

**ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ)**  
**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА**  
**ИМ. Е.С. ВЕНТЦЕЛЬ**  
**ПО ПРОФИЛЮ «ФИЗИКА»**  
**2019-2020 УЧ. ГОД**

**Решения к задачам очного тура**

**9-10 классы**

**Вариант 1**

**Задание 1.**

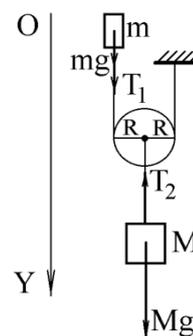
Дано:  $m, M, g$ .

Найти:  $a$ .

Перевод в СИ: считаем, что все исходные данные уже в СИ.

Решение:

Пусть ось  $OY$  направлена вертикально вниз. По второму закону Ньютона для грузика  $m$ :  $m \cdot g + T_1 = m \cdot a_1$ . Для груза  $M$ :  $M \cdot g - T_2 = M \cdot a_2$ . Пусть радиус невесомого блока равен  $R$  и ускорение блока (и груза  $M$ ) равно  $a$ . Тогда  $a_2 = a$  и  $a_1 = 2 \cdot a$ . Пусть  $T_1 = T$ , тогда  $T_2 = 2 \cdot T$ . С учетом вышеизложенного уравнения для грузов примут вид:  $m \cdot g + T = m \cdot 2 \cdot a$  и  $M \cdot g - 2 \cdot T = M \cdot a$ . Из первого уравнения найдем  $T = m \cdot 2 \cdot a - m \cdot g$  и подставим это выражение во второе уравнение  $M \cdot g - 2 \cdot (m \cdot 2 \cdot a - m \cdot g) = M \cdot a$ , т.е.  $a = g \cdot (M + 2 \cdot m) / (M + 4 \cdot m)$ . Подставив полученное значение для  $a$  в первое уравнение, найдем выражение для натяжения нити  $T = g \cdot M \cdot m / (M + 4 \cdot m)$ .



**Ответ:  $a = g \cdot (M + 2 \cdot m) / (M + 4 \cdot m)$ .**

**Задание 2.**

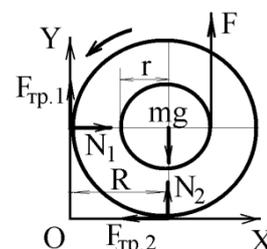
Дано:  $R = 2 \text{ см}; m = 20 \text{ г}; r = 1 \text{ см}; \mu = 0,1$ .

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 ОХ:  $N_1 - F_{\text{тр},2} = 0$ . По оси ОУ:  $F_{\text{тр},1} + N_2 + F - mg = 0$ . 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/с<sup>2</sup>) или  $F = 0,035$  Н (при  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>) – оба ответа считались верными.**

### Задание 3.

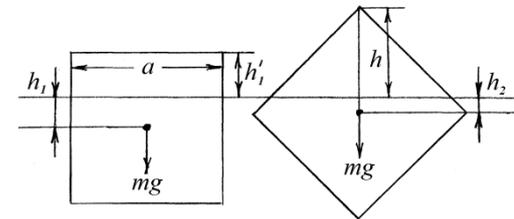
Дано:  $m = 7$  кг,  $L = 1$  м,  $a = 10$  см,  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>,  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

Найти:  $\Delta W$ .

Перевод в СИ:  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup> = 1000 кг/м<sup>3</sup>;  $a = 10$  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/м<sup>3</sup>, 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.  $h_1^1 = 0,3 \cdot a$ ; 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.

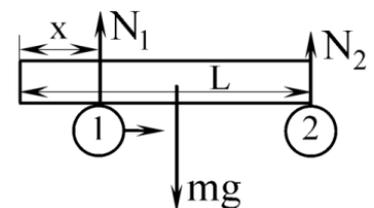
**Ответ:  $\Delta W = 0,28$  Дж.**

### Задание 4.

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

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:  $x = 0,2 \cdot (0,3 - 0,2) / (2 \cdot 0,3) = 0,033 \text{ м} = 33 \text{ мм}$ .

**Ответ:  $x = 33 \text{ мм}$ .**

### Задание 5.

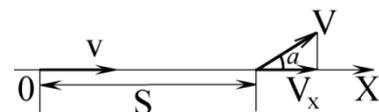
Дано:  $a = 30^\circ$ ;  $S = 30 \text{ м}$ ;  $v = 54 \text{ км/час}$ ;  $V = 61,2 \text{ км/час}$ .

Найти:  $t$ .

Перевод в СИ:  $a = 30^\circ = \pi/6 \text{ рад}$ ;  $v = 54 \text{ км/час} = 15 \text{ м/с}$ ;  $V = 61,2 \text{ км/час} = 17 \text{ м/с}$ .

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:  $t = 30 / (15 - 17 \cdot 0,866) = 108 \text{ с}$ .



**Ответ:  $t = 108 \text{ с}$ .**

### 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  $x_0 = R \cdot \sin a$ ,  $y_0 = R \cdot \cos a$ ,  $v_{0x} = -v \cdot \cos a$ ,  $v_{0y} = v \cdot \sin a$ . 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

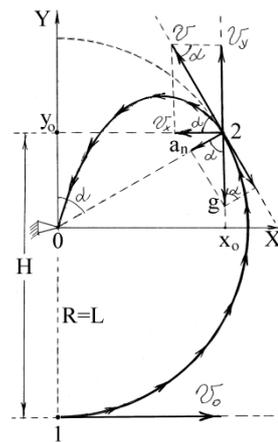
кинетической энергии в точке 1:  $m \cdot v_0^2/2 = m \cdot g \cdot H + m \cdot v^2/2$ , т.е.  $v_0^2/2 = g \cdot (R +$

$R \cdot \cos a) + v^2/2$  или  $v_0^2 = 2 \cdot g \cdot R \cdot (1 + \cos a) + v^2 = 2 \cdot g \cdot R \cdot (1 + \cos a) + g \cdot R \cdot \cos a =$

$g \cdot R \cdot (3 \cdot \cos a + 2)$ . Т.е.  $v_0 = [g \cdot R \cdot (3 \cdot \cos a + 2)]^{1/2}$ . Подставим численные

значения:  $v_0 = [10 \cdot 1 \cdot (3 \cdot 3^{1/2}/3 + 2)]^{1/2} = 6,1$  м/с.

**Ответ:  $v_0 = 6,1$  м/с.**



**ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ)**  
**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА**  
**ИМ. Е.С. ВЕНТЦЕЛЬ**  
**ПО ПРОФИЛЮ «ФИЗИКА»**  
**2019-2020 УЧ. ГОД**

**Решения к задачам очного тура**

**9-10 классы**

**Вариант 2**

**Задание 1.**

Дано:  $m, M, g$ .

Найти:  $T$ .

Перевод в СИ: считаем, что все исходные данные уже в СИ.

Решение:

Пусть ось  $OY$  направлена вертикально вниз. По второму закону Ньютона для грузика  $m$ :  $m \cdot g + T_1 = m \cdot a_1$ . Для груза  $M$ :  $M \cdot g - T_2 = M \cdot a_2$ . Пусть радиус невесомого блока равен  $R$  и ускорение блока (и груза  $M$ ) равно  $a$ . Тогда  $a_2 = a$  и  $a_1 = 2 \cdot a$ . Пусть  $T_1 = T$ , тогда  $T_2 = 2 \cdot T$ . С учетом вышеизложенного уравнения для грузов примут вид:  $m \cdot g + T = m \cdot 2 \cdot a$  и  $M \cdot g - 2 \cdot T = M \cdot a$ . Из первого уравнения найдем  $T = m \cdot 2 \cdot a - m \cdot g$  и подставим это выражение во второе уравнение  $M \cdot g - 2 \cdot (m \cdot 2 \cdot a - m \cdot g) = M \cdot a$ , т.е.  $a = g \cdot (M + 2 \cdot m) / (M + 4 \cdot m)$ . Подставив полученное значение для  $a$  в первое уравнение, найдем выражение для натяжения нити  $T = g \cdot M \cdot m / (M + 4 \cdot m)$ .

**Ответ:  $T = g \cdot M \cdot m / (M + 4 \cdot m)$ .**

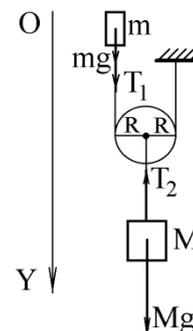
**Задание 2.**

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

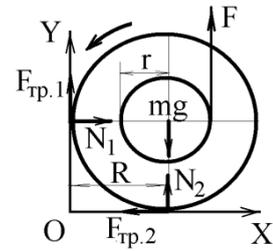
Найти:  $F$ .

Перевод в СИ:  $R = 4$  см = 0,04 м;  $m = 20$  г = 0,02 кг;  $r = 2$  см = 0,02 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:  $N_1 - F_{тр.2} = 0$ . По оси OY:  $F_{тр.1} + N_2 + F - mg = 0$ . Центр окружности считаем осью вращения:  $F \cdot r - F_{тр.1} \cdot R - F_{тр.2} \cdot R = 0$ . По определению сила трения скольжения равна  $F_{тр.} = \mu \cdot N$ , 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/с<sup>2</sup>) или  $F = 0,035$  Н (при  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>) – оба ответа считались верными.**

### Задание 3.

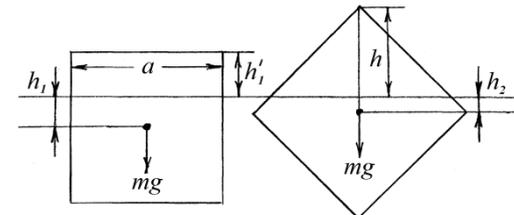
Дано:  $m = 9$  кг,  $L = 1$  м,  $a = 10$  см,  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>,  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

Найти:  $\Delta W$ .

Перевод в СИ:  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup> = 1000 кг/м<sup>3</sup>;  $a = 10$  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/м<sup>3</sup>, 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.  $h_1^1 = 0,1 \cdot a$ ; 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.**

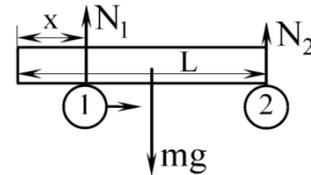
#### Задание 4.

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

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:  $\alpha = 30^\circ$ ;  $S = 30$  м;  $v = 54$  км/час;  $V = 57,6$  км/час.

Найти:  $t$ .

Перевод в СИ:  $\alpha = 30^\circ = \pi/6$  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:  $V_x = V \cdot \cos \alpha$ . 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:  $t = 30/(15 - 16 \cdot 0,866) = 26$  с.

**Ответ:  $t = 26$  с.**

**Задание 6.**

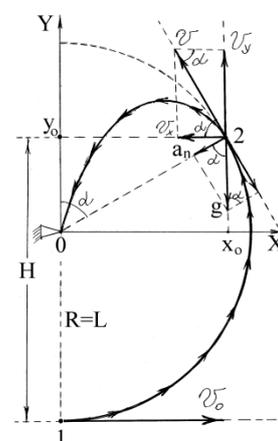
Дано:  $L = 1$  м;  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>,  $m = 20$  г.

Найти:  $p_0$ .

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  $x_0 = R \cdot \sin \alpha$ ,  $y_0 = R \cdot \cos \alpha$ ,  $v_{0x} = -v \cdot \cos \alpha$ ,  $v_{0y} =$



$v \cdot \sin \alpha$ . 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.  $v_0^2/2 = g \cdot (R +$

$R \cdot \cos a) + v^2/2$  или  $v_0^2 = 2 \cdot g \cdot R \cdot (1 + \cos a) + v^2 = 2 \cdot g \cdot R \cdot (1 + \cos a) + g \cdot R \cdot \cos a = g \cdot R \cdot (3 \cdot \cos a + 2)$ . Т.е.  $v_0 = [g \cdot R \cdot (3 \cdot \cos a + 2)]^{1/2}$ . 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.**