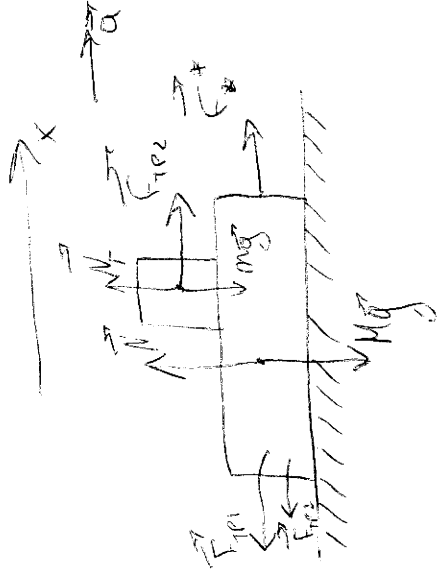


Санкт-Петербургский  
государственный  
университет



Запишем II закон Ньютона для всей системы:

$$Ox: (m+M)a = F^* - F_{тр}, \text{ где } F_{тр} = \mu_s N = \mu_s (m+M)g$$

$$a = \frac{F^*}{m+M} - \mu_s g \quad (1)$$

Запишем II закон Ньютона для груза m:

$$Ox: ma = F_{тр} = \mu_2 N^* = \mu_2 m g \Rightarrow a = \mu_2 g \quad (2)$$

Ускорения (1) = (2) равны (м.т. ускорения систем равно ускорению груза)

$$\frac{F^*}{m+M} - \mu_1 g = \mu_2 g \Rightarrow \mu_1 \frac{F^*}{g(m+M)} = \mu_2$$

11

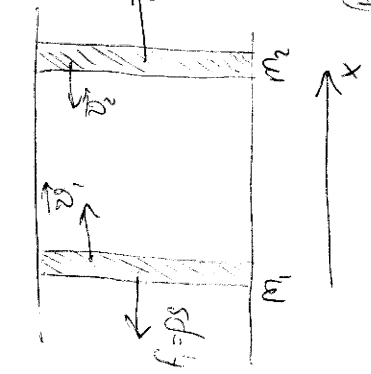
$$g \approx 9,8 \frac{м}{с^2}$$

$$\mu_2 = \frac{150}{9,8(10+15)} - 0,6 = 0,012$$

Ответ:  $\mu_1 = 0,012$

15

Дано:  $m_1, m_2$



$v_1 > v_2$   
 $T_0$

Р- давление газа в некоторый момент S'-поверхности системы

Пусть  $v$  и  $v'$  - скорости поршня в некоторый момент времени.

В проекции на ось Ox ЗСИ:

$$m_1 v_1 - m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

2) Проверка, что при столкновении сохраняется импульс:  $v_1' = \frac{m_1 v_1 - m_2 v_2}{m_1 + m_2}$    
 Проверка выполняется.

- Проверка выполнения. Моментальный импульс  $L$  сохраняется, так как моментальный импульс системы  $L_{\text{система}} = m_1 v_1 r + m_2 v_2 r$    
 Проверка выполняется, так как  $L_{\text{система}} = m_1 v_1 r + m_2 v_2 r = m_1 v_1' r + m_2 v_2' r$ .

3) Проверка выполнения закона сохранения энергии:   
 Проверка выполняется, так как  $\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2$ .

$$- A_1 v_1 = \frac{m_1 v_1^2}{2} - \frac{m_1 v_1'^2}{2} = \frac{m_1}{2} (v_1^2 - v_1'^2)$$

$$- A_2 v_2 = \frac{m_2 v_2^2}{2} - \frac{m_2 v_2'^2}{2} = \frac{m_2}{2} (v_2^2 - v_2'^2)$$

$$\sum A = A_1 + A_2 = - \left( \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} \right) + \left( \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2} \right) = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} - \frac{m_1 v_1'^2}{2} - \frac{m_2 v_2'^2}{2}$$

4) Проверка выполнения закона сохранения энергии, так как  $L_{\text{система}} = m_1 v_1 r + m_2 v_2 r = m_1 v_1' r + m_2 v_2' r$    
 Проверка выполняется (так как моментальный импульс сохраняется).

$A_0 = \sum A = -\Delta U$ , где  $\Delta U = \frac{1}{2} k (T_{\text{max}} - T)$ , где  $i_0$  - ток в момент  $t_0$    
 Проверка выполняется.

Шмт 2

Числовый

Санкт-Петербургский  
государственный  
университет

15 (подчеркните)

$$\frac{1}{2} i V R (T_0 - T_{max}) = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} - \frac{m_1 + m_2}{2} \left( \frac{m_1 v_1 - m_2 v_2}{m_1 + m_2} \right)^2$$

$$T_0 - T_{max} = \frac{-(m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2) + (m_1 + m_2) \left( \frac{m_1 v_1 - m_2 v_2}{m_1 + m_2} \right)^2}{i \cdot V R}$$

$$= \frac{-(m_1 + m_2) (m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2) + m_1^2 v_1^2 - 2 m_1 m_2 v_1 v_2 + m_2^2 v_2^2}{i \cdot V R (m_1 + m_2)}$$

$$= \frac{-m_1 m_2 (v_1^2 + v_2^2 + 2 v_1 v_2)}{i \cdot V R (m_1 + m_2)} = - \frac{m_1 m_2 (v_1 + v_2)^2}{i \cdot V R (m_1 + m_2)}$$

$$T_{max} = T_0 + \frac{m_1 m_2 (v_1 + v_2)^2}{i \cdot V R (m_1 + m_2)}$$

Ответ:  $T_{max} = T_0 + \frac{m_1 m_2 (v_1 + v_2)^2}{i \cdot V R (m_1 + m_2)}$

Дано: Серезные

$V_1 = 10 \text{ м}$

$V_2 = 20 \text{ м}$

$V_3 = 30 \text{ м}$

$P_1 = 1 \text{ атм}$

$P_2 = 500 \text{ мм}$

$P_3 = 860 \text{ мм}$

$T_1 = 7^\circ \text{C}$

$T_2 = 27^\circ \text{C}$

$T_3 = -13^\circ \text{C}$

Заменим гр-ва Менделеева-Клапейрона:

$$V_0 = V_1 + V_2 + V_3$$

$m_1, m_2, m_3$  - количество вещества

$$\begin{cases} P_1 V_1 = \nu R T_1 \\ P_2 V_2 = \nu R T_2 \\ P_3 V_3 = \nu R T_3 \end{cases} \text{ где } \nu = \frac{m}{M}$$

$$P_0 V_0 = (\nu_1 + \nu_2 + \nu_3) R T_0 - \text{Колонное сечение}$$

$$V_3 = U_2 - \text{Колонное сечение}$$

$$\frac{P_0 - ?}{T_0 - ?} = \frac{P^* - ?}{T^* - ?}$$

11

14

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$P_3 V_3 = \nu R T_3$$

$$\nu = \frac{P_3 V_3}{R T_3}$$

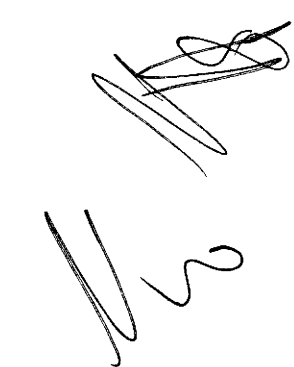
$\frac{1}{2} (P_1 V_1 + P_2 V_2 + P_3 V_3) + \frac{1}{2} P_0 V_0$ ,  $\rho_{\text{gas}} = \rho_{\text{air}} = 1.29 \text{ kg/m}^3$  (check)

$$P_0 = \frac{P_1 V_1 + P_2 V_2 + P_3 V_3}{V_1 + V_2 + V_3} = \frac{14 \cdot 10 + 50 \cdot 20 + 26 \cdot 30}{10 + 20 + 30} = 32 \text{ (bar)}$$

$$T_0 = \frac{P_0 (V_1 + V_2 + V_3)}{R \left( \frac{P_1 V_1}{R T_1} + \frac{P_2 V_2}{R T_2} + \frac{P_3 V_3}{R T_3} \right)} = \frac{P_0 V_0}{\frac{P_1 V_1}{T_1} + \frac{P_2 V_2}{T_2} + \frac{P_3 V_3}{T_3}}$$

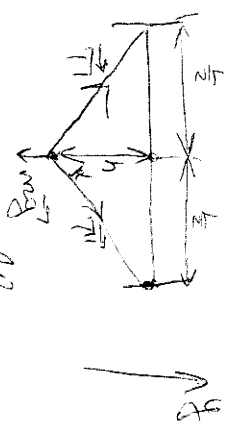
$$T_0 = \frac{32 \cdot 10^3 \cdot 6 \cdot 10^{-3}}{\frac{10^3}{280} + \frac{50 \cdot 2}{300} + \frac{26 \cdot 2}{260}} = 288 \text{ K}$$

$= 288 \text{ K}$   
 Answer:  $P_0 = 32 \text{ (bar)}$ ,  $T_0 = 288 \text{ K}$



Dato: Selesa

$l = 3 \text{ m}$   
 $h = 2 \text{ m}$



Jika II 3 way Setengah

Dik:  $mg = 2T' \cos \alpha$ ,  $\rho_{\text{gas}} \cos \alpha = \frac{h}{\sqrt{\frac{l^2}{4} + h^2}}$

$$T' = \frac{mg}{2 \cos \alpha} = \frac{mg \sqrt{\frac{l^2}{4} + h^2}}{2h}$$

Jika 3-way Jajar:  $T' = 2k \cdot l$ ,  $\rho_{\text{gas}} k$  - menentukan  $\rho_{\text{gas}}$

$$T' = 2k \cdot (2\sqrt{\frac{l^2}{4} + h^2} - l)$$

$$\frac{mg \sqrt{\frac{l^2}{4} + h^2}}{2h} = 2k (2\sqrt{\frac{l^2}{4} + h^2} - l)$$

$$k = \frac{mg \sqrt{\frac{l^2}{4} + h^2}}{4h (2\sqrt{\frac{l^2}{4} + h^2} - l)}$$

~~Handwritten scribbles and calculations.~~

$$T = 2T' = \frac{4h (2\sqrt{\frac{l^2}{4} + h^2} - l)}{2\sqrt{\frac{l^2}{4} + h^2}}$$



ЗАДАЧА № 4.

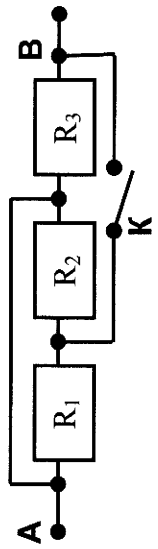
В кислородном баллоне объемом  $V_1=10$ л давление газа  $P_1=14$ атмосфер. Он стоит на складе, где поддерживается температура  $T_0=+7^\circ\text{C}$ . Туда принесли еще 2 баллона: один из цеха (его параметры  $V_2=30$ л,  $P_2=50$ ат,  $T_2=+27^\circ\text{C}$ ), а другой с улицы ( $V_3=20$ л,  $P_3=26$ ат,  $T_3=-13^\circ\text{C}$ ). Все 3 баллона соединили короткими шлангами и открыли вентили, сделав их объемами 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.

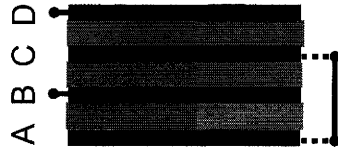
- 1) Найти сопротивление ( $R_{AB}$ ) между точками «А» и «В» в схеме, изображенной на рисунке.
- 2) Каким станет сопротивление ( $R_{AB+}$ ) между точками «А» и «В», если в схеме на приведенном рисунке ключ К замкнуть?  $R_1=6$  (Ом),  $R_2=30$  (Ом),  $R_3=20$  (Ом)
- 3) Определить напряжение ( $U_{AB}$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



ЗАДАЧА № 7

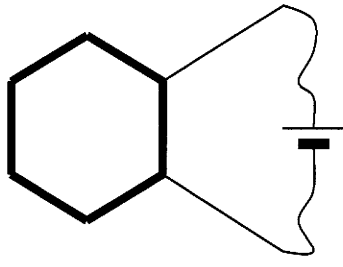
«Сэндвич» состоит из четырех одинаковых тонких металлических пластин А, В, С и D (черные полоски на рисунке), положенных листами тонкой бумаги с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  (серые полоски на рисунке) и плотно прижатых друг к другу. Площадь каждой пластины и бумажной прокладки равна  $S$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

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



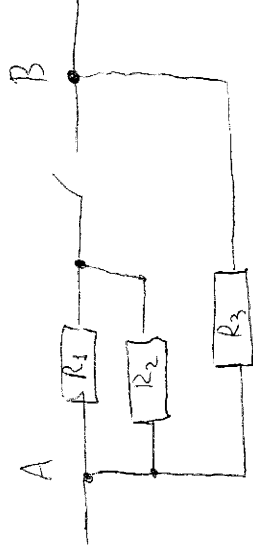
Задача № 8

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

Нарисуем схему эквивалентную данной в условии.



1) Пошагово сопротивление  $R_{AB} = R_3 = 20$  (Ом)

2) При замкнутом ключе  $R_{AB} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)^{-1}$  (н.а. ~~каждый~~ <sup>участки</sup> <sup>сопротивления</sup> <sup>параллельно</sup>)

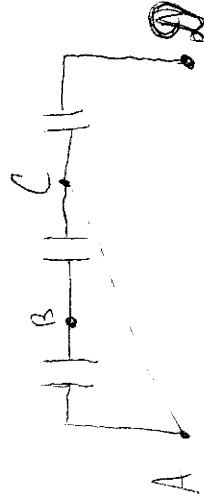
$$R_{AB} = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2} = \frac{6 \cdot 30 \cdot 20}{30 \cdot 20 + 6 \cdot 20 + 30 \cdot 20} = \frac{3600}{600 + 120 + 180} = 4 \text{ (Ом)}$$

3)  $U_{AB} = R_{12} \cdot I_K$ ;  $U_{AB} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)^{-1} \cdot I_K = \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{30}\right)^{-1} \cdot 12 = \left(\frac{6}{30}\right)^{-1} \cdot 12 = 60$  (В)

Ответ: 1)  $R_{AB} = 20$  (Ом); 2)  $R_{AB} = 4$  (Ом); 3)  $U_{AB} = 60$  (В)

№7

Нарисуем схему эквивалентную данной в условии



Итак все конденсаторы равны  $C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$

а)  $C_{вд} = \left(\frac{1}{C} + \frac{1}{C}\right)^{-1} = \frac{C}{2}$  (н.а. <sup>участки</sup> <sup>напряжения</sup>); ~~или~~



1  
8833

74  
69

**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА УЧАСТНИКА  
ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ СПБГУ  
2016-2017**

Заключительный этап

*[Signature]*

Предмет (комплекс предметов) Олимпиады **ФИЗИКА (11 КЛАСС)**

Город, в котором проводится Олимпиада Невский

Дата 06 марта 2017 г.

\*\*\*\*\*

**Вариант 1**

**ЗАДАЧА № 1.**

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

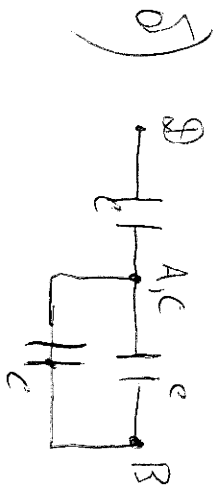
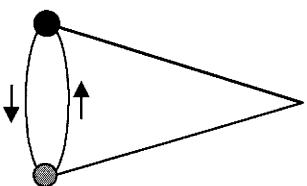
К противоположным стенам комнаты (шириной  $L=3\text{м}$ ) прикрепили на одном уровне концы легкого резинового троса такой же длины  $L$ . Затем к середине троса подвесили груз и аккуратно отпустили. В итоге груз «просел» на «глубину»  $h=2\text{м}$  относительно исходного уровня. Определить период малых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

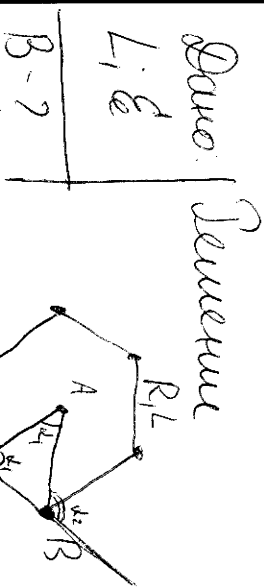


$$C_{\text{вз}}^* = \left( \frac{1}{2C} + \frac{1}{C} \right)^{-1} = \frac{2}{3}C = \frac{2 \cdot 4 \cdot 10^{-6}}{3};$$

15

Ответ: а)  $\frac{4 \cdot 10^{-6}}{3}$ , б)  $\frac{2 \cdot 4 \cdot 10^{-6}}{3}$ ;

№ 8



Другие соприкасающиеся стороны равны  $R$ .  
Полная мощность  $P_{\text{общая}} = \frac{5R \cdot R}{5R + 6R} = \frac{5R}{11} \cdot R = 9 \frac{1}{5}$

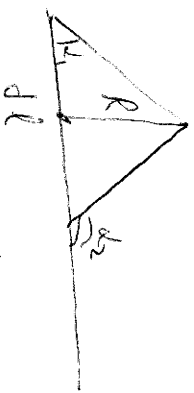
$\Delta ABC$  - равнобедренный  $\Rightarrow \angle BAC = \angle ACB = \angle CBA = 60^\circ$

Для верхнего витка  $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{5R}$ ; на нижний  $I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R}$

По 3-му закону Ампера - Ламарка

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2} \cdot dl \sin \alpha$$

Для проводника длиной  $L$ :



$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \sin \alpha \cdot dl = \frac{\mu_0 I}{4\pi R} (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1); \text{ где } R - \text{ расстояние } \Delta ABC$$

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi \sqrt{3} L} (\cos 60^\circ - \cos 120^\circ) = \frac{\mu_0 I}{2\sqrt{3} \pi L} - \text{ магнитная индукция верхнего витка}$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\sqrt{3} \pi L} \text{ По правилу правой руки в магнитной индукции}$$

В центре кольца  $B = B_1 \cdot 5 - B_2 = \frac{\mu_0 \mathcal{E} \cdot 5}{5R \cdot 2\sqrt{3} \pi L} - \frac{\mu_0 \mathcal{E}}{R \cdot 2\sqrt{3} \pi L} = 0 \text{ (Тл)}$

$$|B_{\text{вс}}| = B_2$$

15

Ответ: 0 Тл;