

Движение под действием нескольких сил



Алгоритм решения задач

содержание

- Алгоритм решения задач
- Движение в горизонтальном направлении
- Движение в вертикальном направлении
- Движение по наклонной плоскости
- Движение связанных тел
- Движение по окружности
- Заключение

Алгоритм решения задач

1. Нарисовать рисунок на котором показать:

а) все действующие силы (считаем тело материальной точкой поэтому все силы рисуем из центра тела)

б) направление ускорения (скорости) (выбираем в направлении движения тела)

в) выбрать оси координат (ось X выбираем в направлении движения тела, ось Y перпендикулярно X)

2. Написать второй закон Ньютона в общем виде и для конкретной задачи

3. Написать второй закон Ньютона в проекции на оси (в скалярном виде)

4. Написать формулы сил (трения, упругости и т.д.)

5. Написать кинематические уравнения движения

6. Найти искомую величину, выполнив необходимые математические преобразования (решить задачу)

7. Произвести вычисления, подставив значения известных величин.



ДВИЖЕНИЕ В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ НАПРАВЛЕНИИ

Задача № 1.

Автобус, масса которого с полной нагрузкой равна 15 т, трогается с места с ускорением $0,7 \text{ м/с}^2$. Найти силу тяги, если коэффициент сопротивления движению равен 0,03.

Дано:

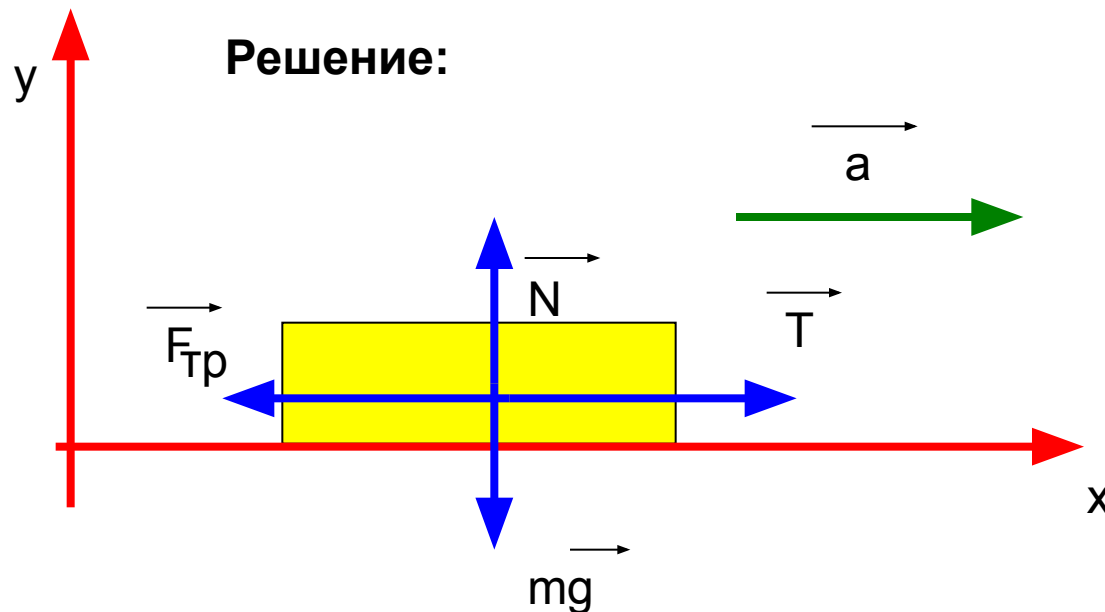
$$m = 15 \text{ т} = 15000 \text{ кг}$$

$$a = 0,7 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\mu = 0,03$$

Найти:

$$T - ?$$



$$\Sigma \vec{F} = m \vec{a}$$

$$\vec{N} + m \vec{g} + \vec{F}_T + \vec{F}_{TP} = m \vec{a}$$

$$x: T - F_{TP} = ma \Rightarrow T = F_{TP} + ma$$

$$y: N - mg = 0 \Rightarrow N = mg$$

$$F_{Tp} = \mu N = \mu mg$$

$$T = \mu mg + ma = m(\mu g + a)$$

$$T = 15000(0.03 * 10 + 0.7) = 15000H = 15kH$$



Задача № 2. Ящик массой 10кг перемещают по полу, прикладывая силу под углом 30° к горизонту.

В течение 5с скорость тела возросла с 2м/с до 14,4км/ч,

Коэффициент трения скольжения принять 0,15. Определите

эту силу.

$$m=10 \text{ кг}$$

$$t=5 \text{ с}$$

$$v_0=2 \text{ м/с}$$

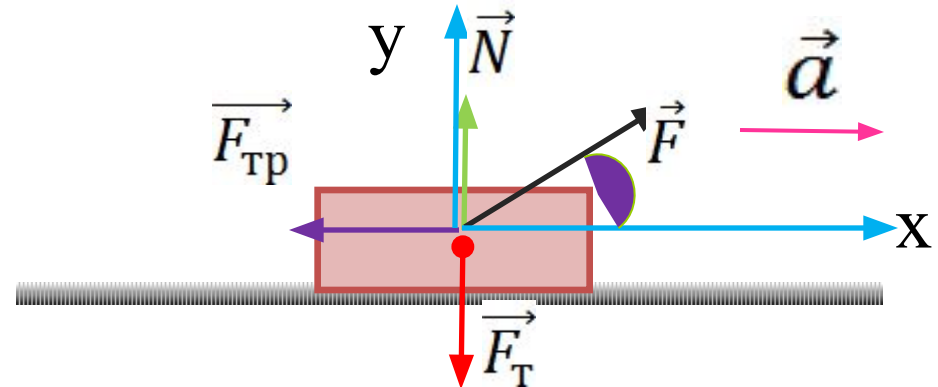
$$v=14,4 \text{ км/ч}$$

$$\mu=0,15$$

$$\alpha=30^\circ$$

СИ

4 м/с



$$\vec{R} = m \cdot \vec{a} \quad \vec{R} = \vec{F}_T + \vec{N} + \vec{F} + \vec{F}_{\text{тр}}$$

$$m \cdot \vec{a} = \vec{F}_T + \vec{N} + \vec{F} + \vec{F}_{\text{тр}}$$

$$\text{OX: } m \cdot a = F \cos \alpha - F_{\text{тр}}$$

$$\text{OY: } 0 = -F_T + N + F \sin \alpha$$

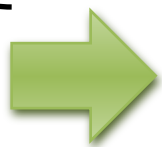
$$F_T = m \cdot g$$

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot N$$

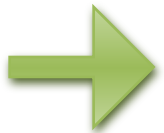
$$a = \frac{v - v_0}{t}$$



$$\left[\begin{array}{l} m \frac{v - v_0}{t} = F \cos \alpha + \mu N \\ 0 = -m \cdot g + N + F \sin \alpha \end{array} \right. \rightarrow \left[\begin{array}{l} m \frac{v - v_0}{t} = F \cos \alpha + \mu N \\ N = m \cdot g - F \sin \alpha \end{array} \right.$$



$$m \frac{v - v_0}{t} = F \cos \alpha - \mu(F \sin \alpha - mg)$$



$$m \frac{v - v_0}{t} = F \cos \alpha - \mu mg - \mu F \sin \alpha$$

$$F = \frac{m(v - v_0 + \mu gt)}{t(\cos \alpha - \mu \sin \alpha)}$$

$$F = \frac{10 \text{ kN} * \left(4 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 0,15 * 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 5 \text{ s} \right)}{5 \text{ s} (0,87 - 0,15 * 0,5)} \Rightarrow F = 25 \text{ H}$$

ДВИЖЕНИЕ В ВЕРТИКАЛЬНОМ НАПРАВЛЕНИИ

Задача № 1. Подъемный кран поднимает груз массой 1 т. Какова сила натяжения троса в начале подъема, если груз движется (очень коротковременно) с ускорением 25 м/с^2 .

Дано:

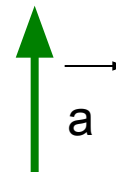
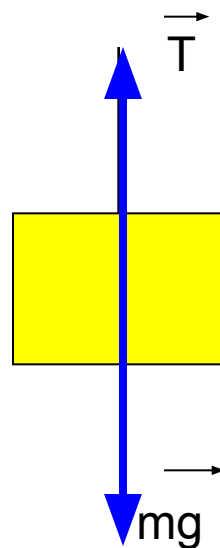
$$m = 1000 \text{ кг}$$

$$a = 25 \text{ м/с}^2$$

Найти:

T -?

Решение:



$$\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$$

$$T + mg = ma$$

$$T - mg = ma \Rightarrow$$

Y: $T = ma + mg$

$$T = m(a + g)$$

$$T = 1000 \text{ kg} \left(25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 35000 \text{ N}$$

$$T = 35 \text{ kN}$$



Задача № 3. Стальную отливку массой m поднимают из воды при помощи троса, жесткость которого равна k , с ускорением a . Плотность стали ρ_1 , а плотность воды ρ_2 . Найти удлинение троса. Силой сопротивления воды пренебречь.

m

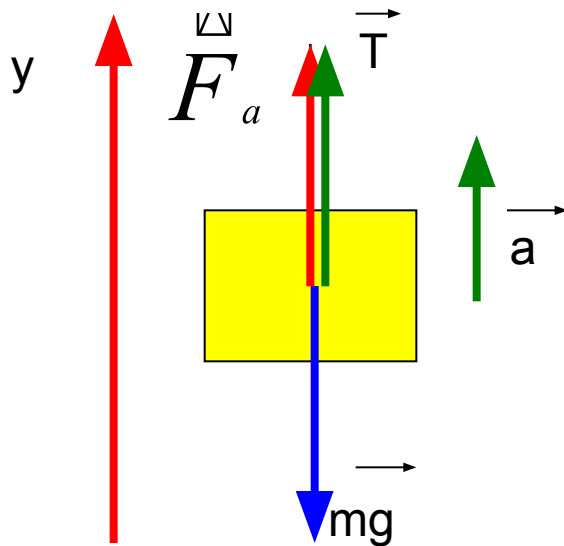
k

ρ_1

ρ_2

a

$x = ?$



$$\vec{T} + m\vec{g} + \vec{F}_a = m\vec{a}$$

$$T - mg + F_a = ma \Rightarrow$$

$$T = ma + mg - F_a$$

$$T = m(a + g) - F_a$$

$$F_a = \rho_2 g V$$

$$T = kx$$

$$V = \frac{m}{\rho_1}$$

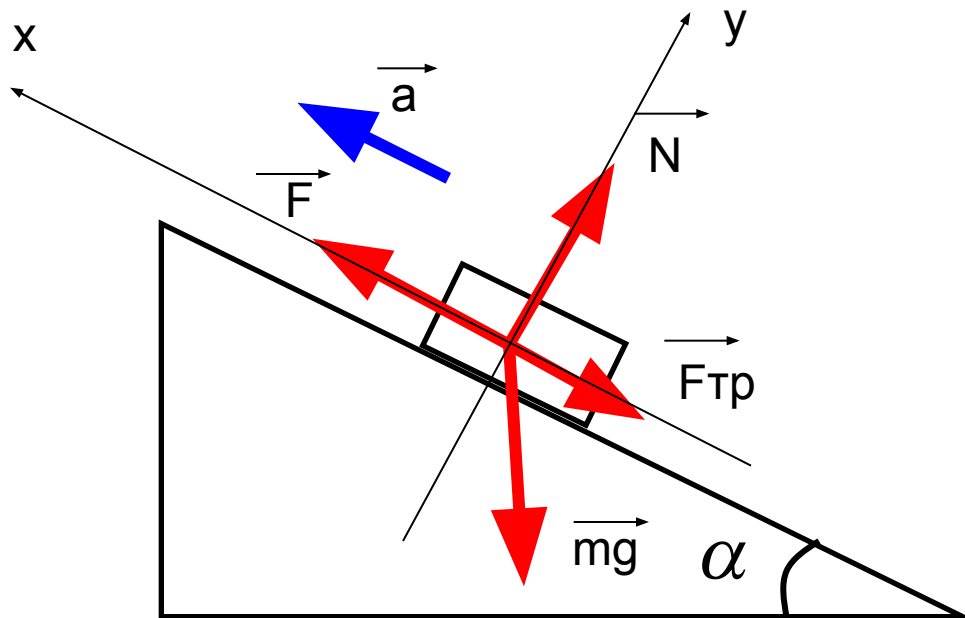
Y: $kx = m(a + g) - \rho_2 g \frac{m}{\rho_1}$

$$x = \frac{m}{k} \left[a + g \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_1} \right) \right]$$



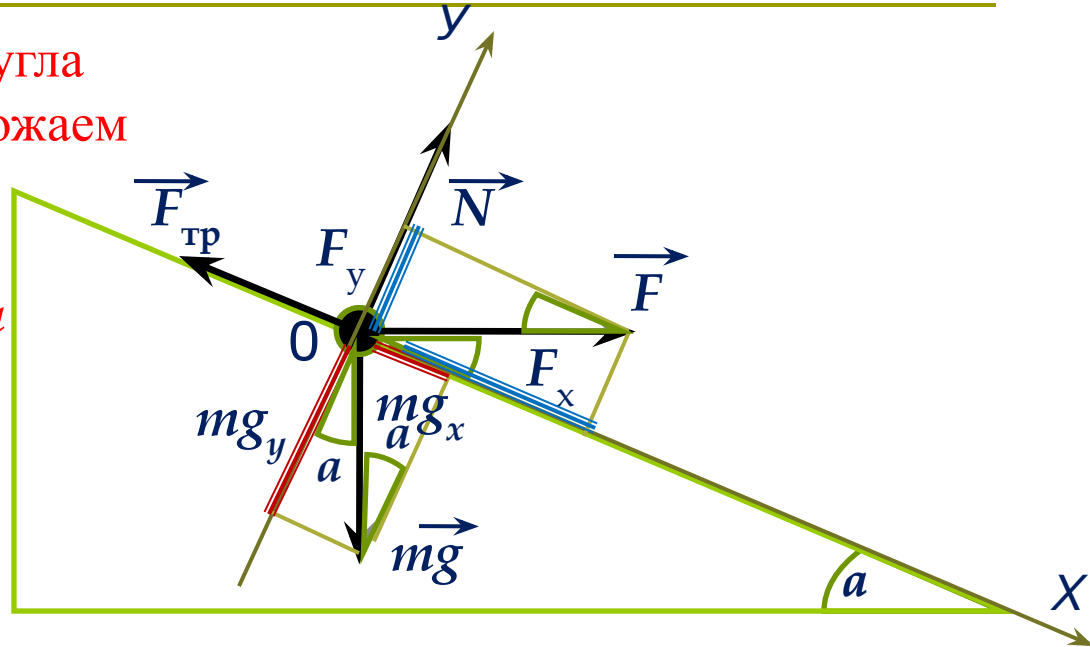
ДВИЖЕНИЕ ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ

При решении таких задач целесообразно направлять ось «x» по направлению ускорения, т.е. вдоль наклонной плоскости, ось «y» ей перпендикулярно.



ВАЖНО ПОМНИТЬ:

Если проекция вектора касается угла
(**косинус**), то длину вектора умножаем
на $\cos \alpha$, иначе не касается (не
косинус - **синус**) например:
 $mg_y = -mg \cos \alpha$ и $mg_x = mg \sin \alpha$



Тогда для проекции сил на оси координат
получим следующие выражения:

$$F_x = F \cos \alpha, \quad F_y = F \sin \alpha$$

$$mg_x = mg \sin \alpha, \quad mg_y = -mg \cos \alpha$$

$$N_x = 0, \quad N_y = N$$

$$F_{\text{тр}x} = -F_{\text{тр}}, \quad F_{\text{тр}y} = 0$$

Задача №1. Какую силу надо приложить для подъёма вагонетки массой 600 кг по эстакаде с углом наклона 20° , если коэффициент сопротивления движению равен 0,05?

Дано :

$$m = 600 \text{ кг}$$

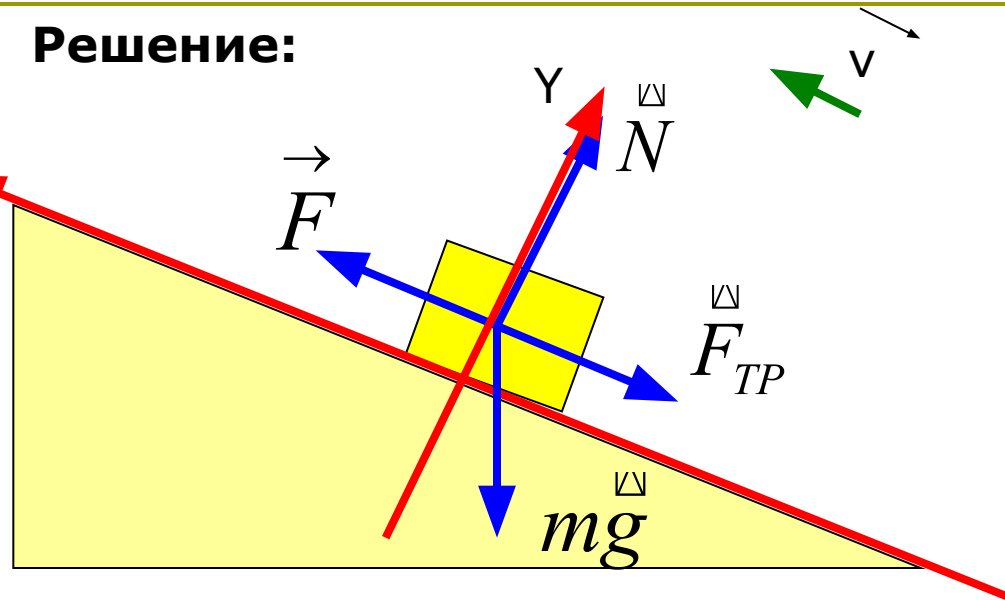
$$\alpha = 20^\circ$$

$$\mu = 0,05$$

Найти :

F

Решение:



$$\vec{F}_{mp} + \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{тяги} = 0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} OX : -F_{mp} + 0 - mg\sin\alpha + F_{тяги} = 0 \\ OY : 0 + N - mg\cos\alpha = 0 \end{array} \right.$$

$$F = F_{mp} + mg\sin\alpha$$

$$N = mg\cos\alpha$$

$$F = \mu N + mg\sin\alpha$$

$$F = \mu mg\cos\alpha + mg\sin\alpha$$

$$F = mg(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)$$

$$F = 600 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} (0,05 \cdot 0,94 + 0,34) = 2322 \text{ Н} = 2,3 \text{ кН}$$

$$\text{Ответ : } F = 2,3 \text{ кН}$$

Задание 2. Вагонетку поднимают по эстакаде с углом наклона 30° к горизонту. Масса вагонетки 2 т . Определить ускорение если сила натяжения троса 30 кН , коэффициент трения равен $0,05$.

0

Дано:

$$\alpha = 30^\circ$$

$$m = 2 \cdot 10^3 \text{ кг}$$

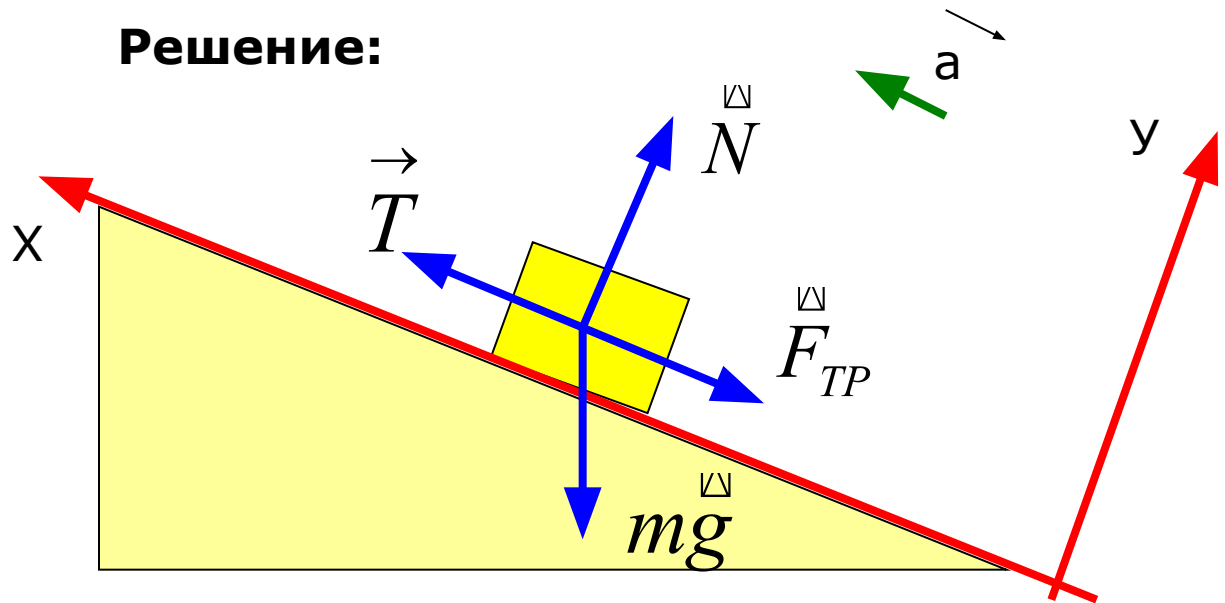
$$T = 3 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

$$\mu = 0.05$$

Найти:

a -?

Решение:



$$\Sigma F = ma$$

$$F_{TP} + F_T + N + mg = ma$$

OX: $T - F_{TP} - mg \sin \alpha = ma$

OY: $N - mg \cos \alpha = 0$

$$N = \mu mg \cos \alpha$$

$$F_{Tp} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$a = \frac{T - \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha}{m}$$

$$a = \frac{T - mg(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)}{m}$$

$$a = \frac{T}{m} - g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)$$

$$a = \frac{3 \cdot 10^4 \text{ H}}{2 \cdot 10^3 \text{ кг}} - 10 \frac{\text{M}}{\text{с}} (0,05 \cdot 0,87 - 0,5) = 9,6 \frac{\text{M}}{\text{с}^2}$$



ДВИЖЕНИЕ СВЯЗАННЫХ ТЕЛ

Задача №1. На шнуре, перекинутом через неподвижный блок, помещены грузы массами 0,3 и 0,2 кг. С каким ускорением движется система? Какова сила натяжения шнура во время движения?

Дано:

$$m_1 = 0.3 \text{ кг}$$

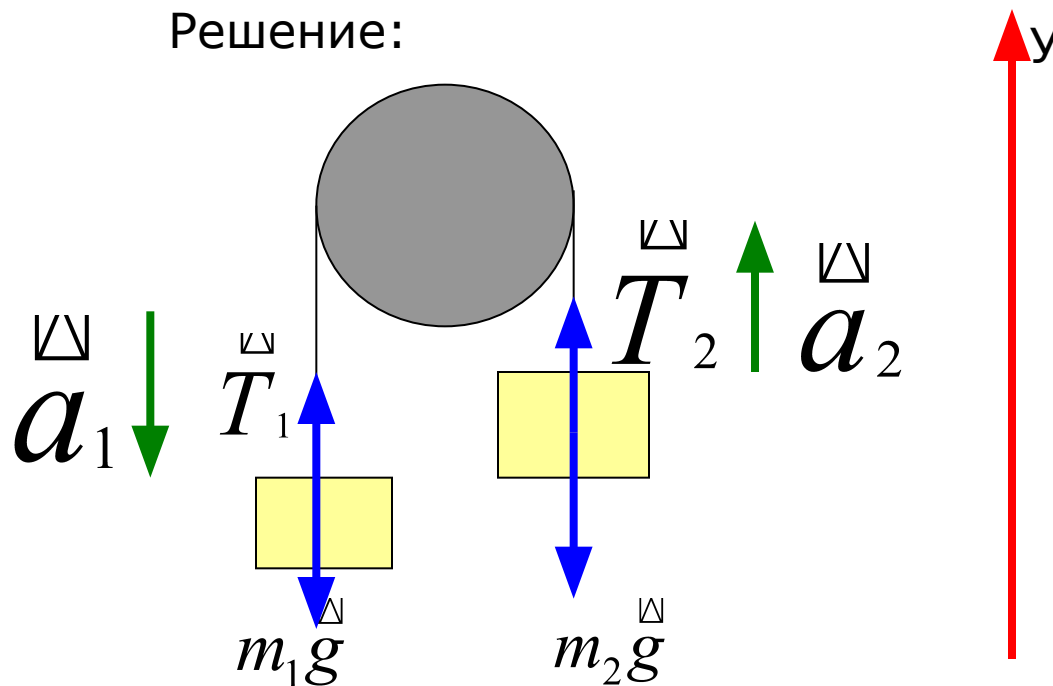
$$m_2 = 0.2 \text{ кг}$$

Найти:

$$a - ?$$

$$T - ?$$

Решение:



$$\Sigma \vec{F} = m \vec{a}$$

$$T + mg = ma$$

$$T_1 + m_1 g = m_1 a_1$$

$$T_2 + m_2 g = m_2 a_2$$

в таких задачах нить считаем невесомой и нерастяжимой, а

значит $T_1 = T_2 = T$ и $a_1 = a_2 = a$

ОУ: $T - m_1 g = -m_1 a$

$$T - m_2 g = m_2 a$$

$$\Rightarrow T = m_2 (g + a)$$

$$-m_1 g + m_2 g = -m_1 a - m_2 a$$

$$g(m_2 - m_1) = a(-m_1 - m_2) \Rightarrow$$

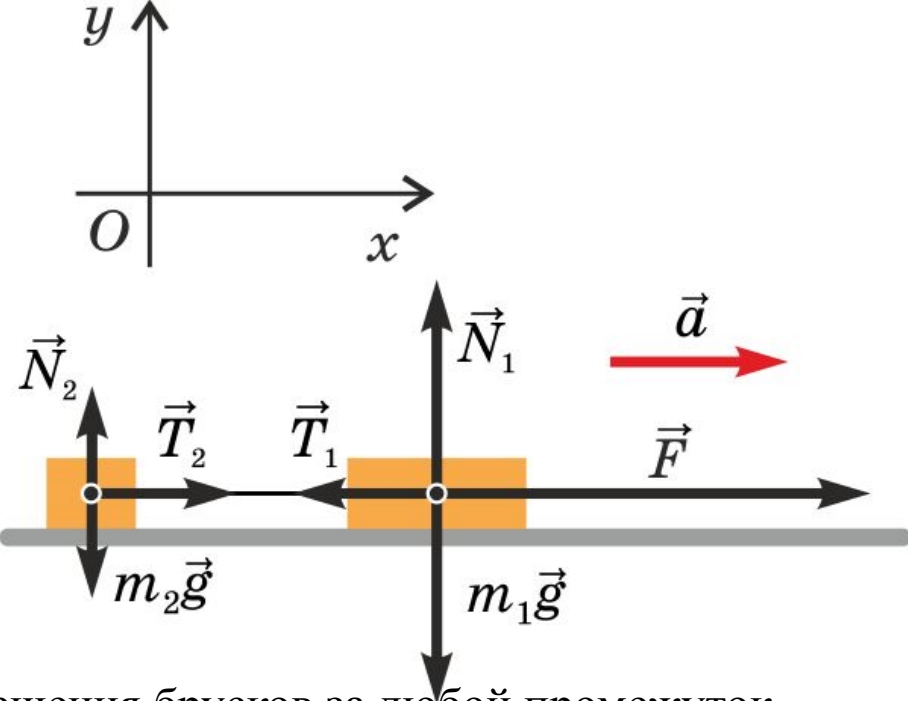
$$a = \frac{g(m_1 - m_2)}{m_1 + m_2}$$

$$a = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} * (0,3 \text{ кг} - 0,2 \text{ кг})}{0,2 \text{ кг} + 0,3 \text{ кг}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$T = 0,2 \text{ кг} \left(10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right) = 2,4 \text{ Н}$$



Задача №2. Два тела, связанные невесомой нерастяжимой нитью (см. рис.) тянут с силой 15 Н вправо по столу. Массы брусков $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 4$ кг. С каким ускорением движутся бруски? Чему равна сила натяжения нити?



$$\vec{T}_1 + \vec{N}_1 + m_1 \vec{g} + \vec{F} = m_1 \vec{a}_1$$

$$\vec{T}_2 + m_2 \vec{g} + \vec{N}_2 = m_2 \vec{a}_2$$

Поскольку нить нерастяжима, модули перемещения брусков за любой промежуток времени одинаковы. Отсюда следует, что ускорения брусков равны. Обозначим модуль этого ускорения a : $a_1 = a_2 = a$ и поскольку она невесома, то $T_2 = T_1 = T$

$$\begin{cases} O_x: & -T + F = m_1 a \\ O_y: & -m_1 g + N_1 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} O_x: & T = m_2 a \\ O_y: & -m_2 g + N_2 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} -T + F &= m_1 a \\ T &= m_2 a \end{aligned}$$

$$a = \frac{F}{m_1 + m_2}$$

Написать дано и подсчитать результат самостоятельно.

Задача №3. С каким ускорением будут двигаться грузы массами 2 кг и 4 кг, если $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 60^\circ$. Найти натяжение нити. Блоки и нить невесомы, трением пренебречь.

Дан

о:

$$m_1 = 2 \text{ кг}$$

$$m_2 = 4 \text{ кг}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

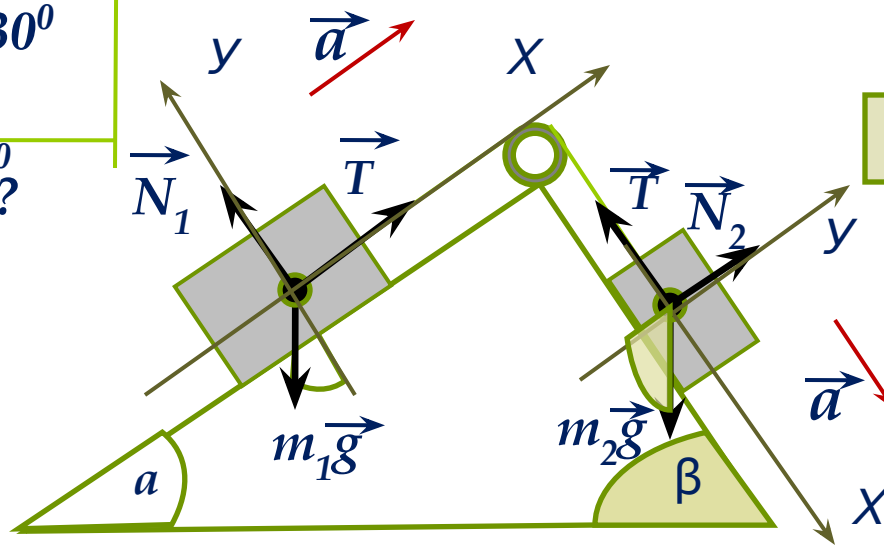
β

$$= 60^\circ?$$

Решени

е:

1



2

Удобно выбрать для каждого тела свою систему координат (как на рисунке)

$$\begin{aligned} m_1 \vec{a} &= m_1 \vec{g} + \vec{T} + \vec{N}_1 \\ m_2 \vec{a} &= m_2 \vec{g} + \vec{T} + \vec{N}_2 \end{aligned}$$

3

$$\text{Ox: } m_1 a = -m_1 g \sin \alpha + T \quad (1)$$

$$\text{Oy: } 0 = -m_1 g \cos \alpha + N_1 \quad (2)$$

$$\text{Ox: } m_2 a = m_2 g \sin \beta - T \quad (3)$$

$$\text{Oy: } 0 = -m_2 g \cos \beta + N_2 \quad (4)$$

4

Складывая (1) и (3), и выражая ускорение, получим:

$$a = \frac{g (m_2 \sin \beta - m_1 \sin \alpha)}{m_2 + m_1}$$

$$T = m_1 (a + g \sin \alpha)$$

5 $a = 4 \text{ м/с}^2 \quad T = 17,8 \text{ Н}$

Ответ: $a = 4 \text{ м/с}^2, T = 17,8 \text{ Н}$

ДВИЖЕНИЕ ПО ОКРУЖНОСТИ

Задача №1. Конькобежец движется со скоростью 10 м/с по окружности радиусом 30 м. Под каким углом к горизонту он должен наклониться, чтобы сохранить равновесие?

Дано:

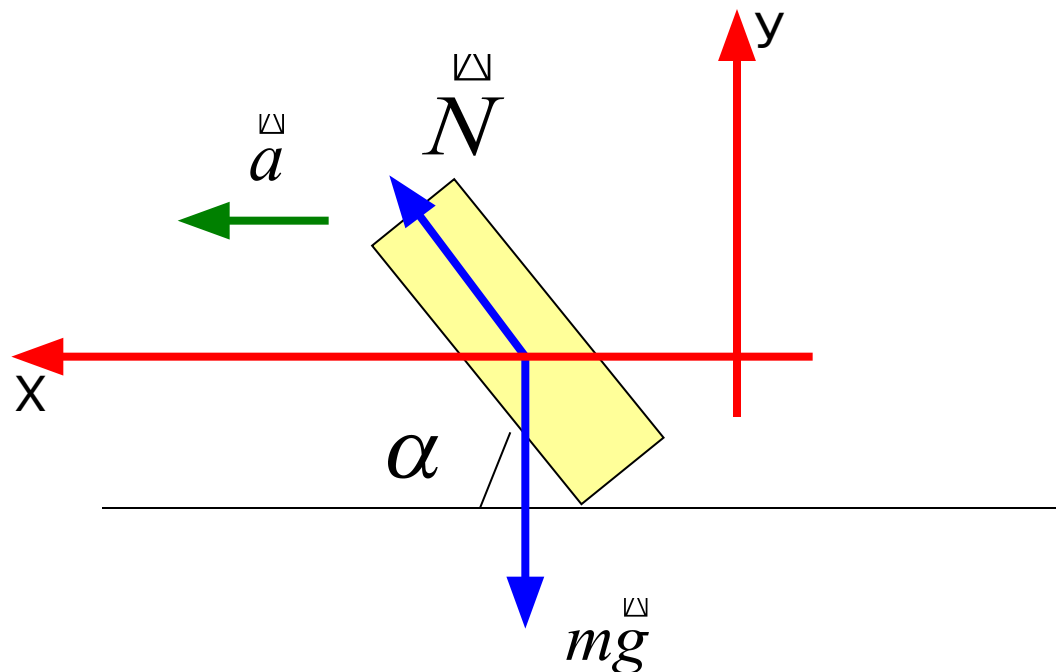
$$v = 10 \frac{м}{с}$$

$$R = 30 м$$

Найти:

$$\alpha - ?$$

Решение:



$$\begin{aligned}\sum \vec{F} &= m\vec{a} \\ N + mg &= ma\end{aligned}$$

$$x: N \cos \alpha = ma$$

$$y: N \sin \alpha - mg = 0 \Rightarrow N \sin \alpha = mg$$

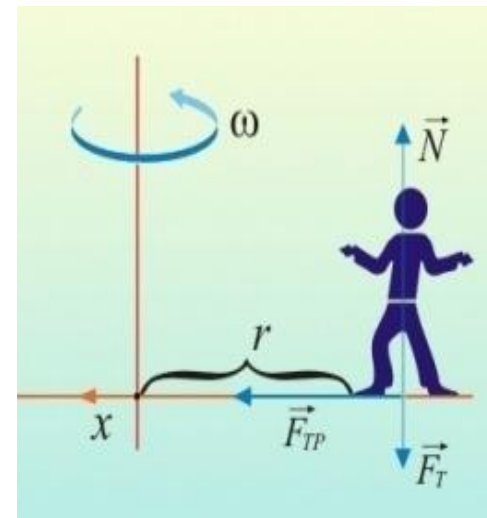
$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{g}{a} \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{g}{a} \left(a = \frac{v}{R^2} \right)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{gR}{v^2} \Rightarrow$$

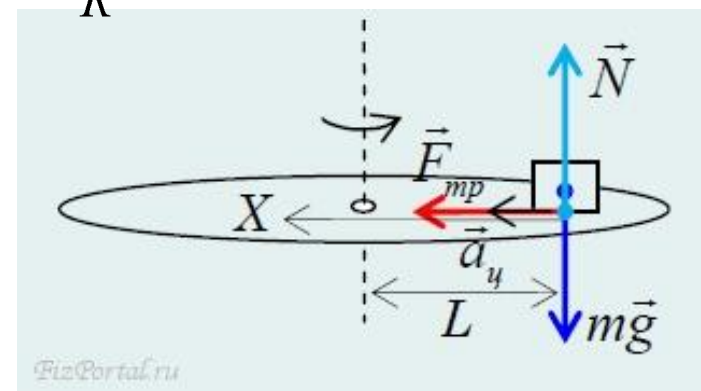
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{10 \frac{\mathcal{M}}{c^2} * 30 \mathcal{M}}{\left(10 \frac{\mathcal{M}}{c} \right)^2} = 3 \Rightarrow \alpha = 72^\circ$$



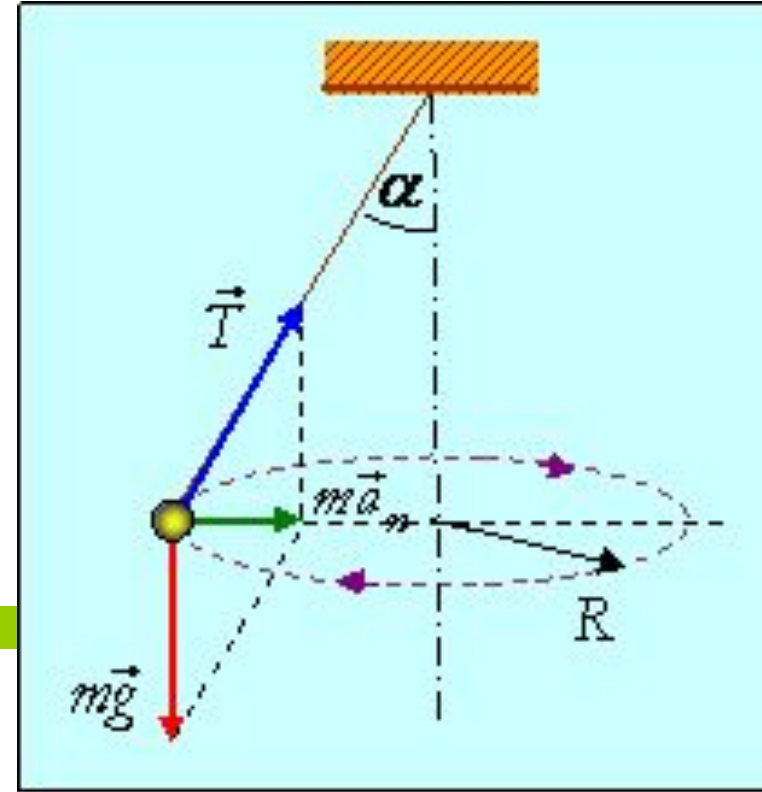
Задача №2. Человек стоит неподвижно на краю круглой горизонтальной платформы, вращающейся вокруг вертикальной оси. Определите линейную скорость человека при вращении платформы, если радиус ее 4 м, а коэффициент трения равен 0,1



<p>Дано</p> <p>$R = 4\text{ м}$</p> <p>$\mu = 0,1$</p> <p>$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$</p> <hr style="border: 0.5px solid black;"/> <p>$v = ?$</p>	$\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{mp} = m\vec{a}$ $OX : F_{mp} = ma_y \Rightarrow \mu mg = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{\mu g R}$ $v = \sqrt{0,1 \cdot 4 \cdot 10} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
--	--



Задача №3. Груз, подвешенный на нити длиной 60 см, двигаясь равномерно, описывает в горизонтальной плоскости окружность. С какой скоростью движется груз, если во время его движения нить образует с вертикалью постоянный угол 30°



Дано
 $l = 0,6 \text{ м}$
 $\alpha = 30^\circ$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

 $v = ?$

Анализ

$$\vec{mg} + \vec{T} = m\vec{a}_y$$

$$\begin{cases} OX : T \sin \alpha = \frac{mv^2}{R} \\ OY : T \cos \alpha = mg \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{v^2}{Rg} \Rightarrow \\ R = l \sin \alpha \end{cases}$$

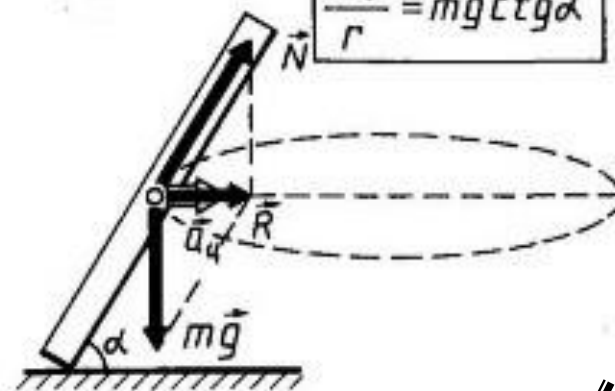
$$v = \sqrt{Rg \operatorname{tg} \alpha} = \sqrt{gtg \alpha l \sin \alpha} \Rightarrow v = \sqrt{0,6 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 0,58} \approx 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Задача №4. Мотоциклист едет по горизонтальной дороге со скоростью 72 км/ч, делая поворот радиусом кривизны 100 м. На сколько при этом он должен наклониться в сторону поворота, чтобы не упасть на повороте



Мотоциклист на повороте

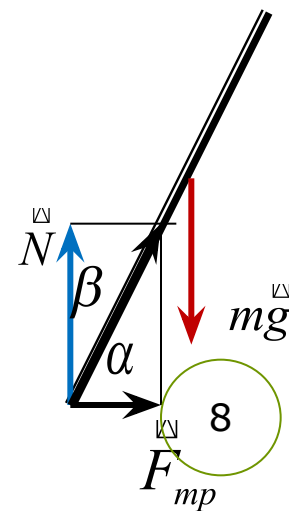
$$\frac{mv^2}{r} = mg \operatorname{ctg} \alpha$$



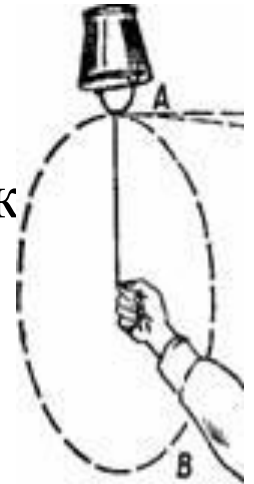
Анализ

$$\begin{cases} N = mg \\ F_{mp} = \mu N = \mu mg \\ F_{mp} = ma_{ц} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \operatorname{ctg} \alpha = \frac{F_{mp}}{N} = \frac{\mu N}{N} = \mu \\ \mu mg = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow \mu = \frac{v^2}{Rg} \end{cases}$$

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{v^2}{Rg} = 0,4 \Rightarrow \alpha = 68^\circ \Rightarrow \beta = 22^\circ$$



Задача №5. Ведерко с водой вращают в вертикальной плоскости на веревке длиной 1 м. С какой минимальной частотой надо вращать ведро чтобы вода не выливалась



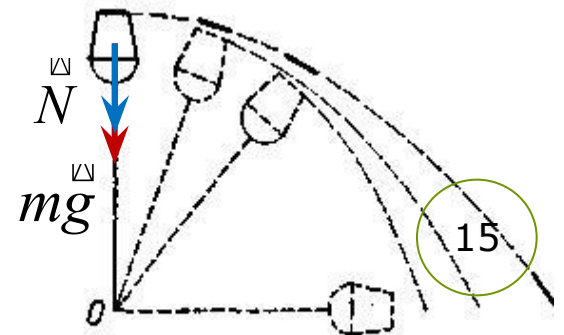
<p>Дано</p> <p>$R = 1\text{ м}$</p> <p>$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$</p> <p>$v = ?$</p>

Анализ

$$N + mg = ma_{\text{ц}}$$

$$\begin{cases} N + mg = ma_{\text{ц}} \\ N = 0 \end{cases} \Rightarrow g = 4\pi^2 R \nu^2$$

$$\nu = \sqrt{\frac{g}{4\pi^2 R}} = 0,5 \text{ Гц}$$

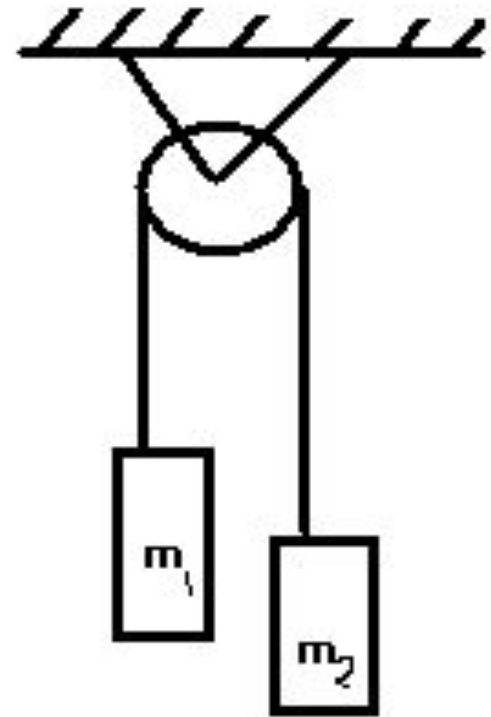


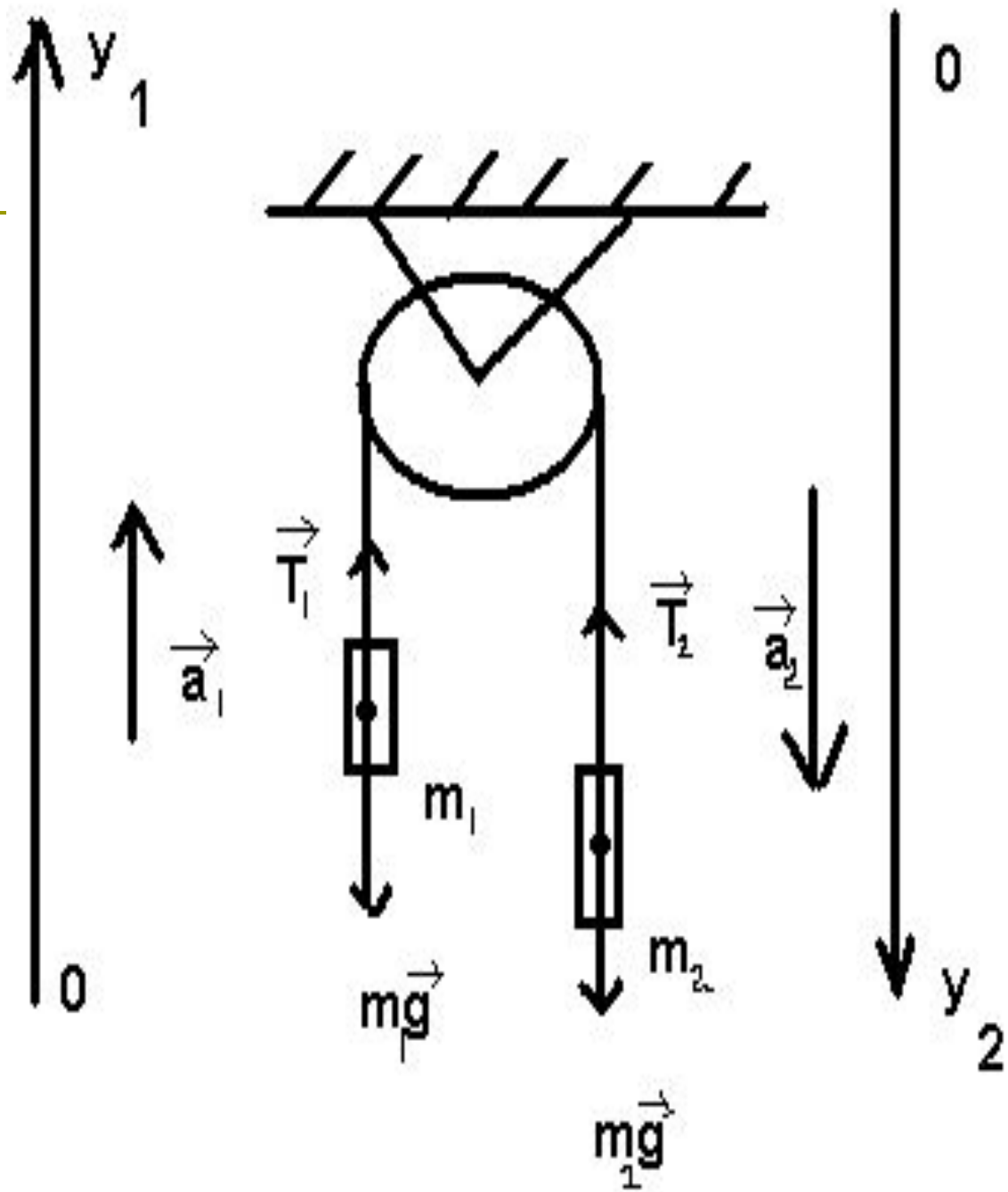
Задачи для самостоятельного решения

Задание № 1. Автомобиль массой 4т движется под гору с ускорением $0,2\text{ м/с}^2$. Найти силу тяги развиваемую двигателем автомобиля, если уклон ($\sin\alpha$) равен 0,02, а коэффициент сопротивления -0,04. Найдите вес автомобиля и силу нормального давления.

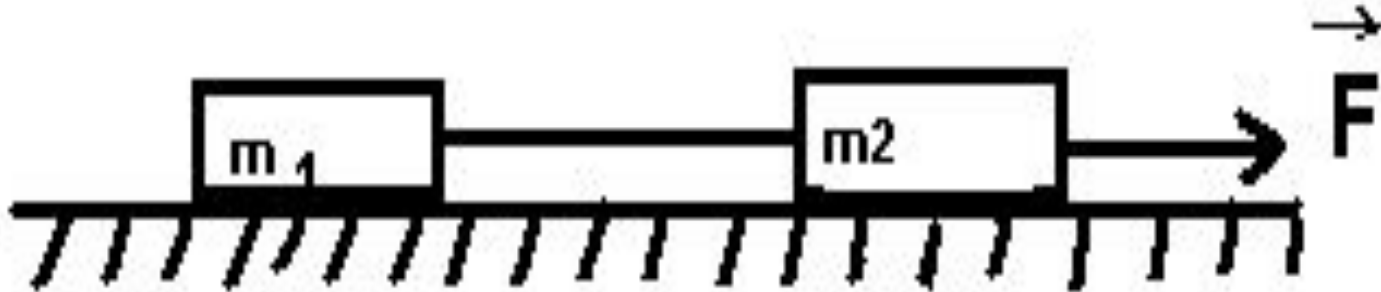
Задание № 2. К концам

невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через невесомый неподвижный блок без трения в оси, подвешены грузы с массами $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 2$ кг. Каково ускорение, с которым движется второй груз? Определите силу натяжения.

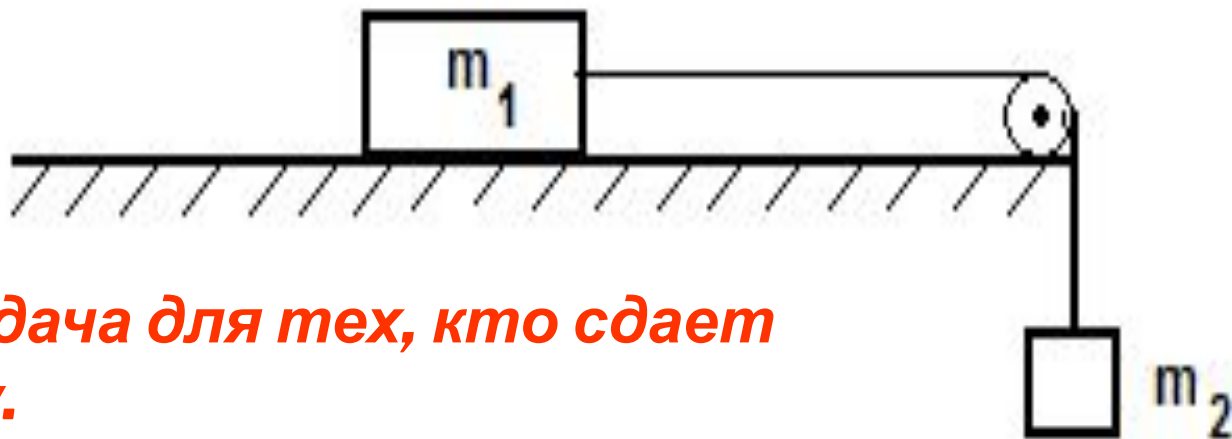




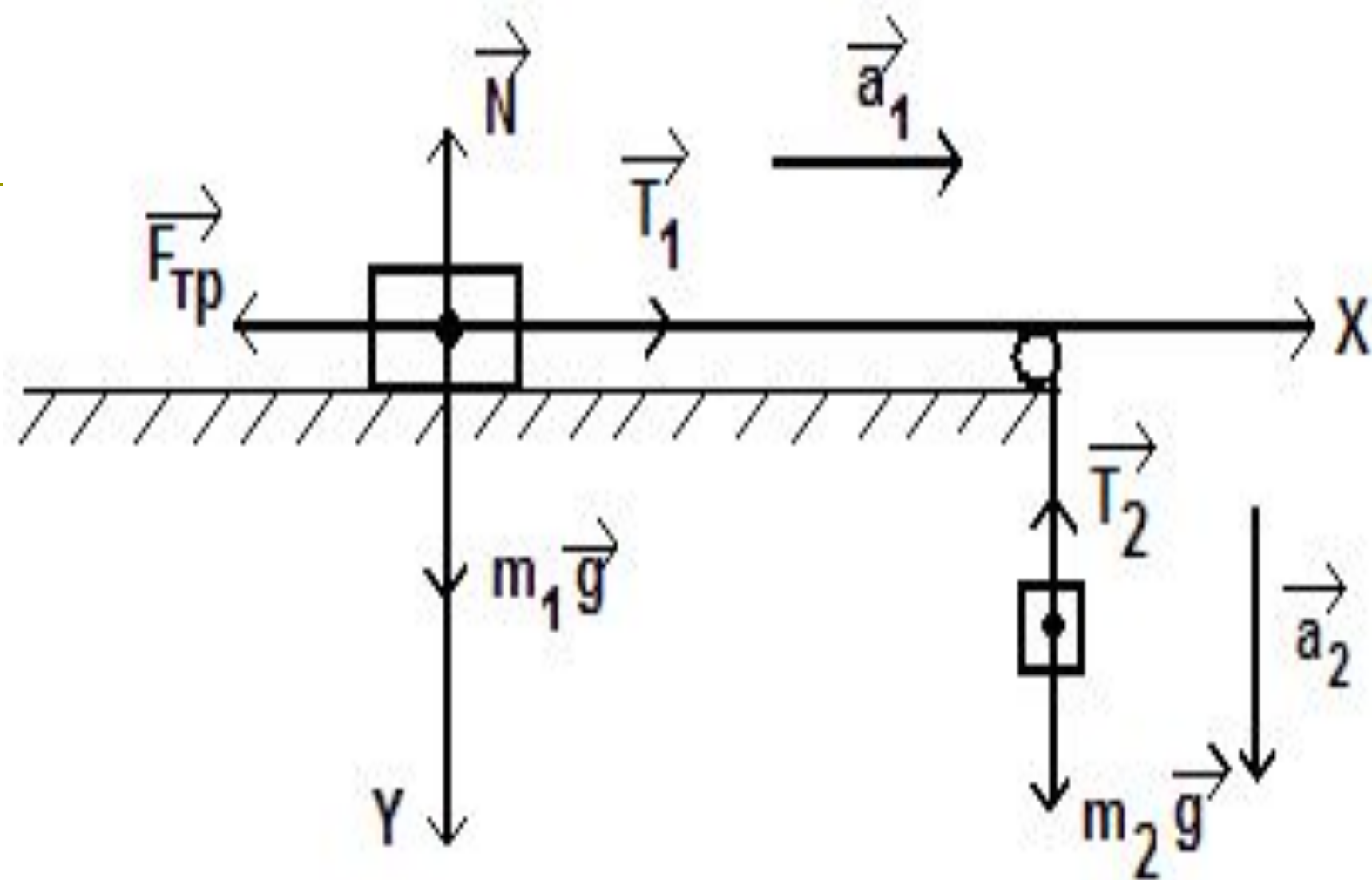
Задание №3: Два тела, связанные невесомой нерастяжимой нитью (см. рис.) тянут с силой 15 Н вправо по столу. Массы брусков $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 4$ кг, $\mu = 0,1$. С каким ускорением движутся бруски? Чему равна сила натяжения нити?



Задание 4. Брусок массой 2 кг скользит по горизонтальной поверхности под действием груза массой $0,5 \text{ кг}$, прикрепленного к концу нерастяжимой нити, перекинутой через неподвижный блок. Коэффициент трения бруска о поверхность $0,1$. Найти ускорение движения тела и силу натяжения нити. Массами блока и нити, а также трением в блоке пренебречь.



Эта задача для тех, кто сдает физику.



Задание 5. Коэффициент трения скольжения между шинами автомобиля и асфальтом 0,4. Определите радиус закругления на повороте, если автомобиль проходит его со скоростью 28 м/с

Дано

$$v = 28 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\mu = 0,4$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

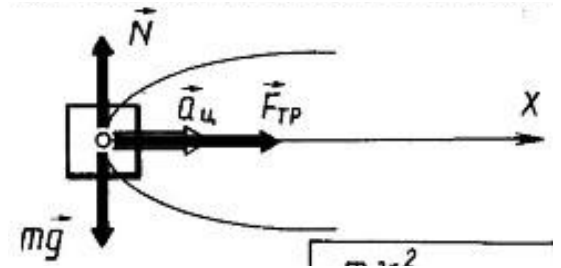
$$R = ?$$

Анализ

$$\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{a}$$

$$\text{ОХ} : F_{\text{тр}} = ma_{\text{ц}} \Rightarrow \mu mg = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow R = \frac{v^2}{\mu g}$$

$$R = \frac{28^2}{0,4 \cdot 10} = 196 \text{ м}$$



Заключение

Выучи алгоритм, реши задачу.

Получи пятерку!