МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М. В. ЛОМОНОСОВА

вариант № 6

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ!»
по ФИЗИКЕ (11 класс)

КЛЮКИН ЯРОСЛАВ ДМИТРИЕВИЧ

Дата: 20 мая 2020 г.

ИТОГИ ПРОВЕРКИ:

№	1	2	3	4	**Σ**
В	**5**	**5**	**4**	**5**	**97**
З	**20**	**17**	**20**	**20**	

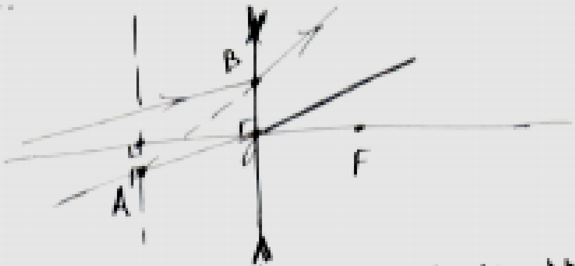
Апелляция: не подавалась

Итоговая оценка: 97 (девяносто семь)

чистовик

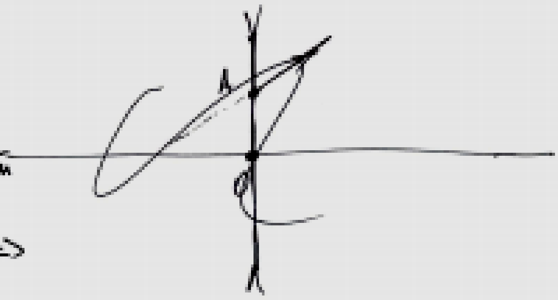
Задание 4.

Вопрос.



1) Через опт. центр линзы проводим прямую, параллельную падающему лучу.
2) Находим пересечение построенной прямой с фокальной плоскостью со стороны падающего луча. (т. А)
3) Проводим прямую через. А и В, где В – точка падения луча на линзу.
4) Прямая по другую сторону линзы и есть продолжение хода луча.

Задача. 4.

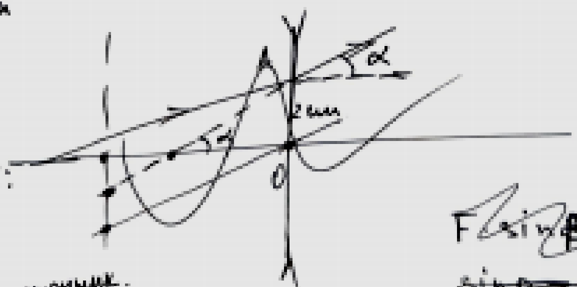


1) т.к. один из лучей проходит по вдоль её глав. опт. оси ⇒ ⇒ источник наход. на главной опт. оси.

$\alpha = \frac{\pi \cdot 6}{180} = \frac{\pi}{30}$

~~sin α~~

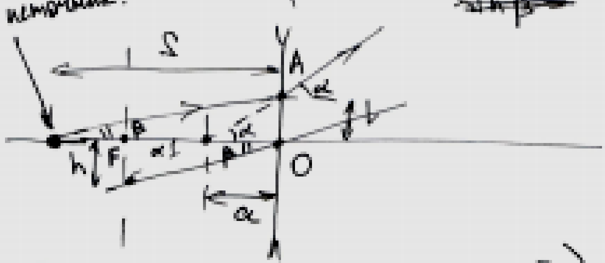
~~... / 180~~ =



Из построения:

$F \cancel{\sin\beta} = a \sin\alpha$

~~sin β~~



$$\begin{cases} tg\,\alpha = \frac{L}{a} \\ tg\,\beta = \frac{h}{F} \\ tg\,\alpha = \frac{h}{F-a} \end{cases}$$

$tg\,\alpha \simeq \alpha = \frac{\pi}{30}$ (т.к. угол α малый)

№4

Задние продолжение.

$$\frac{l}{a} \quad \frac{h}{F-a}$$

$$\operatorname{tg} 6^\circ = \frac{l}{a} = \frac{\pi}{30} \Rightarrow a = \frac{30 l}{\pi} \qquad a = \frac{l}{\operatorname{tg} 6^\circ}$$

$$\operatorname{tg} 6^\circ = \frac{h}{F-a} = \frac{\pi}{30} \Rightarrow \frac{\pi}{30}(F-a) = h \qquad h = \operatorname{tg} 6^\circ \cdot (F-a)$$

т. е. $\frac{\pi}{30}\cdot\left(F - \frac{30}{\pi} l\right) = h \qquad h = \operatorname{tg} 6^\circ \cdot \left(F - \frac{l}{\operatorname{tg} 6^\circ}\right) =$

$$\frac{\pi}{30}\cdot F - l = h \qquad = \operatorname{tg} 6^\circ \cdot F - l$$

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{h}{F} = \operatorname{tg} 6^\circ - \frac{l}{F}$$

s – расстояние, на котором наход. источник от. опт. оси.

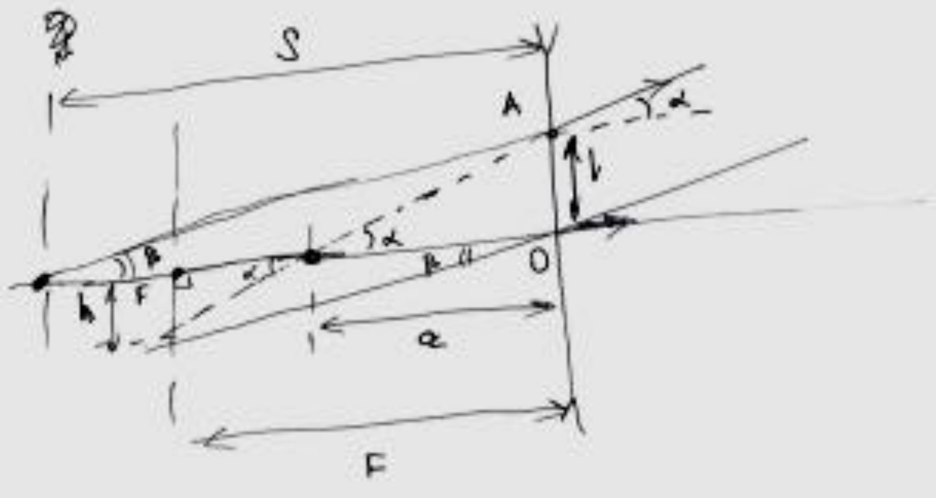
$$\operatorname{tg}\beta = \frac{l}{s} \Rightarrow s = \frac{l}{\operatorname{tg}\beta} = \frac{l}{\operatorname{tg} 6^\circ - \frac{l}{F}}$$

Ответ: $$S = \frac{l}{\operatorname{tg}\alpha - \frac{l}{F}}$$

если не принимать α и β за малые углы

$$\operatorname{tg}\alpha = \operatorname{tg} 6^\circ = \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{30}\right) \approx \frac{\pi}{30} \approx 0{,}1$$

Тогда $s = \frac{2}{0{,}1 - \frac{2}{25}} = \frac{2}{0{,}1 - 0{,}08} = \frac{2}{0{,}02} = 100$ см.



№1 Задача продолжение <u>исправлен</u>

Тогда при другой скорости

$$m \cdot \omega_i^2 \cdot \sqrt{L^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2} \cdot \cancel{\sin\beta_i} = 2 T_i \cdot \cos\alpha \cdot \cancel{\sin\beta_i}$$

$$\cos\alpha = \frac{35}{37}$$

$$T_i = \frac{m \cdot \omega_i^2 \sqrt{L^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}}{2 \cdot \cos\alpha}$$

$$T_2 = \frac{m \cdot \omega_2^2 \sqrt{L^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}}{2 \cdot \cos\alpha}$$

$$T_2 = \frac{\frac{\cancel{200}^{100}}{\cancel{37}} \cdot 36 \cdot \cancel{35} \cdot 10^{-2}}{\cancel{2} \cdot \frac{\cancel{35}}{\cancel{37}}} = 36\ H \qquad T_{2x} = 2 \cdot 36 \cdot \frac{35}{37}$$

$$T_3 = \frac{m\ \omega_3^2 \cdot \sqrt{L^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}}{2 \cdot \cos\alpha} \qquad T_{3x} = 2 \cdot 25 \cdot \frac{35}{37}$$

$$T_3 = \frac{\frac{\cancel{200}^{100}}{\cancel{37}} \cdot 25 \cdot \cancel{35} \cdot \cancel{10^{-2}}}{\cancel{2} \cdot \frac{\cancel{35}}{\cancel{37}}} = 25\ H$$

$$mg = \frac{200}{37} \cdot 9{,}8 = \frac{20 \cdot 98}{37}$$

Предыдущие T_2 и T_3 находились при условии, что тела вращались для этого должен существовать ~~cos β~~ β_i ~~так, что~~ т.е.

$\cos\beta_i \le 1$ (при условии вращения)

$$\cos\beta_i = \frac{mg}{T_{xi}}$$

$$\cos\beta_2 = \frac{\frac{\cancel{200}^{100}}{\cancel{37}} \cdot 9{,}8}{\cancel{2} \cdot 36 \cdot \frac{35}{\cancel{37}}} = \frac{980}{36 \cdot 35} \qquad 35 \cdot 35 = 1225 \Rightarrow$$

β_2 существует.

$$\cos\beta_3 = \frac{\frac{\cancel{200}^{100}}{\cancel{37}} \cdot 9{,}8}{\cancel{2} \cdot 25 \cdot \frac{35}{\cancel{37}}} = \frac{980}{25 \cdot 35} \qquad \begin{array}{r} \times\ 25 \\ 35 \\ \hline 125 \\ +\ 75 \\ \hline 875 \end{array} \qquad \cos\beta_3 > 1 \Rightarrow$$

β_3 не существует.

Следовательно $r_3 = 0$, т.е. тело не вращается по окружности, $\Rightarrow$ ~~$T_3 = mg = \frac{20 \cdot 98}{37}$ H~~ $T_{3x} = mg$

а просто висит на стержнях

исправлено

№! Задача продолжение

Ответ: $T_2 = 36$ Н

$\cancel{T_3 = \frac{1960}{37}}$ Н

$T_3 = 28$ Н

$\times 20$, 98, $\cancel{54}$ $\times 98$, 2, 196

$T_3 x = mg$

$2 \cdot T_3 \cos\alpha = mg$

$$T_3 = \frac{mg}{2 \cdot \cos\alpha}$$

$$T_3 = \frac{\frac{\cancel{200}^{100}}{\cancel{37}} \cdot 9{,}8}{\cancel{2} \cdot \frac{35}{\cancel{37}}} = \frac{100 \cdot 9{,}8}{35} = \frac{\cancel{10}^{2} \cdot \cancel{98}^{14}}{\cancel{35}_{\cancel{7}\,1}} = 28 \text{ Н}$$

№2 задача чистовик

продолжение

$$|Q_п| = m\cdot\lambda = \frac{p_п\cdot S\cdot x\cdot\mu}{RT}\cdot\lambda = \frac{\frac{pS-Mg}{S}\cdot S\cdot x\cdot\mu}{RT}\cdot\lambda$$

Т.е. $Q_г = \frac{5}{2}\cdot p\cdot S\cdot x$

$$Q_п = \frac{(pS-Mg)\cdot\mu\cdot x}{RT}\cdot\lambda$$

$$\frac{Q_п}{Q_г} = \frac{\frac{(pS-Mg)}{RT}\cdot\mu\cdot x\cdot\lambda}{\frac{5}{2}p\cdot S\cdot x} = \frac{(p\cdot S-Mg)\cdot\mu\cdot\lambda}{\frac{5}{2}pS\cdot R\cdot T}$$

Ответ: $\frac{Q_п}{Q_г} = \frac{2(pS-Mg)\mu\cdot\lambda}{5\cdot p\cdot S\cdot R\cdot T}$

№3 вопрос.

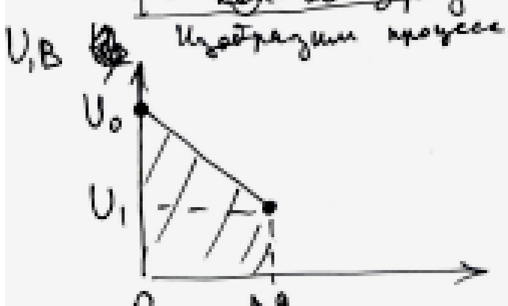
$P_R = I\cdot U = \frac{\Delta q_i}{\Delta t_i}\cdot U_i = \frac{dq}{dt}\cdot U_i$

$U_1 = U_0 - k\cdot q$

k – размер. коэф-т.

q – кол-во заряда уже прошедшее

Изобразим процесс графически



$I = \frac{\Delta q_i}{\Delta t_i}$

$P_{Ri} = I\cdot U = \frac{\Delta q_i}{\Delta t_i}\cdot U_i$

$\Delta Q_i = P_{Ri}\cdot\Delta t_i = \Delta q_i\cdot U_i$

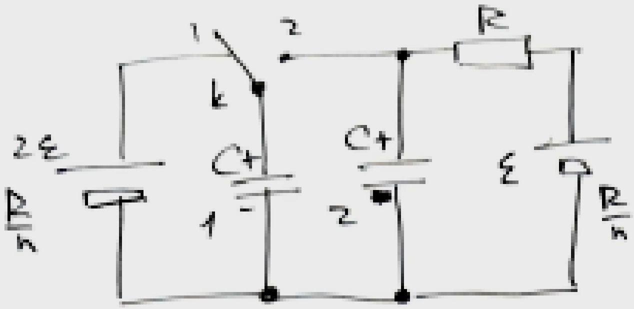
$Q = \sum \Delta Q_i = \sum \Delta q_i\cdot U_i$

То есть, вся теплота, выделившаяся на резисторе соответствует площади под графиком. (~~график~~

$Q = \frac{1}{2}(U_1+U_0)\cdot\Delta q$ (S трапеции)

Ответ: $Q = \frac{1}{2}(U_1+U_0)\cdot\Delta q$

№3 Задача. чистовик



1) т.к. ключ долго находился в положении 1, то

$2\varepsilon = U_c$, ток не течёт.

т.е. $U_1 = 2\varepsilon$, $q_1 = 2\varepsilon C$

2) ~~После переключения в положение 2 конденсатор 1 и конденсатор 2 будут подключены ||.~~

~~Напряжение на них быстро выравняется без перетекания тока через ε или R.~~

~~$q_1 = 2\varepsilon$~~

~~$q_2 = 0$~~

Также $\varepsilon = U_2$, $q_2 = \varepsilon C$

После переключения напряжения на конденсаторах выравняются очень быстро. При этом ток не будет течь через ε и R.

q_1, q_2 – до переключ.

q_1', q_2' – после мгновенной перезарядки конденсаторов

$$q_1 + q_2 = 3\varepsilon C$$

$$q_1' + q_2' = 3\varepsilon C$$

$$\frac{q_1'}{C} = \frac{q_2'}{C} \text{ (т.к. подкл. ||)} \Rightarrow q_1' = q_2' \Rightarrow$$

$$\Rightarrow q_1' + q_2' = \frac{3}{2}\varepsilon C$$

3) После этого начинается перераспред. заряда.

Начальная энергия $\cancel{W_1 = \frac{1}{2}\varepsilon}$

$$W_1 = \frac{1}{2}\frac{q_1'^2}{C} + \frac{1}{2}\frac{q_2'^2}{C} = \frac{1}{2}\cdot\frac{\frac{9}{4}\varepsilon^2 C^{\cancel{2}}}{\cancel{C}} + \frac{1}{2}\frac{\frac{9}{4}\varepsilon^2 C^{\cancel{2}}}{\cancel{C}} =$$

$$= \frac{9}{4}\cdot\varepsilon^2\cdot C$$

чистовик

№ 2

Задача

Дано:

S, M, T, p, T

1) т.к. пар в верхней части насыщенный, и сосуд будет его V ↘ ⇒ p пара будет постоянным. Т.о. для гелия это будет изобарный процесс.

2) Кол-во степеней свободы гелия $i_г = 3$.

3) Равновесие ~~паров~~ поршня начальное:

$$p \cdot S = Mg + p_п \cdot S \Rightarrow p_п = \frac{pS - Mg}{S}$$

После начала процесса им пренебр. m воды, т.к. поршень тяжёлый.

4) Пусть поршень сдвинулся на x.

$$A_{гелия} = p \cdot \Delta V = p \cdot x \cdot S$$

$$\Delta U_{гелия} = \frac{i}{2} \nu_г R \Delta T = \frac{3}{2} \nu_г R \Delta T = \frac{3}{2} p x S$$

закон ~~так~~ М.-К.:

$$\begin{cases} p \cdot V_{г1} = \nu_г R T_1 \\ p \cdot V_{г2} = \nu_г R T_2 \end{cases} \quad p(V_{г2} - V_{г1}) = \nu_г R (T_2 - T_1)$$

$$\Downarrow$$

$$p \cdot \Delta V = \nu_г R \cdot \Delta T$$

$$\Downarrow$$

$$\nu_г R \Delta T = p x S$$

$$\Delta Q_г = A_г + \Delta U_г = p \cdot x \cdot S + \frac{3}{2} p x S = \frac{5}{2} p \cdot S \cdot x$$

5) Для пара закон М-Клап. до и после процесса.

$$\begin{cases} p_п \cdot V'_1 = \nu_{п1} R T \\ p_п \cdot V'_2 = \nu_{п2} \cdot R T \end{cases}$$

$\Delta V_г = -\Delta V_п$

т.к. сосуд конечный и не растяжимый.

$$\Downarrow$$

$$p_п \cdot (V'_2 - V'_1) = (\nu_{п2} - \nu_{п1}) R T$$

$$p_п \cdot \Delta V_г = (\nu_{п2} - \nu_{п1}) R T$$

$$p_п \cdot S \cdot x = \frac{m}{\mu} R T$$

m – масса сконденсировавшегося пара.

$$m = \frac{p_п \cdot S \cdot x \cdot \mu}{R \cdot T}$$

После установления равновесия Задача 3 продолжение.

~~q_1 новое~~ ~~Q_1 – новый заряд~~

~~$q_{2н}$ и $q_{1н}$ – новые заряды на C_1 и на C_2~~

~~$q_{1н} = q_{2н}$~~

$U_{C_1} = U_{C_2} = \varepsilon$ (конденсаторы подключены к идеал.)

$W_2 = \frac{1}{2}C\varepsilon^2 + \frac{1}{2}C\varepsilon^2 = C\varepsilon^2$ чистовик

q_1 новое $= q_2$ новое $= \varepsilon C$, т.е. через ЭДС прошёл заряд (Δq) $(q_1' + q_2' - q_1$ новое $- q_2$ новое$) =$

$= \frac{3}{2}\varepsilon C \cdot 2 - 2C\varepsilon = C\varepsilon$

4) $A_{эдс} = \Delta W_c + Q$ $A_{эдс} = |\Delta q| \cdot \varepsilon$

т.е.

~~$-\varepsilon^2 = C\varepsilon^2 + \frac{9}{4}\varepsilon^2 C + Q$~~

$A_{эдс} = -\varepsilon^2 C$ (т.к. заряд идёт против ε)

$\Delta W_C = C\varepsilon^2 - \frac{9}{4}C\varepsilon^2 = -\frac{5}{4}C\varepsilon^2$
$(W_2 - W_1)$

Тогда $Q = -C\varepsilon^2 + \frac{5}{4}C\varepsilon^2 = \frac{1}{4}C\varepsilon^2$

Q – теплота, выделившаяся на R и на $r = \frac{R}{3}$.

r – внутр. сопр. ЭДС. R и r подключены последовательно.

$P_R = J_i^2 \cdot R$
$P_r = J_i^2 \cdot \frac{R}{3}$ – мощности, выделяемые на резисторах в некоторый момент времени.

$\Delta Q_{Ri} = P_R \cdot \Delta t_i$
$\Delta Q_{ri} = P_r \cdot \Delta t_i$
Δt_i – малое время

$Q_R = \sum \Delta Q_{Ri} = \sum P_{Ri} \cdot \Delta t_i = R \cdot \sum J_i^2 \cdot \Delta t_i$

$Q_r = \sum \Delta Q_{ri} = \sum P_{ri} \cdot \Delta t_i = r \cdot \sum J_i^2 \cdot \Delta t_i$

т.е. $\frac{Q_R}{Q_r} = \frac{R}{r} = \frac{R}{\frac{R}{3}} = 3 \Rightarrow Q_r = \frac{1}{3}Q_R$

т.к. $Q = Q_R + Q_r \Rightarrow Q = Q_R + \frac{1}{3}Q_R \Rightarrow Q_R = \frac{3}{4}Q \Rightarrow$

$\Rightarrow Q_R = \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{4}C\varepsilon^2 = \frac{3}{16}C\varepsilon^2$ $Q_R = \frac{3}{16} \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 12 \cdot 12 = 270 \cdot 10^{-6}$ Дж

чистовик

№1

Задача.

Дано:

$d = 0{,}24$ м

$\omega_1 = 7\,c^{-1}$

$L = 0{,}37$ м

$T_1 = 49$ Н

$\omega_2 = 6\cdot c^{-1}$

$\omega_3 = 5\cdot c^{-1}$

$g = 9{,}8\ \frac{м}{c^2}$

$T_2 - ?$

$T_3 - ?$

1) Треугольник, образ. стержнями — равнобедр.

По теореме косинусов:

$$d^2 = L^2 + L^2 - 2L^2\cdot\cos 2\alpha$$

2) Запишем II закон Ньютона:

$$T_x = 2T_1\cdot\cos\alpha$$

$$a_n = \omega_1^2\cdot r$$

$$\begin{cases} T_x\cdot\cos\beta = mg \\ m a_n = T_x\cdot\sin\beta \end{cases}$$

$$\sqrt{L^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2} = \sqrt{37^2 - 12^2} = 35 \text{ см}$$

$12^2 = 144$

$$\begin{array}{r} \times\ 37 \\ 37 \\ \hline 259 \\ 111\ \ \\ \hline 1369 \end{array} \qquad \begin{array}{r} \times\ 33 \\ 33 \\ \hline 99 \\ 99\ \ \\ \hline 1089 \end{array} \qquad \begin{array}{r} -\ 1369 \\ 144 \\ \hline 1225 \end{array} \qquad \begin{array}{r} \times\ 35 \\ 35 \\ \hline 175 \\ 105\ \ \\ \hline 1225 \end{array}$$

$$\sin\alpha = \frac{\frac{d}{2}}{L} = \frac{24}{2\cdot 37} = \frac{12}{37}$$

$$\cos\alpha = \frac{35}{37}$$

$$T_x = 2\cdot T\cdot\cos\alpha$$

$$m a_n = m\cdot\omega_1^2\cdot r = m\cdot\omega_1^2\cdot\sqrt{L^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}\cdot\sin\beta$$

Тогда $\quad m\omega_1^2\cdot\sqrt{L^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}\cdot\cancel{\sin\beta} = T_x\cdot\cancel{\sin\beta}$

$$m = \frac{T_x}{\omega_1^2\cdot\sqrt{L^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}} = \frac{2T_1\cdot\cos\alpha}{\omega_1^2\cdot\sqrt{L^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}}$$

$$m = \frac{2\cdot\cancel{49}\cdot\frac{\cancel{35}}{37}}{\cancel{7^2}\cdot\cancel{35}\cdot 10^{-2}} = \frac{200}{37}\text{ кг}$$

чистовик

№1

Вопрос.

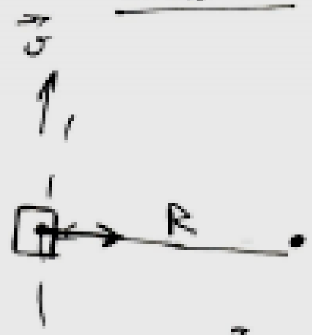
$\upsilon = 30\ \frac{м}{с}$

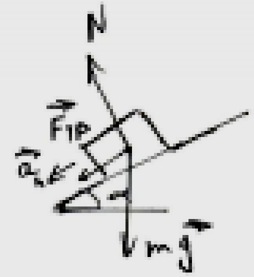
$R = 40\ м$

$g = 10\ \frac{м}{с^2}$

$\mu = 1$

$\alpha_{min} - ?$





$$a_n = \frac{\upsilon^2}{R}$$

По II закону Ньют.:

$$\begin{cases} mg\cdot\cos\alpha = N \\ m a_n = F_{тр} + mg\sin\alpha \end{cases}$$

~~т.к.~~ $F_{тр.\ ск.} = \mu N = \mu mg\cdot\cos\alpha$

т.к. в вопросе рассматр. крайний случай, то

$F_{тр} = F_{тр.}$ скольжения

$r = \frac{R}{\cos\alpha}$, т.к. R - в гориз. п-ти.

$a_n = \frac{\upsilon^2}{r} = \frac{\upsilon^2}{R}\cdot\cos\alpha$

Чем больше $F_{тр}$, тем меньше $tg\alpha$ ⇒ надо брать $F_{тр}$ ск
↘ $tg\alpha$ ⇒ ↘ α

Тогда

$$m\cdot\frac{\upsilon^2}{R}\cdot\cos\alpha = \mu mg\cos\alpha + mg\cdot\sin\alpha$$

$$\cancel{m}\frac{\upsilon^2}{R} = \mu \cancel{m}g + \cancel{m}g\cdot tg\alpha$$

$$tg\alpha = \frac{\frac{\upsilon^2}{R} - g\cdot\mu}{g}$$

$$tg\alpha = \frac{\frac{300}{40} - 10}{10} = \frac{900}{400} - 1 = \frac{9}{4} - 1 = \frac{5}{4}$$

Ответ: $\alpha_{min} = arc\,tg\left(\frac{5}{4}\right)$

черновик

№ 2

~~Дано~~

$t = 100°C$

$p = 0,4$ ~~Атм~~ Атм

$p = 0,4$ Атм $= 0,4 \cdot 10^5$ Па

Давление насыщенных паров при $t = 100° = p_{атм} = 10^5$ Па

$$p_1 V_1 = \nu_1 R T$$

V_1 – нач. объём

$$p_0 \cdot V_0 = \nu_1 R T$$

V_0 – объём, при котором пар станет насыщенным.

$$p_1 V_1 = p_0 V_0$$

$$\frac{V_0}{V_1} = \frac{p_1}{p_0} = 0,4$$

т. е. $V_0 = 0,4 V_1$

А по условию V_2 (конечный объём) $= \frac{1}{3} V_1$

$$\frac{4}{10} > \frac{1}{3}$$

$$12 > 10$$

т. е. пар станет насыщ. ещё до заверш. процесса.

после V_0 пар начнёт конденс., а его давление будет $= p_{нас} = 10^5$ Па (~~так не пар не будет подчинен~~)

Ответ: $p_2 = 10^5$ Па (1 Атм)