Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 09-04

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

1. Велосипедное колесо радиуса $R = 0,5$ м катится без проскальзывания по горизонтальной поверхности. Каждая спица за время $\tau = 0,2$ с поворачивается на угол $\alpha = 30^0$. Скорость точки А на ободе колеса $V_A = 1,2 \cdot V_0$. АВ – диаметр колеса.

1) Найдите скорость V_0 оси колеса.

2) С какой по величине скоростью V_B движется точка В на ободе колеса?

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

2. Мяч, отбитый теннисистом на высоте $h = 0,75$ м, поднимается на максимальную высоту $H = 3,2$ м и за оставшееся время полета перемещается по горизонтали на $S = 16$ м.

1) Через какое время T после прохождения высшей точки траектории мяч упадет на площадку?

2) Найдите $\mathrm{tg}\alpha$, здесь α — угол, который вектор скорости мяча составляет с горизонтальной плоскостью сразу после удара.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2. Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

3. Чтобы спускать брусок равномерно по наклонной плоскости, следует приложить силу F_1, направленную вверх вдоль наклонной плоскости, а чтобы равномерно втаскивать брусок вверх, следует приложить такую же по направлению силу $F_2 = 1,5 \cdot F_1$. Коэффициент трения скольжения бруска по плоскости $\mu = 0,2$. Наклонная плоскость образует с горизонтальной плоскостью угол α.

1) Найдите $tg\alpha$.

2) Какую по величине V_0 начальную скорость, направленную вверх вдоль наклонной плоскости, следует сообщить бруску, чтобы через $T = 0,5$ с брусок остановился?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2.

4. На гладкой горизонтальной плоскости расположены два бруска массами $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 2$ кг. Бруски связаны нитью, между ними находится легкая сжатая пружина. Коэффициент жесткости пружины $k = 150$ Н/м. Нить пережигают. В момент перехода пружины в недеформированное состояние скорость первого бруска $V_1 = 2$ м/с.

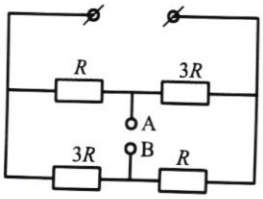
1) Найдите упругую энергию E, запасенную в пружине.

2) Найдите перемещение S_1 первого бруска за время от старта до момента перехода пружины в недеформированное состояние.

5. Электрическая цепь состоит из идеального источника постоянного напряжения $U_0 = 27$ В и четырех резисторов (см. схему на рис.). Если к клеммам А и В подключить идеальный амперметр, то он покажет силу тока $I = 45$ мА. Амперметр заменяют идеальным вольтметром.

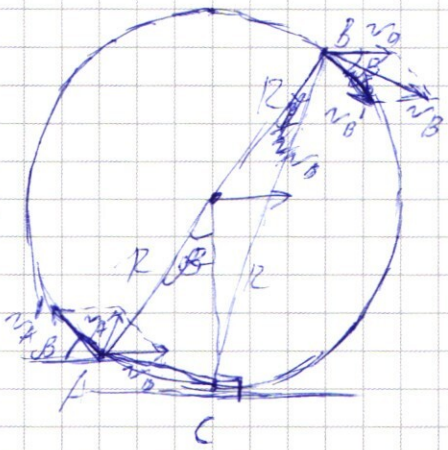
1) Какое напряжение U покажет вольтметр?

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



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1



$v_C = 0 \Rightarrow$ т. C - мгновенная ось вращения;

$\Rightarrow \frac{v_A}{v_0} = \frac{AC}{R} = 1,2 \Rightarrow AC = 1,2R$

Также $(1,2R)^2 = 2R^2 - 2R^2\cos\beta$

$\Rightarrow 1,44 = 2 - 2\cos\beta$

$\Rightarrow \cos\beta = 0,28$

$\Rightarrow v_A = \sqrt{v_0^2 + v_A'^2 - 2v_0v_A'\cos\beta}$

$v_A' = \omega R = \frac{2(\text{рад})}{t} \cdot R = \frac{5\pi R}{6}$

$\Rightarrow 1,44v_0^2 = v_0^2 + \frac{25\pi^2R^2}{36} - 2v_0 \cdot \frac{0,28 \cdot 5\pi R}{6}$

$\Rightarrow 0,44v_0^2 + 2v_0 \cdot \frac{0,28 \cdot 5\pi R}{6} = \frac{25\pi^2R^2}{36}$

$\Rightarrow 15,84v_0^2 + 8,4\pi v_0 = \frac{25\pi^2}{4}$

$\Rightarrow v_{0_{1,2}} = \frac{-4,2 \pm \sqrt{4,2^2\pi^2 + 25 \cdot 3,96\pi^2}}{15,84}$ v_0 не может быть

$\Rightarrow v_0 = \frac{\sqrt{4,2^2 + 25 \cdot 3,96} - 4,2}{15,84} \approx 2,5 \frac{м}{с}$

$\Rightarrow v_B = \sqrt{v_0^2 + v_B'^2 + 2v_0v_B'\cos(180-\beta)} =$

$= \sqrt{v_0^2 + v_A'^2 + 2v_0v_A'\cos\beta} \approx 3,1 \frac{м}{с}$

Ответ: $v_0 \approx 2,5 \frac{м}{с}$; $v_B \approx 3,1 \frac{м}{с}$

№2

$H = \frac{gT^2}{2} \Rightarrow T = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{6,4}{10}} = 0,8c$

$v_y^2 = 2g(H-h)$ из ЗСЭ

$\Rightarrow v_y = \sqrt{2g(H-h)} = \sqrt{20\cdot(3,2-0,3)} = \cancel{\sqrt{0,49}\ 0,7c}\ \sqrt{49} = 7\ \frac{м}{c}$

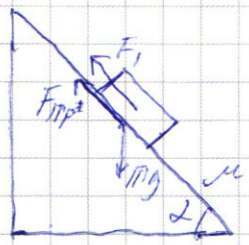
$v_x = \frac{S}{T} = \frac{16}{0,8} = 20\ \frac{м}{c}$

$\Rightarrow tg\alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{7}{20} = 0,35$

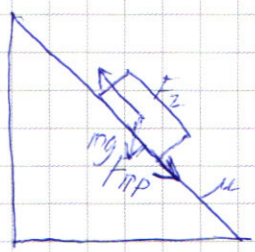
Ответ: $T = 0,8c$; $tg\alpha = 0,35$

№3

1)



2)



$F_{тр} = \mu N = \mu mg\cos\alpha$

из 1): $F_1 + \mu mg\cos\alpha = mg\sin\alpha$

из 2): $F_2 - \mu mg\cos\alpha = mg\sin\alpha$

из условия, $F_2 = 1,5F_1$

$\Rightarrow \begin{cases} F_1 + \mu mg\cos\alpha = mg\sin\alpha & |\cdot 1,5 \\ 1,5F_1 - \mu mg\cos\alpha = mg\sin\alpha \end{cases}$

$\Rightarrow \begin{cases} 1)\ 1,5F_1 + 1,5\mu mg\cos\alpha = 1,5mg\sin\alpha \\ 2)\ 1,5F_1 - \mu mg\cos\alpha = mg\sin\alpha \end{cases}$

1) − 2) $\Leftrightarrow$ $2,5\mu mg\cos\alpha = 0,5mg\sin\alpha$

$\Rightarrow tg\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = 5\mu = 5\cdot 0,2 = 1 \Rightarrow \alpha = 45 \Rightarrow \sin\alpha = \cos\alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}$

$v_0 = aT$, где a – ~~разн~~ модуль ускорения бруска

$\Rightarrow v_0 = \frac{F_0}{m}\cdot T = \frac{mg\sin\alpha + \mu mg\cos\alpha}{m}\cdot T = g\sin\alpha(1+\mu)\cdot T =$

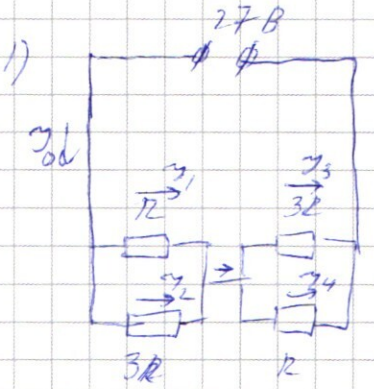
$= 5\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}\cdot 1,2 = 3\sqrt{2}\ \frac{м}{c}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: $tg\,\alpha = 1$; $v_0 = 3\sqrt{2}\ \frac{м}{с}$.

№5

1)



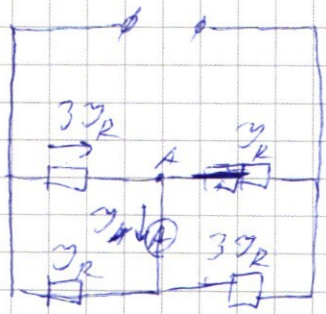
I_0 - общий ток

$I_1 + I_2 = I_0$; $I_3 + I_4 = I_0$

$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\frac{U_{ob}}{R}}{\frac{U_{ob}}{3R}} = 3 \Rightarrow I_1 = 3I_2 \Rightarrow I_1 = \frac{3I_0}{4}$;

$I_2 = \frac{I_0}{4}$. Аналогично, $I_3 = \frac{I_0}{4}$;

$I_4 = \frac{3I_0}{4}$



$I_R = \frac{I_0}{4}$

т. А: $3I_R = I_R + I = I_R + 45$

$\Rightarrow 2I_R = I \Rightarrow I_0 = 4I_R = 2I = 90$ мА

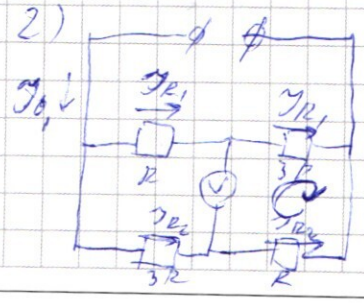
$\Rightarrow R_0 = \frac{U_0}{I_0} = \frac{27}{90\cdot10^{-3}} = \frac{27}{9\cdot10^{-2}} = 300$ Ом

(R_0 - общее сопротивление)

$\Rightarrow \frac{3R\cdot R}{3R+R} + \frac{3R\cdot R}{3R+R} = 300 \Rightarrow 1{,}5R = 300 \Rightarrow R = 200$ Ом

$P = P_{R_1} + P_{R_2} + P_{R_3} + P_{R_4} = 3I_R^2 R + I_R^2\cdot 3R + I_R^2 3R +$
$+ 9I_R^2\cdot R = 24 I_R^2 R = 6\cdot I^2 R = 6\cdot 200\cdot(4{,}5\cdot10^{-3})^2 =$
$= 2{,}43$ Вт

2)



$\frac{I_{R_1}}{I_{R_2}} = \frac{R+3R}{3R+R} = 1 \Rightarrow I_{R_1} = I_{R_2} = \frac{I_0}{2}$

$R_{0_1} = \cancel{\frac{4R \cdot 4R}{4R}} \quad \frac{4R}{2} = 2R = 400$ Ом

$\Rightarrow I_{0_1} = \frac{U}{R_{0_1}} = \frac{27}{400} = 0{,}0675$ А $= 67{,}5$ мА

$\Rightarrow I_{R_1} = \frac{67{,}5}{2} = 33{,}75$ мА

Из II правила Кирхгофа:

$3R \cdot I_{R_1} - U - R \cdot I_{R_2} = 0$

$\Rightarrow U = 3R \cdot I_{R_1} - R I_{R_2} = 2R \cdot I_{R_2} = 400 \cdot 33{,}75 \cdot 10^{-3} =$

$= \frac{4 \cdot 33{,}75}{10} = 13{,}5$ В

Ответ: $U = 13{,}5$ В; $P = 2{,}43$ Вт

№4

Из ЗСИ:

$m_1 v_1 = m_2 v_2 \Rightarrow v_2 = \frac{m_1 v_1}{m_2} = \frac{1 \cdot 2}{2} = 1 \frac{м}{с}$

$E = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{1 \cdot 4}{2} + \frac{2 \cdot 1}{2} = 3$ Дж

$E = \frac{kx^2}{2}$, где x – сжатие пружины (м)

$\Rightarrow x = \sqrt{\frac{2E}{k}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 2}{150}} = \sqrt{\frac{1}{25}} = \frac{1}{5}$ м $= 20$ см

Пусть F_1 – сила со стороны пружины на I брусок, F_2 – сила со стороны пружины на II брусок. Тогда $F_1 = F_2$ (пружина по всей длине сжата одинаково)

$a_1 = \frac{F_1}{m_1}$, $a_2 = \frac{F_2}{m_2}$, a_1, a_2 – ускорения брусков в определенный момент времени

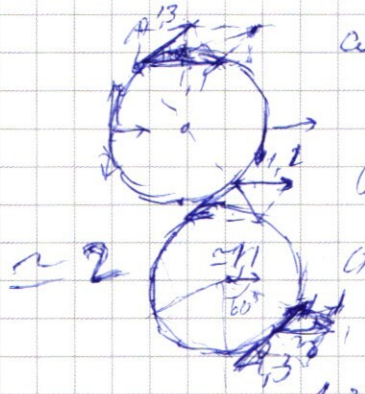
тогда $\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1} = 2$, $S_1 = ka_1$, $S_2 = ka_2$

S_1, S_2 – ~~перем~~ модули перемещения брусков

$\Rightarrow \frac{S_1}{S_2} = \frac{a_1}{a_2} = 2 \Rightarrow S_1 = 2S_2 \Rightarrow S_1 = \frac{2}{3}(S_1 + S_2) = \frac{2}{3}x =$

$= \frac{40}{3}$ см $\approx 13{,}3$ см Ответ: $E = 3$ Дж; $S_1 \approx 13{,}3$ см

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$\omega = \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{6 \cdot 0{,}52} = \frac{60\pi}{12} = \frac{5\pi}{6}$

$0 \le v_A \le 2v_B$

$0 \le v_B \le 2v_B$

$1{,}3^2 + 1{,}1^2 - 2 \cdot 1{,}43 \cdot 1{,}1 \cdot \cos\alpha = 1{,}32$

150°

$\approx 1{,}7$

$3{,}140 \cdot 0{,}1 = 2400$

$\sqrt{(1{,}3 \cdot \cos\alpha + 1{,}1)^2 + (1{,}3 \cdot \sin\alpha)^2} = 1{,}32$

$v_0 = \frac{25\pi R}{36 \cdot 2}$

$1{,}3^2 + 1{,}1^2 - 2 \cdot 1{,}43 \cdot \cos\alpha = (1{,}3 \cdot 1{,}1)^2$

$\approx 1{,}1$

$0{,}5324 \approx 1{,}1$

$0{,}26 \cdot 5$

$\frac{2{,}5\pi}{6} = \frac{25}{60}$

$\frac{5\pi}{12}$

$1{,}3^2 + 1{,}1^2$

$2{,}9 - 2 \cdot 1{,}43 \cdot \cos\alpha =$

$1{,}3(1{,}3 + 2{,}2)$

$3{,}5$

$3{,}34$

$\frac{5\pi R}{6} = 1{,}2 \cdot v_0$

$2{,}9 - 2{,}2 \cdot \frac{0{,}5324}{3{,}5}$

$\approx 1{,}7$

$\frac{25}{72}\pi$

$= 1{,}69 + 1{,}21$

$\frac{157}{144} = 1{,}09$

$\frac{117}{35} = 3{,}342$

☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

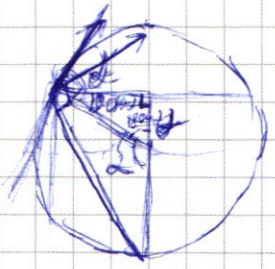
Страница №__

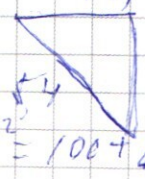
(Нумеровать только чистовики)

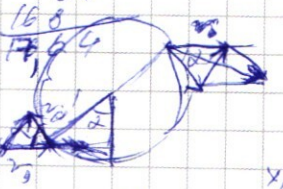
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА







☑ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 2
(Нумеровать только чистовики)

$3,2 - 0,75 = 2,25 + 0,2 = 2,45$

$2,45 = \frac{at^2}{2}$

$4,9 \quad 0,49 = 0,7$ с

$7 \frac{м}{с}$

$\frac{2}{3}X$

KX

$3,2 \quad 6,4 \quad 0,64 = 0,8$ с

$\frac{kx^2}{2} = 16$

$\frac{gt^2}{2} = 3,2 \Rightarrow$

$x^2 = \frac{6}{160}$ 400

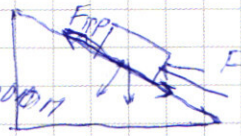
90 мА

F $\frac{kx^2}{2}$ $\frac{2}{30}$ 10000 | 400 / 25

$\frac{27}{90} = \frac{3}{10}$ 0,3 300 Ом

$\frac{1}{5}$

$\frac{F}{9}$ 1,5 R=300 Ом



$1,5F_1 + 1,5\mu mg\cos\alpha = 1,5mg\sin\alpha$

$1,5F_1 - \mu mg\cos\alpha = mg\sin\alpha$

R = 200 Ом

$\frac{kx^2}{2}$

$2,5\mu mg\cos\alpha = 0,5mg\sin\alpha$

$mg\sin\alpha - \mu mg$

$5\mu = tg\alpha$

$5 \cdot 0,2 = 1 = tg\alpha$

$g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) \cdot T = v_0$

$\Rightarrow \alpha = 45$

$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = E$

$5(1 - \mu) = v_0$

TX

$m_1 v_1 + m_2 v_2 = 0$

$\frac{kx^2}{2}$

1Н · м

$m_1 v_1$

2 $v_2 = 1 \frac{м}{с}$

$\frac{1 \cdot 4}{2} + \frac{2}{2} = 3$ Дж

$\frac{45}{2}$

$45 \times 45 = 2025$

$2025 \times 12 = 24300$

2,43 Вт

☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)