Практическое занятие по физике 03.02.23

Примеры решения задач, подобных задачам в контрольной работе

Пример 1

Зависимость пройденного телом пути от времени задана уравнением $S = A - Bt + Ct^2$, где A=6 м, B=1 м/с и C=3 м/с^2. Через какое время t после начала движения скорость тела будет равна 11 м/с? Найти среднюю скорость и среднее ускорение за этот промежуток времени.

Дано: $S = A - Bt + Ct^2$, A=6 м, B=1 м/с, C=3 м/с^2, v=11 м/с.
Найти: t, $v_{ср}$, $a_{ср}$.

РЕШЕНИЕ:

Задано кинематическое уравнение движения. В этом случае скорость движения тела определяется как первая производная координаты (пути по условию задачи) по времени:

$$v = \frac{dS}{dt} = -B + 2Ct. \qquad (1)$$

Из уравнения (1) можно найти момент времени, в который скорость тела имеет заданное значение

$$t = \frac{v + B}{2C}. \qquad (2)$$

Подставив в (2) численные значения всех величин, найдем через какое время после начала движения скорость тела будет равна 11 м/с

$$t = \frac{11+1}{2 \cdot 3} = 2\,(\text{с}).$$

Среднее значение скорости за этот интервал времени по определению равно

$$v_{ср} = \frac{S(t) - S(0)}{t - 0} = \frac{A - Bt + Ct^2 - A}{t - 0} = \frac{-Bt + Ct^2}{2}. \qquad (3)$$

Подставив в (3) численные значения, найдем

$$v_{ср} = \frac{-1 \cdot 2 + 3 \cdot 2^2}{2} = 5 \ (\text{м/с}).$$

Среднее ускорение за тот же интервал времени определяется по формуле

$$a_{\text{ср}} = \frac{v(t) - v(0)}{t - 0} = \frac{-B + 2Ct + B}{t} = \frac{2Ct}{t} = 2C. \qquad (4)$$

Подставив в (4) численные значения, найдем

$$a_{\text{ср}} = 2 \cdot 3 = 6 \text{ (м/с}^2\text{)}.$$

Ответ: через 2 с; $v_{\text{ср}} = 5$ м/с; $a_{\text{ср}} = 6$ м/с^2.

Пример 2

Колесо радиусом R=0,1 м вращается так, что зависимость угла поворота радиуса колеса от времени дается уравнением $\varphi = A + Bt + Ct^3$, где B = 2 рад/с и C = 1 рад/с^3. Для точек, лежащих на ободе колеса, найти через время t = 2 с после начала движения: а) угловую скорость ω; б) линейную скорость v; в) угловое ускорение ε; г) тангенциальное a_τ и нормальное a_n ускорения, д) полное ускорение.

Дано: R=0,1 м, $\varphi = A+Bt+Ct^3$, B=2 рад/с, C=1 рад/c^3, t=2 с.

Найти: $\omega, v, \varepsilon, a_\tau, a_n, a_{\text{полн}}, \varphi$.

РЕШЕНИЕ:

Угловую скорость найдем, взяв первую производную от угла поворота колеса по времени

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{d(A + Bt + Ct^3)}{dt} = B + 3Ct^2. \qquad (1)$$

Подставив в формулу (1) заданные значения констант B и C и времени t, получим значение угловой скорости

$$\omega = 2 + 3 \cdot 1 \cdot 2^2 = 14 \text{ (рад/с)}.$$

Зная, как связаны линейная и угловая скорости, найдем линейную скорость

$$v = \omega R. \qquad (2)$$

Подставив численные значения величин, входящих в формулу (2), получим

$$v = 14 \cdot 0{,}1 = 1{,}4 \text{ (м/с)}.$$

Угловое ускорение найдем, взяв первую производную угловой скорости по времени

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d(B + 3Ct^2)}{dt} = 6Ct. \qquad (3)$$

Для момента времени t=2 с рассчитаем численное значение углового ускорения

$$\varepsilon = 6 \cdot 1 \cdot 2 = 12 \text{ (рад/с}^2\text{)}.$$

Нормальное ускорение

$$a_{\text{n}} = \omega^2 R; \tag{4}$$

$$a_n = 14^2 \cdot 0{,}1 = 19{,}6 \text{ м/с}^2.$$

Тангенциальное ускорение

$$a_\tau = \varepsilon R; \tag{5}$$

$$a_\tau = 12 \cdot 0{,}1 = 1{,}2 \text{ м/с}^2.$$

Полное ускорение найдем по формуле

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}.$$

Подставив численные значения величин, найдем

$$a = \sqrt{(19{,}6)^2 + (1{,}2)^2} = 19{,}64 \text{ (м/с}^2\text{)}.$$

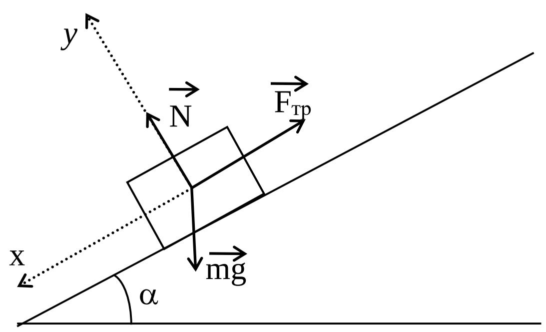
Ответ: ω=14 рад/с; v =1,4 м/с; ε=12 рад/с^2; a_τ=1,2 м/с^2; a_n =19,6 м/с^2; a=19,64 м/с^2.

Пример 3

Брусок равномерно скользит вниз по наклонной плоскости. Коэффициент трения бруска о плоскость μ = 0,47. Какой угол образует наклонная плоскость с горизонтом?

Дано: μ = 0,47.
Найти: α.

РЕШЕНИЕ:



На брусок на наклонной плоскости действуют силы:

$m\vec{g}$ – сила тяжести, направлена вертикально вниз;

$\vec{N}$ – сила нормальной реакции опоры, направлена перпендикулярно (нормально) опоре;

$\vec{F}_{\text{тр}}$ – сила трения скольжения, направлена в сторону, противоположную движению.

Так как брусок движется равномерно (a=0), то

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} = 0. \tag{1}$$

В проекциях на оси координат получим два скалярных уравнения:

$$mg\sin\alpha - F_{\text{тр}} = 0 \text{ – проекция на ось x;} \tag{2}$$

$$mg\cos\alpha - N = 0 \text{ – проекция на ось y.} \tag{3}$$

Из (2) выразим силу трения

$$F_{\text{тр}} = mg\sin\alpha. \tag{4}$$

Из (3) выразим силу нормальной реакции опоры

$$N = mg\cos\alpha. \tag{5}$$

Учитывая, что $F_{\text{тр}} = \mu N$, из (4) и (5) получим выражение

$$mg\sin\alpha = \mu mg\cos\alpha \tag{6}$$

Тогда

$$tg\alpha = \mu \tag{7}$$

Или

$$\alpha = arctg\mu \tag{8}$$

$$\alpha = arctg(0{,}47) = 25^0$$

<u>Ответ</u>: $\alpha = 25^0$.

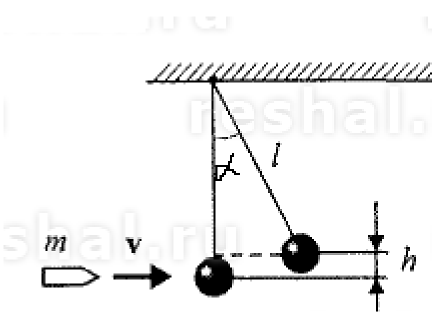
<u>Пример 4</u>

Пуля, летящая горизонтально со скоростью v=550м/с, попадает в шар, подвешенный на невесомом жёстком стержне, и застревает в нем. Масса шара M=2,6кг. Расстояние от центра шара до точки подвеса стержня l=1,5м. От удара пули стержень отклонился и шар поднимается на высоту h=18см. Найти массу пули и угол, на который отклоняется стержень. Принять g=10 м/с^2.

<u>Дано:</u> M=2,6 кг, v= 550м/с, l=1,6м, h=18см=0,18м.

<u>Найти:</u> m, α.

<u>РЕШЕНИЕ:</u>



Т.к. удар пули в шар – абсолютно неупругий, то по закону сохранения импульса

$$mv = (m + M)u. \qquad (1)$$

Выразим массу пули из (1)

$$mv - mu = m(v - u) = Mu;$$

$$m = \frac{Mu}{v - u}. \qquad (2)$$

Скорость шара с пулей непосредственно после удара найдем по закону сохранения энергии

$$\frac{(M + m)u^2}{2} = (M + m)gh,$$

Откуда

$$u = \sqrt{2gh} \qquad (3)$$

Подставим (3) в (2) и получим выражение для расчета массы пули

$$m = \frac{M\sqrt{2gh}}{v - \sqrt{2gh}}. \qquad (4)$$

Подставив в (4) численные значения величин, найдем

$$m = \frac{2{,}6\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0{,}18}}{550 - \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0{,}18}} = 0{,}009 кг = 9 г$$

Высота, на которую поднимается шар с пулей равна

$$h = l(1 - \cos\alpha)$$

Откуда

$$\cos\alpha = 1 - \frac{h}{l} \qquad \cos\alpha = 1 - \frac{0{,}18}{1{,}6} = 0{,}89$$

$$\alpha = \arccos 0{,}89 = 27^0$$

<u>Ответ</u>: $\alpha = 27^0$, m=9г.

К ободу однородного диска массой m=20кг и радиусом R=0,5м приложена касательная сила F=200Н. При вращении на диск действует момент сил трения $M_{тр}$=10Н·м. Найти угловое ускорение ε.

<u>Дано:</u> m=20кг, R=0,5м, F=200Н, $M_{тр}$=10Н·м.
<u>Найти:</u> ε.

<u>РЕШЕНИЕ:</u>

Угловое ускорение найдем из основного уравнения динамики вращательного движения

$$M = J\varepsilon,$$
$$\varepsilon = \frac{M}{J}\cdot \tag{1}$$

Модуль результирующего момента сил, действующих на диск, равен

$$M = FR - M_{тр} \quad \cdot \tag{2}$$

Момент инерции однородного диска

$$J = \frac{mR^2}{2} \cdot \tag{3}$$

Подставим (2) и (3) в (1) и получим выражение для расчета углового ускорения

$$\varepsilon = \frac{2(FR - M_{тр})}{mR^2}\cdot$$

Подставив численные значения величин, найдем

$$\varepsilon = \frac{2(200 \cdot 0{,}5 - 10)}{20 \cdot 0{,}5^2} = 36 рад/с\cdot$$

Ответ: ε=36рад/с.

Пример 5

Плоский конденсатор с площадью пластин S и расстоянием между пластинами d заполнен веществом с диэлектрической проницаемостью ε. К конденсатору приложено напряжение U. Определите: электроёмкость C конденсатора, энергию W заряженного конденсатора, напряжённость электрического поля E между пластинами и объёмную плотность энергии w.

Дано: S, d, ε, U.

Найти: C, W, E,w..

РЕШЕНИЕ:

Емкость плоского конденсатора находится по формуле

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}\cdot$$

Энергию W заряженного конденсатора можно рассчитать по формуле

$$W = \frac{CU^2}{2}\cdot$$

Напряжённость электрического поля E между пластинами найдем по формуле

$$E = \frac{U}{d}\cdot$$

Объёмную плотность энергии w вычислим по формуле

$$w = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2}.$$

Пример 6

Определить ток короткого замыкания для источника, который при токе в цепи I_1=10 А имеет полезную мощность P_1=500 Вт, а при токе I_2=5 А – мощность P_2=375 Вт.

Дано: I_1=10 А, P_1=500 Вт, I_2=5 А, P_2=375 Вт.
Найти: $I_{к.з.}$.

РЕШЕНИЕ:

Закон Ома для замкнутой цепи

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}.$$

При коротком замыкании сопротивление внешней цепи R=0.
Поэтому $I_{к.з}=\varepsilon / r$.
Полезная мощность

$$P = I\,U,$$

где U – падение напряжения на внешнем сопротивлении.
Тогда

$$U_1 = P_1 / I_1,$$

а из закона Ома: $U_1 = \varepsilon - I_1 r$.

Аналогично:

$$U_2 = P_2 / I_2 = \varepsilon - I_2 r.$$

Следовательно:

$$P_1 / I_1 = \varepsilon - I_1 r\,; \quad (1)$$
$$P_2 / I_2 = \varepsilon - I_2 r. \quad (2)$$

Вычтем почленно из выражения (1) выражение (2):

$$P_1 / I_1 - P_2 / I_2 = (I_2 - I_1) r.$$

Отсюда

$$r = \frac{P_1 I_2 - P_2 I_1}{(I_2 - I_1) I_1 I_2}. \quad (3)$$

Подставив численные значения величин в (3), найдем

$$r=\frac{500\cdot 5-375\cdot 10}{(5-10)\cdot 10\cdot 5}=5\,(\text{Ом}).$$

Выразим ЭДС из (1)

$$\varepsilon = U_1+I_1 r=\frac{P_1}{I_1}+I_1 r\,.$$

Подставив численные значения величин, найдем

$$\varepsilon=500/10+10\cdot 5=100\ (\text{В}).$$

Тогда ток короткого замыкания: $I_{к.з.}=\varepsilon/r=100/5=20$ (А).

Ответ: $I_{к.з.}$ = 20 А.

Пример 7

Для изготовления нагревательного элемента мощностью P=2500Вт взяли. диаметром d=1,7мм, с удельным сопротивлением материала, из которого изготовлена проволока – ρ=1,1мкОм·м. Приложенное напряжение U=220В. Определите длину l проволоки, её сопротивление R, силу тока I и плотность тока j.

Дано: P=2500Вт, d=1,7мм, ρ=1,1мкОм·м, U=220В.
Найти: l, R, I и j .

РЕШЕНИЕ:

Площадь сечения проволоки

$$S=\frac{\pi d^2}{4};\qquad S=\frac{3{,}14\cdot 1{,}7^2\cdot 10^{-6}}{4}=2{,}3\cdot 10^{-6}\ \text{м}^2=2{,}3\ \text{мм}^2.$$

Мощность тока $P=IU$. Откуда

$$I=\frac{P}{U};\qquad I=\frac{2500}{220}=11{,}4\ \text{А}.$$

Плотность тока

$$j=\frac{I}{S}\qquad j=\frac{11{,}4}{2{,}3\cdot 10^{-6}}=4{,}96\cdot 10^{6}\ \text{А/м}^2.$$

Сопротивление проволоки

$$R=\frac{U}{I};\qquad R=\frac{220}{11{,}4}=19{,}2\,Ом\cdot$$

Из формулы для сопротивления цилиндрического проводника

$$R=\rho\frac{l}{S}$$

выразим длину проволоки

$$l=\frac{RS}{\rho};\qquad l=\frac{19{,}2\cdot 2{,}3\cdot 10^{-6}}{1{,}1\cdot 10^{-6}}=40\,м.$$

Ответ: l= 40м, R=19,2Ом, I=11,4А и j=4,96·10^{-6}А/м^2=4,96А/мм^2.

Пример 8

В однородном магнитном поле с постоянной частотой f=10с$^{-1}$ вращается рамка. Обмотка рамки содержит N=100 витков провода и охватывает площадь S=30·10^{-4}м^2. При этом на концах обмотки регистрируется напряжение, эффективное значение которого Uэф=20В. Определите величину индукции магнитного поля.

Дано: f=10с$^{-1}$, S=30·10^{-4}м^2, N=100, Uэф=20В.
Найти: B .

РЕШЕНИЕ:

По закону Фарадея

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt}. \qquad (1)$$

При вращении рамки в однородном магнитном поле с постоянной частотой магнитный поток изменяется за счет изменения угла между направлением вектора магнитной индукции и нормалью к плоскости рамки, поэтому

$$\Phi = NBS\cos 2\pi f \ . \qquad (2)$$

С учетом (2) закон Фарадея можно записать

$$\varepsilon_i = -\frac{d(NBS\cos 2\pi f\ )}{dt} = 2\pi fNBS\sin 2\pi f \ . \qquad (3)$$

Из выражения (3) следует, что

$$\varepsilon_{i\,max} = 2\pi fNBS.$$

Откуда величина индукции магнитного поля равна

$$B = \frac{\varepsilon_{i\,max}}{2\pi fNS}.$$

Учитывая, что $\varepsilon_{i\,max}$=U$_{max}$ и $U_{эф} = -\frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$,

получим окончательное выражение для B

$$B = \frac{\sqrt{2}U_{эф}}{2\pi fNS} = \frac{U_{эф}}{\sqrt{2}\pi fNS}.$$

Подставив численные значения величин, найдем

$$B = \frac{20}{\sqrt{2}\cdot 3{,}14\cdot 10\cdot 100\cdot 30\cdot 10^{-4}} = 1{,}5Тл.$$

Ответ: B=1,5Тл.