работа на 2-х листах

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр 620023

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

на вступительном экзамене

по ФИЗИКЕ

(наименование дисциплины)

Фамилия И. О. экзаменующегося ВИКЕНТЬЕВ Михаил Ильич

Регистрационный номер (номер экзаменационного листа) г. Москва, ГБОУ Инженерная школа №1581

Вариант задания, тема сочинения 10 класс

Вариант №1

Дата экзамена "25" ФЕВРАЛЯ 2018 г.

Подпись экзаменующегося

Лист 1.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
13	–	2	16	20						51
✓		✓	✓	✓						

Шифр 620023

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

#1 В. Алексеев

Вариант № 1

№1

Найдем начальную скорость второго (и третьего) шарика. Из условия $h = \frac{v_0^2}{2g}$ (т.к. на высоте h $v=0$); $v_0 = \sqrt{2gh}$

Зависимость ~~[illegible]~~ координаты первого шарика от времени:

$x_1 = h - \frac{gt^2}{2}$

13

Зависимость координаты второго шарика от времени:

$x_2 = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = \sqrt{2gh} \cdot t - \frac{gt^2}{2}$

В момент первой встречи: (t_1 – время 1-й встречи)

$x_1(t_1) = x_2(t_1)$

$h - \frac{gt_1^2}{2} = \sqrt{2gh} \cdot t_1 - \frac{gt_1^2}{2}$

$h = \sqrt{2gh} \cdot t_1$

$t_1 = \sqrt{\frac{h}{2g}}$ (+)

$h_1 = x_1(t_1) = h - \frac{g \cdot t_1^2}{2} = h - \frac{g \cdot \frac{h}{2g}}{2} = h - \frac{h}{4} = \frac{3h}{4}$ (высота первой встречи)

$v_1(t_1) = -gt_1 = -\sqrt{\frac{gh}{2}}$ ~~[illegible]~~

$v_2(t_1) = v_0 - gt_1 = \sqrt{2gh} - \sqrt{\frac{gh}{2}} = \sqrt{\frac{4gh}{2}} - \sqrt{\frac{gh}{2}} = 2\sqrt{\frac{gh}{2}} - \sqrt{\frac{gh}{2}} = \sqrt{\frac{gh}{2}}$ ~~[illegible]~~

Т.к. шарики равны по массе, то они в ~~[illegible]~~ результате упругого столкновения меняются скоростями.

$v_1 = \sqrt{\frac{gh}{2}}$

$v_2 = -\sqrt{\frac{gh}{2}}$

Далее происходит встреча второго шарика с третьим.

$$X_2(t) = \frac{3}{4}h - \sqrt{\frac{gh}{2}}\cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

$$X_3(t) = \sqrt{2gh}\cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

$X_2(t_2) = X_3(t_2)$ (~~т.к. прош~~ t_2 – время второй встречи, считая от времени первой встречи)

$$\frac{3}{4}h - \sqrt{\frac{gh}{2}}\cdot t_2 - \frac{gt_2^2}{2} = \sqrt{2gh}\cdot t_2 - \frac{gt_2^2}{2}$$

$$\frac{3}{4}h - \sqrt{\frac{gh}{2}}\cdot t_2 = \sqrt{2gh}\cdot t_2$$

$$\frac{3}{4}h = \sqrt{gh}\left(\sqrt{2} + \frac{1}{\sqrt{2}}\right)\cdot t_2$$

$$\frac{3}{4}h = \sqrt{gh}\cdot\frac{3}{\sqrt{2}}\cdot t_2$$

$$\frac{h}{4}\cdot\sqrt{\frac{2}{gh}} = t_2$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{h}{8g}}$$

$$h_2 = X_3(t_2) = \sqrt{2gh}\cdot\sqrt{\frac{h}{8g}} - \frac{g\frac{h}{8g}}{2} = \frac{h}{2} - \frac{h}{16} = \frac{7h}{16}$$ (высота 2-й встречи)

$$v_2 = -\sqrt{\frac{gh}{2}} - g\cdot\sqrt{\frac{h}{8g}} = -\left(\frac{\sqrt{gh}}{\sqrt{2}} - \frac{\sqrt{gh}}{\sqrt{8}}\right) = -\sqrt{gh}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{\sqrt{8}}\right) = -\sqrt{gh}\cdot\frac{1}{\sqrt{8}} = -\sqrt{\frac{gh}{8}}$$

$$v_3 = \sqrt{2gh} - g\sqrt{\frac{h}{8g}} = \sqrt{gh}\left(\sqrt{2} - \frac{1}{\sqrt{8}}\right) = 3\sqrt{\frac{gh}{8}}$$

Аналогично, v_2 и v_3 меняются местами т.к. удар упругий

$$v_2 = 3\sqrt{\frac{gh}{8}}$$

$$v_3 = -\sqrt{\frac{gh}{8}}$$

После этого происходит последняя встреча – первого шарика со вторым,

$$X_1(t) = \frac{3h}{4} + \sqrt{\frac{gh}{2}}\cdot t - \frac{gt^2}{2}$$ – t отсчитывается от 1 соударения

$$X_2(t) = \frac{7h}{16} + 3\sqrt{\frac{gh}{8}}\cdot t - \frac{gt^2}{2}$$ — и — от 2 соуд.

$X_1(t_3) = X_2(t_3)$ (t_3 – время 3-й встречи, считая от времени 2-й)

Далее $\frac{3}{4}h + \sqrt{\frac{gh}{2}}\cdot t_3 - \frac{gt_3^2}{2} = \frac{7h}{16} + 3\sqrt{\frac{gh}{8}}\cdot t_3 - \frac{gt_3^2}{2}$

$\frac{3}{4}h + \sqrt{\frac{gh}{2}}\cdot t_3 = \frac{7h}{16} + \frac{3}{2}\sqrt{\frac{gh}{2}}\cdot t_3$

$\left(\frac{3}{4} - \frac{7}{16}\right)h = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{gh}{2}}\cdot t_3$

$\frac{5}{16}h = \sqrt{\frac{gh}{8}}\cdot t_3$

$t_3 = \frac{5\cdot h\cdot\sqrt{8}}{16\cdot\sqrt{gh}} = \frac{5}{8}\sqrt{\frac{2h}{g}}$

$h_3 = x_1(t_3) = \frac{3h}{4} + \sqrt{\frac{gh}{2}}\cdot\frac{5}{8}\cdot\sqrt{\frac{2h}{g}} - \frac{g\frac{25}{64}\cdot\frac{2h}{g}}{2} = \frac{3}{4}h + \frac{5}{8}h - \frac{25}{64}h =$

$= \frac{48}{64}h + \frac{40}{64}h - \frac{25}{64}h = \frac{63}{64}h$ (высота 3-ей встречи)

Ответ: встречи произойдут на высотах $\frac{3}{4}h$, $\frac{7}{16}h$, $\frac{63}{64}h$

+ + −

№3.

Чтобы второй брусок пришел в движение сила упругости сжатой пружины должна быть больше или равна максимальной силе трения покоя. Т.е. $k\Delta x \geq \mu N_2$ (Δx - сжатие пружины, необходимое для приведения в движение брусков) (2)

Т.к. в вертикальной оси ускорения у брусков нет, $N_2 = 2mg$ по II закону Ньютона,

$k\Delta x \geq 2\mu mg$; $\Delta x \geq \frac{2\mu mg}{k}$. Чтобы (+) (28) правый брусок сжал пружину, он должен преодолеть сопротивление пружины и трение. Энергию, необходимую для совершения работы, должна передать пуля.

Т.е. $\frac{9_1 m v^2}{2} = \frac{k\Delta x^2}{2} + \mu N_1 \Delta x = \Delta x\left(\frac{k\Delta x}{2} + \mu N_1\right)$. $N_1 = mg$ (т.к. при движении в бруске находится пуля и масса складывается); не учтено, что сопротивление центров.

$\frac{9_1 m v^2}{2} \geq \frac{2\mu mg}{k}\left(\frac{2\mu mg}{2} + \mu mg\right) = \frac{2\mu mg}{k}\cdot 2\mu mg = \frac{4\mu^2 m^2 g^2}{k}$

$$\frac{0{,}1\,mv^2}{2} \geq \frac{4\mu^2 m^2 g^2}{k}$$

$$v^2 \geq \frac{8\mu^2 m g^2}{0{,}1k}$$

$$v \geq \sqrt{\frac{8\mu^2 m g^2}{0{,}1k}} = 2\mu g\sqrt{\frac{2m}{0{,}1k}} = 2\mu g\sqrt{20\frac{m}{k}} = 4\mu g\sqrt{5\frac{m}{k}}$$

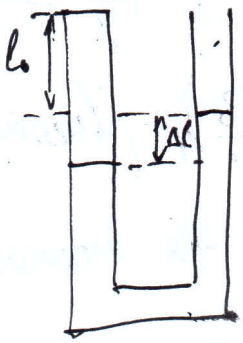
Ответ: минимальная скорость $v = 4\mu g\sqrt{5\frac{m}{k}}$

№4.

$pV = \nu RT$ (уравнение Менделеева – Клапейрона)

$$p = \frac{\nu RT}{V}$$

$$p_0 = \frac{\nu RT_0}{S\cdot l_0} \;/\cdot \frac{\nu R}{S} = \frac{p_0 \cdot l_0}{T_0}$$



165

$T_0 = t_0 + 273 = 300\,K$

$l_0 = 50\,см = 500\,мм$.

После нагревания:

$$\frac{\nu R(T_0+\Delta T)}{S(l_0+\Delta l)} = p_0 + p_{ртути}$$

~~$p_{ртути} = \Delta l$~~ Давление ртути численно равно Δl, но выражается в мм рт.ст. (Если Δl в мм)

$$\frac{\nu R(T_0+\Delta T)}{S(l_0+\Delta l)} = p_0 + \Delta l$$

$$\frac{p_0 \cdot l_0 (T_0+\Delta T)}{T_0(l_0+\Delta l)} = p_0 + \Delta l$$

Так делать нельзя, в левой части паскали, в правой – мм. (запись некорректная) лучше расписать $p_0 = \rho g H$, $p = \rho g \Delta l$

$$p_0 \cdot l_0 (T_0+\Delta T) = T_0 p_0 \cdot l_0 + T_0 \cdot p_0 \cdot \Delta l + T_0 \cdot \Delta l \cdot l_0 + T_0 \cdot \Delta l \cdot \Delta l$$

$$p_0 \cdot l_0 \cdot T_0 + p_0 \cdot l_0 \cdot \Delta T = p_0 \cdot l_0 \cdot T_0 + \Delta l(T_0 p_0 + T_0 \cdot l_0) + \Delta l^2 \cdot T_0$$

$$p_0 l_0 \Delta T = \Delta l^2 \cdot T_0 + \Delta l \cdot T_0 (p_0 + l_0)$$

Лист 2

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр 020023

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 1

$\Delta l^2 \cdot T_0 + \Delta l \cdot T_0 (p_0 + l_0) - p_0 l_0 \Delta T = 0$

Для упрощения решения квадратного уравнения выгоднее сразу подставить значения величин

~~$\Delta t = \Delta T = 14$~~ Δt численно равно ΔT

$300\Delta l^2 + 300(750+500)\Delta l - 750 \cdot 500 \cdot 14 = 0$

$300\Delta l^2 + 375000\Delta l - 5250000 = 0$

$\Delta l^2 + 1250\Delta l - 17500 = 0$

$D/4 = (5^4)^2 + 2^2 \cdot 5^4 \cdot 7 = 5^4(5^4 + 2^2 \cdot 7)$

$\Delta l = 5^4 \pm 5^2\sqrt{5^4 + 2^2 \cdot 7} = 625 \pm 25\sqrt{653}$

~~Т.к. $625 < 25\sqrt{653}$~~ ~~$\Delta l = 625 + 25\sqrt{653} \approx 1263$~~

Т.к. $\Delta l > 0$ ~~при~~ ~~нагревании~~ ~~увеличении температуры в~~ ~~при уменьшении объема~~ уровень ртути

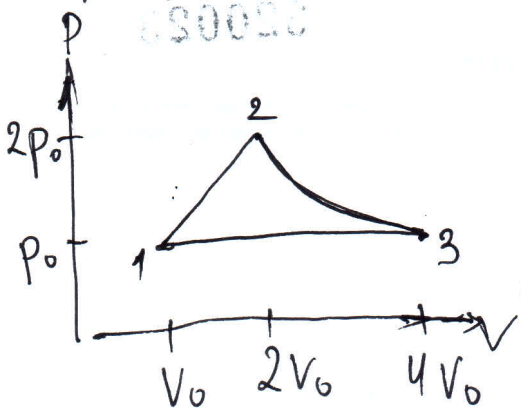
(если $\Delta l < 0$, то ~~Δl~~ в левом колене уровень ртути станет выше, и получится, что при увеличении температуры ~~и объема~~ давление и объем уменьшатся), $\Delta l = -625 + 25\sqrt{653} \approx 13,8466$ мм

Ответ: разница будет равна $\approx 13,8466$ мм

ошибка в вычислениях

№5.

Перестроим график в координатах P, V:



2-3 – изотермический процесс

3-1 – изобарный процесс (т.к. $p^2 = const$, $p = const$)

В процессе 1-2 $\frac{P^2}{T} = const$;

$\frac{P^2}{T} = \frac{P^2 \cdot \nu R}{P V}$ ($T = \frac{PV}{\nu R}$ из уравн. Менделеева-Клапейрона)

$= \frac{P \cdot \nu R}{V} = \frac{P}{V} \cdot const = const$

20 б

$\frac{P}{V} = const$. Значит график процесса 1-2 в координатах PV – прямая из начала координат.

Теперь можно найти A_{12} и A_{31}

$A_{12} = \frac{P_0 + 2P_0}{2} \cdot (2V_0 - V_0) = \frac{3}{2} P_0 V_0$

$A_{31} = -(4V_0 - V_0) \cdot P_0 = -3 P_0 V_0$

Выразим отношение $\frac{|A_{23}|}{|A_{12}|}$ в виде обыкновенной дроби (по правилу преобразования периодических дробей)

$1,(84) = 1\frac{84}{99} = \frac{183}{99} = \frac{61}{33}$

Т.к. $A_{12} > 0$, $A_{23} > 0$, $\frac{|A_{23}|}{|A_{12}|} = \frac{A_{23}}{A_{12}}$; $A_{23} = \frac{61}{33} \cdot A_{12} = \frac{61}{22} P_0 V_0$

Общая работа цикла:

$A = A_{12} + A_{23} + A_{31} = \frac{3}{2} P_0 V_0 + \frac{61}{22} P_0 V_0 - 3 P_0 V_0 = \frac{14}{11} P_0 V_0$

$Q_н$ (Кол-во теплоты, полученное от нагревателя) $=$

$= \Delta U_{12} + A_{12} + A_{23}$ (т.к. процесс 23 – изотермический и $\Delta U_{23} = 0$)

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$ (т.к. газ идеальный одноатомный) $=$

$= \frac{3}{2} \nu R (4T_0 - T_0) = \frac{9}{2} \nu R T_0 = \frac{9}{2} P_0 V_0$

$$Q_н = \frac{9}{2} p_0 V_0 + \frac{3}{2} p_0 V_0 + \frac{61}{22} p_0 V_0 = \frac{193}{22} p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A}{Q_н} = \frac{\frac{14}{11} p_0 V_0}{\frac{193}{22} p_0 V_0} = \frac{28}{193} \approx 14{,}5\%$$

Примечание: При построении графика использовалось то, что: на участке 1-2 p^2 увеличилось в 4 раза, значит p – в 2 раза, и V – тоже в 2 раза, т.к. $\frac{p}{V} = const$ на участке 1-2;

в точках 2 и 3 $pV = const$, т.к. 2-3 – изотерма.

Ответ: $\eta \approx 14{,}5\%$