



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 07

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Полонри Воробьевы горы
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Чистика Полина Александровна
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

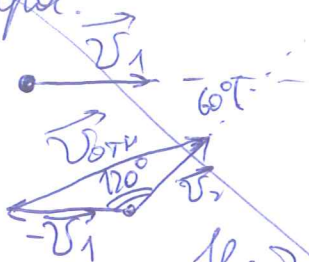
Дата
«05» апреле 2024 года

Подпись участника
Полина

91-04-35-79
(119.2)

Задача 1.

Вопрос.

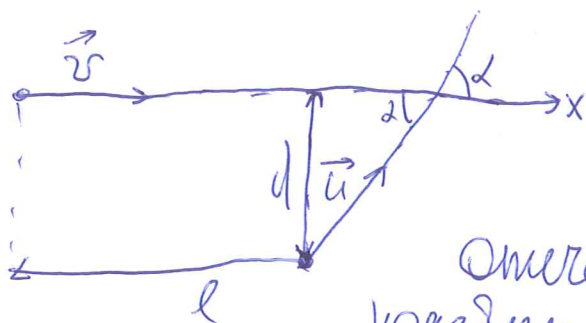


Вычтем из v_2 v_1 , перейдем в сист. отсчёта, связанную с 1-м шариком.

Найдём $v_{отн}$ по т. косинусов

$$v_{отн}^2 = v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2 \cos 120^\circ = v_1^2 + v_2^2 + v_1v_2 = 25 \frac{m^2}{c^2} + 9 \frac{m^2}{c^2} + 15 \frac{m^2}{c^2} = 49 \frac{m^2}{c^2} \Rightarrow v_{отн} = 7 \frac{m}{c}$$

Задача.



Перейдём в систему отсчёта, связанную с координатной системой. Тогда:

AC - искомого минимальное расстояние.

по т. косинусов: $v_{отн}^2 = v^2 + u^2 - 2vu \cos \alpha = v^2 + u^2 - vu = 3u^2 \Rightarrow v_{отн} = \sqrt{3}u$

А значит преобразование скоростей -

применяется т.к. $v^2 = u^2 + v_{отн}^2$ т.к. $v = \sqrt{3}u$.

$AC = AD \cos \alpha = \frac{AD}{2}$ найдём AD. Пусть за время t шарик пройдёт путь d, тогда $d = u \sin \alpha t \Rightarrow t = \frac{d}{u \sin \alpha}$

проекции на ось y.

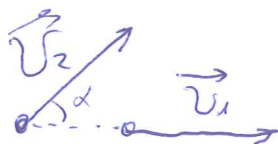
Задача 1 (продолжение)

Тогда $AD = l - vt + u \cos \alpha t = l - \frac{vd}{u \sin \alpha} + d \operatorname{ctg} \alpha$. \Rightarrow
↑
проекция u на ось x

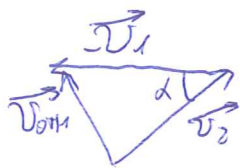
$$\Rightarrow AC = \frac{AD}{2} = \frac{1}{2} \left(l - \frac{vd}{u \sin \alpha} + d \operatorname{ctg} \alpha \right) = \frac{1}{2} \left(350 - \frac{50 \cdot 200 \cdot 2}{25 \cdot \sqrt{3}} + 200 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \right) =$$

$$= \frac{1}{2} \left(350 - \frac{4000}{\sqrt{3}} + \frac{200}{\sqrt{3}} \right) = (175 - \frac{300}{\sqrt{3}}) \text{ км} = (175 - 100\sqrt{3}) \text{ км} \quad (+)$$

Ответ: $(175 - 100\sqrt{3}) \text{ км}$.
 Вопрос:



перейдем в инерциальной системе, связанную с v_1 . Получим:

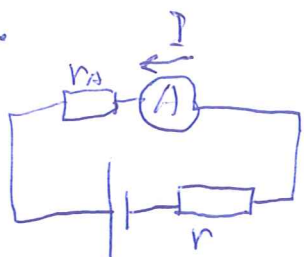


по т. Пифагора: $v_{\text{отн}}^2 = v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2 \cos \alpha =$
 $= 19 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \Rightarrow v_{\text{отн}} = \sqrt{19} \frac{\text{м}}{\text{с}}$ $(+)$

Ответ: $\sqrt{19} \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Задача 3.

Вопрос.



$$\epsilon = I(r + r_A) \Rightarrow r_A = \frac{\epsilon}{I} - r =$$

$$= 0,4 \pm 0,03 \text{ Ом}$$

$$\Delta r_A = \Delta \frac{\epsilon}{I} + \Delta r. \quad \Delta \frac{\epsilon}{I} = \frac{\epsilon}{I} (\sigma_\epsilon + \sigma_I) \Rightarrow$$

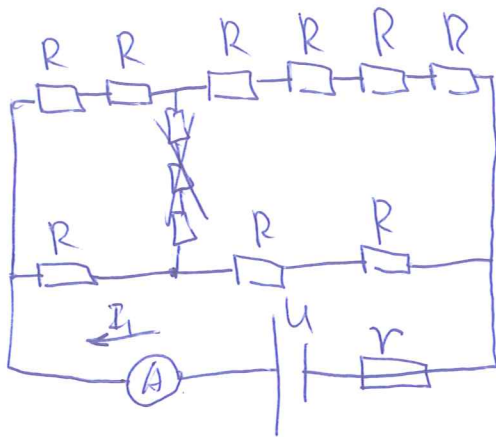
$$\Rightarrow \Delta r_A = \frac{\epsilon}{I} (\sigma_\epsilon + \sigma_I) + \Delta r = 0,9 \text{ Ом} \left(\frac{0,02}{4,50} + \frac{0,2}{5,0} \right) + 0,05 \text{ Ом} =$$

$$= 0,04 \text{ Ом} + 0,05 \text{ Ом} = 0,09 \text{ Ом}$$

91-04-35-79
(119.2)

Задача.

Заметим, что может сбалансироваться \Rightarrow по его центральной ветви, состоящей из 3-х резисторов ток не пойдет.



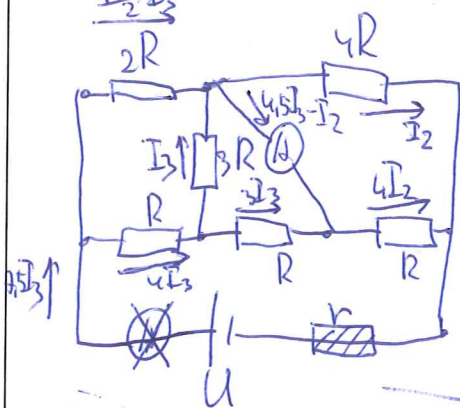
Роботу = $\frac{6R \cdot 3R}{9R} = 2R \Rightarrow I_1(2R+r) = U$ При этом $U = r \cdot I_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow I_1(2R+r) = I_0 r$ $I_0 = 10I$ Если 3 случая:

1) $I_1 = I_0 + I = 11I \Rightarrow 11I(2R+r) = 10I r \Rightarrow 22R + 11Rr = 10r \Rightarrow$ этот случай не возможен

2) $I_1 = I_0 - I = 9I \Rightarrow 9I(2R+r) = 10I r \Rightarrow 18R + 9r = 10r \Rightarrow \boxed{18R = r}$

3) $I_1 = I \Rightarrow I(2R+r) = 10I r \Rightarrow 2R = 9r \Rightarrow r = \frac{2}{9}R$



~~$\frac{7}{2}I_3 \cdot 2R + 4RI_2 = R \cdot 4I_3 + 3I_3R +$~~

$3I_3 + 4.5I_3 - I_2 = 4I_2 \Rightarrow 7.5I_3 = 5I_2 \Rightarrow$

$\Rightarrow 1.5I_3 = I_2$ А знаем по

амперметру метём ток $3I_3$.

$4R$ и R параллельно по ветви I_2 .
по $3R \parallel R$ ток I_3 .

$U = 4I_3R + 3I_3R + 4 \cdot 1.5I_3R + (3.5I_3 + 4I_3) =$
 $= 13I_3R + 7.5I_3r$

с другой стороны $U = I_0 r$

Задача 3 (продолжение)

$$I_0 r = I_3 (13R + r) \Rightarrow I_3 = \frac{I_0 r}{13R + r} \Rightarrow 3I_3 = \frac{3I_0 r}{13R + r}$$

#

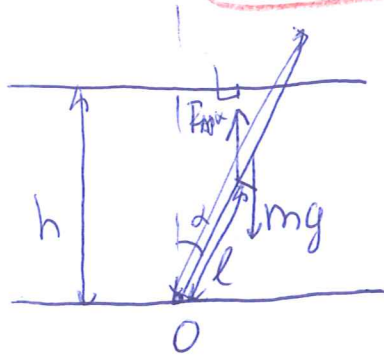
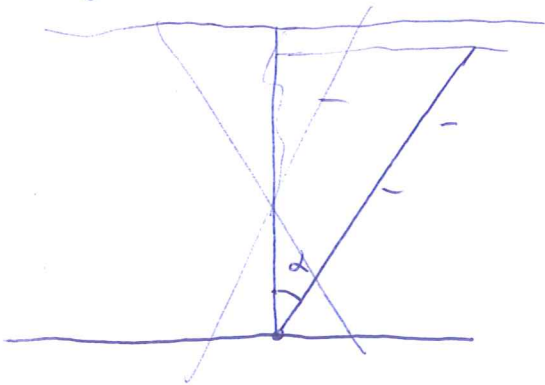
$$2) r = 18R: 3I_3 = \frac{3I_0 \cdot 18R}{31R} = \frac{54}{31} I_0 = \frac{594}{31} A.$$

$$3) r = \frac{2}{9}R: 3I_3 = \frac{3I_0 \cdot \frac{2R}{9}}{(13 + \frac{2}{9})R} = \frac{2I_0}{3(13 + \frac{2}{9})} = \frac{18I_0}{3(117+2)} = \frac{6I_0}{119} = \frac{66}{119} A.$$

Ответ: $\frac{594}{31} A$ или $\frac{66}{119} A$.

Задача 4.

Задача.



Ручка площадью сечения стержня - S .

Запишем правило моментов отн. т.о: $\frac{mgL}{2} = F_{Ar} \cdot l$.

Заметим, что такое уравнение справедливо т.к. \vec{mg} и \vec{F}_{Ar} перпендикулярно направлены \Rightarrow отношение плечев или моментов на любую ось будет равно отношению их длин

Задача 4 (продолжение)

$$2l = \frac{h}{\cos \alpha} \Rightarrow l = \frac{h}{2 \cos \alpha}$$

$$F_{\text{Арк}} = \rho_B V g \Rightarrow \frac{m g L}{2} = \frac{\rho_B V g h}{2 \cos \alpha}$$

$$V = 2l \cdot S$$

$$m = \rho V_1$$

Стержень тонкий \Rightarrow
 \Rightarrow мы пренебрегаем отклонением поверхности цилиндра.

$$mL = \frac{\rho_B V h}{\cos \alpha}$$

$$\rho V L = \frac{\rho_B \cdot 2lSh}{\cos \alpha} = \frac{2h l Sh}{\cos \alpha} = \frac{2hSh}{2 \cos^2 \alpha} =$$

$$= \frac{h^2 S}{\cos^2 \alpha}$$

$$V_1 = SL \Rightarrow SL^2 = \frac{h^2 S}{\cos^2 \alpha} \Rightarrow L^2 \cos^2 \alpha = h^2 \Rightarrow \cos^2 \alpha = \frac{h^2}{L^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cos \alpha = h \sqrt{\frac{1}{L^2}} = \frac{h}{L} = \frac{L - ut}{L}$$

$$\frac{h}{L} = \frac{3h}{L} = \frac{3(L - ut)}{L} \quad \text{это означает, что } \rho$$

времени $t_1 = \frac{2L}{3u}$ Стержень остается вертикальным (т.к. $\cos \alpha \leq 1 \Rightarrow L - ut \leq L$)

Ответ: $\alpha = \arccos\left(\frac{3(L - ut)}{L}\right)$

Вопрос.



$$F_{\text{Арк}} = \rho_B (V_B + V_0) g$$

Путь габаритов воды возрастает, и объем воздуха уменьшается \Rightarrow уменьшится сила

Архимеда \Rightarrow на какой-то высоте $F_{\text{Арк}}$ станет меньше силы тяжести! Однако это не означает, что стакан падает с той моменте т.к. "палец" $F_{\text{Арк}}$ будет сила габаритов воздуха.

Ответ: да, верно

Задание 2.

Вопрос: Плотность насыщенного пара зависит только от его температуры. При этом при ~~повышении~~ ~~температуры~~ ~~плотности~~ ~~пары~~ ~~уменьшаются~~

Задача.

Заметим, что давление над поршнем равно p_0 , т.е. как над водой, когда поднимем ее только пар. Пусть объем цилиндра всегда V , высота цилиндра h . Тогда $V = Sh$.

Найдем массу пара m_1 , который ~~превратился~~ ~~в~~ ~~воду~~, ~~на~~ ~~то~~, ~~как~~ ~~содержит~~ ~~цилиндр~~ ~~всегда~~.

$$r \cdot m_1 = m_1 (\lambda + c_p \Delta t_{100}) \Rightarrow m_1 = \frac{m_1 - r}{\lambda + c_p \Delta t_{100}} = \frac{2260 m_1}{540 + 420} =$$

$$= \frac{226}{76} m_1. \text{ Найдем удельные отёки пара.}$$

$$\Delta V = V_1 - V_2 = \frac{m_1}{\rho} - \frac{m_1}{\rho_0} = \frac{m_1 (\rho_0 - \rho)}{\rho \rho_0} \quad \text{Знаем удельные}$$

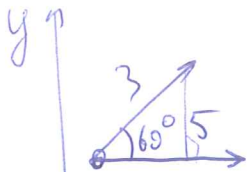
$$\text{уровни } h = \frac{m_1 (\rho_0 - \rho)}{\rho \rho_0 S} = \frac{76 m_1 (\rho_0 - \rho)}{226 \rho_0 \rho S}$$

$$m_1 = \rho_0 V = \rho_0 S h \Rightarrow h_1 = \frac{76 \rho_0 S h (\rho_0 - \rho)}{226 \rho_0 \rho S} =$$

$$= \frac{76 h (\rho_0 - \rho)}{226 \rho} = \frac{(\lambda + c_p \Delta t_{100}) h (\rho_0 - \rho)}{r \rho} = \frac{76 \cdot 0,41 \cdot 0,2}{226 \cdot 0,59}$$

$$= \frac{38}{133,34 \cdot 5} = \frac{7,6}{133,34} \text{ мм}$$

Ответ: $\frac{7,6}{133,34}$ мм.

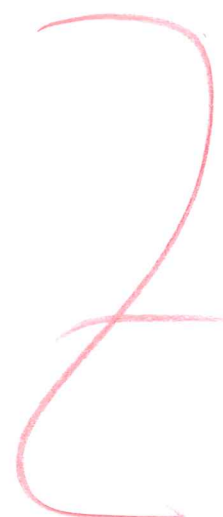


$$\sqrt{(5-1,5)^2 + \left(\frac{3 \cdot \sqrt{3}}{2}\right)^2} = \sqrt{3,5^2 + \frac{27}{4}} =$$

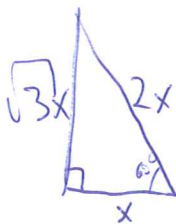
$$= \sqrt{\frac{849+27}{4}} =$$

$$\frac{9 \cdot 3}{4}$$

$$3,5 = \frac{7}{2}$$



$$\frac{274}{246} = \frac{6,75}{3}$$

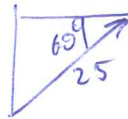


$$\sqrt{12,25 + 6,25} = \sqrt{18,5} \frac{M}{C}$$

$$34,5 = 120$$

$$\frac{200}{25 \cdot \sqrt{3}} = \frac{400}{25 \cdot 3} = \frac{16}{\sqrt{3}} C$$

$$\frac{0,03}{450} = \frac{2}{450}$$



$$350 - \frac{50 \cdot 16}{\sqrt{3}} + \frac{12,5 \cdot 16}{\sqrt{3}}$$

$$\frac{2 \cdot 9}{4500} = \frac{2}{500} = 0,004$$

$$(-v + u \cos \alpha) t =$$

$$\begin{array}{r} 54 \\ \times 11 \\ \hline 54 \\ + 54 \\ \hline 594 \\ \hline 25 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 594 \overline{) 31} \\ \underline{-31} \\ 284 \\ \underline{-259} \\ 25 \end{array}$$

$$\frac{0,2}{5,0} = \frac{2}{50} = \frac{1}{25} = \frac{-37,5 \cdot 16}{\sqrt{3}}$$

$$= 0,04$$

$$9,04 \cdot 0,9 = 0,036$$

$$\begin{array}{r} 13 \\ \times 9 \\ \hline 27 \\ + 9 \\ \hline 117 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 76 \\ \times 41 \\ \hline 76 \\ + 304 \\ \hline 3116 \end{array}$$

$$L - ut = \frac{L}{3}$$

$$ut = \frac{2L}{3}$$

$$\begin{array}{r} 38 \overline{) 5} \\ \underline{35} \\ 3 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 760 \overline{) 13334} \\ \underline{10050} \\ 3284 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 76000 \\ - 66670 \\ \hline 9340 \end{array}$$