

$$A_1 = \frac{m_1 u^2}{2} - \frac{m_1 u_1^2}{2} = \frac{m_1}{2} (u^2 - u_1^2)$$

Дословно  
и процесс охладить  
еще, пока в з.  
Вероятно, на  
AT = -ΔU

Санкт-Петербургский  
государственный  
университет

Аналогично  $A_2 = \frac{m_2}{2} (u^2 - u_2^2)$

Плюс работа газа:  
 $A_{\Gamma} = A_1 + A_2$  лист 1

# ИСТОРИЯ

$$\frac{1}{2} \nu R (\gamma_{\max} - \gamma_0) = A_1 + A_2$$

$$\gamma_{\max} = \frac{2(A_1 + A_2)}{\nu R} + \gamma_0$$

Ответ:  $\gamma_{\max} = \gamma_0 + \frac{2(A_1 + A_2)}{\nu R} = \gamma_0 + \frac{2(A_1 + A_2)}{\nu R}$

$$A_1 = \frac{m_1}{2} (u^2 - u_1^2)$$

$$A_2 = \frac{m_2}{2} (u^2 - u_2^2)$$

$$u = \frac{m_1 u_1^2 - m_2 u_2^2}{m_1 + m_2}$$

i - кон-ко степеней свободы газа (мелко)

№ 4 Задача:

По 3. Менделеева-Клапейрона:  $p_1 V_1 = \nu_1 R T_1, p_2 V_2 = \nu_2 R T_2 (\gamma_0 = \gamma_1)$   
 $\nu_3 V_3 = \nu_3 R T_3$

$\nu_1 = \frac{p_1 V_1}{R T_1} = 6 \text{ моль}$   
 $\nu_2 = \frac{p_2 V_2}{R T_2} = 6 \text{ моль}$   
 $\nu_3 = \frac{p_3 V_3}{R T_3} = 24 \text{ моль}$

Объем сосуда после соед. баллонов:  $V_0 = V_1 + V_2 + V_3$   
 По 3. Давтона; газы после  $p_0$  сразу после перемешивания:  
 $p_0 = p_1 + p_2 + p_3$ , где  $p_i = \frac{\nu_i R T_0}{V_1 + V_2 + V_3}$

Давление газоб после перемешивания:  
 $p_3 = \frac{\nu_3 R T_0}{V_1 + V_2 + V_3}$

$$p_0 = \frac{(\nu_1 + \nu_2 + \nu_3) R T_0}{V_1 + V_2 + V_3}$$

Нагревший газ вносит вклад в создании тем-ры конечной смеси,  $\Rightarrow$  тем-ра после смешивания определены законом сохранения энергии  
 от тем-ры каждого газа на их  $\nu_i \cdot c_v$

$$p_0 = \frac{90 \cdot 8,31 \cdot 288}{60 \cdot 10^{-3}} \approx 36 \cdot 10^5 \text{ Па} \approx 36 \text{ атм.}$$

$$p_0 = \frac{p_1 \nu_1 + p_2 \nu_2 + p_3 \nu_3}{\nu_1 + \nu_2 + \nu_3}$$

Давитно, что после теплообмена с атмосферой будет одинаково температура газоб после перемешивания

$$T_0 = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2 + \nu_3 T_3}{\nu_1 + \nu_2 + \nu_3}$$

$$T_0 = 288 \text{ K} = 15^\circ \text{C}$$

$$p^* = \frac{(\nu_1 + \nu_2 + \nu_3) T_0 R}{V_1 + V_2 + V_3}$$

$$p^* = \frac{90 \cdot 280 \cdot 8,31}{60 \cdot 10^{-3}} \approx 35 \cdot 10^5 \text{ Па} \approx 35 \text{ атм.}$$

Ответ:  $p_0 = 36 \text{ атм}$ ,  $T_0 = 15^\circ \text{C}$ ,  $p^* = 35 \text{ атм.}$   
 (36 · 10<sup>5</sup> Па), (288 К), (35 · 10<sup>5</sup> Па)

$$p^* = \frac{p_1 \nu_1 + p_2 \nu_2 + p_3 \nu_3}{\nu_1 + \nu_2 + \nu_3}$$



№1  
 Угол  $\alpha/2$   
 Высота  $h$   
 Гипотенуза  $L$   
 Проекция на ось  $x$   $L \cos(\alpha/2)$   
 Проекция на ось  $y$   $L \sin(\alpha/2)$

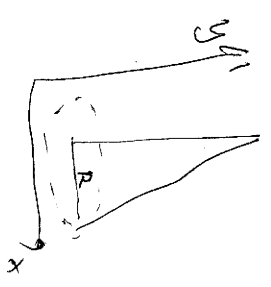
№2  
 Угол  $\alpha$   
 Высота  $h$   
 Гипотенуза  $L$   
 Проекция на ось  $x$   $L \cos(\alpha)$   
 Проекция на ось  $y$   $L \sin(\alpha)$

№1  
 $N = 2k \Delta x$ ,  $2gr \Delta x = \frac{2k}{L} \int_0^L \sqrt{\frac{L^2}{4} + h^2} - L \cos(\alpha/2) dx$   
 $2N \cos \alpha = mg$ ,  $\cos \alpha = \frac{h}{\sqrt{\frac{L^2}{4} + h^2}}$   
 $\frac{mg}{2h} \sqrt{\frac{L^2}{4} + h^2} = 2k \left( 2 \sqrt{\frac{L^2}{4} + h^2} - L \right)$

№2  
 $N = \frac{mg}{2 \cos \alpha}$   
 $\frac{mg}{k} = \left( 8 \sqrt{\frac{L^2}{4} + h^2} - yL \right) h$   
 $g \sqrt{\frac{L^2}{4} + h^2}$   
 Угол  $\alpha$  и проекция  $h$   
 $F = 2 \Delta x \sqrt{\frac{m}{k}}$ ,  $\cos \alpha = \frac{h}{\sqrt{\frac{L^2}{4} + h^2}}$

№3  
 $F = 2 \Delta x \sqrt{\frac{h \left( 8 \sqrt{\frac{L^2}{4} + h^2} - yL \right)}{g \sqrt{\frac{L^2}{4} + h^2}}}$   
 $F = 2 \Delta x \sqrt{\frac{16 \sqrt{\frac{g}{4} + y}}{10 \sqrt{\frac{g}{4} + y}}}$   
 $\approx 5 \text{ c.}$

Ответ:  $F = 5 \text{ c.}$



№3  
 1. Высота  $h$  и проекция  $L \cos \alpha$   
 $mg = kx \sin \alpha$ ,  $\sin \alpha = \frac{h}{L}$   
 $mg = kx \cos \alpha$   
 $x = \frac{mg}{k \cos \alpha}$   
 $L_0 = L - \frac{mg}{k \cos \alpha}$

№4  
 $a = \omega^2 R$   
 $\omega = 2 \text{ рад/с}$   
 $a = \frac{v^2}{R}$   
 $2 \Delta R = \Delta \cdot \frac{v^2}{R}$   
 $\Delta = \frac{mg}{k \cos \alpha}$   
 $L_0 = L - \frac{mg}{k \cos \alpha}$   
 $\Delta = \frac{mg}{k \cos \alpha}$   
 $L_0 = L - \frac{mg}{k \cos \alpha}$

№5  
 $L_0 = \frac{10(100 - 8 \cdot 4)}{100 \cdot 4} = 1,7 \text{ m.}$   
 Ответ:  $L_0 = 1,7 \text{ m.}$



ЗАДАЧА № 4.

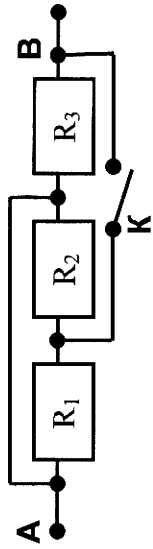
В кислородном баллоне объемом  $V_1=10$ л давление газа  $P_1=14$ атмосфер. Он стоит на складе, где поддерживается температура  $T_0=+7^\circ\text{C}$ . Туда принесли еще 2 баллона: один из цеха (его параметры  $V_2=30$ л,  $P_2=50$ ат,  $T_2=+27^\circ\text{C}$ ), а другой с улицы ( $V_3=20$ л,  $P_3=26$ ат,  $T_3=-13^\circ\text{C}$ ). Все 3 баллона соединили короткими шлангами и открыли вентили, сделав их объемы сообщающимися. Найти общее давление ( $P_0$ ) и температуру ( $T_0$ ) в баллонах сразу после перемешивания, считая, что теплообмен с атмосферой еще не начался. Какое давление ( $P^*$ ) установится после теплообмена с атмосферой?

ЗАДАЧА № 5.

В гладкостенной трубе два поршня массами  $m_1$  и  $m_2$  ( $m_1 > m_2$ ) движутся навстречу друг другу. Между поршнями находится один моль идеального газа. За поршнями - вакуум. В некоторый момент скорости поршней равны, соответственно,  $V_1$  и  $V_2$  ( $V_1 > V_2$ ) при температуре газа  $T_0$ . Найти температуру газа ( $T_{max}$ ) и скорости поршней в момент их максимального сближения. Газовый процесс считать адиабатическим.

ЗАДАЧА № 6.

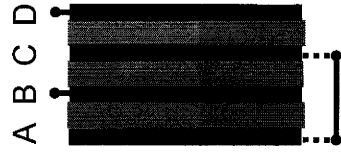
- 1) Найти сопротивление ( $R_{AB}$ ) между точками «А» и «В» в схеме, изображенной на рисунке.
- 2) Каким станет сопротивление ( $R_{AB+}$ ) между точками «А» и «В», если в схеме на приведенном рисунке ключ К замкнуть?  $R_1=6$  (Ом),  $R_2=30$  (Ом),  $R_3=20$  (Ом)
- 3) Определить напряжение ( $U_{AB}$ ) между точками «А» и «В», если через ключ К потечет ток  $I_K=12$  А.



ЗАДАЧА № 7

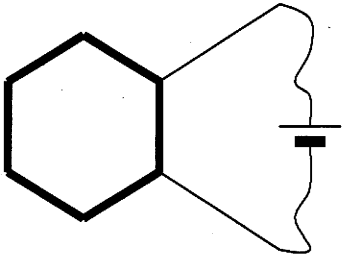
«Сэндвич» состоит из четырех одинаковых тонких металлических пластин А, В, С и D (черные полоски на рисунке), проложенных листами тонкой бумаги с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  (серые полоски на рисунке) и плотно прижатых друг к другу. Площадь каждой пластины и бумажной прокладки равна  $S$ , толщина бумаги  $d$  (причем  $d^2 \ll S$ ).

- а) Какова емкость ( $C_{BD}$ ) между пластинами В и D в исходном состоянии, когда все пластины свободны (изолированы друг от друга)?
- б) Какой станет емкость ( $C^*$ ) между пластинами В и D, если пластины А и С соединить между собой тонким металлическим проводом?



Задача № 8

Из проволоки сделан плоский каркас в виде правильного шестиугольника со стороной  $L$ . К соседним вершинам при помощи длинных прямых проводов, направленных в центр каркаса, подведен источник постоянного тока с ЭДС  $\mathcal{E}$ . Определить величину вектора индукции магнитного поля в центре шестиугольника, если электрическое сопротивление каждой из его сторон равно  $R$ . Сопротивлением соединительных проводов пренебречь.



№ 6 Решение:

При размыкании ключа ток пойдет по пути наименьшего сопротивления, т.е. по перемычке, её сопротивление равно нулю  $\Rightarrow$  сопротивление  $R_{AB} = R_3 = 30$  Ом

2) После замыкания ключа к схеме добавляется сеть.  $R_{AB} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$



$$R_{AB+} = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$$

3) Если через ключ идет ток  $I_K = 12$  А, то  $R_{AB+} = \frac{6 \cdot 30 \cdot 20}{120 + 180 + 600} = \frac{3600}{900} = 4$  Ом

$$U_{AB} = I_K \cdot R_{AB+} = 12 \cdot 4 = 48 \text{ В}$$

$$U_{AB} = \frac{I_K R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{12 \cdot 6 \cdot 30}{36} = 60 \text{ В}$$

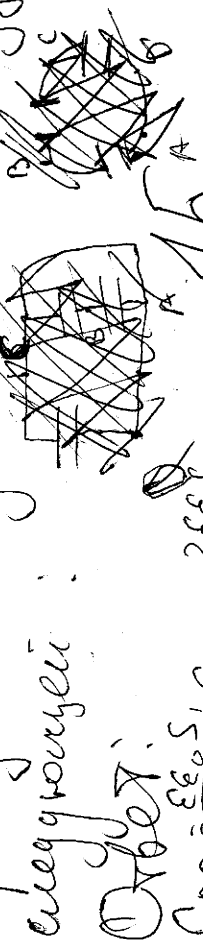
$$\text{Ответ: 1) } R_{AB} = R_3 = 30 \text{ Ом} \quad 2) R_{AB+} = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} = 4 \text{ Ом}$$

$$3) U_{AB} = \frac{I_K R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 60 \text{ В}$$

№ 7

а) Схема аналогична при рассмотрении ее по схеме.  $C_{BD} = \frac{C \epsilon}{2d} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{2d}$

2) После соед. пластин А и С металлическим проводом эквивалентная схема будет аналогична  $C_{BD} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{2d} + \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{2d} = \frac{2 \epsilon \epsilon_0 S}{d}$



Ответ:

$$C_{BD} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{2d}, C_{BD}^* = \frac{2 \epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

№ 2 Решение:

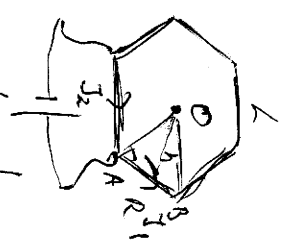
Условие равновесия коробки:  $m_2 m g = m a$ , где  $a$  - ускорение,  $a = \mu_2 g$ .

Поскольку ускорение коробки из II закона Ньютона для системы  $(M + m)$  равно:  $(M + m) a = F^* - \mu_1 (M + m) g$

Отсюда  $\mu_1 (M + m) g - \mu_2 = \frac{150}{25 \cdot 10} \cdot 0,6 = 0$ .

Ответ:  $\mu_1 (M + m) g - \mu_2 = 0$ .

1.8 Решение: Поскольку шестигранник находится в равновесии, то  $\Delta AOB$  - равнобедренный, радиус  $OB$  проведенная



AB - высота  $h = \frac{1}{2} \sqrt{3} L$ . Тогда, тогда  $\mu_1 = \frac{F}{5R}$ ;  $\mu_2 = \frac{F}{R}$

Условие равновесия  $5R \mu_1 = R \mu_2$ ;  $\mu_2 = \frac{F}{R}$ ;  $\mu_1 = \frac{F}{5R}$

5, то их суммарная инерция:  $5B_1 = \frac{M_0 g}{\sqrt{3} \sqrt{2} L R}$

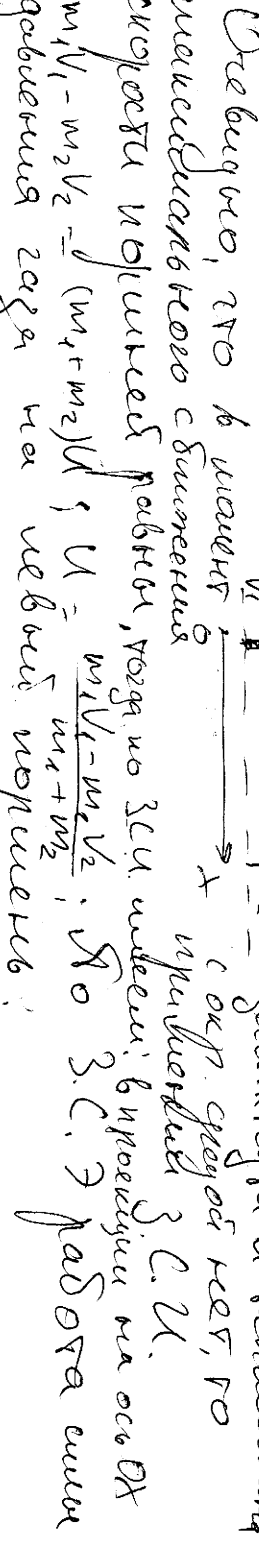
К тому же инерция будет складываться и с инерцией:

$B_2 = \frac{M_0 g}{2 \sqrt{3} h} = \frac{\mu_0 g}{\sqrt{3} \sqrt{2} L R}$ ; Тогда искомого величина

инерция:  $B_0 = B_1 + B_2 = \frac{2 \mu_0 g}{\sqrt{3} \sqrt{2} L R}$

Ответ:  $B_0 = \frac{2 \mu_0 g}{\sqrt{3} \sqrt{2} L R}$

№ 5 Решение: Поскольку система



9354

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА УЧАСТНИКА ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ СПБГУ

2016-2017

Заключительный этап

Предмет (комплекс предметов) Олимпиады

ФИЗИКА (11 КЛАСС)

Город, в котором проводится Олимпиада

Невский

Дата 06.03.2017

\*\*\*\*\*

Вариант 1

ЗАДАЧА № 1.

(Во всех задачах по умолчанию считать  $g = 10 \text{ м/с}^2$ )

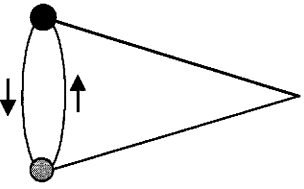
К противоположным стенам комнаты (шириной  $L = 3 \text{ м}$ ) прикрепили на одном уровне концы легкого резинового троса такой же длины  $L$ . Затем к середине троса подвесили груз и аккуратно опустили. В итоге груз «просел» на «глубину»  $h = 2 \text{ м}$  относительно исходного уровня. Определить период малых вертикальных колебаний груза около этого положения.

ЗАДАЧА № 2.

На снегу стоят санки (без спинки) массой  $M = 10 \text{ кг}$ . На них лежит коробка массой  $m = 15 \text{ кг}$ . Коэффициент трения санок о коробку  $\mu_2 = 0,6$ . Санки тянут с горизонтальной силой  $F$ , которую постепенно увеличивают. Когда она достигает значения  $F^* = 150 \text{ Н}$ , коробка начинает соскальзывать с санок назад и падает на снег. Найти коэффициент трения ( $\mu_1$ ) санок о снег.

ЗАДАЧА № 3.

На пружине жесткостью  $k = 100 \text{ Н/м}$  к потолку подвесили груз массой  $m = 8 \text{ кг}$  и раскрутили его в горизонтальной плоскости так, что он начал ходить по кругу, а пружина — описывать коническую поверхность (см. рисунок). В самом конце процесса, когда движение груза почти затухло и угол пружины с вертикалью стал исчезающе малым, период обращения груза по окружности асимптотически подошел к значению  $T = \pi$  секунд. Чему равна длина пружины ( $L_0$ ) в ненапряженном состоянии?



69