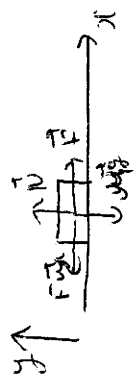


Задача 1

Северный  
 1) Рассчитать общее сопротивление цепи и коэффициент мощности  $\mu_1 = 15 \text{ kV}$



$$F_{yx} + N + F + m\vec{g} = \mu_1 \cdot Q$$

$$0x: -F_{yx} + F = \mu_1 Q \Rightarrow$$

$$0y: N = \mu_1 g$$

$$Q = \frac{F - \mu_1 \mu_1 g}{\mu_1}$$

$$Q_{max} = \frac{120 - 0,1 \cdot 15 \cdot 10}{15} = \frac{105}{15} = 7 \frac{\text{A}}{\text{C}}$$

2) Рассчитать общее сопротивление



$$N + m\vec{g} + F_{yx} = mg$$

$$0x: F_{yx} = mg \Rightarrow \mu_2 \cdot m\vec{g} = mg$$

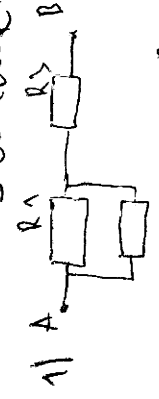
$$0y: N = mg \Rightarrow \mu_2 = \frac{g}{g} = 0,7$$

Ответ:  $\mu_2(\max) = 0,7$



16  
 Дано:  
 $R_1 = 100 \text{ Ом}$   
 $R_2 = 20 \text{ (Ом)}$   
 $R_3 = 25 \text{ (Ом)}$   
 $U_{AB} = 150 \text{ В}$   
 $R_{AB} = ?$   
 $R_{AB1} = ?$   
 $I_{K-2} = ?$

Северный:

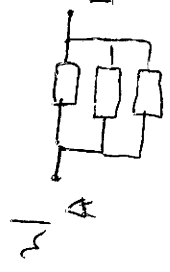


$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Ищем:  $R' = R_2 \cdot R_1 = 100 \cdot 20 = 16,7 \text{ Ом}$

$$\frac{1}{R_1 + R_2} = \frac{1}{100} + \frac{1}{20}$$

$$R_{AB} = R' + R_3 = 25 + 16,7 = 41,7 \text{ Ом}$$



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{100} + \frac{1}{20} + \frac{1}{25}$$

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{10}{100} ; R_{AB} = \frac{100}{10} = 10 \text{ Ом}$$

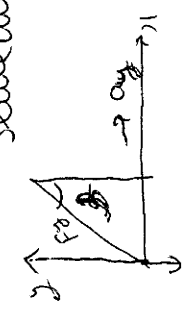
$$I_K = I_1 + I_2 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} = \frac{150}{100} + \frac{150}{20} = 1,5 + 7,5 = 9 \text{ А}$$

Ответ: 1)  $R_{AB} = 41,7 \text{ Ом}$   
 2)  $R_{AB1} = 10 \text{ Ом}$   
 3)  $I_K = 9 \text{ А}$



17  
 Дано:  
 $K = 40 \frac{\text{H}}{\text{м}}$   
 $L_0 = 2 \text{ м}$   
 $m = 2 \text{ кг}$   
 $T = ?$

Северный:



$$F_y + m\vec{g} = m\vec{g}$$

$$0x: F_y \sin \beta = m\vec{g}$$

$$0y: F_y \cos \beta = m\vec{g} \quad \beta - \text{максимум} \Rightarrow$$

$$\cos \beta = 1$$

$$F_y = m\vec{g} ; K \Delta l = m\vec{g} \quad \Delta l = \frac{m\vec{g}}{K} = \frac{20}{40} = 0,5$$

$$L_{\text{ог}} = L_0 + R$$

$$R = L \sin \beta$$

$$F_y \sin \beta = m\vec{g}$$

$$m\vec{g} \sin \beta = m\omega^2 L \sin \beta$$

↓ Уменьши на отрыве

$$g = w(L_0 + D_1)$$

$$g = \frac{wL_0}{T} (L_0 + D_1)$$

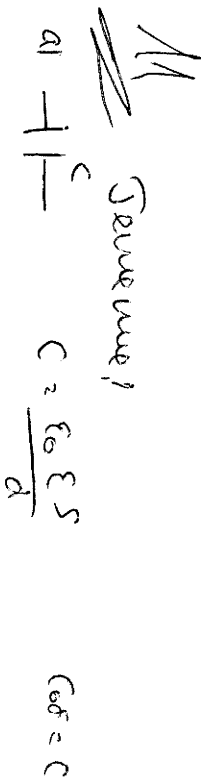
$$w = \frac{2\pi}{T}$$

$$T = 2\pi \frac{\sqrt{L_0 + D_1}}{g} = 2\pi \cdot \frac{\sqrt{2,5}}{10} T = 2\pi \cdot 0,5 = \pi$$

Question:  $T = \pi$

2.7 Daten:  
A, B, C und - mac cum p p r i

$\int$	$d(L_0 < L_0 S)$
a)	$C_{AC} = ?$
b)	$C_{BC} = ?$



$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C} = \frac{2}{C}$$

$$C' = \frac{C}{2}$$

$$C_{eff} = C + C' = C + \frac{C}{2} = 1,5 \cdot \frac{E_0 \epsilon S}{d}$$

Question: a)  $C = \frac{E_0 \epsilon S}{d}$   
 $d \left[ \frac{1}{C} + \frac{1}{C} \right] = 1,5 \cdot \frac{E_0 \epsilon S}{d}$

Seuewue:

Maximum Dyauewue de use weiea - fu

$$P_1 V = D R T_1 \quad U = \frac{P V}{R T}$$

$$D_1 = \frac{P_1 V_1}{R T_1} \quad D_3 = \frac{P_3 V_3}{R T_3}$$

$$w_{en} w_{ewue} \delta w_{ewue} \quad D_4 = 0$$

$$U_1 + U_2 + U_3 = U$$

$$\frac{5}{2} D_1 R T_1 + \frac{5}{2} D_2 R T_2 + \frac{5}{2} D_3 R T_3 = \frac{5}{2} D R T$$

$$U = D_1 + D_2 + D_3$$

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

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

$$p = \frac{28 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-6} + 100 \cdot 10^5 \cdot 15 \cdot 10^{-6} + 52 \cdot 10^5 \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{30 \cdot 10^{-6}} = 72 \cdot 10^5 \text{ Pa} \xrightarrow{\text{TO}} 72 \text{ bar}$$

$$T = \frac{P V}{D R} = \frac{p \cdot (V_1 + V_2 + V_3)}{\frac{5}{2} R} = 288 \text{ K}$$

$$\frac{P}{P'} = \frac{T}{T'} \quad P' = P \frac{T'}{T} = 72 \text{ bar} \cdot \frac{280 \text{ K}}{288 \text{ K}} = 70 \text{ bar}$$

Question:  $p = 72 \text{ bar}$ ,  $p' = 70 \text{ bar}$ ,  $T = 288 \text{ K}$

Reuewue gylwuei gageit weuwyu na weuewe & uide w r

15

2.4  
 Daten:  
 $V_1 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$   
 $P_1 = 2,8 \text{ bar}$   
 $T_0 = +17^\circ \text{C} = 290 \text{ K}$   
 $U_2 = 15 \text{ J}$   
 $P_2 = 100 \text{ bar}$   
 $T_2 = +27^\circ \text{C} = 300 \text{ K}$   
 $V_3 = 10^{-3} \text{ m}^3$   
 $P_3 = 52 \text{ bar}$   
 $T_3 = -15^\circ \text{C} = 260 \text{ K}$

11

Алгебра

15

Дано:	
$m_1$	
$m_2$	
$v_1$	
$v_2$	
$T_0$	
$T_{max}$ - ?	
$v$ - ?	

1) В момент малой скорости скорость  
повышается скачком

Закон сохранения импульса

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$$

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

Сумму скоростей сохранила систему

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{1}{2} (v_1 + v_2)^2 \quad \Delta U = \frac{1}{2} v^2 \Delta T$$

где  $m = m_1 + m_2$

$$\frac{m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + \frac{1}{2} v^2 \Delta T \Rightarrow \frac{3}{2} v^2 \Delta T = \frac{1}{2} v^2 \Delta T m_2$$

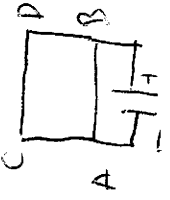
$$m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 = \frac{(m_1 v_1 + m_2 v_2)^2}{m} + \frac{3}{2} v^2 \Delta T \Rightarrow \frac{3}{2} v^2 \Delta T m_2$$

$$T_{max} = \frac{m_1 m_2 (v_1 - v_2)^2}{(m_1 + m_2) 3 v R}$$

Ответ:  $v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m}$ ;  $T_{max} = \frac{m_1 m_2 (v_1 - v_2)^2}{(m_1 + m_2) 3 v R} + T_0$

Дано:	
$\epsilon$	
$R$	
$L$	
$B$ - ?	

Решение:



$$I_1 = \frac{\epsilon}{R} \quad I_2 = \frac{\epsilon}{3R}$$

Организуем направление магнитного  
магнитного поля концами проводника

Углы на магнитного поля проводника AB наискось  
он на C и стороне B углы на магнитного  
поля проводника AC, CD и DB наискось к нам и  
сторону Bz

$$B_z = I \text{ и } B_z = \frac{I}{R}$$

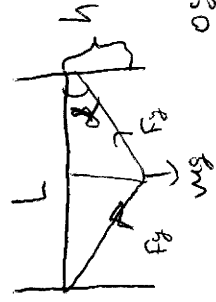
r - расстояние от центра до проводника

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

Ответ:  $B = 0$

Дано:	
$L = 4 \text{ м}$	
$h = 1,5 \text{ м}$	
$T$ - ?	

Решение:



$$\cos \alpha = 1,5 / 2 = 0,75$$

$$\sin \alpha = 0,6$$

$$0,8 F_y \sin \alpha = mg \Rightarrow F_y = 1,01$$

↓ Ответ на вопрос

15

$$m K \sin \alpha = mg -$$

$$101 = 2 \quad K = \frac{mg}{2 \sin \alpha}$$

2.1. Berapa  $u_2$  pada bagian

$$2 F_y = mg \sin \alpha - mg = -mg,$$

$$F_y' = K (\sin \alpha + \mu)$$

$$2 K \sin \alpha + \mu K \sin \alpha - mg = -mg$$

$$2 K \sin \alpha = -mg$$

$$2 K = \frac{mg}{\sin \alpha} \quad \frac{2 \cdot 11}{T} = \frac{\sqrt{g}}{r}$$

$$T = 2 \cdot 11 \frac{\sqrt{g}}{g} = 6,28 \sqrt{\frac{g}{10}}$$

$$T = 1,41$$

Overbevi:  $T = 1,41$

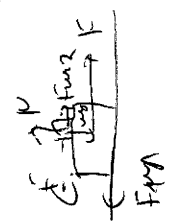
~~1~~ 2

Impedanz

1  $L = 4 \mu H$   
 $u = 10 \mu V$   
 $T = ?$

2  $u = 10 \mu V$   
 $m = 5 \mu s$   
 $u_1 = 9 \mu V$   
 $F = 120 \mu H$   
 $u_2 = ?$

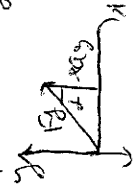
Strom



$F = (m \cdot a) \cdot L + N + F_{\text{ext}} = 0$   
 $0x: F - F_{\text{ext}} = 0$   
 $F = F_{\text{ext}}$   
 $0y: N = Mg$

Zusatz:  $u = 120 \mu V$

$T = 2 \cdot 11 \cdot \frac{5 \cdot 17}{8} = 231,125 \text{ N}$



$F = 10 \mu$   
 $mg = 40 \mu$   
 $20 < 40 \mu$   
 $0,1 < 0,15$   
 $L = 2,15 \mu H$

$F_y + m \cdot g = m \cdot a$   
 $0x: F_y \sin \alpha = m \cdot a$   
 $0y: F_y \cos \alpha = m \cdot g$   
 $\cos \alpha = 1$

$F_y = m \cdot g \cdot \cos \alpha = m \cdot g$   
 $1 = \frac{m \cdot g}{L} = \frac{20 \cdot 0,15}{40}$

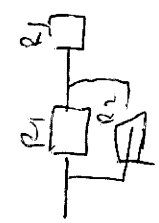
Strom

10  $u_1 = 25 \mu$   
 $P_1 = 28 \mu W$   
 $T_0 = +7$   
 $u_2 = 15 \mu$   
 $P_2 = 100 \mu W$   
 $T_2 = +27$   
 $u_3 = 10 \mu$   
 $P_3 = 22 \mu W$   
 $T_3 = -10$   
 $P = 2$   
 $T = ?$

10  $u_1 = 27 \mu$

$\frac{20 \cdot 280}{280} = 4$

$R_2 \cdot L \cdot \sin \alpha = m \cdot g$   
 $m \cdot g \cdot \sin \alpha = m \cdot \omega^2 \cdot L \cdot \sin \alpha$   
 $g = \omega^2 \cdot (L + \Delta L)$   
 $g = \frac{4 \cdot 17}{7^2} (L + \Delta L)$   
 $T = 2 \cdot 11 \cdot \frac{L + \Delta L}{8} = 2 \cdot 11 \cdot 0,5 = 11$   
 Antwort: 11

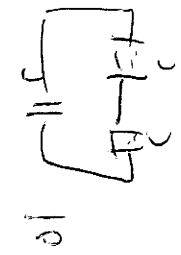


$R_1 = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = 16,7$   
 $R_{\text{AD}} = 41,7 \Omega$   
 $\frac{1}{R_1} = \frac{1}{100} + \frac{1}{R_2}$   
 $R_{\text{AD}} = 10 \Omega$

$R = R_1 + R_2 + R_3 = 145 \Omega$   
 $I = \frac{u}{R} = \frac{150}{100} = 1,5$

11  $u = 10 \mu V$

$C = \frac{Q}{U} = 10 \mu F$



$\frac{Q}{U} = \frac{1}{C} + \frac{1}{R} = \frac{1}{2}$   
 $C = \frac{1}{2}$

$u_{\text{AD}} = C + d = C \cdot \frac{Q}{C} = 1,5 \cdot \frac{Q}{C}$   
 Antwort:  $a) C = \frac{Q}{U} = 10 \mu F$   
 $d) C = 1,5 \cdot \frac{Q}{U}$

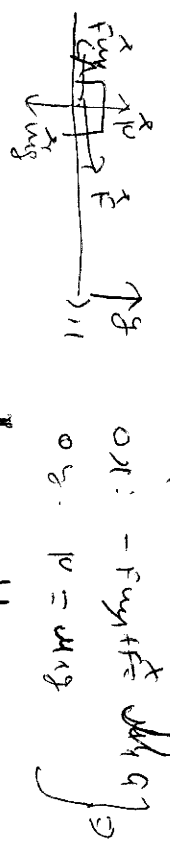
2

Question  
 $m = 5 \text{ m}$   
 $m_1 = 9 \text{ t}$   
 $F^x = 110 \text{ kN}$   
 $m_2 = ?$

Сечение

1. Задача о равновесии стержня (каноническая)

Сечение  $M_1 = 15 \text{ m}$



$$Q = \frac{F^x - m_1 g l}{10.5}$$

$$Q = \frac{120 - 0.1 \cdot 15 \cdot 10}{15} = \frac{105}{15} = 7 \text{ t}$$



Условия равновесия стержня

Условия равновесия стержня

1

Равновесие

$U_1 = 5 \cdot 10^3$   
 $P_1 = 2 \cdot 10^4 \text{ нм}$   
 $T_1 = 280 \text{ к}$   
 $U_2 = 15 \cdot 10^3 \text{ н}$

$P_2 = 2100 \text{ нм}$   
 $T_2 = 200 \text{ к}$   
 $U_3 = 10 \cdot 10^3$   
 $P_3 = 52 \cdot 10^4$   
 $T_3 = 200 \text{ к}$   
 $U_4 = ?$

$$P_1 U_1 = U_1 R T_1 \quad U = \frac{P U}{R T}$$

$$U_1 = \frac{P_1 U_1}{R T_1} \quad U_2 = \frac{P_2 U_2}{R T_2} \quad U_3 = \frac{P_3 U_3}{R T_3}$$

Условия равновесия стержня

$$U_1 + U_2 + U_3 = U$$

$$\sum U_1 R T_1 + \sum U_2 R T_2 + \sum U_3 R T_3 = \sum U R T$$

$$\sum (P_1 U_1 + P_2 U_2 + P_3 U_3) = \sum P (U_1 + U_2 + U_3)$$

$$P_2 = \frac{10^3 (280 \cdot 5 + 100 \cdot 15 + 52 \cdot 10^4)}{50 \cdot 10^3}$$

$$= \frac{2160 \cdot 10^3}{50}$$

$$P_2 = 43200 \text{ нм}$$

$$P_1 = \frac{72 \cdot 280}{208}$$



ЗАДАЧА № 4.

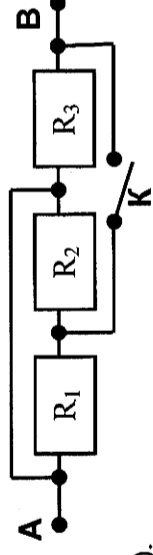
В кислородном баллоне объемом  $V_1=5$ л давление газа  $P_1=28$ атмосфер. Он стоит на складе, где поддерживается температура  $T_0=+7^\circ\text{C}$ . Туда принесли еще 2 баллона: один из цеха (его параметры  $V_2=15$ л,  $P_2=100$ ат,  $T_2=+27^\circ\text{C}$ ), а другой с улицы ( $V_3=10$ л,  $P_3=52$ ат,  $T_3=-13^\circ\text{C}$ ). Все 3 баллона соединили короткими шлангами и открыли вентили, сделав их объемами 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 ( $\Gamma_{\text{max}}$ ) и скорости поршней в момент их максимального сближения. Газовый процесс считать адиабатическим.

ЗАДАЧА № 6.

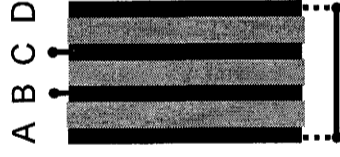
- 1) Найти сопротивление ( $R_{AB}$ ) между точками «А» и «В» в схеме, изображенной на рисунке.
- 2) Каким станет сопротивление ( $R_{AB+}$ ) между точками «А» и «В», если в схеме на приведенном рисунке ключ К замкнуть?  $R_1=100$  (Ом),  $R_2=20$  (Ом),  $R_3=25$  (Ом).
- 3) Какой ток ( $I_K$ ) потечет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



ЗАДАЧА № 7.

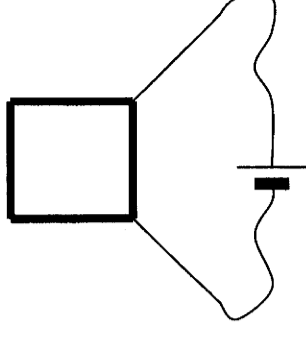
«Сэндвич» состоит из четырех одинаковых тонких металлических пластин А, В, С и D (черные полоски на рисунке), проложенных листами тонкой бумаги с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  (серые полоски на рисунке) и плотно прижатых друг к другу. Площадь каждой пластины и бумажной прокладки равна 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

- а) Какова емкость ( $C_{BC}$ ) 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.





4256

**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА УЧАСТНИКА  
ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ СПБГУ**

**2016–2017**

заключительный этап

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

Город, в котором проводится Олимпиада Иерусалим

Дата 12 января 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  $L_0=2\text{ м}$ . На ней к потолку подвесили ненапряженном состоянии 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?

