

ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ)
МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«ПАРУСА НАДЕЖДЫ»
ПО ПРОФИЛЮ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ
2019-2020 УЧ. ГОД

Решения к заданиям очного тура
9-10 классы

Вариант 1

Задание 1.

Дано: $w = \Delta a / \Delta t = 10^{-5} \text{ м/с}^3$; $S = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$; $L = 5 \text{ м}$;
 $s = 10^{-6} \text{ м}^2$; $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Найти: v .

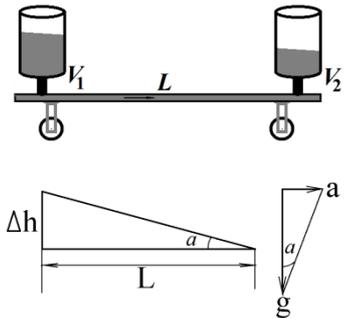
Перевод в СИ: все исходные данные уже в СИ.

Решение:

Если a – ускорение тележки, g – ускорение свободного падения, то: $\text{tga} = a/g$ и $\text{tga} = \Delta h/L$, где Δh – разность уровней жидкости в цилиндрах. Прямоугольные треугольники длин и ускорений являются подобными.

Пусть за время Δt (т.к. Δt малая величина, то $a = \text{tga} = \text{sina}$) ускорение изменится на Δa (где $\Delta a = w \cdot \Delta t$), тогда $\Delta h = L \cdot \text{tga} = L \cdot \Delta a / g$, т.е. $\Delta V = S \cdot \Delta h = S \cdot L \cdot \Delta a / g = S \cdot L \cdot w \cdot \Delta t / g$, где ΔV – это объём жидкости в цилиндре высотой Δh . Т.е. через тонкую трубку пройдет объём $V = 0,5 \cdot \Delta V = 0,5 \cdot S \cdot L \cdot w \cdot \Delta t / g$, т.е. «грань» жидкости в тонкой трубке сместится на $\Delta l = V/s = 0,5 \cdot S \cdot L \cdot w \cdot \Delta t / (g \cdot s)$, т.е. скорость жидкости в тонкой трубке равна $v = \Delta l / \Delta t = 0,5 \cdot S \cdot L \cdot w \cdot \Delta t / (g \cdot s \cdot \Delta t) = 0,5 \cdot S \cdot L \cdot w / (g \cdot s)$, т.е. $v = 0,5 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-5} / (10 \cdot 10^{-6}) = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$.

Ответ: $v = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$ или $v = 1,3 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$ (любой из ответов считался верным).



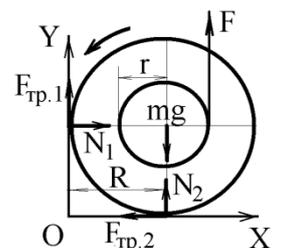
Задание 2.

Дано: $R = 2 \text{ см}$; $m = 20 \text{ г}$; $r = 1 \text{ см}$; $\mu = 0,1$.

Найти: F .

Перевод в СИ: $R = 2 \text{ см} = 0,02 \text{ м}$; $m = 20 \text{ г} = 0,02 \text{ кг}$;

$r = 1 \text{ см} = 0,01 \text{ м}$.



Решение:

В момент равновесия должно выполняться два условия: сумма всех сил действующих на тело должна равняться нулю и сумма всех моментов сил также должна равняться нулю. По оси OX: $N_1 - F_{\text{тр},2} = 0$. По оси OY: $F_{\text{тр},1} + N_2 + F - mg = 0$. Центр окружности считаем осью вращения: $F \cdot r - F_{\text{тр},1} \cdot R - F_{\text{тр},2} \cdot R = 0$. По определению сила трения скольжения равна $F_{\text{тр}} = \mu \cdot N$, где N – нормальная реакция опоры. С учетом этого определения уравнения примут вид: $N_1 - \mu \cdot N_2 = 0$ (т.е. $N_1 = \mu \cdot N_2$); $\mu \cdot N_1 + N_2 + F - mg = 0$; $F \cdot r - \mu \cdot N_1 \cdot R - \mu \cdot N_2 \cdot R = 0$. Т.е. $\mu \cdot \mu \cdot N_2 + N_2 + F - mg = 0$ (т.е. $N_2 = (mg - F)/(\mu^2 + 1)$); $F \cdot r - \mu \cdot \mu \cdot N_2 \cdot R - \mu \cdot N_2 \cdot R = 0$ (т.е. $F = m \cdot g \cdot R \cdot (\mu + 1) \cdot \mu / [r \cdot (\mu^2 + 1) + \mu \cdot R \cdot (\mu + 1)]$). Подставим численные значения: $F = 0,02 \cdot 10 \cdot 0,02 \cdot (0,1 + 1) \cdot 0,1 / [0,01 \cdot (0,1^2 + 1) + 0,1 \cdot 0,02 \cdot (0,1 + 1)] = 0,036$ Н.

Ответ: $F = 0,036$ Н (при $g = 10$ м/с²) или $F = 0,035$ Н (при $g = 9,8$ м/с²) – оба ответа считались верными.

Задание 3.

Дано: $m = 7$ кг, $L = 1$ м, $a = 10$ см,

$\rho = 1$ г/см³, $g = 10$ м/с².

Найти: ΔW .

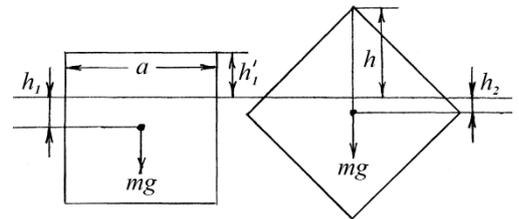
Перевод в СИ: $\rho = 1$ г/см³ = 1000 кг/м³;

$a = 10$ см = 0,1 м.

Решение:

Найдем плотность бруска: $\rho_{\text{бруска}} = m/V_{\text{бруска}} = m/(L \cdot a^2) = 7/(1 \cdot 0,1^2) = 700$ кг/м³, т.е. брусок плавает и центр тяжести бруска (центр масс) находится ниже уровня жидкости. Т.к. $L = \text{const}$, то $V_1/V_2 = S_1/S_2$, где S – площадь сечения бруска. $V_1/V_2 = \rho_{\text{бруска}}/\rho = 700/1000 = 0,7$; т.е. $h_1' = 0,3 \cdot a$; т.е. $h_1 = 0,5 \cdot a - 0,3 \cdot a = 0,2 \cdot a$, где h_1 – это расстояние от поверхности жидкости до центра масс бруска номер 1. Т.к. $h \cdot h = 0,3 \cdot a^2$; то $h = a \cdot 0,5477$ и $h_2 = a \cdot 0,7071 - h = a \cdot 0,7071 - a \cdot 0,5477 = a \cdot 0,1594$. $\Delta W = m \cdot g \cdot \Delta h = m \cdot g \cdot (h_1 - h_2) = m \cdot g \cdot (a \cdot 0,2 - a \cdot 0,1594) = m \cdot g \cdot a \cdot 0,0406 = 7 \cdot 10 \cdot 0,1 \cdot 0,0406 = 0,28$ Дж.

Ответ: $\Delta W = 0,28$ Дж.



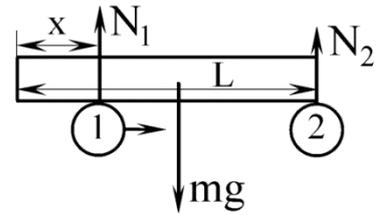
Задание 4.

Дано: $\mu = 0,2$; $\mu_0 = 0,3$; $L = 20$ см; $g = 10$ м/с².

Найти: x .

Перевод в СИ: $L = 20$ см = 0,2 м.

Решение:



В момент равновесия должно выполняться два условия: сумма всех сил действующих на тело должна равняться нулю и сумма всех моментов сил также должна равняться нулю. Т.к. карандаш однороден, то можно считать, что вся масса карандаша сосредоточена в его центре. N_1 – нормальная реакция опоры в районе 1-го (левого) пальца в момент 1-й остановки карандаша, N_2 – нормальная реакция опоры в районе 2-го (правого) пальца в момент 1-й остановки карандаша. $N_1 + N_2 = m \cdot g$, т.е. $N_2 = m \cdot g - N_1$. $N_1 \cdot (0,5 \cdot L - x) = N_2 \cdot 0,5 \cdot L$; т.е. $N_1 \cdot (L - 2 \cdot x) = N_2 \cdot L$. $F_{\text{тр.скольжения}} = \mu \cdot N$ и $F_{\text{тр.покоя}} = \mu_0 \cdot N$. В момент 1-ой остановки: $\mu \cdot N_1 = \mu_0 \cdot N_2$. Т.е. $\mu \cdot N_1 = \mu_0 \cdot (m \cdot g - N_1)$, откуда $N_1 = \mu_0 \cdot m \cdot g / (\mu + \mu_0)$. $N_2 = m \cdot g - N_1 = m \cdot g - \mu_0 \cdot m \cdot g / (\mu + \mu_0) = \mu \cdot m \cdot g / (\mu + \mu_0)$. Таким образом $[\mu_0 \cdot m \cdot g / (\mu + \mu_0)] \cdot (L - 2 \cdot x) = [\mu \cdot m \cdot g / (\mu + \mu_0)] \cdot L$, откуда $x = L \cdot (\mu_0 - \mu) / (2 \cdot \mu_0)$.

Подставим цифровые данные: $x = 0,2 \cdot (0,3 - 0,2) / (2 \cdot 0,3) = 0,033$ м = 33 мм.

Ответ: $x = 33$ мм.

Задание 5.

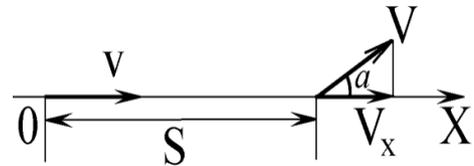
Дано: $\alpha = 30^\circ$; $S = 30$ м; $v = 54$ км/час; $V = 61,2$ км/час.

Найти: t .

Перевод в СИ: $\alpha = 30^\circ = \pi/6$ рад;

$v = 54$ км/час = 15 м/с;

$V = 61,2$ км/час = 17 м/с.



Решение:

Величина скорости «удаления» механического зайца от собаки равна: $V_x = V \cdot \cos \alpha$. Величина скорости «сближения» собаки и механического зайца равна: $V_{\text{сближения}} = v - V_x = v - V \cdot \cos \alpha$. Искомое время t равно: $t = S / V_{\text{сближения}} = S / (v - V \cdot \cos \alpha)$. Подставим численные значения: $t = 30 / (15 - 17 \cdot 0,866) = 108$ с.

Ответ: $t = 108$ с.

Задание 6.

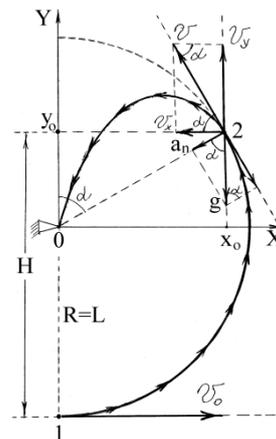
Дано: $L = 1 \text{ м}$; $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Найти: v_0 .

Перевод в СИ: все исходные данные уже в СИ.

Решение:

Точка 1 – это начало траектории движения. Точка 2 – это конец движения по окружности и начало движения по параболе.



$L = R$ – это радиус траектории движения в начале движения. O – точка подвеса и начало осей OX и OY . x_0 – координата по оси OX точки 2, y_0 – координата по оси OY точки 2. Пусть в точке 2 величина скорости равна v , т.к. после точки 2 ускорение постоянное, то: $x = x_0 + v_{0x} \cdot t + a_x \cdot t^2/2$ и $y = y_0 + v_{0y} \cdot t + a_y \cdot t^2/2$; где $x_0 = R \cdot \sin \alpha$, $y_0 = R \cdot \cos \alpha$, $v_{0x} = -v \cdot \cos \alpha$, $v_{0y} = v \cdot \sin \alpha$. Т.е. $x = R \cdot \sin \alpha - v \cdot \cos \alpha \cdot t$ и $y = R \cdot \cos \alpha + v \cdot \sin \alpha \cdot t - g \cdot t^2/2$. В точке подвеса $x = 0$ и $y = 0$. Т.е. $0 = R \cdot \sin \alpha - v \cdot \cos \alpha \cdot t$ и $0 = R \cdot \cos \alpha + v \cdot \sin \alpha \cdot t - g \cdot t^2/2$, поэтому $t = R \cdot \sin \alpha / (v \cdot \cos \alpha)$ и $0 = R \cdot \cos \alpha + v \cdot \sin \alpha \cdot R \cdot \sin \alpha / (v \cdot \cos \alpha) - g \cdot [R \cdot \sin \alpha / (v \cdot \cos \alpha)]^2/2$. В точке 2: $a_n = v^2/R$ и $a_n = g \cdot \cos \alpha$, т.е. $v^2/R = g \cdot \cos \alpha$ или $v^2 = g \cdot R \cdot \cos \alpha$. Т.е. по оси OY : $0 = R \cdot \cos \alpha + R \cdot \sin^2 \alpha / \cos \alpha - g \cdot R^2 \cdot \sin^2 \alpha / [2 \cdot g \cdot R \cdot \cos \alpha \cdot \cos^2 \alpha]$ или $0 = R \cdot \cos \alpha + R \cdot \sin^2 \alpha / \cos \alpha - R \cdot \sin^2 \alpha / [2 \cdot \cos \alpha \cdot \cos^2 \alpha]$. Таким образом: $0 = 2 \cdot \cos^4 \alpha + \sin^2 \alpha \cdot 2 \cdot \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$ или $0 = 2 \cdot \cos^4 \alpha + \sin^2 \alpha \cdot (2 \cdot \cos^2 \alpha - 1)$. Т.к. $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$, то $\sin^2 \alpha = 1 - \cos^2 \alpha$, поэтому $0 = 2 \cdot \cos^4 \alpha + (1 - \cos^2 \alpha) \cdot (2 \cdot \cos^2 \alpha - 1)$. Если заменим $\cos^2 \alpha$ на z , то получим: $0 = 2 \cdot z^2 + (1 - z)(2 \cdot z - 1)$ или $0 = 3 \cdot z - 1$, т.е. $z = 1/3$ или $\cos^2 \alpha = 1/3$, т.е. $\cos \alpha = 3^{1/2}/3$. Пусть масса материальной точки равна m . В точке 2 сумма кинетической и потенциальной энергий материальной точки равна кинетической энергии в точке 1: $m \cdot v_0^2/2 = m \cdot g \cdot H + m \cdot v^2/2$, т.е. $v_0^2/2 = g \cdot (R + R \cdot \cos \alpha) + v^2/2$ или $v_0^2 = 2 \cdot g \cdot R \cdot (1 + \cos \alpha) + v^2 = 2 \cdot g \cdot R \cdot (1 + \cos \alpha) + g \cdot R \cdot \cos \alpha = g \cdot R \cdot (3 \cdot \cos \alpha + 2)$. Т.е. $v_0 = [g \cdot R \cdot (3 \cdot \cos \alpha + 2)]^{1/2}$. Подставим численные значения: $v_0 = [10 \cdot 1 \cdot (3 \cdot 3^{1/2}/3 + 2)]^{1/2} = 6,1 \text{ м/с}$.

Ответ: $v_0 = 6,1 \text{ м/с}$.

ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ)
МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
«ПАРУСА НАДЕЖДЫ»
ПО КОМПЛЕКСУ ПРЕДМЕТОВ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ
2019-2020 УЧ. ГОД
Решения к задачам очного тура
9-10 классы

Вариант 2

Задание 1.

Дано: $w = \Delta a / \Delta t = 10^{-5} \text{ м/с}^3$; $S = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$; $L = 10 \text{ м}$;
 $s = 10^{-6} \text{ м}^2$; $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Найти: v .

Перевод в СИ: все исходные данные уже в СИ.

Решение:

Если a – ускорение тележки, g – ускорение свободного падения, то: $\text{tga} = a/g$ и $\text{tga} = \Delta h/L$, где Δh – разность уровней жидкости в цилиндрах. Прямоугольные треугольнички длин и ускорений являются подобными. Пусть за время Δt (т.к. Δt малая величина, то $a = \text{tga} = \text{sina}$) ускорение изменится на Δa (где $\Delta a = w \cdot \Delta t$), тогда $\Delta h = L \cdot \text{tga} = L \cdot \Delta a/g$, т.е. $\Delta V = S \cdot \Delta h = S \cdot L \cdot \Delta a/g = S \cdot L \cdot w \cdot \Delta t/g$, где ΔV – это объём жидкости в цилиндре высотой Δh . Т.е. через тонкую трубку пройдет объём $V = 0,5 \cdot \Delta V = 0,5 \cdot S \cdot L \cdot w \cdot \Delta t/g$, т.е. «грань» жидкости в тонкой трубке сместится на $\Delta l = V/s = 0,5 \cdot S \cdot L \cdot w \cdot \Delta t / (g \cdot s)$, т.е. скорость жидкости в тонкой трубке равна $v = \Delta l / \Delta t = 0,5 \cdot S \cdot L \cdot w \cdot \Delta t / (g \cdot s \cdot \Delta t) = 0,5 \cdot S \cdot L \cdot w / (g \cdot s)$, т.е. $v = 0,5 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-5} / (10 \cdot 10^{-6}) = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$.

Ответ: $v = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$.

Задание 2.

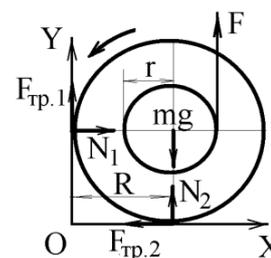
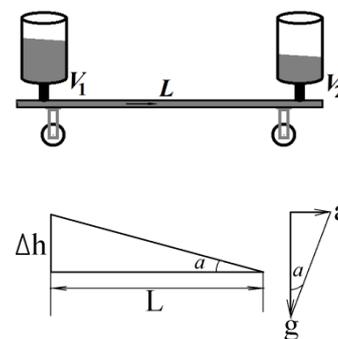
Дано: $R = 4 \text{ см}$; $m = 20 \text{ г}$; $r = 2 \text{ см}$; $\mu = 0,1$.

Найти: F .

Перевод в СИ: $R = 4 \text{ см} = 0,04 \text{ м}$;

$m = 20 \text{ г} = 0,02 \text{ кг}$;

$r = 2 \text{ см} = 0,02 \text{ м}$.



Решение:

В момент равновесия должно выполняться два условия: сумма всех сил действующих на тело должна равняться нулю и сумма всех моментов сил также должна равняться нулю. По оси OX: $N_1 - F_{\text{тр.2}} = 0$. По оси OY: $F_{\text{тр.1}} + N_2 + F - mg = 0$. Центр окружности считаем осью вращения: $F \cdot r - F_{\text{тр.1}} \cdot R - F_{\text{тр.2}} \cdot R = 0$. По определению сила трения скольжения равна $F_{\text{тр.}} = \mu \cdot N$, где N – нормальная реакция опоры. С учетом этого определения уравнения примут вид: $N_1 - \mu \cdot N_2 = 0$ (т.е. $N_1 = \mu \cdot N_2$); $\mu \cdot N_1 + N_2 + F - mg = 0$; $F \cdot r - \mu \cdot N_1 \cdot R - \mu \cdot N_2 \cdot R = 0$. Т.е. $\mu \cdot \mu \cdot N_2 + N_2 + F - mg = 0$ (т.е. $N_2 = (mg - F) / (\mu^2 + 1)$); $F \cdot r - \mu \cdot \mu \cdot N_2 \cdot R - \mu \cdot N_2 \cdot R = 0$ (т.е. $F = m \cdot g \cdot R \cdot (\mu + 1) \cdot \mu / [r \cdot (\mu^2 + 1) + \mu \cdot R \cdot (\mu + 1)]$). Подставим численные значения: $F = 0,02 \cdot 10 \cdot 0,04 \cdot (0,1 + 1) \cdot 0,1 / [0,02 \cdot (0,1^2 + 1) + 0,1 \cdot 0,04 \cdot (0,1 + 1)] = 0,036$ Н.

Ответ: $F = 0,036$ Н (при $g = 10$ м/с²) или $F = 0,035$ Н (при $g = 9,8$ м/с²) – оба ответа считались верными.

Задание 3.

Дано: $m = 9$ кг, $L = 1$ м, $a = 10$ см,
 $\rho = 1$ г/см³, $g = 10$ м/с².

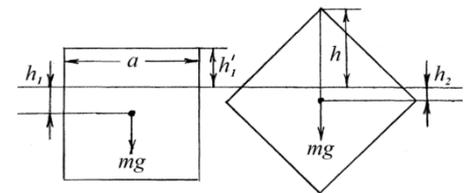
Найти: ΔW .

Перевод в СИ: $\rho = 1$ г/см³ = 1000 кг/м³; $a = 10$ см = 0,1 м.

Решение:

Найдем плотность бруска: $\rho_{\text{бруска}} = m / V_{\text{бруска}} = m / (L \cdot a^2) = 9 / (1 \cdot 0,1^2) = 900$ кг/м³, т.е. брусок плавает и центр тяжести бруска (центр масс) находится ниже уровня жидкости. Т.к. $L = \text{const}$, то $V_1 / V_2 = S_1 / S_2$, где S – площадь сечения бруска. $V_1 / V_2 = \rho_{\text{бруска}} / \rho = 900 / 1000 = 0,9$; т.е. $h_1 = 0,1 \cdot a$; т.е. $h_1 = 0,5 \cdot a - 0,1 \cdot a = 0,4 \cdot a$, где h_1 – это расстояние от поверхности жидкости до центра масс бруска номер 1. Т.к. $h \cdot h = 0,1 \cdot a^2$; то $h = a \cdot 0,3162$ и $h_2 = a \cdot 0,7071 - h = a \cdot 0,7071 - a \cdot 0,3162 = a \cdot 0,3909$. $\Delta W = m \cdot g \cdot \Delta h = m \cdot g \cdot (h_1 - h_2) = m \cdot g \cdot (a \cdot 0,4 - a \cdot 0,3909) = m \cdot g \cdot a \cdot 0,0091 = 9 \cdot 10 \cdot 0,1 \cdot 0,0091 = 0,082$ Дж.

Ответ: $\Delta W = 0,082$ Дж.



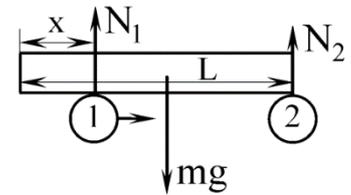
Задание 4.

Дано: $\mu = 0,2$; $\mu_0 = 0,25$; $L = 20$ см; $g = 10$ м/с².

Найти: x .

Перевод в СИ: $L = 20$ см = $0,2$ м.

Решение:



В момент равновесия должно выполняться два условия: сумма всех сил действующих на тело должна равняться нулю и сумма всех моментов сил также должна равняться нулю. Т.к. карандаш однороден, то можно считать, что вся масса карандаша сосредоточена в его центре. N_1 – нормальная реакция опоры в районе 1-го (левого) пальца в момент 1-й остановки карандаша, N_2 – нормальная реакция опоры в районе 2-го (правого) пальца в момент 1-й остановки карандаша. $N_1 + N_2 = m \cdot g$, т.е. $N_2 = m \cdot g - N_1$. $N_1 \cdot (0,5 \cdot L - x) = N_2 \cdot 0,5 \cdot L$; т.е. $N_1 \cdot (L - 2 \cdot x) = N_2 \cdot L$. $F_{\text{тр.скольжения}} = \mu \cdot N$ и $F_{\text{тр.покоя}} = \mu_0 \cdot N$. В момент 1-ой остановки: $\mu \cdot N_1 = \mu_0 \cdot N_2$. Т.е. $\mu \cdot N_1 = \mu_0 \cdot (m \cdot g - N_1)$, откуда $N_1 = \mu_0 \cdot m \cdot g / (\mu + \mu_0)$. $N_2 = m \cdot g - N_1 = m \cdot g - \mu_0 \cdot m \cdot g / (\mu + \mu_0) = \mu \cdot m \cdot g / (\mu + \mu_0)$.

Таким образом $[\mu_0 \cdot m \cdot g / (\mu + \mu_0)] \cdot (L - 2 \cdot x) = [\mu \cdot m \cdot g / (\mu + \mu_0)] \cdot L$, откуда $x = L \cdot (\mu_0 - \mu) / (2 \cdot \mu_0)$.

Подставим цифровые данные: $x = 0,2 \cdot (0,25 - 0,2) / (2 \cdot 0,25) = 0,02$ м = 20 мм.

Ответ: $x = 20$ мм.

Задание 5.

Дано: $a = 30^\circ$; $S = 30$ м; $v = 54$ км/час;

$V = 57,6$ км/час.

Найти: t .

Перевод в СИ: $a = 30^\circ = \pi/6$ рад;

$v = 54$ км/час = 15 м/с;

$V = 57,6$ км/час = 16 м/с.

Решение:

Величина скорости «удаления» механического зайца от собаки равна:

$V_x = V \cdot \cos a$. Величина скорости «сближения» собаки и механического зайца



равна: $V_{\text{сближения}} = v - V_x = v - V \cdot \cos a$. Искомое время t равно: $t = S/V_{\text{сближения}} = S/(v - V \cdot \cos a)$. Подставим численные значения: $t = 30/(15 - 16 \cdot 0,866) = 26$ с.

Ответ: $t = 26$ с.

Задание 6.

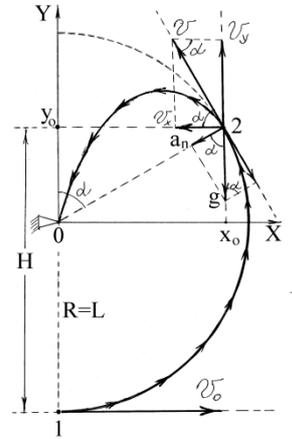
Дано: $L = 1$ м; $g = 10$ м/с², $m = 20$ г.

Найти: ρ_0 .

Перевод в СИ: $m = 20$ г = 0,02 кг.

Решение:

Точка 1 – это начало траектории движения. Точка 2 – это конец движения по окружности и начало движения по параболе. $L = R$ – это радиус траектории движения в начале движения. O – точка подвеса и начало осей OX и OY . x_0 – координата по оси OX точки 2, y_0 – координата по оси OY точки 2. Пусть в точке 2 величина скорости равна v , т.к. после точки 2 ускорение постоянное, то: $x = x_0 + v_{0x} \cdot t + a_x \cdot t^2/2$ и $y = y_0 + v_{0y} \cdot t + a_y \cdot t^2/2$; где $x_0 = R \cdot \sin a$, $y_0 = R \cdot \cos a$, $v_{0x} = -v \cdot \cos a$, $v_{0y} = v \cdot \sin a$. Т.е. $x = R \cdot \sin a - v \cdot \cos a \cdot t$ и $y = R \cdot \cos a + v \cdot \sin a \cdot t - g \cdot t^2/2$. В точке подвеса $x = 0$ и $y = 0$. Т.е. $0 = R \cdot \sin a - v \cdot \cos a \cdot t$ и $0 = R \cdot \cos a + v \cdot \sin a \cdot t - g \cdot t^2/2$, поэтому $t = R \cdot \sin a / (v \cdot \cos a)$ и $0 = R \cdot \cos a + v \cdot \sin a \cdot R \cdot \sin a / (v \cdot \cos a) - g \cdot [R \cdot \sin a / (v \cdot \cos a)]^2 / 2$. В точке 2: $a_n = v^2/R$ и $a_n = g \cdot \cos a$, т.е. $v^2/R = g \cdot \cos a$ или $v^2 = g \cdot R \cdot \cos a$. Т.е. по оси OY : $0 = R \cdot \cos a + R \cdot \sin^2 a / \cos a - g \cdot R^2 \cdot \sin^2 a / [2 \cdot g \cdot R \cdot \cos a \cdot \cos^2 a]$ или $0 = R \cdot \cos a + R \cdot \sin^2 a / \cos a - R \cdot \sin^2 a / [2 \cdot \cos a \cdot \cos^2 a]$. Таким образом: $0 = 2 \cdot \cos^4 a + \sin^2 a \cdot 2 \cdot \cos^2 a - \sin^2 a$ или $0 = 2 \cdot \cos^4 a + \sin^2 a \cdot (2 \cdot \cos^2 a - 1)$. Т.к. $\sin^2 a + \cos^2 a = 1$, то $\sin^2 a = 1 - \cos^2 a$, поэтому $0 = 2 \cdot \cos^4 a + (1 - \cos^2 a) \cdot (2 \cdot \cos^2 a - 1)$. Если заменим $\cos^2 a$ на z , то получим: $0 = 2 \cdot z^2 + (1 - z)(2 \cdot z - 1)$ или $0 = 3 \cdot z - 1$, т.е. $z = 1/3$ или $\cos^2 a = 1/3$, т.е. $\cos a = 3^{1/2}/3$. Пусть масса материальной точки равна m . В точке 2 сумма кинетической и потенциальной энергий материальной точки равна кинетической энергии в точке 1: $m \cdot v_0^2/2 = m \cdot g \cdot H + m \cdot v^2/2$, т.е. $v_0^2/2 = g \cdot (R + R \cdot \cos a) + v^2/2$ или $v_0^2 = 2 \cdot g \cdot R \cdot (1 + \cos a) + v^2 = 2 \cdot g \cdot R \cdot (1 + \cos a) + g \cdot R \cdot \cos a =$



$g \cdot R \cdot (3 \cdot \cos \alpha + 2)$. Т.е. $v_0 = [g \cdot R \cdot (3 \cdot \cos \alpha + 2)]^{1/2}$. Подставим численные значения: $v_0 = [10 \cdot 1 \cdot (3 \cdot 3^{1/2}/3 + 2)]^{1/2} = 6,1$ м/с. $p_0 = m \cdot v_0 = 0,02 \cdot 6,1 = 0,12$ кг·м/с.

Ответ: $p_0 = 0,12$ кг·м/с.