

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 09

Вариант 09-03

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

1. Однородное колесо радиуса $R = 0,5$ м катится без проскальзывания по горизонтальной поверхности и за время $T = 1,57$ с совершает один оборот. Точки А и В лежат на ободе колеса, АВ – диаметр колеса.

1) С какой скоростью V_0 движется ось колеса?

2) С какой скоростью V_A движется точка А на ободе колеса, если точка В движется со скоростью $V_B = 2$ м/с?

Все скорости измерены в лабораторной системе отсчета. Ось колеса движется равномерно.

2. Мяч, отбитый теннисистом на высоте $h = 0,5$ м, поднимается на максимальную высоту $H = 3$ м и за оставшееся время полета перемещается по горизонтали на $S = 12$ м.

1) Через какое время T после удара мяч поднимется на максимальную высоту?

2) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

3. Чтобы спускать брусок равномерно по наклонной плоскости с углом наклона $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, следует приложить силу F_1 , направленную вверх вдоль наклонной плоскости, а чтобы равномерно втаскивать брусок вверх, следует приложить такую же по направлению силу F_2 .

1) Найдите коэффициент μ трения скольжения бруска по плоскости, если $F_2 = 2 \cdot F_1$.

2) Какую по величине V_0 скорость, направленную вверх вдоль наклонной плоскости, следует сообщить бруску, чтобы он остановился на расстоянии $S = 1,35$ м от точки старта? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

4. Две шайбы, скорости которых $V_1 = 2$ м/с и $V_3 = 3$ м/с, движутся навстречу друг другу по гладкой горизонтальной плоскости и испытывают абсолютно упругий центральный удар. Массы шайб $m_1 = 0,3$ кг и $m_2 = 0,2$ кг.

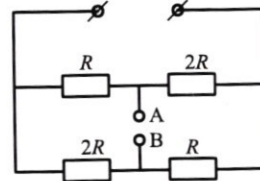
1) Найдите максимальную энергию E деформации шайб в процессе соударения.

2) Через какое время T после соударения расстояние между шайбами будет равно $L = 2$ м?

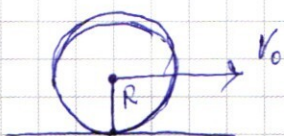
5. Электрическая цепь состоит из идеального источника постоянного напряжения и четырех резисторов (см. схему на рис.). Если к клеммам А и В подключить идеальный вольтметр, то он покажет напряжение $U = 4$ В. Если вольтметр заменить идеальным амперметром, он покажет силу тока $I = 30$ мА.

1) Найдите напряжение U_0 источника.

2) Какая мощность P будет рассеиваться в цепи при включенном вольтметре?

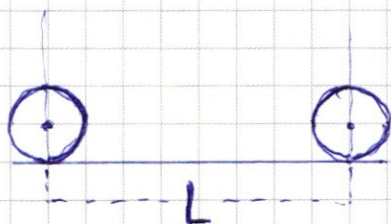


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$2\pi R$ - длина, которую прокладывает колесо
 $2 \cdot \pi \cdot 0,5 = \pi \approx 3,14$ м.

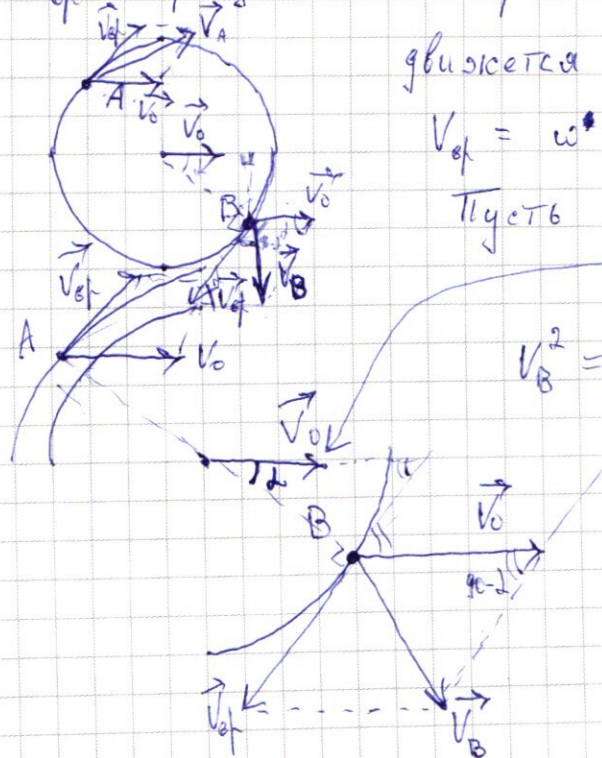
Т. к. движение без проскальзывания, то тангенциальная (вращательная) скорость равна поступательной.



1) Пусть L - длина, которую прокладывает колесо, тогда $L = 3,14$ м

$$L = T \cdot v_0; \quad v_0 = \frac{L}{T} = \frac{3,14}{1,57} \approx 2 \text{ м/с}$$

2) v_B - результирующая скорость точки B; $\vec{v}_B = \vec{v}_{\text{вр}} + \vec{v}_0$, где $v_{\text{вр}}$ - вращательная скорость точки B; $|\vec{v}_{\text{вр}}| = |\vec{v}_0|$ (колесо движется без проск.)



$$v_{\text{вр}} = \omega \cdot R; \quad \omega = \frac{v_{\text{вр}}}{R}; \quad \omega = \frac{2}{0,5} = 4$$

Пусть L - длина, тогда $\angle$ между векторами $= 90^\circ - \alpha$
 по теореме косинусов:

$$v_B^2 = v_0^2 + v_{\text{вр}}^2 - 2v_0 \cdot v_{\text{вр}} \cdot \cos(90^\circ - \alpha)$$

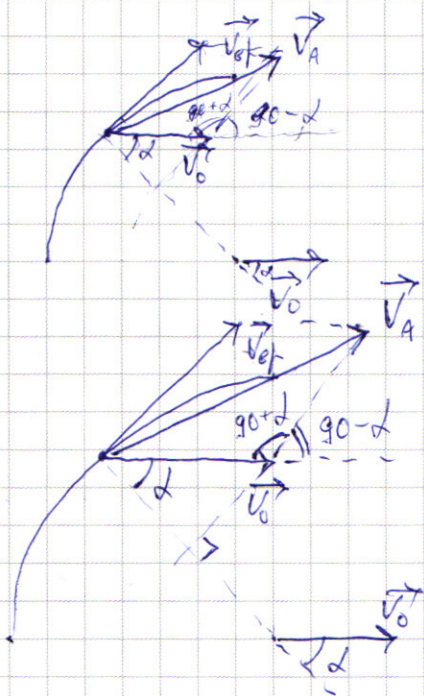
$$v_B^2 = 2v_0^2 - 2v_0^2 \cos(90^\circ - \alpha)$$

$$4 = 8(1 - \cos(90^\circ - \alpha))$$

$$1 - \cos(90^\circ - \alpha) = \frac{1}{2}$$

$$\cos(90^\circ - \alpha) = 0,5; \quad \sin \alpha = 0,5 \rightarrow$$

$$\rightarrow \alpha = 30^\circ$$



По теореме косинусов:

$$V_A^2 = 2V_0^2 - 2V_0^2 \cos(90 + \alpha)$$

$$V_A^2 = 8(1 - \cos 120^\circ); (\cos 120^\circ = -\cos 60^\circ)$$

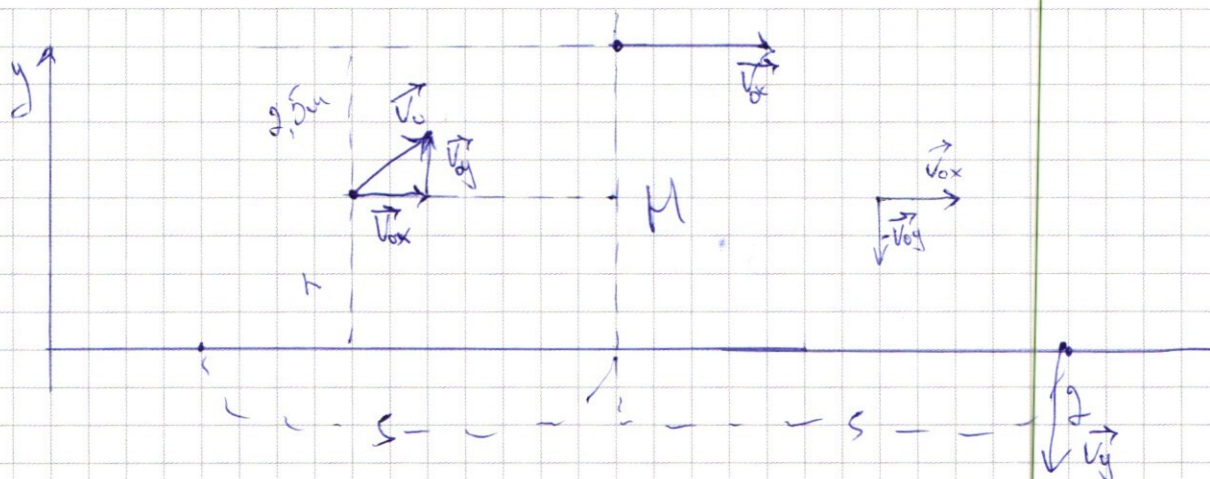
$$V_A^2 = 8 \cdot 1,5 = 12$$

$$V_A = \sqrt{12}$$

Ответ: $V_0 = 2 \text{ м/с}$

$$V_A = \sqrt{12} \text{ м/с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



После того, как он оказался на максимальной высоте:

$$O_y: 2g(M-L) = -v_{0y}^2; \quad 2g(M-L) = v_{0y}^2; \quad v_{0y} = \sqrt{2g(M-L)}$$

Здесь я взял v_{0y} , т.к. движение по Oy симметрично.

$$O_x: v_x \cdot T = s \quad O_y: v_{0y} = gT; \quad T = \sqrt{\frac{2g(M-L)}{g^2}}$$

$$T = \sqrt{\frac{2(M-L)}{g}}$$

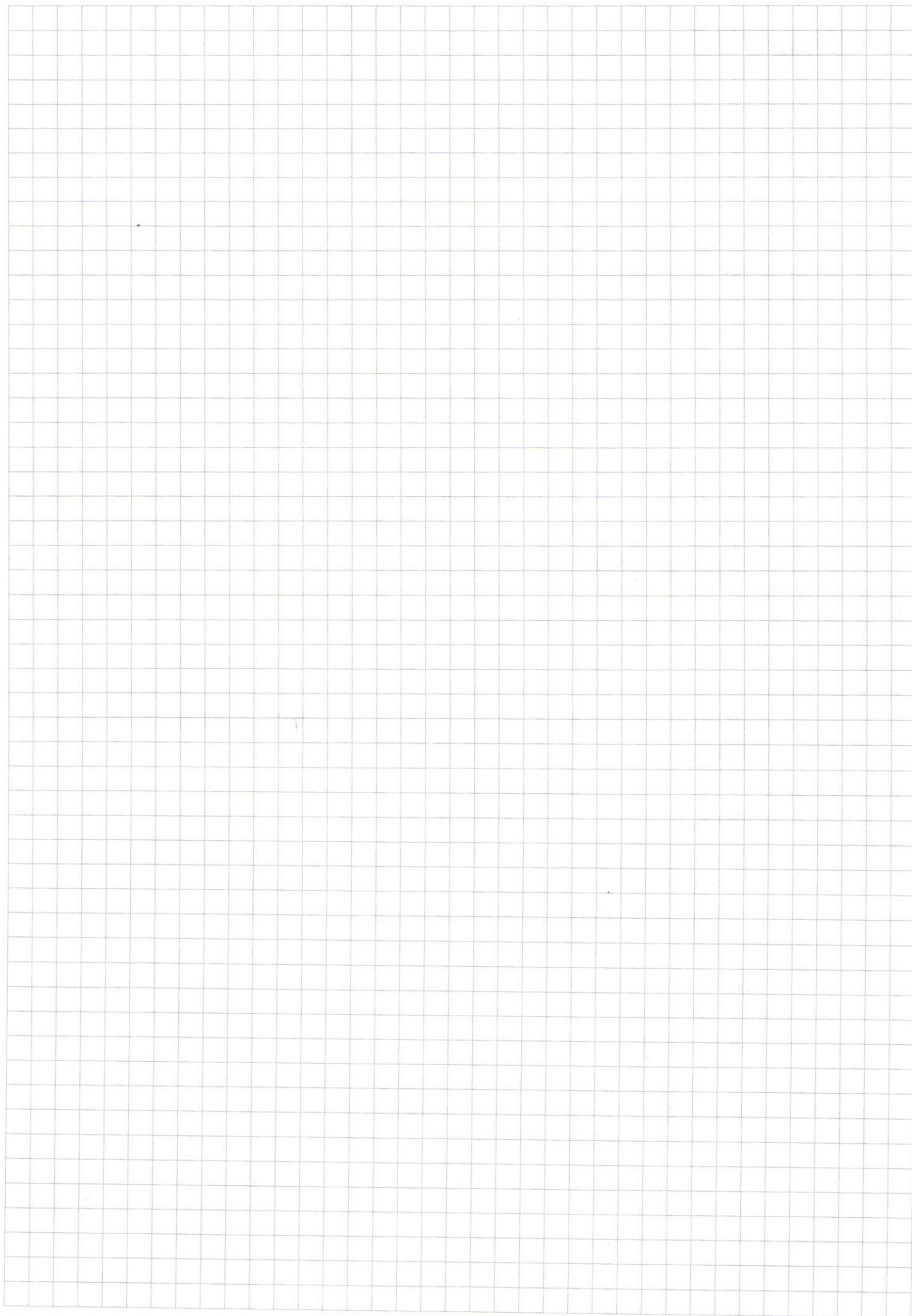
$$2) \quad O_x: v_x \cdot t = s \quad O_y: \sqrt{2gM} = gt \quad t = \sqrt{\frac{2M}{g}} \quad v_x = \frac{s}{\sqrt{\frac{2M}{g}}}$$

По теореме Пифагора:

$$v_{0x}^2 + v_{0y}^2 = v_0^2; \quad \frac{g}{2M} \cdot s^2 + 2g(M-L) = v_0^2$$

$$\frac{10}{6} \cdot 144 + 50 = v_0^2; \quad v_0 = \sqrt{290}$$

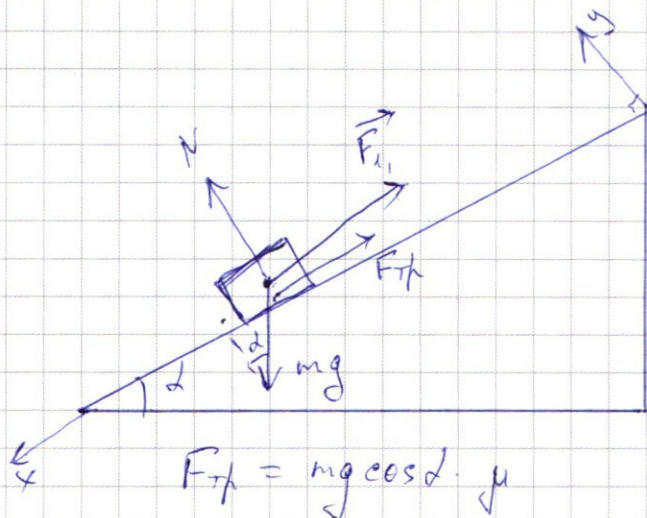
Ответ: $T = \sqrt{0,5} \text{ c}; \quad v_0 = \sqrt{290} \text{ м/с}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$F_2 = 2F_1$$

Для F_1 :

$$0 = -F_1 + F_{fr} + mg \sin \alpha$$

$$|F_1| = |F_{fr}| \quad mg \sin \alpha = F_{fr} + F_1$$

$$F_{fr} = N \cdot \mu; \quad N = mg \cdot \cos \alpha$$

$$mg \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha + F_1$$

$$F_1 = mg (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

Для F_2 :

$$0 = -F_2 + F_{fr} + mg \sin \alpha; \quad F_2 = F_{fr} + mg \sin \alpha; \quad 2|F_1| = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

$$mg (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 2|F_1|; \quad \mu = \left(\frac{2|F_1|}{mg} - \sin \alpha \right) : \cos \alpha$$

$$\mu = \frac{2|F_1|}{mg \cos \alpha} - \tan \alpha = \frac{2(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}{\cos \alpha} - \tan \alpha = \tan \alpha - 2\mu; \quad 3\mu = \tan \alpha$$

$$\mu = \frac{1}{3\sqrt{3}}$$

2) $\alpha \quad O_x: a = mg \sin \alpha + F_{fr} = mg (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$

~~$ma = F_{fr}$~~ $s = v_0$ $2as = v_0^2$, т.к. $v_{кон} = 0$

$$v_0^2 = 2mg (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \cdot s; \quad v_0^2 = 2mg \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{6} \right) s = 2mg \left(\frac{2}{3} \right) s$$

$$v_0^2 = \frac{4}{3} mg; \quad v_0 = \sqrt{\frac{4}{3} mg}, \quad \text{где } m = F_1 : g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$m = F_1 : g \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{6} \right) = F_1 : \frac{1}{3} g \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{3F_1}{g} \cdot g} =$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{4}{3} 3F_1} = 2\sqrt{F_1}$$

Ответ: $\mu = \frac{1}{3\sqrt{3}}; \quad v_0 = 2\sqrt{F_1}$

$$v_0 = \sqrt{13,5 |F_1| + 6,75} \text{ м/с}$$

$$V_0^2 = 2aS ; \quad a = F_{\tau} + g \cdot \sin \alpha ; \quad a = mg \cdot \cos \alpha \cdot \mu + g \sin \alpha$$

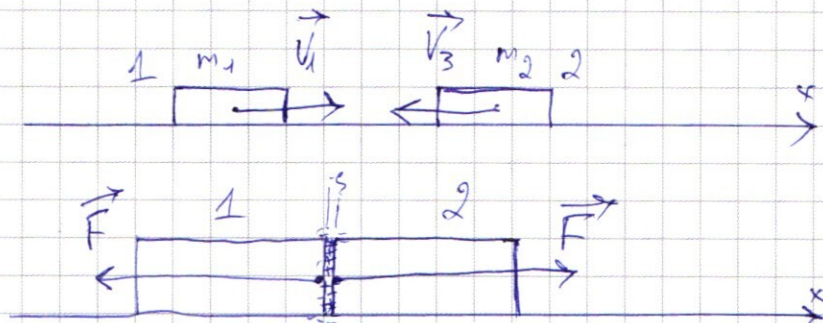
$$V_0^2 = 2(mg \cos \alpha \mu + g \sin \alpha) \cdot S ; \quad V_0^2 = 2 \left(\sqrt{3} \cdot m \cdot g \cdot \mu + 5 \right) \cdot S$$

$$V_0^2 = \left(\frac{10}{3} \cdot m + 5 \right) S = \frac{10}{3} \cdot 1,35 \cdot m + 5 \cdot 1,35 = \frac{13,5}{3} \cdot m + 6,75,$$

$$\text{где } m = |F_1| : g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = |F_1| : 10 \left(\frac{1}{2} - \mu \frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

$$V_0^2 = \frac{13,5}{3} \cdot \frac{|F_1|}{\left(\frac{1}{2} - \mu \frac{\sqrt{3}}{2} \right) 10} + 6,75 = \frac{13,5}{3} \cdot \frac{|F_1| \cdot 3}{-10} + 6,75 = 13,5 |F_1| + 6,75$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$m_1 v_1 + m_2 v_3 = m_1 v_1' + m_2 v_3'$$

$$m_1 \cdot 2 + m_2 \cdot 3 = m_1 v_1' + m_2 v_3'$$

$$m_2 (3 - v_3') = m_1 (v_1' - 2)$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{v_1' - 2}{3 - v_3'} = \frac{2}{3}$$

1) max E будет, когда
шайбы останутся отно-
сительно друг друга.

~~Дано~~

$$m \vec{v}_0 + m \vec{v}_{\text{ком}} = \vec{F} \cdot t$$

$$\sum p = 0$$

$$\frac{v_1' - 2}{3 - v_3'} = \frac{2}{3}$$

$$6 - 2v_3' = 3v_1' - 6$$

$$12 = 3v_1' + 2v_3'$$

~~Относительно 1 шайбы 1 прозвуча 2-ую на s.~~

$$m \frac{v_1 - v_{\text{ком}}}{\Delta t} = F \frac{t}{\Delta t}; \quad m a = F$$

$$3v_1' + 2v_3' = m_1 v_1 - m_2 v_3 = -F \cdot t; \quad m_1 \Delta v_1 = F \cdot t$$

$$m_1 \Delta v_1 = F \cdot t \Leftrightarrow m_1 \Delta v_1 = F \cdot t \quad \text{Так}$$

~~будет, если решать в с.о., где t не имеет роли, из-за
свойств величин.~~

Для 1 шайбы (остановка): $m_1 \cdot v_1 = F \cdot t$; $F = \frac{m_1 v_1}{t}$

Для 2 шайбы: $m_2 \cdot v_3 = F \cdot t$; $F = \frac{m_2 v_3}{t}$

ЗСЭ: $\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_3^2}{2} = E$; $\frac{1,2}{2} + \frac{1,8}{2} = 1,5 \text{ Дж} = E$

$$m_1 V_1 + m_1 V_1' = F \cdot t = m_2 V_3 + m_2 V_3'$$

$$0,6 + 0,3 V_1' = 0,6 + 0,2 V_3'$$

$$0,3 V_1' = V_3' \cdot 0,2 ;$$

$$\frac{V_1'}{V_3'} = \frac{2}{3} \quad \text{или} \quad V_1' = \frac{2}{3} V_3'$$

Следуя из того, что я вывели ранее ($\sum \vec{p} = 0$):

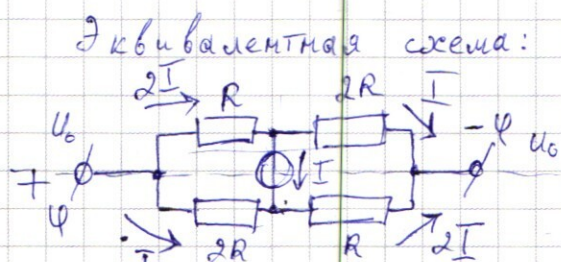
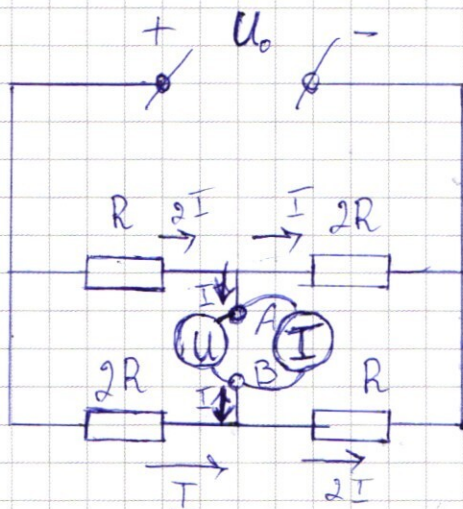
$$\begin{cases} 12 = 3 V_1' + 2 V_3' \\ V_1' = \frac{2}{3} V_3' \end{cases} \quad \begin{cases} 12 = 3 \cdot \frac{2}{3} V_3' + 2 V_3' \\ 3 = V_3' ; \quad V_1' = 2 \text{ (м/с)} \end{cases}$$

$V_3' + V_1' = 5 \text{ м/с}$ — это скорость отдаления их относительно друг друга.

$$\frac{L}{V_3' + V_1'} = T ; \quad \frac{2}{5} = T = 0,4 \text{ с}$$

Ответ: $E = 1,5 \text{ Дж}$
 $T = 0,4 \text{ с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Идеальный Вольтметр $\rightarrow R_V = 0$,
т.е. токи могут перемещаться,
Расставим токи.

$$U = 4\text{В.}$$

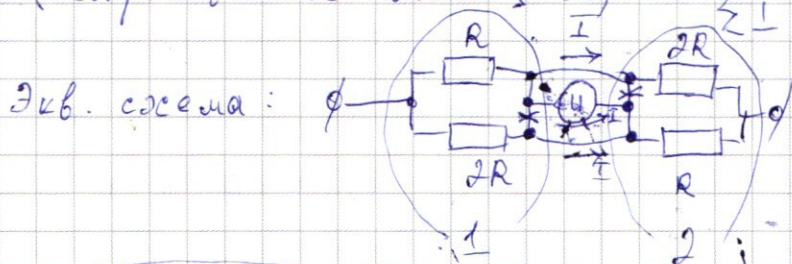
$$I = 30\text{мА}$$

Через Вольтметр течёт ток $= I$.

Разность потенциалов ($\Delta\varphi$) $= 4IR$,

Суммарный ток ($\sum I$) $= 3I$; тогда

$$R_0 \text{ (сопротивление всей цепи)} = \frac{\Delta\varphi}{\sum I} = \frac{4}{3} R = \frac{4IR}{3I}$$



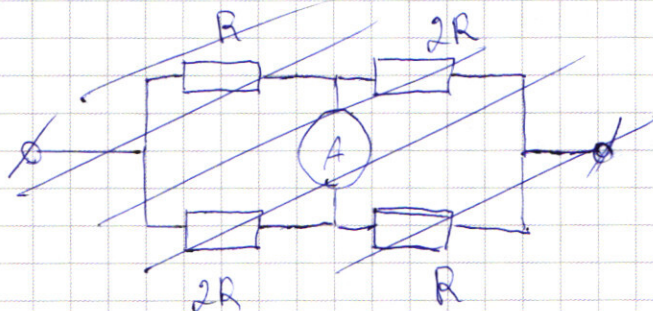
Можно утверждать,
что 1 и 2 части
соединены последова-
тельно, тогда)

$$R_{01} = \frac{2R \cdot R}{2R + R} = \frac{2R^2}{3R} = \frac{2}{3} R$$

$$U_0 = U_0 = 6I \cdot \frac{4}{3} R$$

Из показаний из дано следует,
что $I = 30\text{мА} \Rightarrow$

! Примечание: я использовал I как условную единицу тока



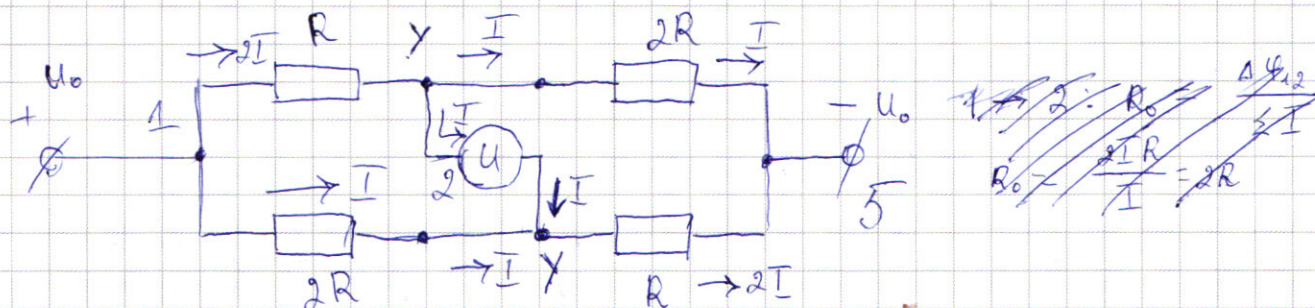
~~Идеальный Амперметр $\Rightarrow$~~
 ~~$R_A \approx \infty$~~

$$R_0 = \frac{4}{3} R$$

$$P = U I ; \quad P = U_0 \cdot I_0 = 8 \text{ В} \cdot \frac{4}{3} R I = 8 \text{ В} \cdot 30 \text{ мА}$$

$$P = 8 \cdot 30 \cdot 10^{-3} (\text{В} \cdot \text{А}) = 240 \cdot 10^{-3} \text{ Вт} = 0,24 \text{ Вт}.$$

Ответ: $U_0 = 8 \text{ В}$; $P = 0,24 \text{ Вт}$



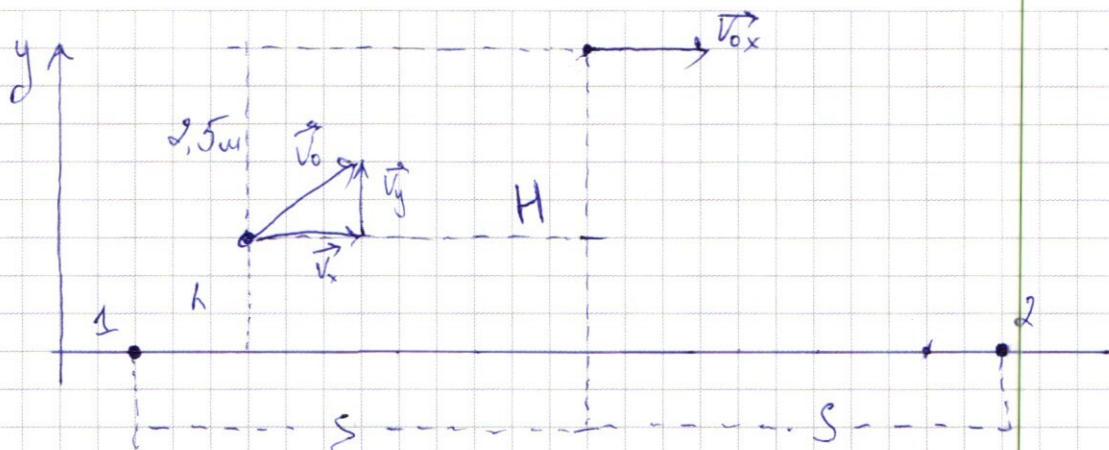
Из разности потенциалов между точками 1 и Y видно, что $\Delta \varphi_{1Y} = 2IR$, ток I течёт через Вольтметр $\Rightarrow$

$$4 \text{ В} = \frac{\Delta \varphi_{1Y}}{\sum I} = 2R \quad U = 2IR ; \quad 4(\text{В}) = 60 \cdot R \cdot 10^{-3} (\text{В} \cdot \text{А})$$

$$R = \frac{2}{30} \cdot 10^{-3} (\text{Ом}) = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{15} (\text{Ом})$$

$$\Delta \varphi_{15} = 4IR = 8(\text{В})$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$H - h = 2,5 \text{ м}$$

О_у: После того, как он оказался на максимальной высоте:

$$O_y: \quad \ominus \rightarrow \oplus \quad \vec{v}_{\text{у.кон}} = 0 \rightarrow \vec{g} T_{\text{кон}}; \quad v_{\text{у.кон}} = g T_{\text{кон}}$$

$$O_x: \quad S = v_{0x} \cdot T_{\text{кон}}; \quad (v_{0x} = v_x, \text{ т.к. по } O_x \text{ } v \text{ не изменяется})$$

$$\begin{cases} v_{\text{у.кон}} = g T \\ T v_{0x} = S \end{cases} \quad \text{По формуле } O_y: \quad 2gH = v_{\text{у.кон}}^2 \text{ т.к. } v_0 = 0.$$

$$v_{\text{у.кон}}^2 = 60; \quad v_{\text{у.кон}} = \sqrt{60}$$

$$\begin{cases} \sqrt{2gH} = g T_{\text{кон}} \\ T_{\text{кон}} \cdot v_x = S \end{cases} \quad T_{\text{кон}} = \frac{\sqrt{2gH}}{g} = \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad T_{\text{кон}} = S : v_x \Rightarrow \frac{S}{v_x} = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$v_x = \sqrt{\frac{g}{2H}} \cdot S = \sqrt{\frac{10}{6}} \cdot 12 = \sqrt{\frac{1440}{6}} = \sqrt{1(6)} \cdot 12 \text{ м}$$

$$\vec{v}_y + \vec{v}_x = \vec{v}_0;$$

$$v_y^2 = 2g(H-h), \text{ т.к. } v_0 = 0; \quad v_y = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 2,5} = \sqrt{50}$$

$$\sqrt{50}^2 + \frac{10}{6} \cdot 144 = 50 + \frac{1440}{6} = 290 \text{ м/с}^2; \quad v_0 = \sqrt{290}$$

$$\begin{array}{r} 125 \\ \times 135 \\ \hline 675 \end{array}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 314 \overline{) 157} \\ \underline{314} \\ 0 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 4 \\ 15 \\ \underline{8} \\ 12,0 \end{array}$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$$

$$\frac{16}{6} \times \frac{10}{6} = \frac{160}{36} = \frac{40}{9} = 4 \frac{4}{9}$$

$$V_B^2 = V_{ef}^2 + V_0^2 - 2 \cos \alpha \cdot V_0 V_{ef} =$$

$$V_B^2 = 2 V_0^2 - 2 V_0^2 \cos \alpha = 2 V_0^2 (1 - \cos \alpha)$$

$$1440 + 300 = 1740$$

$$1800 - 60$$

$$\cancel{900} 300 - 10$$

