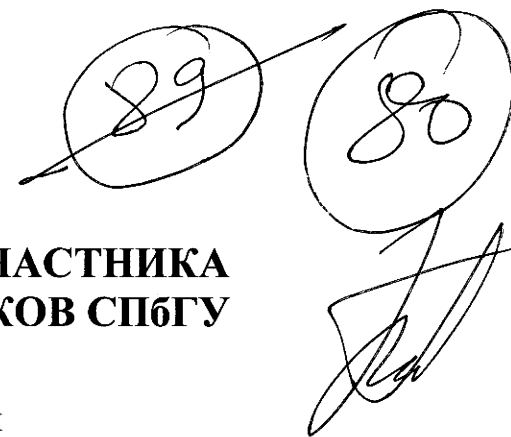




4373

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА УЧАСТНИКА  
ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ СПБГУ  
2016-2017

заключительный этап



Предмет (комплекс предметов) Олимпиады ФИЗИКА (11 КЛАСС)

Город, в котором проводится Олимпиада Нефтекамск

Дата 13.03.2017

\*\*\*\*\*

Вариант 2

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

ЗАДАЧА № 1.

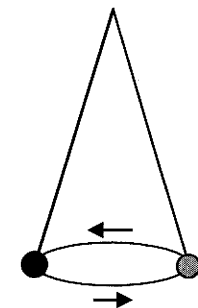
К противоположным стенам комнаты (шириной  $L=4\text{м}$ ) прикрепили на одном уровне концы легкого резинового троса такой же длины  $L$ . Затем к середине троса подвесили груз и аккуратно отпустили. В итоге груз «просел» на «глубину»  $h=1,5\text{м}$  относительно исходного уровня. Определить период 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  $m=5\text{кг}$ . Коэффициент трения санок о снег  $\mu_1=0,1$ . Санки тянут с горизонтальной силой  $F$ , которую постепенно увеличивают. Когда она достигает значения  $F^*=120\text{Н}$ , коробка начинает соскальзывать с санок назад и падает на снег. Найти коэффициент трения ( $\mu_2$ ) санок о коробку.

ЗАДАЧА № 3.

Пружина жесткостью  $k=40\text{Н/м}$  имеет длину в ненапряженном состоянии  $L_0=2\text{м}$ . На ней к потолку подвесили груз массой  $m=2\text{кг}$  и раскрутили его в горизонтальной плоскости так, что он начал ходить по кругу, а пружина – описывать коническую поверхность (см. рисунок). Чему будет равен период ( $T$ ) обращения груза в самом конце процесса, когда его движение почти затухнет и угол пружины с вертикалью станет исчезающе малым?



43

дано:  $k=40\frac{\text{Н}}{\text{м}}$   
 $L_0=2\text{м}$   
 $m=2\text{кг}$   
 $T=?$

решение:  $\vec{F}_y + m\vec{g} = m\vec{a}_y$   
 $\text{в } x: F_y \sin \alpha = m a_y$   
 $\text{в } y: F_y \cos \alpha = mg$   
 $\alpha = \arccos \frac{mg}{F_y}$   
 $= \arccos \frac{20}{40} = 60^\circ$

$F_y = mg$   
 $F_y = k \Delta L$   
 $k \Delta L = mg$   
 $\Delta L = \frac{mg}{k} = \frac{2 \cdot 10}{40} = 0,5\text{м}$   
 $F_y \sin \alpha = m a_y$   
 $mg \sin \alpha = m \omega^2 L \sin \alpha$   
 $g = \omega^2 (L_0 + \Delta L)$   
 $\omega = \frac{2\pi}{T}$   
 $g = \frac{4\pi^2}{T^2} (L_0 + \Delta L)$   
 $T = 2\pi \sqrt{\frac{L_0 + \Delta L}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{2,5}{10}} = \frac{2\pi}{2} = \pi$

ответ:  $T = \pi = 3,14\text{с}$

45

дано:  $v_1=7\text{м/с}$   
 $v_2=2,7\text{м/с}$   
 $m_1, m_2$   
 $T_{\text{max}}=?$

решение: 1) в момент макс. скорости скорости равны  
из закона сохранения импульса:  
 $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$   
исполнение в шкотовике

ЗАДАЧА № 4.

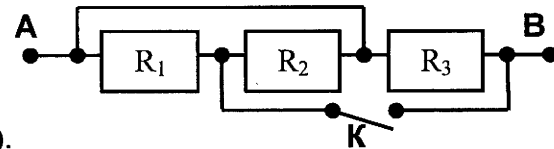
В кислородном баллоне объемом  $V_1=5\text{л}$  давление газа  $P_1=28\text{атмосфер}$ . Он стоит на складе, где поддерживается температура  $T_0=+7^\circ\text{C}$ . Туда принесли еще 2 баллона: один из цеха (его параметры  $V_2=15\text{л}$ ,  $P_2=100\text{ат}$ ,  $T_2=+27^\circ\text{C}$ ), а другой с улицы ( $V_3=10\text{л}$ ,  $P_3=52\text{ат}$ ,  $T_3=-13^\circ\text{C}$ ). Все 3 баллона соединили короткими шлангами и открыли вентили, сделав их объемы сообщающимися. Найти общее давление и температуру в баллонах сразу после перемешивания, считая, что теплообмен с атмосферой еще не начался. Какое давление установится после теплообмена с атмосферой?

ЗАДАЧА № 5

В гладкостенной трубе два поршня массами  $m_1$  и  $m_2$  сближаются, двигаясь в одну сторону. Между поршнями находится один моль идеального газа. За поршнями – вакуум. В некоторый момент скорости поршней равны, соответственно,  $V_1$  и  $V_2$  при температуре газа  $T_0$ . Найти температуру газа ( $T_{\text{max}}$ ) и скорости поршней в момент их максимального сближения. Газовый процесс считать адиабатическим.

ЗАДАЧА № 6.

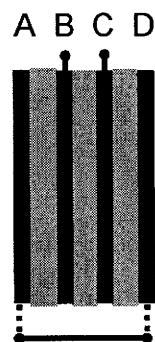
- 1) Найти сопротивление ( $R_{AB}$ ) между точками «А» и «В» в схеме, изображенной на рисунке.
- 2) Каким станет сопротивление ( $R_{AB+}$ ) между точками «А» и «В», если в схеме на приведенном рисунке ключ К замкнуть?  $R_1=100$  (Ом),  $R_2=20$  (Ом),  $R_3=25$  (Ом).
- 3) Какой ток ( $I_K$ ) потечет через ключ К, если напряжение между точками «А» и «В»  $U_{AB}=150$  В?



ЗАДАЧА № 7.

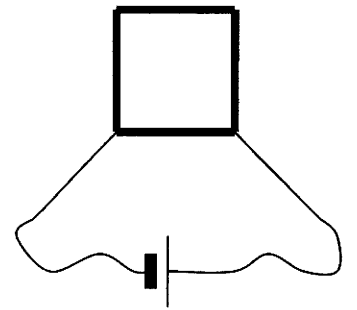
«Сэндвич» состоит из четырех одинаковых тонких металлических пластин А, В, С и D (черные полосы на рисунке), проложенных листами тонкой бумаги с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  (серые полосы на рисунке) и плотно прижатых друг к другу. Площадь каждой пластины и бумажной прокладки равна  $S$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

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



Задача № 8

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



*дано:*  
 $M = 720 \text{ кг}$   
 $m = 5 \text{ кг}$   
 $\mu = 0,1$   
 $F^* = 120 \text{ Н}$

*решение:*  
 1) Рассчитаем общее сопротивление цепи и ток, который течет через нее.  
 $M' = 15 \text{ кг}$

$\vec{F}_{\text{м}R_2} = \vec{N} + \vec{Mg} + \vec{F} = M'a$  !!! закон сохранения энергии

0x:  $F^* - F_{\text{м}R_2} = M'a$   
 0y:  $N = M'g$

$\Rightarrow a = \frac{F^* - F_{\text{м}R_2}}{M'}$   
 $= \frac{F^* - \mu N}{M'} = \frac{F^* - \mu M'g}{M'}$

$a = \frac{120 - 0,1 \cdot 15 \cdot 10}{15} = 7 \text{ м/с}^2$

2) Рассчитаем общее сопротивление цепи и ток, который течет через нее.

$\vec{N} + \vec{Mg} + \vec{F}_{\text{м}R_2} = m\vec{a}$

0x:  $F_{\text{м}R_2} = m\alpha$   
 0y:  $N = mg$

$\mu_2 mg = m\alpha$   
 $\mu_2 = \frac{\alpha}{g} = \frac{7}{10} = 0,7$

*ответ:* 0,7

# 4. LERNZUSAMMENFASSUNG

## Impedanzberechnung 4.5:

$$I = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m}$$

3.4. KONTAKTSTROMDICHTE

$$0.4 = \frac{3}{2} \sqrt{B} I_{max} - \frac{3}{2} \sqrt{B} I_0$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = 0.4 + \frac{m v^2}{2}$$

$$m = m_1 + m_2$$

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

$$+ \frac{3}{2} \sqrt{B} I_0 = \frac{3}{2} \sqrt{B} I_{max}$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} - \frac{(m_1 v_1 + m_2 v_2)^2}{2(m_1 + m_2)} + \frac{3}{2} \sqrt{B} I_0 = \frac{3}{2} \sqrt{B} I_{max}$$

1.2

$$\frac{m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 - (m_1 v_1 + m_2 v_2)^2}{2(m_1 + m_2)} + 3 \sqrt{B} I_0 = 3 \sqrt{B} I_{max}$$

$$\frac{m_1 m_2 (v_1 - v_2)^2}{2(m_1 + m_2)} + 3 \sqrt{B} I_0 = 3 \sqrt{B} I_{max}$$

$$I_{max} = \frac{m_1 m_2 (v_1 - v_2)^2}{(m_1 + m_2) 3 \sqrt{B}} + I_0$$

$$\text{Antwort: } I_{max} = \frac{m_1 m_2 (v_1 - v_2)^2}{(m_1 + m_2) 3 \sqrt{B}} + I_0$$

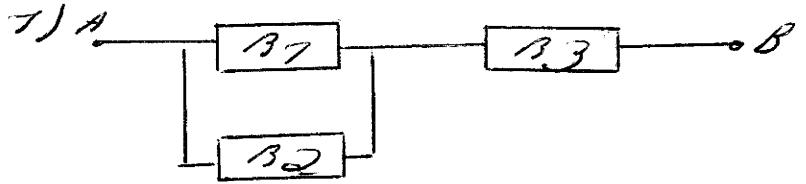
11



Gegeben:

- A)  $R_1 = 100 \Omega$
- $R_2 = 20 \Omega$
- $R_3 = 25 \Omega$
- $U_{AB} = 150V$

Prüfung:



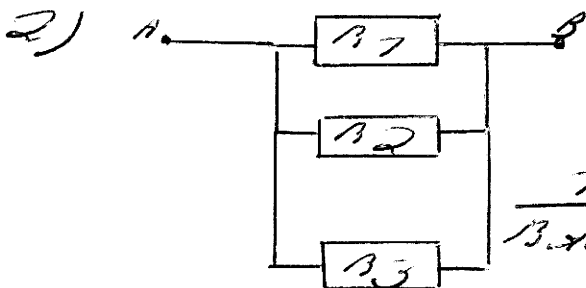
$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R'} \quad (\text{Rechenhilf})$$

~~$R' = R_1 + R_2$~~

$$R' = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{100 \cdot 20}{100 + 20} = 16,67 \Omega$$

$16,67 \Omega$

$$R_{AB} = R' + R_3 = 16,67 \Omega + 25 \Omega = 41,67 \Omega$$



$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{100} + \frac{1}{20} + \frac{1}{25}$$

$$\frac{1}{R_{AB}} = 0,7$$

$$R_{AB} = \frac{1}{0,7} = 1,428 \Omega$$

$$3) \underline{i}_R = \underline{i}_1 + \underline{i}_2 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}$$

$$\underline{i}_R = \frac{150V}{100 \Omega} + \frac{150V}{20 \Omega} = 1,5A + 7,5A =$$

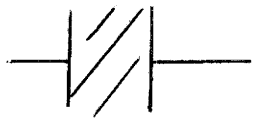
$$= 9A$$

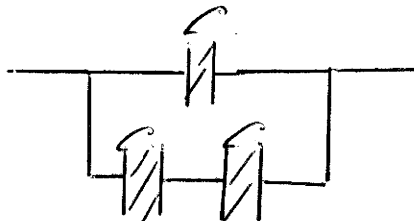
Antwort:  $R_{AB} = 41,67 \Omega$ ;

$R_{AB} = 1,428 \Omega$ ;

$\underline{i}_R = 9A$



a)   $CBC = \frac{C \cos \alpha}{d}$  (Законна-  
 электростатическая индукция ротора ротора-  
 сальмана)

a)   $\frac{1}{C'} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C} + \frac{1}{C} = \frac{2}{C}$   
 $C' = \frac{C}{2} = 0,5C$

$C^* BC = C \cdot C' = 1,5C = \frac{1,5C \cos \alpha}{d}$

15

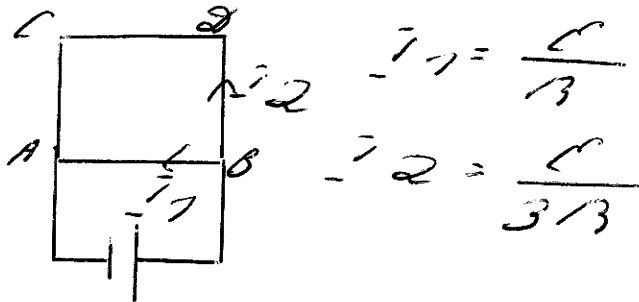
ответ: a)  $\frac{C \cos \alpha}{d}$  б)  $\frac{1,5C \cos \alpha}{d}$

ДАНО:

- $r = a$
- $C,$
- $B,$
- $L$

$\sigma = ?$

РЕШЕНИЕ:



Относительная магн-  
 тивная индукция магн-  
 тизма создаваемая радиусом  
 проводника

Индукция магнитного  
 поля проводника магн-  
 тивная от магн с магн  
 значение  $\sigma = ?$

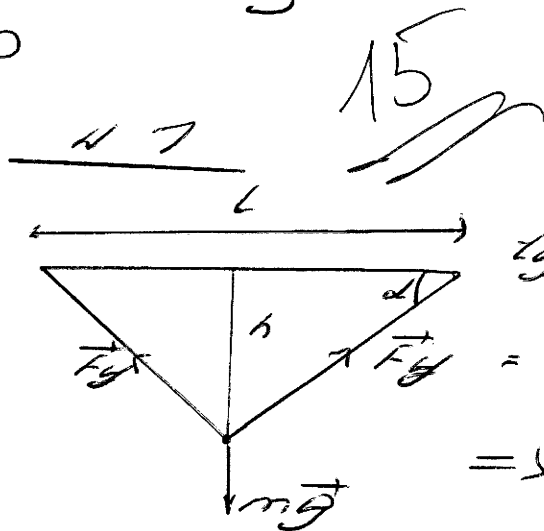
3

гидроуказчик магнитного  
 поле проводников  $AC, CD$ ,  
 в направлении к нам  
 и имеют значения  $B_2$

$B \sim I$  и  $B \sim \frac{1}{r}$ , где  $r$  - расстояние  
 от центра до проводников

$$B = 3B_2 - B_1, B_2 = \frac{B_1}{3} \Rightarrow B = 0$$

ответ: 0



$$\tan \alpha = \frac{h}{L} = \frac{7.5}{4} = 1.875$$

$$\Rightarrow \cos \alpha = 0.8, \sin \alpha = 0.6$$

дано:  
 $L = 4 \text{ м}$   
 $h = 7.5 \text{ м}$   
 $\tau = ?$

1) равн.  $2F_y \sin \alpha = mg$   
 $F_y = k \Delta L$

$2k \Delta L \sin \alpha = mg$  - условие равновесия

$$\Delta L = \sqrt{2^2 + 7.5^2} - 2 = 0.5 \text{ м}$$

$$k = \frac{mg}{2 \Delta L \sin \alpha}$$

2) Возвращаем из равновесия  
 равновесие, пусть

указ на  $x$

$$2F_y \sin \alpha - mg = -m a$$

$$a = -\omega^2 x$$

$$F_y = k(0.17x)$$

УЧЕБНИК

$$2k(0.17x) \sin \alpha - mg = -ma$$

$$2kx \sin \alpha + 2kx \sin \alpha - mg = -ma$$

$$\frac{2mg \sin \alpha + 2kx \sin \alpha - mg}{2 \sin \alpha} = -ma$$

$$2kx \sin \alpha = -ma$$

$$\frac{2mg \sin \alpha}{2 \sin \alpha} = kx$$

$$\frac{g}{0.1} = \omega^2$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{g}{0.1}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{0.1}{g}} = 2 \cdot 3.14 \sqrt{\frac{0.1}{9.8}} \approx 1.96$$

ответ: 1.96

44

ДАНО:

- $V_1 = 5 \text{ м/с}$
- $P_1 = 28 \text{ Вт}$
- $T_1 = 7^\circ \text{C}$
- $V_2 = 15 \text{ м/с}$
- $P_2 = 70 \text{ Вт}$
- $T_2 = 27^\circ \text{C}$
- $V_3 = 10 \text{ м/с}$
- $P_3 = 52 \text{ Вт}$
- $T_3 = -13^\circ \text{C}$

РЕШЕНИЕ:

из уравнения  
мощности - температура  
ректора:

$$PV = VBI$$

$$V = \frac{PV}{BI}$$

$$V_1 = \frac{P_1 V_1}{B I_1}; V_2 = \frac{P_2 V_2}{B I_2}; V_3 = \frac{P_3 V_3}{B I_3}$$

Итак при перемене  
мощности  $BH = 0$

- $T_1$
- $P_1$  - ?
- $P_1$

5

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

$$\frac{5}{2} V_1 R_1 + \frac{5}{2} V_2 R_2 + \frac{5}{2} V_3 R_3 = \frac{5}{2} V R$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$\frac{5}{2} (P_1 V_1 + P_2 V_2 + P_3 V_3) = \frac{5}{2} P (V_1 + V_2 + V_3)$$

$$P = \frac{P_1 V_1 + P_2 V_2 + P_3 V_3}{V_1 + V_2 + V_3}$$

$$V_1 + V_2 + V_3$$

$$P = \frac{28 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-3} + 100 \cdot 10^5 \cdot 15 \cdot 10^{-3} + 52 \cdot 10^5 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{30 \cdot 10^{-3}}$$

$$P = \frac{2760 \cdot 10^2}{30 \cdot 10^{-3}} = 92 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 92 \text{ atm}$$

$$T = \frac{PV}{\nu R} = \frac{P(V_1 + V_2 + V_3)}{\nu R}$$

$$= \frac{92 \cdot 10^5 \cdot 30 \cdot 10^{-3}}{\frac{1}{4} \left( \frac{P_1 V_1}{T_1} + \frac{P_2 V_2}{T_2} + \frac{P_3 V_3}{T_3} \right)}$$

$$= \frac{28 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{280} + \frac{100 \cdot 10^5 \cdot 15 \cdot 10^{-3}}{300} + \frac{52 \cdot 10^5 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{280}$$

$$= \frac{2760 \cdot 10^2}{0.5 \cdot 10^2 + 1.5 \cdot 10^2 + 2 \cdot 10^2} = 288 \text{ K} = 15^\circ \text{C}$$

$$\frac{P}{P'} = \frac{T}{T_0}$$

$$P' = \frac{P T_0}{T} = \frac{92 \cdot 10^5 \cdot 280 \text{ K}}{288 \text{ K}} = 70 \cdot 10^5 \text{ Pa} =$$

$$= 70 \text{ atm}$$

Answer:  $P = 92 \text{ atm}$ ,

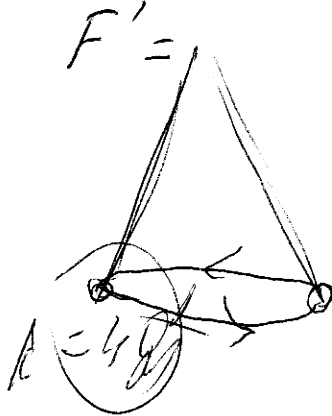
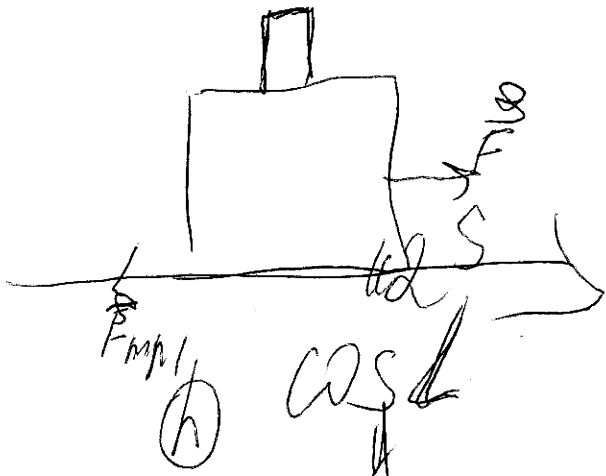
$$T = 15^\circ \text{C}$$

$$P' = 70 \text{ atm}$$

MM  
/



VERHOUDING



$\Delta l = 1.5 \text{ m}$   
 $r = 4 \text{ cm}$   
 $\Delta U = 1.5 \text{ J}$   
 $B_2 = 3 B_1$

$2F$

$\cos \alpha$   
 Omslag  
 band



$k = 40 \text{ N/m}$

$\text{CH}$   
 $\text{BC} = \dots$

$T_{\text{max}}$

$F' = k \Delta l = mg$

$T_{\text{max}} = \dots$

$m_1, m_2 / v_1, v_2 / \dots$

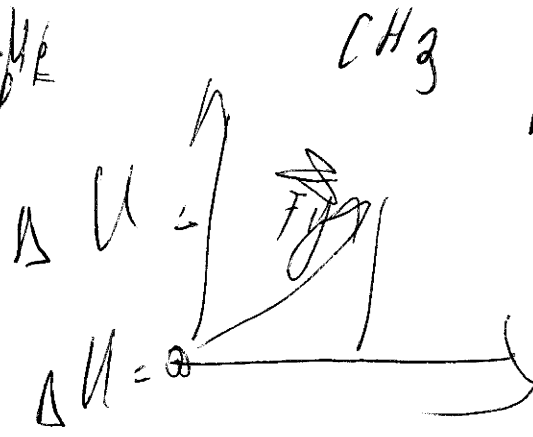
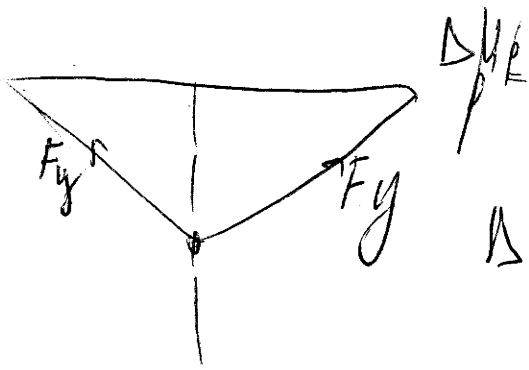
$\frac{1}{m_1 + m_2} + T_0$   
 $2k \Delta l \sin \alpha + 2x \sin \alpha$

$2k \Delta l +$

$2mg \Delta l \sin \alpha$

$2 \Delta l \sin \alpha$

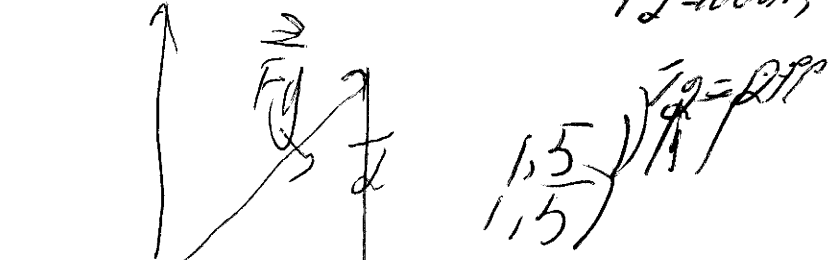
$PV = D \Delta T$   
 $PV = D \Delta T$



$v_1 = 5 \text{ m}$   
 $p_1 = 28 \text{ atm}$   
 $T_0 = 7^\circ \text{C}$   
 $v_2 = 15 \text{ m}$

$p_2 = 100 \text{ atm}$

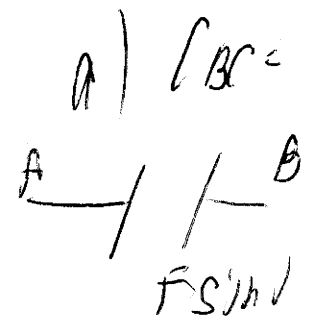
$k \Delta l = m g$   
 $k \Delta l' = m g$   
 $k \Delta l = k \Delta l'$   
 $k = b$



Oy:  $T = 2 \Delta l \sqrt{m}$   
 $T = 2 \Delta l \sqrt{m}$   
 $T = 2 \Delta l \sqrt{m}$   
 $T = 2 \Delta l \sqrt{m}$

Ox:  $F \sin \alpha = m g$

Oy:  $F \cos \alpha = N$



$T = 2 \Delta l \sqrt{m}$

$T = T_1 +$

$v_1 = \frac{p_1 v_1}{p_2}$

$2 F_y \sin \alpha = m g$

$F_y = k \Delta l$

$2 k \Delta l \sin \alpha = m g$