p_0V_0 = 6p_0V_0 \quad (2 \text{ балла})$$

$$\text{КПД: } \eta_{134} = \frac{A}{Q} = \frac{1}{12}$$

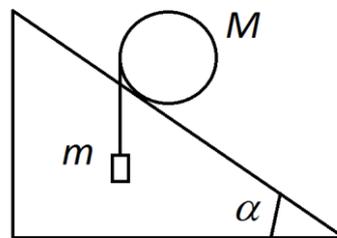
(2 балла)

$$\text{Отношение КПД данных циклов: } \frac{\eta_{1234}}{\eta_{134}} = \frac{24}{13} \approx 1,85$$

(3 балла)

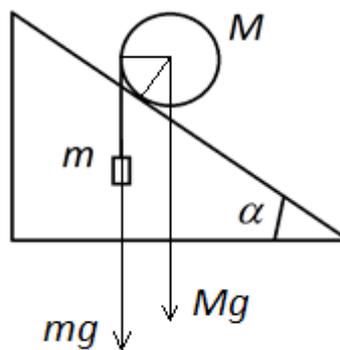
### Задача № 6 (10 баллов)

Цилиндр массой  $M = 0,5 \text{ кг}$  поместили на рельсы, наклоненные под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту (вид сбоку показан на рисунке). Груз какой минимальной массы  $m$  нужно прикрепить к намотанной на цилиндр нити, чтобы он покатился вверх? Проскальзывание отсутствует.



**Ответ:** 1,2 кг

**Решение и критерии оценивания:**



Правило моментов сил в данной ситуации относительно точки соприкосновения цилиндра с плоскостью:

$$mg(R - R \sin \alpha) = MgR \sin \alpha$$

(5 баллов)

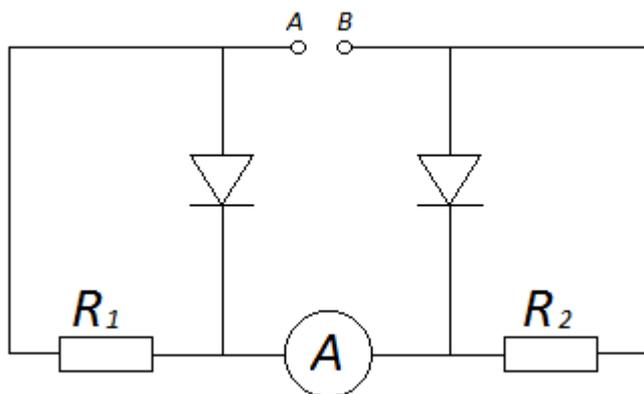
$$m(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}) = M \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$m = M \frac{\sqrt{2}}{2 - \sqrt{2}} = 1,2 \text{ кг}$$

(5 баллов)

**Задача № 7 (10 баллов)**

В электрической цепи, показанной на рисунке сопротивления резисторов  $R_1 = 10 \text{ Ом}$  и  $R_2 = 30 \text{ Ом}$ . К точкам  $A$  и  $B$  схемы подключается источник тока. При смене полярности его подключения показания амперметра изменяются в полтора раза. Определите внутреннее сопротивление источника. Амперметр считайте идеальным. Считайте, что сопротивление диодов в прямом направлении пренебрежимо малое, а в обратном – бесконечно большое.



**Ответ: 30 Ом**

**Решение и критерии оценивания:**

Когда плюс источника питания присоединяют к точке  $A$ , ток течет только через резистор  $R_2$  и в этом случае:  $I_1 = \frac{\varepsilon}{R_2 + r}$ .

**(3 балла)**

При смене полярности, ток течет только через сопротивление  $R_1$ , и:

$$I_2 = \frac{\varepsilon}{R_1 + r} \quad \text{(3 балла)}$$

По условию:  $I_2 = 1,5I_1$  **(2 балла)**

Получаем:

$$1,5I_1(R_1 + r) = I_1(R_2 + r)$$

$$1,5(10 + r) = 30 + r$$

$$r = 30 \text{ Ом} . \quad \text{(2 балла)}$$

### **Задача № 8 (15 баллов)**

100 одинаковых металлических шариков радиуса  $R = 1 \text{ мм}$  соединили равными проводящими отрезками в цепочку, причем длина каждого отрезка соединительного провода  $l = 50 \text{ см}$  намного больше величины радиуса шарика. Затем полученная конструкция была помещена в однородное электрическое поле известной напряженности  $E = 1000 \text{ В/м}$ . Шарики располагаются на одной линии, параллельной вектору напряженности. Какие по величине заряды индуцируются на крайних в цепочке шариках.

**Ответ:**  $2,75 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$

#### **Решение и критерии оценивания:**

Т.к. шарики расположены далеко друг от друга, то их можно считать уединенными, т.е. пренебречь взаимным влиянием друг на друга. Потенциал поля, создаваемый шариком:

$$\varphi = k \frac{q}{R} \quad (2 \text{ балла})$$

Заряды крайних шариков одинаковы по величине и разные по знаку. (2 балла)

Проводник в электрическом поле является эквипотенциальной поверхностью, поэтому разность потенциалов между крайними шариками должна быть равной нулю и получаем:

$$0 = \Delta\varphi_B + (\varphi_N - \varphi_1) = \Delta\varphi_B + 2\varphi_1 = \Delta\varphi_B + 2k \frac{q}{R} \quad (3 \text{ балла})$$

где  $\Delta\varphi_B = E(N-1)l$  – разность потенциалов, создаваемая внешним полем. (3 балла)

$$\text{Получаем: } E(N-1)l = 2k \frac{q}{R} \quad (3 \text{ балла})$$

$$\text{Окончательный результат: } q = \frac{E(N-1)lR}{2k} = \frac{1000 \cdot 99 \cdot 0,5 \cdot 0,001}{2 \cdot 9 \cdot 10^9} = 2,75 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} \quad (2 \text{ балла})$$