

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 09-01

Класс 09

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

1. Корабль A и торпеда B в некоторый момент времени находятся на расстоянии $l = 1$ км друг от друга (см. рис. 1) Скорость корабля $V_1 = 10$ м/с, угол $\alpha = 60^\circ$. Скорость торпеды $V_2 = 20$ м/с. Угол β таков, что торпеда попадет в цель.



1) Найдите $\sin \beta$.

2) Через какое время T расстояние между кораблем и торпедой составит $S = 770$ м?

2. Плоский склон горы образует с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Из миномета, расположенного на склоне, производят выстрел, под таким углом φ к поверхности склона, что продолжительность полета мины наибольшая. Мина падает на склон на расстоянии $S = 0,8$ км от точки старта.

1) Под каким углом φ к поверхности склона произведен выстрел?

2) Найдите величину V_0 начальной скорости мины.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

3. Вниз по шероховатой наклонной плоскости равнозамедленно движется брусок. В тот момент, когда скорость бруска равна $V_1 = 1$ м/с, на брусок падает пластилиновый шарик и прилипает к нему, а брусок останавливается. Движение шарика до соударения – свободное падение с высоты $h = 0,8$ м с нулевой начальной скоростью.

1) Найдите скорость V_2 шарика перед соударением.

2) Найдите величину a ускорения бруска перед соударением.

Массы бруска и шарика одинаковы.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Быстрые процессы торможения бруска и деформации пластилина заканчиваются одновременно. В этих процессах действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

4. Два свинцовых шарика одинаковой массы, летящие со скоростями $V_1 = 60$ м/с и $V_2 = 80$ м/с, слипаются в результате абсолютно неупругого удара. Скорости шариков перед слипанием взаимно перпендикулярны.

1) С какой по величине скоростью V движутся слипшиеся шарики?

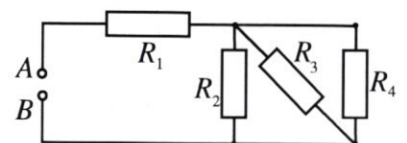
2) На сколько Δt ($^\circ\text{C}$) повысится температура шариков?

Удельная теплоемкость свинца $c = 130$ Дж/(кг $\cdot^\circ\text{C}$). Температуры шариков перед слипанием одинаковы.

5. Четыре резистора соединены как показано на рисунке. Сопротивления резисторов $R_1 = 3 \cdot r$, $R_2 = R_3 = 2 \cdot r$, $R_4 = 4 \cdot r$. На вход АВ схемы подают напряжение $U = 38$ В.

1) Найдите эквивалентное сопротивление R_{AB} цепи.

2) Какой силы I ток будет течь через резистор R_4 при $r = 10$ Ом?



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:
 $v = 10 \text{ м/с}$
 $\alpha = 60^\circ$
 $U = 20 \text{ м/с}$
 $l = 10^3 \text{ м}$

Формулы и решение:

Т.к. они встречаются, то это значит, что в СО можно увидеть их встречу, пройдём в СО координатную.

Введём систему координат.

(1) ОХ: $0 = v_2 \sin \beta - v_1 \sin \alpha = v_{\text{отн}}$
 (2) ОУ: $v_{\text{отн}} = v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta$

(4) $0 = v_2 \sin \beta - v_1 \sin \alpha \Rightarrow \sin \beta = \frac{v_1 \sin \alpha}{v_2} = \frac{10 \text{ м/с} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{20 \text{ м/с}} = \frac{\sqrt{3}}{4}$

(5) $T = \frac{l - S}{v_{\text{отн}}} = \frac{l - S}{v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta} = \frac{l - S}{v_1 \cos \alpha + v_2 \sqrt{1 - \sin^2 \beta}}$

$= \frac{1000 \text{ м} - 770 \text{ м}}{10 \text{ м/с} \cdot \frac{1}{2} + 20 \text{ м/с} \cdot \sqrt{1 - \frac{3}{16}}} = \frac{1000 \text{ м} - 770 \text{ м}}{5 \text{ м/с} + 20 \text{ м/с} \cdot \sqrt{\frac{16-3}{16}}} = \frac{1000 \text{ м} - 770 \text{ м}}{5 \text{ м/с} + 20 \text{ м/с} \cdot \frac{\sqrt{13}}{4}} = \frac{1000 \text{ м} - 770 \text{ м}}{5 \text{ м/с} + 5 \text{ м/с} \cdot \sqrt{13}} = \frac{159 \text{ с}}{1 + \sqrt{13}}$

$= \frac{159 \text{ с} \cdot (1 - \sqrt{13})}{(1 + \sqrt{13})(1 - \sqrt{13})} = \frac{159 \text{ с} (1 - \sqrt{13})}{1 - 13} = \frac{159 \text{ с} (\sqrt{13} - 1)}{12} = \frac{77 (\sqrt{13} - 1) \text{ с}}{6}$

Ответ:
 1) $\frac{\sqrt{3}}{4}$
 2) $\frac{77}{6} (\sqrt{13} - 1) \text{ с}$

$$C = \frac{230 \text{ M}}{5 \text{ M/C} + 20 \text{ M/C} \cdot \frac{1}{4} \sqrt{13}} = \frac{230 \text{ M}}{5 \text{ M/C} + 5 \text{ M/C} \sqrt{13}} = \frac{46 \text{ C}}{1 + \sqrt{13}}$$

$\theta = 90^\circ$

$$V_0 = \sqrt{\frac{Sg \cos^2 \alpha}{2 \sin \alpha}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \varphi = 90^\circ \\ V_0 = \sqrt{\frac{800 \text{ м} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot \frac{3}{4}}{2 \cdot 1 \cdot \frac{1}{2}}} \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \varphi = 90^\circ \\ V_0 = \sqrt{200 \text{ м}^2/\text{с}^2 \cdot 3} \end{array} \right. \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \varphi = 90^\circ \\ V_0 = \sqrt{6000 \text{ м}^2/\text{с}^2} \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \varphi = 90^\circ \\ V_0 = \sqrt{60 \cdot 100 \text{ м}^2/\text{с}^2} \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \varphi = 90^\circ \\ V_0 = \sqrt{4 \cdot 15 \cdot 100 \text{ м}^2/\text{с}^2} \end{array} \right. \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \varphi = 90^\circ \\ V_0 = 20 \text{ м/с} \cdot \sqrt{15} \end{array} \right.$$

Ответ: 1) 90°
2) $20\sqrt{15} \text{ м/с}$

Дано:
 $V_1 = 1 \text{ м/с}$
 $h = 0,8 \text{ м}$
 $V_{02} = 0$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $m_1 = m_2$

Найти:
 1) $V_2 = ?$
 2) $a = ?$

$$h = \frac{V_k^2}{2g} \Rightarrow V_k = \sqrt{2gh} = 4 \text{ м/с}$$

Раставили 3 закона движения
или второй закон Ньютона в
интегральной форме. Т.к. действуем
в момент удара прене-

брежно мало, то нормаль сил равна
в ширину

$$m V_{2x} = F_{2x} t$$

$$m V_{2y} = N_2 t$$

о t - продолжительность удара/деформации
 F_x - сила взаимодействия на ось Ox
 N_2 - сила взаимодействия на ось Oy

По третьему закону Ньютона на брусок действуют те же $\vec{F}_x$ и $\vec{F}_z$, только в противоположную сторону. А также сила трения $\vec{F}_{T2}$, $F_{T2} = \mu N_2$

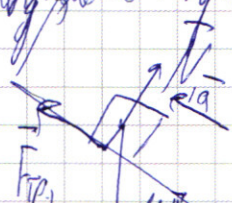
Ускорения и скорости между брусками и поверхностью $mV_1 = F_{T2}t - F_{zx}t \Rightarrow mV_1 = \mu N_2 t - F_{zx}t \Rightarrow$

$$\Rightarrow mV_1 = \mu \cdot mV_2 - mV_{zx}$$

V_{2yx} - скорость шарика, до момента удара, по оси OY и OX соответственно
в итоге $\Rightarrow mV_1 = \mu mV_2 \cos \alpha - mV_2 \sin \alpha$ α - угол наклона плоскости к горизонту

$$V_1 = V_2 (\mu \cos \alpha - \sin \alpha) = \mu \cos \alpha - \sin \alpha = \frac{V_2}{V_1}$$

Т.к. движение до удара было равнозамедленное, это означает что a направлен против V_1



N_1 - сила реакции до удара
 $F_{T1} = \mu N_1$ - сила трения до удара

ОУ: $N_1 - mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow N_1 = mg \cos \alpha$
ОХ: $m a = F_{T1} - mg \sin \alpha = \mu N_1 - mg \sin \alpha =$
 $= \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha = mg (\mu \cos \alpha - \sin \alpha)$

$$a = g (\mu \cos \alpha - \sin \alpha) \Rightarrow a = g \cdot \frac{V_1}{V_2} = 10 \text{ м/с}^2 \cdot \frac{1 \text{ м/с}}{4 \text{ м/с}} =$$

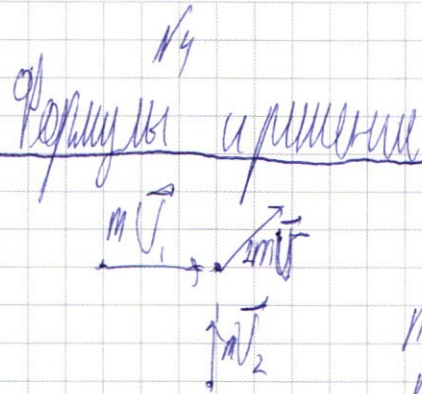
$$= 2,5 \text{ м/с}^2$$

Ответ 1) 4 м/с
2) 2,5 м/с²

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано: $t_0 = t_{02}$
 $V_1 = 60 \text{ м/с}$
 $V_2 = 80 \text{ м/с}$
 $c = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}}$
 $m_1 = m_2$

Найти:
 1) $V = ?$
 2) $t = ?$



Используем закон сохранения импульса и энергии. Так как удар упругий, то справедливы законы сохранения импульса и энергии.

$$m_1 \vec{V}_1 + m_2 \vec{V}_2 = (m_1 + m_2) \vec{V}$$

$$m_1 = m_2 \Rightarrow \vec{V}_1 + \vec{V}_2 = 2\vec{V} \Rightarrow |\vec{V}_1 + \vec{V}_2| = 2|\vec{V}|$$

$$|\vec{V}_1 + \vec{V}_2| = \sqrt{(\vec{V}_1 + \vec{V}_2)^2} = \sqrt{V_1^2 + 2 \cdot V_1 V_2 \cos 90^\circ + V_2^2}$$

$$= \sqrt{V_1^2 + V_2^2} \Rightarrow |\vec{V}| = \frac{|\vec{V}_1 + \vec{V}_2|}{2} = \frac{\sqrt{V_1^2 + V_2^2}}{2}$$

$$= \sqrt{6^2 + 8^2} \cdot \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2} = \sqrt{100} \cdot \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2} = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$Q = K_1 - K_2 \Rightarrow m_1(t - t_{01}) + cm_2(t_2 - t_{02}) = K_1 - K_2$$

$t_1 = t_2$ м.к. массы
 $m_1 = m_2$ по условию
 $t_{01} = t_{02}$ по условию

$$2cm(t - t_0) = K_1 - K_2$$

$$2cm_2 t = \frac{m_1 V_1^2}{2} + \frac{m_2 V_2^2}{2} - (m_1 + m_2) \frac{V^2}{2}$$

$m = m_1 = m_2$
 $t_0 = t_{01} = t_{02}$ — время начала движения
 $t_1 = t_2 = t$ — время окончания движения

$$2cm_2 t = \frac{m_1(V_1^2 + V_2^2)}{2} - \frac{m_1(V_1^2 + V_2^2)}{2} = \frac{m_1(V_1^2 + V_2^2)}{2}$$

$$\Rightarrow t = \frac{V_1^2 + V_2^2}{8c} = \frac{60^2 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} + 80^2 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{8 \cdot 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}}} = \frac{100 \cdot 100 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{8 \cdot 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}}} = \frac{125^\circ\text{C}}{13} \approx 9.5^\circ\text{C}$$

Ответ: 1) $50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 2) 9.5°C

Дано:
 $R_1 = 3r$
 $R_2 = R_3 = 2r$
 $R_4 = r$

2) $r = 10 \Omega$

Найти:

1) $R_{AB} = ?$

2) $I_4 = ?$

Решение и решение

I_i - сила тока на i -ой резисторе U_i - i -ый потенциал



Вопрос: почему потенциалы равны, тогда найдём эквивалентную цепь!



Отсюда: $R_{2-4} = R_2 + \frac{1}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} =$

$$= \frac{1}{2r} + \frac{1}{2r} + \frac{1}{4r} = \frac{1}{r} + \frac{1}{4r} = \frac{4+1}{4r} = \frac{5}{4r} \Rightarrow R_{2-4} = \frac{4}{5}r = 0,8r$$

$$R_{AB} = R_1 + R_{2-4} = 3r + 0,8r = 3,8r \Rightarrow R_{AB} = 3,8r$$

Потом найдём I_4 : Напряжение U , при последовательном соединении будет делиться на первый (1) и 2-4 резисторы, тогда:

$$U = U_1 + U_{2-4}$$

$$U_1 = I R_1 = I \cdot 3r$$

$$U_{2-4} = I R_{2-4} = I \cdot 0,8r$$

I - общий ток в цепи
 При послед. соедин. токи равны

$$\Rightarrow \frac{U_1}{U_{2-4}} = \frac{3}{0,8} = \frac{3 \cdot 5}{4} = \frac{15}{4} \Rightarrow U_1 = \frac{4}{15} U_{2-4} \Rightarrow U_{2-4} = \frac{15}{4} U_1 \Rightarrow U = U_1 + U_{2-4} = \frac{4}{15} U_{2-4} + U_{2-4} =$$

$$= \frac{19}{15} U_{2-4} \Rightarrow U_{2-4} = \frac{15}{19} U$$

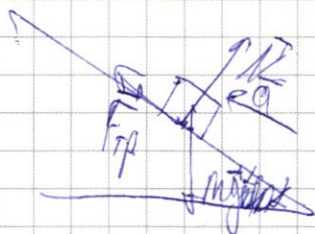
При паралл. соедин. напряжения на всех резисторах равны и равны общему напряжению на них, значит:

$$U_{2-4} = U_4 \Rightarrow \frac{15}{19} U = I_4 R_4 \Rightarrow \frac{15}{19} U = I_4 \cdot r \Rightarrow I_4 = \frac{15U}{19 \cdot r} = \frac{15 \cdot 3,8r}{19 \cdot 40} =$$

$$= \frac{18^3 A}{20^4} = 0,75 A$$

Ответ: 1) $3,8r$
 2) $0,75 A$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



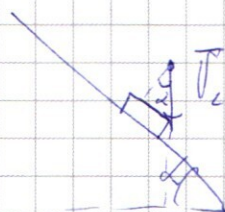
Дано:

$$h = 0,8 \text{ м} \quad g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$v_1 = 1 \text{ м/с} \quad m_1 = m_2$$

$$1) v_2 = ?$$

$$2) a = ?$$



$$N_g$$

$$-ma = -N + mg \sin \alpha$$

$$N = mg \cos \alpha$$

$$\Rightarrow a = g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)$$

В момент удара:



$$0 - (-mv_x) = F_{\text{тр}} t$$

$$0 - mv_x = -F_{\text{тр}} t$$

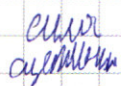
$$mv_x = F_{\text{тр}} t$$

$$mv_x = mv_x$$

$$v_x = v_x$$

$$v_1 = v_2 \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{\sqrt{v_2^2 - v_1^2}}{v_2}$$



$N \rightarrow N_1$
 $N_1 = \text{my cost}$

$$(M \cdot V - F_x) \cdot t = M \cdot V_1$$

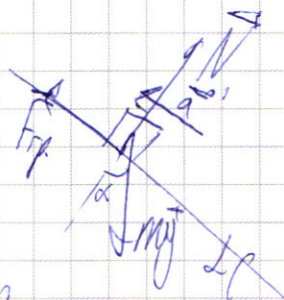
$$W_{\Delta} - F_{\Delta} \sin \theta$$

4/11/2021 - 16 SPMs

$$V_{\text{cap}}(2 - \sin \theta) = V_0$$

$$\rho_{\text{cool}} - \rho_{\text{ind}} = \frac{V_1}{V_2}$$

$$V_L = \sqrt{2gh} = 4 \text{ m/s}$$



Доцелта ма е 1/1, - my sind

$$N_1 - m_1 \dot{\varphi}^2 = 0 \Rightarrow N_1 = m_1 \dot{\varphi}^2$$

$$\Rightarrow a = \frac{g U_1}{U_2} = \frac{g \cdot \frac{U_1}{\sqrt{2gh}}}{\frac{U_2}{\sqrt{2gh}}} = 10 \text{ m/s}^2 \cdot \frac{0.5 \text{ m/s}}{\sqrt{16 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}} = 10 \text{ m/s}^2 \cdot \frac{1 \text{ m/s}}{\sqrt{16 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}}$$

$$= 10 \text{ W/cm}^2 \cdot \frac{1 \text{ W/e}}{4 \text{ W/e}} = 2,5 \text{ W/cm}^2$$

Answers: 1) 40/c
2) 25/c



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)

