



8616 1 68

1	2	3	4	5	6	Σ
10	10	20	10	16	2	68

**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА УЧАСТНИКА ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ СПБГУ 2017-2018**

Заключительный этап

Предмет (комплекс предметов) Олимпиады

ФИЗИКА (11 КЛАСС)

Город, в котором проводится Олимпиада

Красноярск

Дата 17.03.2018

\*\*\*\*\*

**Вариант 8**

1. Снаряд выпускается вертикально вверх с начальной скоростью  $V_1 = 600$  м/с.

Затем он уничтожается другим снарядом, выпущенным из той же точки со

скоростью  $V_2 = 400$  м/с. Через какое время  $t$  нужно выпустить второй снаряд после

первого, чтобы уничтожении произошло как можно скорее?

$t_1 = \frac{v_1}{g}$   
 $t_2 = \frac{v_2}{g}$   
 $t = t_1 + t_2 + t_3$   
 $t_3 = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}$

$t = \frac{v_1}{g} + \frac{v_2}{g} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}$

$t = \frac{600}{10} + \frac{400}{10} + \frac{600^2 - 400^2}{2 \cdot 10}$

$t = 60 + 40 + \frac{360000 - 160000}{20}$

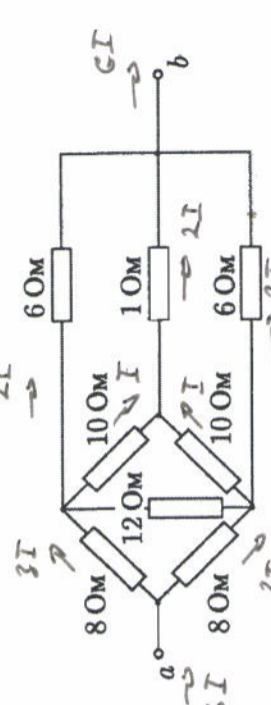
$t = 100 + \frac{200000}{20}$

$t = 100 + 10000$

$t = 10100$

2. Определите эквивалентное сопротивление цепи  $R_{ab}$ , схема которой показана на

рисунке.



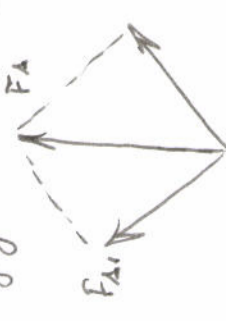
В силу симметрии и нулевой разности потенциалов ток через резистор (12 Ом) не течёт. Рассавим ток в цепи с учётом ЗСЗ (I тавило к верху) обратно пропорционально сопротивлению ветвей.

$R_{05} = \frac{3I \cdot 8 \text{ Ом} + 2I \cdot 6 \text{ Ом}}{6I} = 6 \text{ Ом}$   
 Ответ:  $R_{ab} = 6 \text{ Ом}$

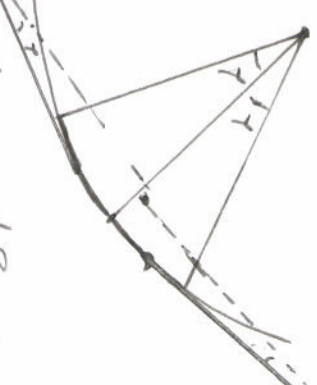
Продолжение задачи 1  
 $v_{\Sigma} = \frac{v_x + v_1}{2g(v_x + v_2)}$   
 Функция  $t_{\Sigma}(v_x)$  не имеет экстремумов и возрастает на всей области определения  
 $t_{\Sigma} = t_{\min} = T$  при  $v_x = \min \Rightarrow v_x = 0$   
 Снаряд должен столкнуться в какой-то точке траектории 2 снаряда

Продолжение задачи 3  
 Т.к.  $h \ll R$   $MN \approx AB \approx x$   
 В прямоугольном  $\Delta KMN$  ( $KN \perp F$ )  
 $\tan \beta = \frac{x}{R}$   
 $2n \cdot \frac{x}{R} = \frac{x}{F}$   
 $F = \frac{R}{2n}$   
 Ответ:  $F = \frac{R}{2n}$ ;  $F = 3,75 \text{ см}$

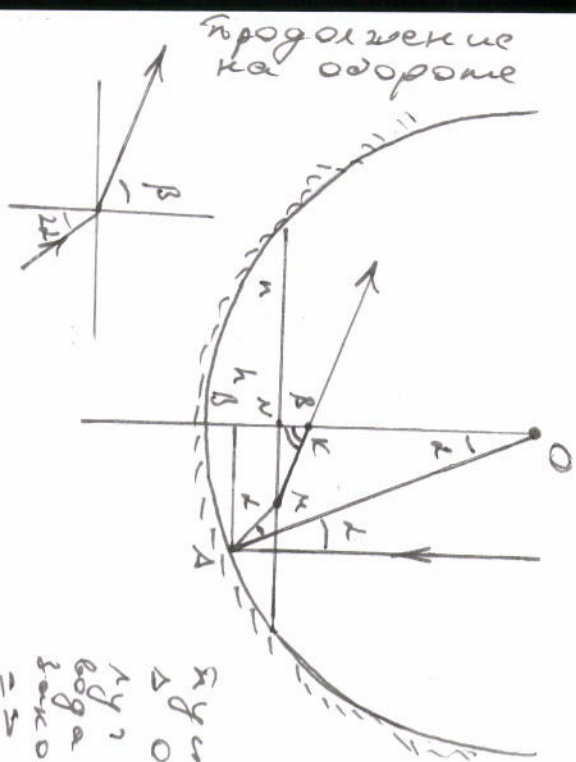
Продолжение задачи 5  
 В силу симметрии, на каждую зеркальную окружность действуют одинаковые по модулю силы  $F_A$   
 $F_A = F_{A1} \cdot \sqrt{2}$   
 Т.к. по вертикали и горизонтально равновесие не выполняется, то  $F_A$  направлена под углом  $\alpha$  к вертикали  
 $F_A \sin \alpha = 2F_A \cdot 2\sqrt{2}$   
 $F_A \sin \alpha = 0,38 \text{ Н}$



Разрыв проводника II ЗК  
 $F_{кр} = 2F \sin \alpha$   
 $B I_{кр} \Delta l = 2F \sin \alpha$   
 $B I_{кр} 2ad = 2F \Delta l$   
 $B I_{кр} a = 2F$   
 $I_{кр} = \frac{2F}{Ba}$ ;  $I_{кр} \approx 36 \text{ А}$



3. Выгнутое сферическое зеркало, лежащее горизонтально, заполнено водой. Радиус зеркала  $R = 10$  см. Найти фокусное расстояние получившей оптической системы. Коэффициент преломления воды  $n = 4/3$ . Толщина слоя воды  $h$  мала ( $h < R$ ).



Параксиальное приближение  $\sin \alpha \approx \alpha$ ;  $\cos \alpha \approx 1$ ;  $\tan \alpha \approx \alpha$   
 Лучи лучи падают под малым углом к радиусу.  
 Угол падения равен углу отражения.  
 Луч, падающий нормально границе раздела 2 сред не преломляется.  
 Лучи  $AK$  и  $AK'$  падают в радиусе  $x$  и  $x + \Delta x$   
 $\Delta \alpha \approx \sin \alpha \approx \frac{x}{R} \approx \frac{x}{2R}$   
 Луч падает на границу раздела вода-воздух под углом  $2\alpha$  закон Снеллиуса  $\sin 2\alpha \cdot n = \sin \beta$   
 $\Rightarrow n \cdot 2\alpha = \sin \beta$

4. Невесомый поршень может скользить по гладкой внутренней поверхности вертикально расположенного цилиндра высотой  $L = 1$  м, сечением  $S = 100$  см<sup>2</sup>. Начальная температура воздуха  $T_0 = 300$  К, атмосферное давление  $p_0 = 100$  кПа. Цилиндр герметически закрыли поршнем и поставили на него груз массой  $m = 73$  кг. В начальном состоянии плоскость поршня расположена на расстоянии  $L$  от дна цилиндра. При движении поршня реализуется процесс  $pV^3 = \text{const}$ . Найдите значения температуры  $T$  в моменты времени, соответствующие прохождению поршнем 1) положения равновесия; 2) границы движения поршня.

1) Положение равновесия  $z = a = 0$

Уравнение Менделеева - Клапейрона

$$p_0 V_0 = \nu R T_0$$

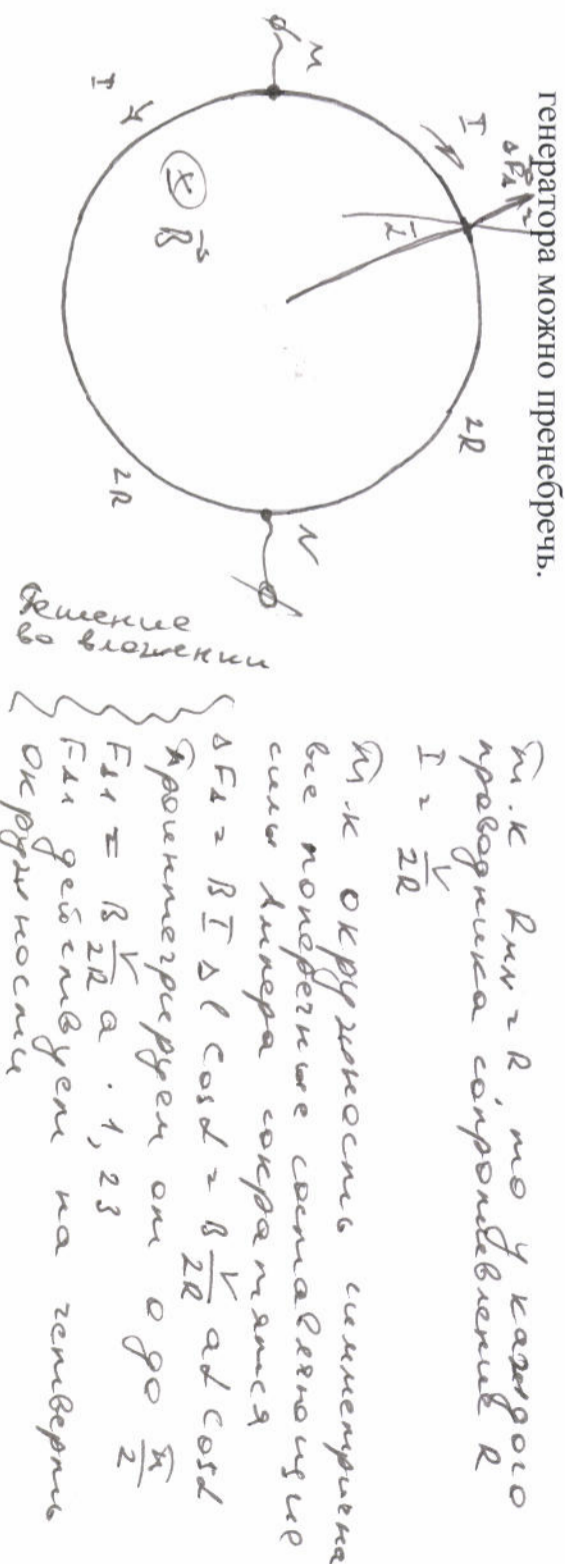
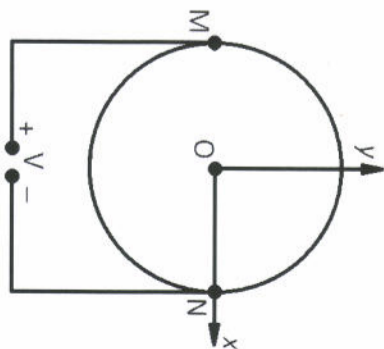
$$p V = \nu R T$$

$$\frac{p_0 V_0^3}{p_0^2} = \frac{(\nu R T_0)^3}{p_0^2} \Rightarrow \left(\frac{T}{T_0}\right)^3 = \left(\frac{p_0 + \frac{mg}{S}}{p_0}\right)^2$$

$$\Rightarrow T = T_0 \left(\frac{p_0 + \frac{mg}{S}}{p_0}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$T \approx 432 \text{ К}$$

5. На рисунке изображен проводник в виде окружности радиусом  $a = 15$  см. Усиле на разрыв кольца  $F = 4$  Н. Сопротивление схемы между точками М и N равно  $R = 2$  Ом. К этим точкам подключен генератор напряжения, создающий разность потенциалов  $V = 3$  В. Вся система находится в постоянном однородном магнитном поле с индукцией  $\mathbf{B} = (0, 0, B)$ ,  $B = 3$  Тл. Определите суммарную силу Ампера, действующую на проводник. При какой разности потенциалов, создаваемой генератором, произойдет разрыв проводника? Точки М и N закреплены. Сопротивлением подводящих проводов и внутренним сопротивлением генератора можно пренебречь.



6. Шарик массы  $m$ , насаженный на стержень, вращается в горизонтальной плоскости с угловой скоростью  $\Omega$  вокруг оси, с которой соединен пружиной жесткости  $k$ . Определите частоту колебаний шарика вдоль пружины, если  $\Omega^2 < k/m$ .

23 К:  $m(a + \Omega^2 x) = kx$

$$\ddot{x} + \left(\Omega^2 - \frac{k}{m}\right)x = 0$$

$$\omega^2 = \frac{k}{m} - \Omega^2$$

$$\omega = 2\pi \nu$$

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m} - \Omega^2}$$

Продолжение задания 4 Числовые

2) ЗСД

$mg(L-h) = \frac{1}{2}mv^2$   
 процесс без потерь энергии с окружением  
 средой м.к. процессом обмена

$Q = 0$

и парано непродуктивны

$$Q = \delta u + \delta h$$

$$mg(L-h) = \frac{1}{2} \delta R (T - T_0)$$

$$L = \frac{v_0}{S} = \frac{\delta R T_0}{\rho_0 S}$$

$$h = \frac{v}{S} = \frac{\delta R T}{\rho S}$$

$$\rho = \rho_0 \left( \frac{T}{T_0} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{mg \delta R}{\rho S} \left( \frac{T_0}{\rho_0} - \frac{T}{\rho_0 \left( \frac{T}{T_0} \right)^{\frac{1}{2}}} \right) = \frac{3}{2} \delta R (T - T_0)$$

$$\frac{2mg}{3S} \cdot \left( \frac{T_0}{T_0 \sqrt{T_0}} - \frac{\sqrt{T}}{\frac{\rho_0}{T_0 \sqrt{T_0}}} \right) = T - T_0$$

$$\frac{2mg}{3S \rho_0} T_0 - \frac{2mg}{3S \rho_0} T_0 \sqrt{T_0} \sqrt{T} = T - T_0$$

$T = X^2$

$$X^2 + \frac{2mg}{3S \rho_0} T_0 \sqrt{T_0} X - \frac{2mg + 3S \rho_0}{3S \rho_0} T_0 = 0$$

$$D = \frac{4m^2 g^2}{8 S^2 \rho_0^2} T_0^3 - 4 \frac{2mg + 3S \rho_0}{3S \rho_0}$$

$$\sqrt{D} = \frac{\sqrt{D} - \frac{2mg}{3S \rho_0} T_0 \sqrt{T_0}}{2}$$

$$T = \left( \frac{\sqrt{4m^2 g^2 / 8 S^2 \rho_0^2 T_0^3 - 4 \frac{2mg + 3S \rho_0}{3S \rho_0}} - \frac{2mg}{3S \rho_0} T_0 \sqrt{T_0}}{2} \right)^2$$

$$T \approx 3,46 \cdot 10^{-2} \text{ K}$$

Ответ: 1)  $T \approx 432 \text{ K}$

2)  $T \approx 3,46 \cdot 10^{-2} \text{ K}$

Продолжение задания 1

2 шаг по формулам Ньютона 20  
 по формулам для скорости  $t_2 = \frac{v_2}{g}$

$$s = \frac{v_2^2}{2g}$$

$$h = \frac{v_1^2}{2g}$$

1 шаг по методу сохранения энергии  
 или  $h = s$  метод сохранения энергии

$$\Delta t = \sqrt{\frac{2(h-s)}{g}} \quad \text{но } \Delta t \rightarrow t_2$$

$$(\Delta t = 205 \text{ c}; t_2 = 40 \text{ c})$$

Можно 2 шаг по методу сохранения энергии

по скорости

$$v = \frac{v_1}{g} + \left( \frac{2 \left( \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} \right)}{g} \right) - \frac{v_2^2}{g} =$$

$$= \frac{1}{g} (v_1 - v_2 + \sqrt{v_1^2 - v_2^2})$$

$$v \approx 64,42 \text{ c}$$

$$\text{Ответ: } v = \frac{1}{g} (v_1 - v_2 + \sqrt{v_1^2 - v_2^2}); v \approx 64,42 \text{ c}$$

Продолжение задания 5

$$\Delta F_A = BI \Delta l \cos \alpha$$

$$F_A = BI \left( \frac{R_a}{2} \right) \int_0^{\frac{R_a}{2}} \cos \alpha = BI \frac{R_a}{2} \cdot \left( \sin \alpha \right) \Big|_0^{\frac{R_a}{2}}$$

формулы  
 для независимых

$$= BI \frac{R_a}{2} \left( \sin \frac{\pi}{2} - \sin 0 \right) = BI \frac{R_a}{2}$$

Для цепи открытой цепи

$$F_{A \Sigma} = BI 2R_a = B \frac{I R_a}{2} \cdot 2R_a = \frac{BI R_a}{2}$$

$$F_{A \Sigma} \approx 2,12 \text{ Н}$$

$$\text{Ответ: } F_{A \Sigma} = \frac{BI R_a}{2}; F_{A \Sigma} \approx 2,12 \text{ Н}$$

$$V_{kp} = \frac{2FR}{B_a}; V_{kp} = 368$$