

Шифр 129036
(заполняется ответственным
секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету Профессор Мухомовский
(наименование дисциплины)

Фамилия И.О. участника Добрянский Дмитрий Николаевич

Город, № школы (образовательного учреждения) г. Москва Школа № 1580

Регистрационный номер класс 9

Вариант задания 3

Дата проведения « 17 » февраля 2019 г.

Подпись участника 

лист 1 из 3

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	10	5	15	25	25	25				90
						64				115 22

129036

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 3

№1

L
 a
 τ

$a_{min} - ?$



Перейдём в с.о. 1, тогда
② движется с ускорением

$$|(\vec{a}_{min} - \vec{a})| = a_{min} - a$$

$$L = \frac{(a_{min} - a)\tau^2}{2} \Rightarrow a_{min} = \frac{2L}{\tau^2} + a$$

т.к. $v_0 = 0 \Rightarrow$

(a_{min} - минимальное ускорение, т.к. при меньшем ускорении время движения будет $> \tau$)

Ответ: $a_{min} = \frac{2L}{\tau^2} + a$

№2.

$m_1 = 0,3 \text{ кг}$

$t = 0 \text{ с}$

$V = 1 \text{ л}$

$\rho_0 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

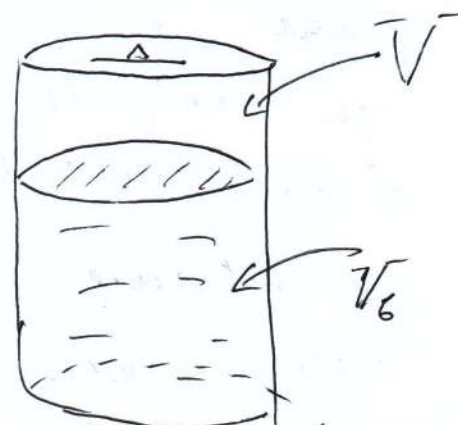
$\rho_1 = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

$\frac{V_B}{V} - ?$

т.к. сосуд закрыт герметично, то имеет место теплообмен с окр. средой \Rightarrow лёд тает.

т.к. сначала лёд занимает полностью сосуд, то $V_{\text{сосуда}} = V$

$V = V_0 + V_1 + V_2$



по закону сохранения масс,
 \bar{V}_n - объем пор

$$m_1 = m'_1,$$

m' - масса воды, в
 которую переходит ней

\bar{V} - объем, который будет
 занимать вода, m'
 $\rho_n \bar{V}_n = \rho'_n \bar{V}' \Rightarrow \bar{V}' = \frac{\rho_n}{\rho'_n} \bar{V}_n$

$$\bar{V}_n = \frac{m_n}{\rho_n} \Rightarrow \bar{V}' = \frac{\rho_n}{\rho'_n} \frac{m_n}{\rho_n} = \frac{m_n}{\rho'_n}$$

$$\bar{V} = \bar{V}_n + \bar{V}_b \Rightarrow \bar{V}_b = \bar{V} - \bar{V}_n = \bar{V} - \frac{m_n}{\rho_n}$$

$$\bar{V}_b = \bar{V}_b + \bar{V}' = \bar{V} - \frac{m_n}{\rho_n} + \frac{m_n}{\rho'_n} \Rightarrow \frac{V_b}{V} = \frac{\bar{V} - \frac{m_n}{\rho_n} + \frac{m_n}{\rho'_n}}{\bar{V}} = \frac{V - \frac{m_n}{\rho_n} + \frac{m_n}{\rho'_n}}{V} = \frac{1 \cdot 10^{-3} - \frac{0.3 \text{ кг}}{1000 \text{ кг/м}^3} + \frac{0.3 \text{ кг}}{900 \text{ кг/м}^3}}{1 \cdot 10^{-3}} = \frac{29}{30} (-) = \frac{29}{30} (-)$$

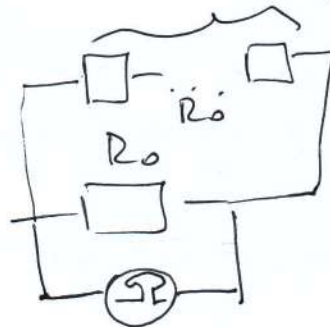
N4

$$R_1 = 64 \text{ Ом}$$

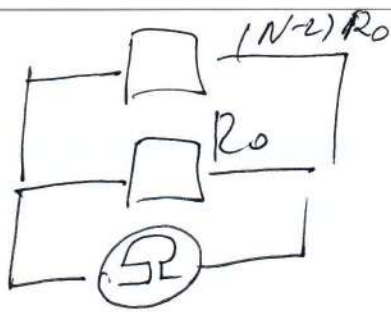
$$R_2 = 63 \text{ Ом}$$

$$R_0 = ?$$

т.к. резисторы соединены в кольцо,
 и один из них подключен к одному
 из резисторов, то цепь имеет
 вид:



Помимо того, как 1 резистор замкнут, этот резистор
 выключается из цепи. т.к. при замыкании
 у нас получается цепь с коротким замыканием
 резисторов, то это не может быть резистор,
 к которому подключен E , т.к. в этом случае
 сопротивление будет равно 0. Поэтому в 2м
 случае цепь замыкается:



by pnc 1: $R_1 = \frac{R_0 \cdot R_0(N-1)}{R_0 N} = R_0 \frac{N-1}{N} \quad (1)$

by pnc 2: $R_2 = \frac{R_0 R_0(N-2)}{R_0(N-1)} = R_0 \frac{N-2}{N-1} \quad (2)$

$\frac{(2)}{(1)}$: $\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_0(N-2)N}{(N-1)R_0(N-1)} = \frac{N^2 - 2N}{N^2 - 2N + 1}$

$\frac{R_1}{R_2} = \frac{N^2 - 2N + 1}{N^2 - 2N} = 1 + \frac{1}{N^2 - 2N}$

$\frac{R_1 - R_2}{R_2} = \frac{1}{N^2 - 2N}$

$(R_1 - R_2)(N^2 - 2N) = R_2$

$R_1 N^2 - 2R_1 N - R_2 N^2 + 2N R_2 = R_2$

$N^2(R_1 - R_2) + 2N(R_2 - R_1) - R_2 = 0$

$N_{1,2} = \frac{-2(R_2 - R_1) \pm \sqrt{4(R_2 - R_1)^2 + 4(R_1 - R_2)R_2}}{2(R_1 - R_2)} =$

$= \frac{R_1 - R_2 \pm \sqrt{R_2^2 - 2R_1 R_2 + R_1^2 + R_1 R_2 - R_2^2}}{R_1 - R_2} =$

$= \frac{R_1 - R_2 \pm \sqrt{R_1^2 - R_1 R_2}}{R_1 - R_2} = 1 \pm \frac{\sqrt{R_1^2 - R_1 R_2}}{R_1 - R_2} = \begin{cases} 9 \text{ (1-)} \\ -7 \text{ (-1)} \end{cases}$
 con-ko 7,0.

номер 6(1)

$$R_1 = \frac{R_0 \cdot (9-1)}{9}$$

$$R_0 = \frac{9R_1}{8} = 9 \cdot \frac{640 \text{ Ом}}{8} = 720 \text{ Ом.}$$

Ответ: $R_0 = 720 \text{ Ом.}$

NS
 $\bar{t} = 8 \text{ мин.}$
 $\eta = 20\% = 0,2$
генератор ли - ?
 $(\bar{t} \vee \bar{t} - ?)$

Пучок теплоемкость хид-н (обд) - $C_{\text{х}}$
 Пучок нач. температура - t_0
 - - температура плавления - $t_{\text{пл}}$

Поток за 1-ю мину тухнет
 полностью:

$$Q_1 = C_{\text{м}} \cdot (t_0 - t_{\text{пл}}) \eta$$

с другой стороны это равно

$$Q_1 = C_{\text{м}} \cdot (t_0 - t_1) ; t_1 - \text{температура}$$

после 1-й минуты:

$$\eta C_{\text{м}} (t_0 - t_{\text{пл}}) = (t_0 - t_1) C_{\text{х}}$$

$$\eta t_0 - \eta t_{\text{пл}} = t_0 - t_1 \quad \underline{t_1 = t_0(1-\eta) + \eta t_{\text{пл}} = t_0 \cdot 0,8 + 0,2 t_{\text{пл}}}$$

аналогично, за 2-ю мину $Q_2 = C_{\text{х}} (t_1 - t_{\text{пл}}) \eta =$
 $(t_0 \cdot 0,8 + 0,2 t_{\text{пл}} - t_{\text{пл}}) 0,2 = t_0 \cdot 0,8 + 0,2 t_{\text{пл}} - t_2 = C_{\text{х}} (t_1 - t_2)$

$$0,16 t_0 + 0,04 t_{\text{пл}} - 0,2 t_{\text{пл}} = 0,8 t_0 + 0,2 t_{\text{пл}} - t_2$$

$$t_2 = 0,8 t_0 + 0,2 t_{\text{пл}} + 0,2 t_{\text{пл}} - 0,04 t_{\text{пл}} - 0,16 t_0 = t_0(0,8 - 0,16) + t_{\text{пл}}(0,2 + 0,2 - 0,04) = 0,64 t_0 + 0,36 t_{\text{пл}}$$

аналогично, за 3-ю мину

$$t_3 = 0,488 t_{\text{пл}} + 0,512 t_0$$

за 8-ю мину: / в общем виде за n-ю мину:

$$t_8 \approx 0,83222 t_{\text{пл}} + 0,16777 t_0 \quad \eta(t_{n-1} - t_{\text{пл}}) = t_{n-1} - t_n$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр 129036

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 3

№5 (продолж.)

Т.к. плавление может начаться только при температуре, равной температуре плавления, а к концу 85 минут температура будет только



$t_0 \approx 0,83222 t_{пл} + 0,16777 t_0$, что меньше?

Если $t_{пл} \Rightarrow$ плавление не происходит \Rightarrow
 \Rightarrow они успеют.

Ответ: да, успеют

N3

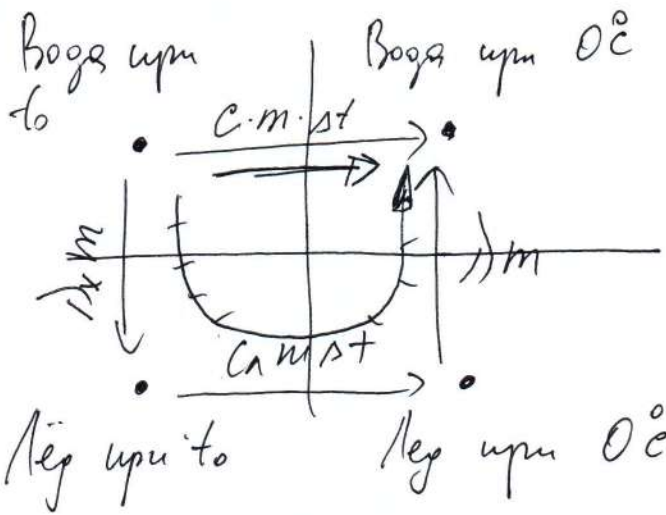
$$m = 0,982 \text{ r}$$

$$t_0 = 2 \text{ c}$$

$$c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$$

$$\lambda = 330 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$c_n = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$$



по 3-му Сохранению энергии:

$$c m \Delta t = \lambda_x m + \lambda m + c_n m \Delta t \quad | : m$$

$$c \Delta t = \lambda_x + \lambda + c_n \Delta t$$

$$\lambda_x = \lambda + (c_n - c) \Delta t \quad - \quad \lambda_x - \text{уд. теп. плав. при } t_0.$$

Перехлажденная вода может быть только в состоянии „покоя“. При уменьшении состояния системы, переохлажденная вода начинает превращаться до 0°C , а другая часть начинает кристаллизацию (с λ_x).

$$m_n \lambda_x = (m - m_n) c \cdot \Delta t$$

$$m_n (\lambda + (c_n - c) \Delta t) = \cancel{c m \Delta t} + c m \Delta t - c m_n \Delta t$$

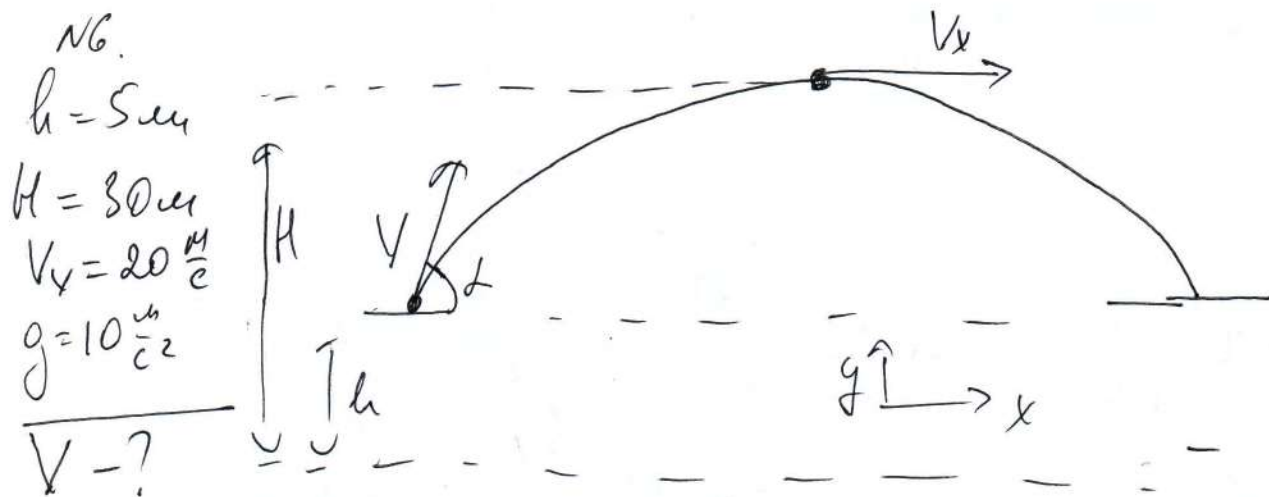
$$m_n \lambda + m_n \Delta t c_n - m_n \Delta t c = c m \Delta t - c m_n \Delta t$$

$$m_n (\lambda + c_n \Delta t - c \Delta t + c \Delta t) = c m \Delta t$$

$$m_n (\lambda + c_n \Delta t) = c m \Delta t$$

$$m_n = \frac{c m \Delta t}{\lambda + c_n \Delta t} = \frac{4200 \cdot 0,982 \cdot 2}{330000 + 2100 \cdot 2} \approx 0,25 \text{ кг}$$

$$\text{Ответ: } m_n \approx \frac{c m \Delta t}{\lambda + c_n \Delta t} = 0,25 \text{ кг}$$



Если автомобиль находится в состоянии невесомости, то его вес равен нулю, а значит сила норм. реакции опоры равна нулю (по III-му закону Ньютона $P = N$).

Выберем в общ. виде ф-лу для вычисления веса тела, движ. с ускор. a .

$m\vec{a} = \sum \vec{F}$ (II закон Ньютона)

$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N}$, $\vec{N} = -\vec{P}$ (III закон Ньютона)

$m\vec{a} = m\vec{g} - \vec{P}$

$\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a})$

Если $P = 0$, $m \neq 0$, т.е. тело
 $\Rightarrow \vec{g} - \vec{a} = \vec{0} \Rightarrow \vec{a} = \vec{g}$, т.е. \Rightarrow
 $|\vec{a}| = g$. \Rightarrow

\Rightarrow в нашем случае, для достижения невесомости

необходимо двигаться с ускорением g . В

таком случае, т.к. траектория движения тела - параболы, движение автомобиля можно рассматривать как баллистическое.

$V_0 = V$; $V_x = V \cos \alpha$. (проекции скорости на Ox ,

α - угол, по которому т.к. в верхней точке скорости по $Oy = 0$, т.е.

тогда $V_0 \cos \alpha = V_x \Rightarrow \cos \alpha = \frac{V_x}{V_0}$

макс высота прыжка у- 9-ая "без времени"

$$\frac{(V_0 \sin \alpha)^2}{2g} = (H-h)$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{2g(H-h)}{\sin^2 \alpha}} = \sqrt{\frac{2g(H-h)}{1 - \cos^2 \alpha}} = \sqrt{\frac{2g(H-h)}{1 - \frac{V_x^2}{V_0^2}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 25}{1 - 20^2}}$$

$$V_0^2 = \frac{2g(H-h)}{1 - \frac{V_x^2}{V_0^2}} = \frac{2gV_0^2(H-h)}{V_0^2 - V_x^2}$$

$$V_0^2 = \frac{2gV_0^2(H-h)}{V_0^2 - V_x^2}$$

$$V_0^4 - V_x^2 V_0^2 = 2gV_0^2(H-h)$$

$$V_0^2 - V_x^2 = 2g(H-h)$$

$$V_0 = \sqrt{2g(H-h) + V_x^2} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 25 + 20^2} = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $V_0 = \sqrt{2g(H-h) + V_x^2} = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

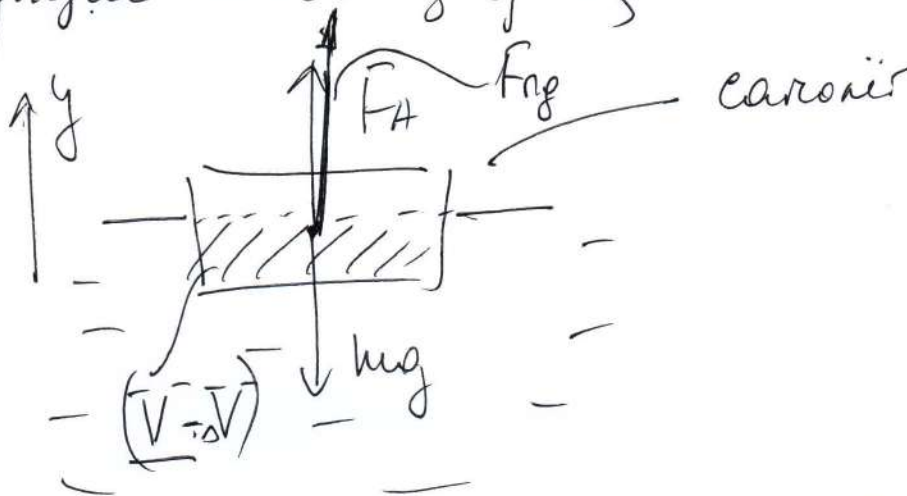
Шифр 129036

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 3

Средняя часть шарика

$$\begin{aligned} m &= 1000 \text{ кг} \\ V &= 0,55 \text{ м}^3 \\ \Delta V &= 0,05 \text{ м}^3 \\ S &= 0,1 \text{ м}^2 \\ C_y &= 0,8 (-) \end{aligned}$$



u-?

т.к. погружение у поверхности $\Rightarrow \sum \vec{F} = \vec{0}$

$$0Y: F_{up} + F_A = mg$$

$$C_y S \rho \frac{u^2}{2} + \rho g(V - \Delta V) = mg$$

т.к. погружение
измеряется без

$$u^2 = \frac{2g(m - \rho(V - \Delta V))}{\rho S C_y}$$

25

$$u = \sqrt{\frac{2g(m - \rho(V - \Delta V))}{\rho S C_y}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot (1000 - 1000 \cdot 0,55)}{1000 \cdot 0,1 \cdot 0,8}} =$$

$$11,2 \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 11,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$