Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

122434

Шифр ____________

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету Физика

(наименование дисциплины)

Фамилия И.О. участника Татаринов Владимир Павлович

Город, № школы (образовательного учреждения) Республика Саха (Якутия), г. Мирный; МБОУ „СОШ №12"; 10„А" класс

Регистрационный номер ШМ 9648

Вариант задания 18

Дата проведения «22» МАРТА 2018 г.

Подпись участника

100 сто [signature]

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
1	1	1	1	1						
20	20	20	20	20						100

122434

Шифр ____________

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

434

Вариант № 18

Лист (1).

1) $t - ?$

Дано:
V_0, T, ~~$x(t)$~~
$x_1(0)=x_2(0)=0$

Решение:

Разделим путь на две части

1) Для $t \in [0; T]$:

$$x_1 = \frac{a_1 t^2}{2}$$ ~~$= \frac{V_{MAX}\, t}{2}$, где V_{MAX} – максимальная скорость на данном участке.~~

$$x_2 = \frac{V_0 t}{2}$$

2) Для $t \in (T; +\infty)$:

$$x_1 = V_0(t-T) + \frac{V_0 T}{2},$$ т.к. на участке $t \in [0; T]$ автомобиль шёл с ускорением с максимальной скоростью V_0 (Площадь треугольника определяется по формуле $\frac{1}{2} a\, h_a$).

$$x_2 = \frac{a_2 (t-T)^2}{2} + \frac{V_0 T}{2} + \frac{1}{2} V_0 (t-T) =$$

$$= \frac{a_2 (t-T)^2}{2} + \frac{1}{2} V_0 t.$$

Более подробно рассмотрим движения.

Лист (2)
1) (продолжение)

Для случая 1.

$$a_1 = \frac{V_0}{T}$$

$$x_1 = \frac{V_0 t^2}{2T}$$

$x_2 = \frac{V_0 t}{2}$. Приравняем x_1 и x_2

$$\frac{V_0 t^2}{2T} = \frac{V_0 t}{2} \Rightarrow \frac{t^2}{T} = t \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t^2 = tT \Rightarrow t^2 - tT = 0 \Rightarrow t(t-T) = 0.$$

$t_1 = 0$; $t_2 = T$.

Для случая 2.

$$a_2 = \frac{\frac{1}{2}V_0}{3T-T} = \frac{\frac{1}{2}V_0}{2T} = \frac{V_0}{4T}.$$

$$x_1 = V_0(t-T) + \frac{V_0 T}{2}$$

$$x_2 = \frac{V_0}{4T} \cdot \frac{(t-T)^2}{2} + \frac{1}{2}V_0 t.$$

Приравняем x_1 и x_2

$$V_0(t-T) + \frac{V_0 T}{2} = \frac{V_0}{4T} \cdot \frac{(t-T)^2}{2} + \frac{1}{2}V_0 t.$$

Лист (3)

1) (продолжение)

$$(t-T)+\frac{T}{2}=\frac{(t-T)^2}{8T}+\frac{1}{2}t.$$

$$t-\frac{T}{2}=\frac{t^2-2Tt+T^2}{8T}+\frac{1}{2}t.$$

$$8tT-4T^2=t^2-2Tt+T^2+4Tt.$$

$$8tT-4T^2=t^2+2Tt+T^2$$

$$8tT=t^2+2Tt+5T^2$$

$$t^2-6Tt+5T^2=0$$

$$D_1=9T^2-5T^2=4T^2.$$

$$t_{3,4}=\frac{3T\pm2T}{1}$$

$$t_3=T;\ t_4=5T.$$

Ответ: $t_1=0$; $t_2=t_3=T$; $t_4=5T$. +

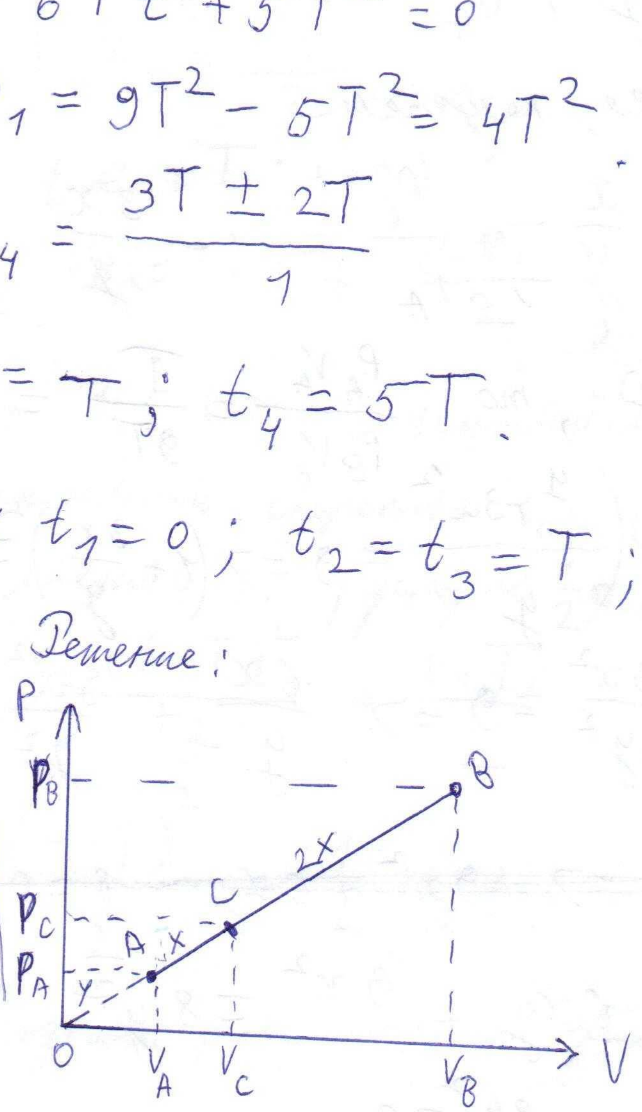
3. $T_C-?$

$T_A=T$

$T_B=9T.$

$\frac{AC}{CB}=\frac{1}{2}$

Решение:



Пусть $OA=y$, $AC=x$, $CB=2x$.

~~Лист~~ Лист (4)

3 (продолжение).

Давайте рассмотрим ΔOV_AA; ΔOV_CC; ΔOV_BB.

Очевидно, что они являются подобными по общему острому углу (все треуг. являются прямоугольными).

$$\frac{OV_A}{OV_B} = \frac{y}{y+3x} \Rightarrow \frac{OV_B}{OV_A} = \frac{y+3x}{y} = 1 + \frac{3x}{y}.$$

$$\frac{OV_C}{OV_A} = \frac{y+x}{y} = 1 + \frac{x}{y}.$$

~~Зна~~ $$\frac{V_C}{V_A} = 1 + \frac{x}{y}; \quad \frac{V_B}{V_A} = 1 + \frac{3x}{y}$$

Аналогично рассуждая, получаем

$$\frac{P_C}{P_A} = 1 + \frac{x}{y}; \quad \frac{P_B}{P_A} = 1 + \frac{3x}{y}$$

Т.к. $PV = RT\nu$, то $\frac{P_AV_A}{P_BV_B} = \frac{T}{9T} = \frac{1}{9}$

$$\frac{P_BV_B}{P_AV_A} = 9 \Rightarrow \left(\frac{y+3x}{y}\right)^2 = 9 \Rightarrow \left(1+\frac{3x}{y}\right)^2 = 9 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1 + \frac{6x}{y} + \frac{9x^2}{y^2} = 9 \Rightarrow \frac{6x}{y} + \frac{9x^2}{y^2} = 8.$$

$\cancel{6xy + 9x^2 = 8 \Rightarrow 9x^2 + 6xy - 8 = 0}$

$\cancel{D_1 = 9y^2 + }$ $\quad 6xy + 9x^2 = 8y^2$

$$9x^2 + 6xy - 8y^2 = 0$$

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

122434

Шифр ____________

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

3 (продолжение)

Вариант № 18

Лист (5)

$$9x^2+6xy-8y^2=0$$

$$D_1=9y^2+9\cdot 8\cdot y^2=9y^2+72y^2=81y^2.$$

$$x_{1,2}=\frac{-3y\pm 9y}{9}$$

$x_1=-\frac{12}{9}y<0$. Не подходит

$$x_2=\frac{6}{9}y=\frac{2}{3}y$$

~~Пусть~~ $\cancel{z=3x=3\cdot\frac{2}{3}y=2y}$.

~~Пусть~~ $\cancel{x=6z\Rightarrow}$

Пусть $(6z=3x=2y)\Rightarrow z=\frac{1}{2}x,\quad z=\frac{1}{3}y.$

Тогда, $OA=3z,\ AC=2z,\ CB=4z.$

Отсюда, $OC=5z$

Значит, $\frac{V_A}{V_C}=\frac{3z}{5z}=\frac{OA}{OC}=\frac{3}{5}=0{,}6.$

Аналогично, $\frac{P_A}{P_C}=\frac{OA}{OC}=\frac{3z}{5z}=\frac{3}{5}=0{,}6.$

3 (продолжение)

лист (6)

Т.к. $PV = RT\nu$, то

$$\frac{T_A}{T_C} = \frac{P_A V_A}{P_C V_C} = \frac{3\cdot 3}{5\cdot 5} = \frac{9}{25}.$$

$$T_C = \frac{25 T_A}{9} = \frac{25}{9}T.$$

Ответ: $T_C = \frac{25}{9}T$. +

2. F — ?

Дано:

$\frac{m_1}{m_2} = \frac{2}{1}$,

F_1, F_2

Решение:

Рассмотрим ~~движения~~ движения с поршнем.

Т.к. происходит движение с поршнем, то

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{S_1}{S_2},$$ где S_1, S_2 - площадь поршней,

а T_1 и T_2 — силы натяжения штоков.

Лист (7)

2 (продолжение).

Очевидно, что $F_{тр1} = N_1 \mu = m_1 g \mu$.

$F_{тр2} = N_2 \mu = m_2 g \mu$.

$$\begin{cases} m_1 a_1 = F_1 - T_1 - m_1 g \mu \\ m_2 a_2 = T_2 - m_2 g \mu \end{cases}$$ $a_1 = 0$

Для поршня получаем, что $a_1 = a_2 = 0$, т.к. речь идёт о минимальной силе. Причём, $T_2 = \frac{S_2}{S_1} \cdot T_1$. +

$$\begin{cases} 0 = F_1 - T_1 - m_1 g \mu \\ 0 = T_1 \cdot \frac{S_2}{S_1} - m_2 g \mu \end{cases}$$ +

$T_1 = F_1 - m_1 g \mu$.

$0 = (F_1 - m_1 g \mu) \frac{S_2}{S_1} - m_2 g \mu$.

~~Аналог~~

$$m_2 g \mu = \frac{S_2}{S_1} (F_1 - m_1 g \mu).$$

Аналогично рассуждая, получаем для второго случая с поршнем

$$m_1 g \mu = \frac{S_1}{S_2} (F_2 - m_2 g \mu)$$

Пусть $\frac{S_2}{S_1} = k$. Получаем сис-му ур-ий.

Лист (8)

2 (продолжение)

$$\begin{cases} m_2 g\mu = k(F_1 - m_1 g\mu) \\ k m_1 g\mu = (F_2 - m_2 g\mu) \end{cases}$$

$m_2 g\mu = F_1 k - m_1 g\mu k$.

$F_1 k = g\mu(m_1 k + m_2)$.

$$\mu = \frac{F_1 k}{g(m_1 k + m_2)} \quad (1)$$

$\cancel{k m_1 g\mu = F_2 \; k m_1 g \; \frac{F_1 k}{}}$

$k m_1 g\mu = F_2 - m_2 g\mu$

$$k = \frac{F_2 - m_2 g\mu}{m_1 g\mu} \quad (2)$$

~~Значит,~~ $\cancel{\mu = F_1(F_2 - m_2 g\mu)}$

Значит, из (1) получаем, подставлее (2)

$g\mu(m_1 k + m_2) = F_1 k$.

$m_1 g\mu k + m_2 g\mu = F_1 k$.

$m_2 g\mu = k(F_1 - m_1 g\mu)$

$$m_2 g\mu = \frac{F_2 - m_2 g\mu}{m_1 g\mu}(F_1 - m_1 g\mu).$$

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр 122434

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 18

Лист (9).

2 (продолжение)

$$m_1 m_2 g^2 \mu^2 = (F_2 - m_2 g \mu)(F_1 - m_1 g \mu)$$

$$m_1 m_2 g^2 \mu^2 = F_1 F_2 - F_2 m_1 g \mu - F_1 m_2 g \mu + m_1 m_2 g^2 \mu^2$$

$$0 = F_1 F_2 - F_2 m_1 g \mu - F_1 m_2 g \mu.$$

$$0 = F_1 F_2 - \mu (F_2 m_1 g - F_1 m_2 g)$$

$$\mu (F_2 m_1 g - F_1 m_2 g) = F_1 F_2$$

Пусть $m_2 = m \Rightarrow m_1 = 2m$.

$$\mu (2 F_2 m g - F_1 m g) = F_1 F_2$$

$$\mu = \frac{F_1 F_2}{2 F_2 m g - F_1 m g} = \frac{F_1 F_2}{m g (2F_2 - F_1)}$$

Теперь рассмотрим движение вплотную

Т.к. требуется узнать минимальную силу, то $a = 0$. Значит, по второму закону Ньютона:

Лист (10)

2 (продолжение).

$0 = F - (m_1+m_2) g \mu$, т.к. при движении вплотную возможно рассматривать ящики как одно тело.

$0 = F - 3mg\mu$

$$F = 3mg\mu = 3mg \cdot \frac{F_1 F_2}{mg(2F_2 - F_1)} = \frac{3F_1F_2}{2F_2 - F_1}.$$

Ответ: $F = \frac{3F_1F_2}{2F_2 - F_1}$

+

4:

η - ?

p - ?

$V = 15$ (л),
$m = 15$ (г)
$t_1 = 7$ ($^\circ$C)
$T_1 = 280$ (К)
$t_2 = 100$ ($^\circ$C)
$T_2 = 373$ (К)
$P_1 = 2 \cdot 10^4$ (Па)
$\mu = 18 \left(\frac{г}{моль}\right)$

Решение: можем пренебречь объемом воды, т.к., она будет занимать очень малый объём равный 0,015 (л).
Запишем сис-му ур-ий.
Пусть P' — давление пара

$$\begin{cases} P_1 V = RT_1 \nu \\ P_2 V = RT_2 \nu \\ (P' + P_2)V = RT_2 \left(\nu + \frac{m}{\mu}\right) \end{cases}$$

давл пара 10^5 па

Отсюда,

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow P_2 = \frac{T_2}{T_1} P_1$$

$$\nu = \frac{P_2 V}{RT_2}$$

Лист (11)

4 (продолжение).

Значит, $(p' + p_2)V = RT_2\left(\frac{p_2 V}{RT_2} + \frac{m}{\mu}\right)$

$$(p' + p_2)V = RT_2\frac{m}{\mu} + p_2 V$$

$$p'V = RT_2\frac{m}{\mu} \Rightarrow p' = \frac{RT_2 m}{V\mu} \approx 172\,200\,(Па),$$

что больше 10^5 (Па). Значит, пар будет насыщенным. Значит, относительная влажность будет равна $\varphi = 100\%$.

+

Тогда, $p' \approx 10^5$ (Па) (Давление насыщенного пара).

$$p = \frac{T_2}{T_1}p_1 + p' = p_2 + p' \cancel{2,66\cdot 10^4 + 10^5}.$$

$$p = 2,66\cdot 10^4\,(Па) + 10^5\,(Па) \approx 126\,600\,(Па) \approx$$

$$\approx 1,2\cancel{7}\cdot 10^5\,(Па) \approx 1,3\cdot 10^5\,(Па)$$

Ответ: $\varphi = 100\%$, ~~$p \approx 1,27\cdot 10^5$ (Па)~~.

$p \approx 1,3\cdot 10^5$ (Па).

5.

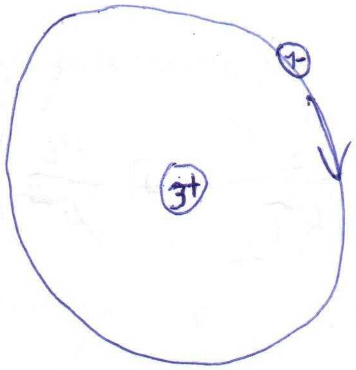
$E - ?$

Дано: E_k, Li^{2+}, $-e$, $+3e$.

Решение:

В дальнейшем будем ~~пренебрег~~ пренебрегать гравитационным взаимодействием, поскольку в данных масштабах она пренебрежительно мала

Лист (12)



~~Известно, что~~ $\cancel{\frac{m_e v^2}{2} = E_k}$

~~Энергию электрона будем считать по формуле~~ $\cancel{E_e = E_k + E_0 = E_k + m_e c^2}$

~~Энергию протона будем считать по~~ $\cancel{E_n = 3m_p c^2}$

~~Гравитационный радиус протона R будет равен.~~

~~Можно предположить, что~~ $\cancel{E = E_e + E_n = E_k + c^2(m_e + 3m_p)}$

Если допускать, что скорость электрона много меньше скорости света, то полную энергию иона можно посчитать следующим образом:

~~Гравитационный радиус протона~~ $\cancel{\frac{3 m_p}{c^2}}$

Скорость электрона $v = \sqrt{\frac{2E_k}{m_e}}$ Пусть $q = e$.

Взаимодействие между протонами и электроном

$$F = \frac{3q^2}{r^2} \cdot \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

Центростремительная ~~ускорение~~ сила:

$$F_ц = \frac{v^2}{r} \cdot m_e = \frac{2E_k}{r m_e} \cdot m_e = \frac{2E_k}{r}$$

Отсюда: $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{3q^2}{r^2} = \frac{2E_k}{r}$

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр 122439

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 18

Лист (13). б) (продолжение).

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{3q^2}{r} = 2E_k$$

$$8\pi\varepsilon_0 E_k r = 3q^2$$

$$r = \frac{3q^2}{8\pi\varepsilon_0 E_k}.$$

~~Потенциал в данной точке будет равен φ~~

~~Напряженность будет равна в данной точке:~~

~~E~~

Отсюда, потенциальная энергия равна

$$E_п = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{3q^2}{r} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{8\pi\varepsilon_0 E_k}{3q^2}\cdot\frac{3q^2}{1}$$

$$E_п = 2E_k$$

Отсюда, полная энергия иона равна $E = E_k + E_п = 3E_k$

Ответ: $E = 3E_k$ +