:то для
:обы

# ОТКРЫТАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ МЕЖВУЗОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ВУЗОВ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ «ОРМО»

08075

**Шифр**

## ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ
**заключительного этапа**

| | | |
|---|---|---|
| 1. | Предмет | ФИЗИКА |
| 2. | Вариант | 2 |
| 3. | Класс | 11 |
| 4. | Фамилия | СТАРОДУБОВ |
| | Имя | АЛЕКСАНДР |
| | Отчество | ЮРЬЕВИЧ |
| 5. | Дата рождения | Число: 08; Месяц: 02; Год: 2006 |
| 6. | Страна | РОССИЯ |
| 7. | Регион *(пр: Томская обл., Алтайский край)* | ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛ. |
| 8. | Вид муниципального образования *(пр: село, город, пгт, деревня)* | ГОРОД |
| 9. | Населенный пункт *(пр: Томск, Кемерово, Псков)* | ЧЕЛЯБИНСК |
| 10. | Полное наименование образовательного учреждения, в котором Вы обучаетесь | МБОУ ФМЛ №31 г. ЧЕЛЯБИНСКА |

Даю согласие на обработку моих персональных данных и информирование меня посредством sms и e–mail о моих результатах и всех дальнейших мероприятиях, связанных с олимпиадой

*Личная подпись* ____________

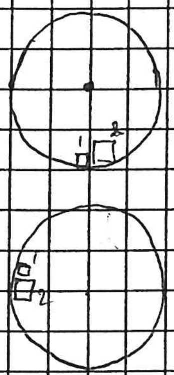
сто для
кобы

**Шифр** 08075

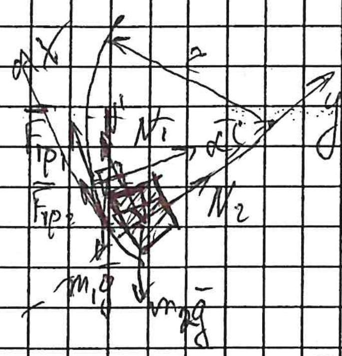
**Открытая региональная межвузовская олимпиада вузов Томской области (ОРМО)**

| Общий балл | Дата | Ф.И.О. членов жюри | Подписи членов жюри |
|---|---|---|---|
| 95 | | | [signature] |

# Задача №1



Т.к. $M_2 > M_1$, то кубики будут подниматься вместе, как единое целое и начнут скользить (~~или падать~~) одновременно.




Т.к. кубики маленькие, то можно считать, что направления действия сил реакции опоры и сил трения, действующих на оба кубика, совпадают.

Т.к. цилиндр вращается очень медленно, то у кубиков нет ускорения до момента скольжения (~~отрыва~~).

Пусть $\alpha$ – угол между радиусом-вектором, проведенным из т. O к кубикам и горизонталью, при максимальной высоте. 2-й з-н Ньютона для системы из двух кубиков в этот момент вр-ни.

OY: $(m_1+m_2)g\sin\alpha = N_1+N_2$

OX: $F_{тр_1}+F_{тр_2} = (m_1+m_2)g\cos\alpha$

Шифр 08075

Поскольку кубики начнут скользить вместе, то ~~при~~ в момент отрыва $F_{тр_1} = \mu_1 N_1$; $F_{тр_2} = \mu_2 N_2$

Также ~~заме~~ заметим, что кубики ~~$N_1 + N_2$~~ действуют друг на друга силами, перпендик. сторонe соприкосновения. Поэтому в проекции на ось $y$ 2-го з-на Ньютона для каждого из них выходит след. образом:

$$N_1 = m_1 g \sin\alpha$$

$$N_2 = m_2 g \sin\alpha$$

Итого:

$$\mu_1 m_1 \cancel{g} \sin\alpha + \mu_2 m_2 \cancel{g} \sin\alpha = m_1 \cancel{g} \cos\alpha + m_2 \cancel{g} \cos\alpha$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{m_1 + m_2}{\mu_1 m_1 + \mu_2 m_2}$$

Высота поднятия кубиков равна:

$R - R\sin\alpha = R(1-\sin\alpha)$. Иск. отношение равно:

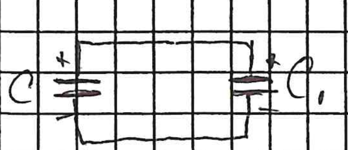
$$\frac{R}{R(1-\sin\alpha)} = \frac{1}{1-\sin\alpha} = \frac{1}{1 - \frac{m_1+m_2}{\sqrt{(m_1+m_2)^2 + (\mu_1 m_1 + \mu_2 m_2)^2}}}$$

$\cos\alpha$

Br.

Задача № 2.

$U_0$ – нач. напряжение на конденсаторе $C$.



После ~~первого~~ подключения ~~д~~ двух конденсаторов на них устанавливается одинаковые напряжения. Из ЗСЗ:

сто для
скобы

Шифр 08075

$$CU_0 = \underbrace{CU_1 + C_1U_1}_{\text{суммарный согл. заряд на обкладках двух конденсаторов}}, \text{ где } U_1 \text{ - уст. напр.}$$

заряд на обкладке $C$

$$U_1 = \frac{CU_0}{C+C_1}$$

ЗСЗ при втором подключении:

$$CU_1 - C_1U_1 = (C+C_1)U_2, \text{ где } U_2 \text{ - уст. напр. на конд. после 2-го подключения.}$$

$$U_2 = \frac{(C-C_1)U_1}{C+C_1} = \frac{(C-C_1)CU_0}{(C+C_1)^2}$$

ЗСЭ для третьего подключения:

$$CU_2 - C_1U_2 = (C+C_1)U_3$$

$$U_3 = \frac{(C-C_1)U_2}{C+C_1} = \frac{(C-C_1)^2 C U_0}{(C+C_1)^3} = \frac{(C-C_1)^2 U_1}{(C+C_1)^2}$$

$U_3$ - уст. напр. после 3-го подключения.

Мы видим, что после каждого переворота уст. напряжение увеличивается в $\frac{C-C_1}{C+C_1}$ раз.

Напр. после $n$-го переворота равно

$$U_n = \left(\frac{C-C_1}{C+C_1}\right)^n U_1$$

Для $n=5$, имеем:

$$30\text{ В} = \left(\frac{8\text{ мкФ}}{10\text{ мкФ}}\right)^5 \cdot \frac{9\text{ мкФ}}{10\text{ мкФ}} \cdot U_0 \Leftrightarrow 30\text{ В} = (0{,}8)^5 \cdot 0{,}9 \cdot U_0 \Rightarrow$$

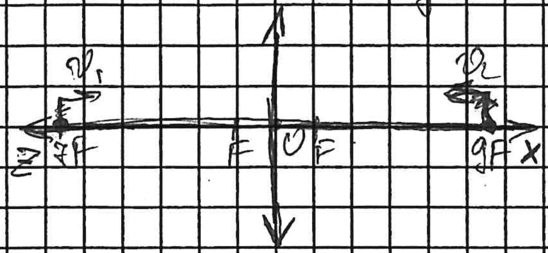
$\Rightarrow$ Ответ: $U_0 \approx 101{,}7$ В

15б

стo для
скобы

Шифр 08075

Задача №3




Введем координатные линии OX и Oz. Вдоль каждого из них будем ~~откладывать~~ отсчитывать координату соответствующего источника: OX – для 2-го, Oz – для 1-го. Координата – расстояние от источника до линзы.

Запишем закон движения:

$$x(t) = 9F - v_2 t$$

$$z(t) = 7F - v_1 t$$

По формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = \frac{1}{F}$$, где $y$ – расстояние от изображения до линзы.

Поскольку первый источник встретился с изображением второго, то:

$$z(\tau) = y(\tau) = \frac{F \cdot x(\tau)}{x(\tau) - F}$$

$$7F - v_1\tau = \frac{F \cdot (9F - v_2\tau)}{9F - v_2\tau - F} = \frac{F \cdot (9F - v_2\tau)}{8F - v_2\tau}$$

Из условия $v_2 = v_1 \cdot \frac{3}{2}$

Тогда:
$$7F - v_1\tau = \frac{F\left(9F - \frac{3}{2}v_1\tau\right)}{8F - \frac{3}{2}v_1\tau}$$

$$3v_1^2\tau^2 - 34 v_1 F\tau + 94 F^2 = 0$$

сто для
кобы

Шифр 8075

$$D = 34^2F^2\tau^2 - 4\cdot 3\tau^2\cdot 94F^2 = 28F^2\tau^2$$

$$v_1 = \frac{34 v_1 F\tau \pm \sqrt{28}F\tau}{6\tau^2} = \frac{17\pm\sqrt{7}}{3}\frac{F}{\tau}$$

Т.к. произошла встреча источника с изображением, то подразумевается, что изображение действительное.

Однако заметим, что действительное изображение второй источник дает только находясь за фокусным расстоянием, т.е.

$$8F \ge v_2\tau \Rightarrow v_2 \le \frac{8F}{\tau}$$

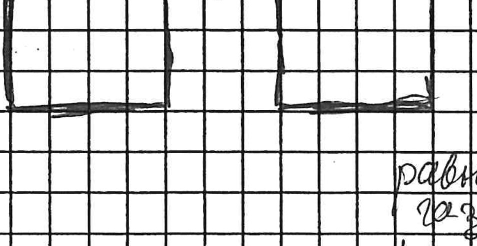
$$\frac{3}{2}v_1 \le \frac{8F}{\tau}$$

$$v_1 \le \frac{16}{3}\frac{F}{\tau}$$

Теперь, учитывая это условие, один корень квадратного ур-я отпадает. $\left(\frac{17+\sqrt{7}}{3} > \frac{16}{3}\right)$

Ответ: $\boxed{v_1 = \frac{17-\sqrt{7}}{3}\frac{F}{\tau}}$ 15

Задача №4




Т.к. газ выпускают изотермически, а между газами в баллонах происходит теплообмен через пленку жидкости, то температура газов равна и постоянна в процессе выпускания газа.

Ур-е ид. газа для левого баллона: (проц. изотерм.)

сто для скобы

Шифр 8075

$p_0V_0 = pV = p(V_0 + Sx)$, $x$ – перемещение поршня

т.к. газ выпускают медленно, то давления обоих газов равны.

Менд.-Клап. для правого газа:

$pV = \nu RT_0 \iff p(V_0 - Sx) = \frac{m(t)}{\mu}RT_0$

В нач. состоянии

$p_0V_0 = \frac{m_0}{\mu}RT_0$

$m_0 = \frac{p_0V_0\mu}{RT_0}$

$$\frac{p_0V_0(V_0 - Sx)}{V_0 + Sx} = \frac{m_0 - \alpha t}{\mu}RT_0$$

т.к. поршень попадет в ногерметичный баллон за время $\tau$, то к этому м. вр. она переместится на $\frac{L}{2}$.

$$\frac{p_0V_0(V_0 - S\frac{L}{2})}{V_0 + S\frac{L}{2}} = \frac{m_0 - \alpha\tau}{\mu}RT_0$$

$$p_0V_0\mu\left(V_0 - S\frac{L}{2}\right) = (m_0 - \alpha\tau)RT_0\cdot\left(V_0 + S\frac{L}{2}\right)$$

$$p_0V_0^2\mu - p_0V_0\mu\cdot S\frac{L}{2} = (m_0 - \alpha\tau)RT_0V_0 + (m_0 - \alpha\tau)RT_0\cdot S\frac{L}{2}$$

$$p_0V_0^2\mu - (m_0 - \alpha\tau)RT_0V_0 = S\frac{L}{2}\left((m_0 - \alpha\tau)RT_0 + p_0V_0\mu\right)$$

Ответ: $$S = \frac{2\left(p_0V_0^2\mu - \left(\frac{p_0V_0\mu}{RT_0} - \alpha\tau\right)RT_0V_0\right)}{L\left(\left(\frac{p_0V_0\mu}{RT_0} - \alpha\tau\right)RT_0 + p_0V_0\mu\right)}$$

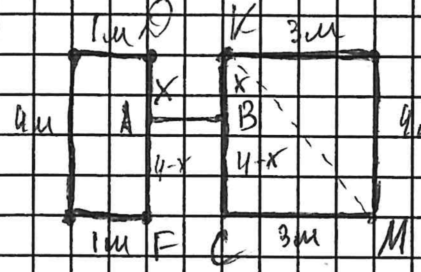
$\alpha$ж

$\Longrightarrow$

есто для скобы

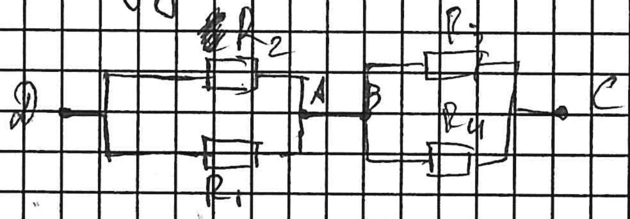
Шифр 8075

Задача № 5




Пусть $R$ – сопр-е 1м проволоки = 1 Ом

Приведем цепь к более удобному виду:




Пусть $x$ – расс-е AD. Тогда $AD = KB = x$; $AF = BC = 4-x$

$R_{KB} = R_{AD} = xR$; $R_{AF} = R_{BC} = (4-x)R$

$R_1 = xR$; $R_2 = 6R + (4-x)R = \cancel{10R}\ (10-x)R$

$R_3 = (4-x)R$; $R_4 = (10+x)R$

$$R_{DC} = \frac{R_1R_2}{R_1+R_2} + \frac{R_3R_4}{R_3+R_4} = \frac{7\cdot xR\cdot(10-x)R}{7\cdot 10R} + \frac{5\cdot(4-x)R\cdot(10+x)R}{5\cdot 14R} =$$

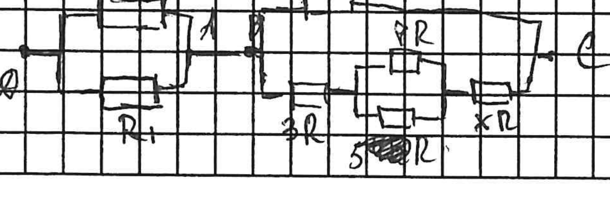
$$= \frac{R}{70}\left(7x(10-x) + 5(4-x)(10+x)\right) = \cancel{\frac{R}{70}(70x-7x^2}$$

$$= \frac{R}{70}\left(70x - 7x^2 - 5x^2 - 30x + 200\right) = \frac{R}{70}\left(-12x^2 + 40x + 200\right)$$

Минимальное значение силы тока соответствует максимальному сопротивлению $R_{DC}$

$$R_{DC\,max} = \frac{R}{70}\cdot\frac{700}{3} = \frac{10R}{3}, \text{ при } x = \frac{5}{3} < 4 \checkmark$$

После замыкания KM цепь примет следующий вид:



$$R'_{ОС} = \frac{xR\cdot(10-x)R}{10R} + \frac{(4-x)R\cdot\left(3R+xR+\frac{7\cdot 5R}{7+5}\right)}{7R+\frac{7\cdot 5R}{7+5}} =$$

$$\cancel{= \frac{xR(10-x)}{10} + \frac{(4-x)\left(3+x+\frac{28\sqrt2}{7+4\sqrt2}\right)R}{7+\frac{28\sqrt2}{7+4\sqrt2}}}$$

$$= \frac{xR(10-x)}{10} + \frac{(4-x)R\left(3+x+\frac{35}{12}\right)}{7+\frac{35}{12}}$$

Сразу после замыкания $R'_{ОС}$ равно:

$$R'_{ОС_0}\left(\frac{4}{3}\right) = \frac{4\cdot\left(10-\frac{4}{3}\right)}{3\cdot 10}R + \frac{\left(4-\frac{4}{3}\right)\left(3+\frac{4}{3}+\frac{35}{12}\right)}{7+\frac{35}{12}}R =$$

$$= \frac{16628}{5355}R \approx 3{,}11R$$

Т.к. $R'_{ОС_0} < R_{ОС_{max}}$, то ток после замыкания увеличится примерно в 1,07 раз.

$\cancel{\max\left(R'_{ОС}\right)}$

$$R'_{ОС} = xR - \frac{x^2R}{10} + \frac{(4-x)R(36+12x+35)}{7\cdot 12+35} =$$

$$= xR - \frac{x^2R}{10} + \frac{(4-x)R(71+12x)}{119} = xR - \frac{x^2R}{10} + \frac{71(4-x)R}{119} + \frac{12x(4-x)R}{119} =$$

$$= xR - \frac{x^2R}{10} + \frac{284R}{119} - \frac{71xR}{119} + \frac{48xR}{119} - \frac{12x^2R}{119}$$

$$\left(R'_{ОС}\right)' = R - \frac{R}{10}2x - \frac{71R}{119} + \frac{48R}{119} - \frac{12R}{119}2x = 0$$

$$\frac{96}{119}R = \frac{239R}{1190}2x$$

$$96R = \frac{239R}{10}\cdot 2x \qquad x = \frac{480}{239} \approx 2$$

$$\max\left(R'_{ОС}\right) \approx 3{,}2R$$

сто для
кобы

**Шифр** 8075

**Открытая региональная межвузовская олимпиада вузов Томской области (ОРМО)**

| Общий балл | Дата | Ф.И.О. членов жюри | Подписи членов жюри |
|---|---|---|---|
| | | | |

Пусть $U_0$ – прикладываемое напряжение.

Тогда мин ток в первом случае

равен $I_1 = \frac{U_0 \cdot 3}{10R}$, а во втором $I_2 = \frac{U_0}{3{,}2R}$

Причем $I_2 - I_1 = 0{,}4A$, т.е.

$$\frac{U_0}{3{,}2\,Ом} - \frac{3U_0}{10\,Ом} = 0{,}4\,A \Rightarrow U_0 = 32\,B$$

Ответ: $U_0 = 32\,B$

20.