

ДИНАМИКА в задачах

Автор: Климкова Татьяна Юрьевна,
учитель физики МОУ ЦО Московского района г.Нижний Новгород



Содержание

1. Немного теории



2. План решения задач



3. Движение по горизонтали



4. Движение по вертикали



5. Наклонная плоскость



6. Задачки «на десерт»



[переход к
содержанию](#)





Вспомним законы Ньютона

I закон: Существуют такие системы отсчета относительно которых поступательно движущееся тело сохраняет свою скорость постоянной, если на него не действуют другие тела, или действия других тел скомпенсированы.

Комментарии: если тело движется с равномерно, это значит,

II закон: что равнодействующая сил, приложенных к телу, равна нулю
Сила, действующая на тело, равна произведению массы тела на сообщаемое этой силой ускорение.

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

Комментарии: \vec{F} – это равнодействующая сил, приложенных к телу

III закон: Тела действуют друг на друга с силами, равными по

модулю и противоположными по направлению $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$

Комментарии: силы всегда встречаются парами



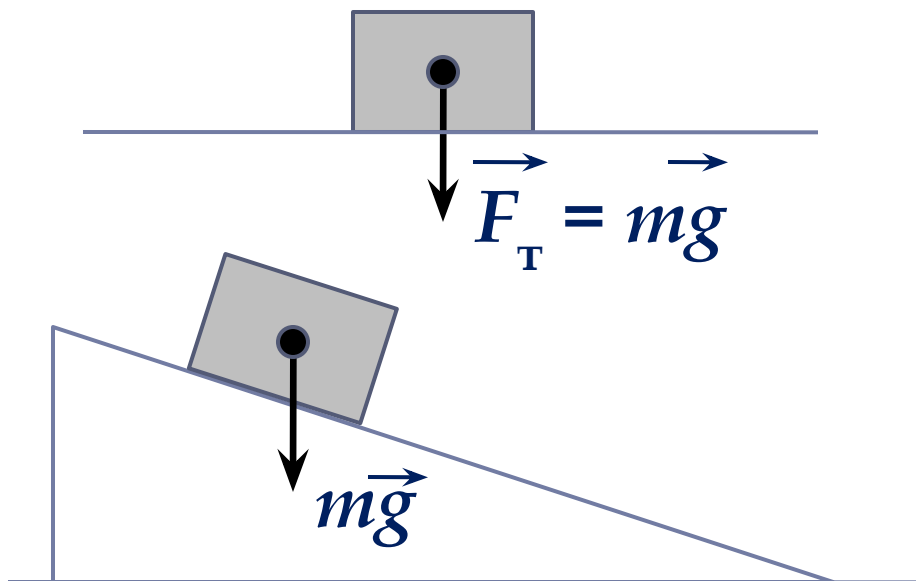


Вспомним, какие силы нам

ИЗВЕСТНЫ

Сила тяжести

приложена к центру тела,
всегда направлена вертикально вниз

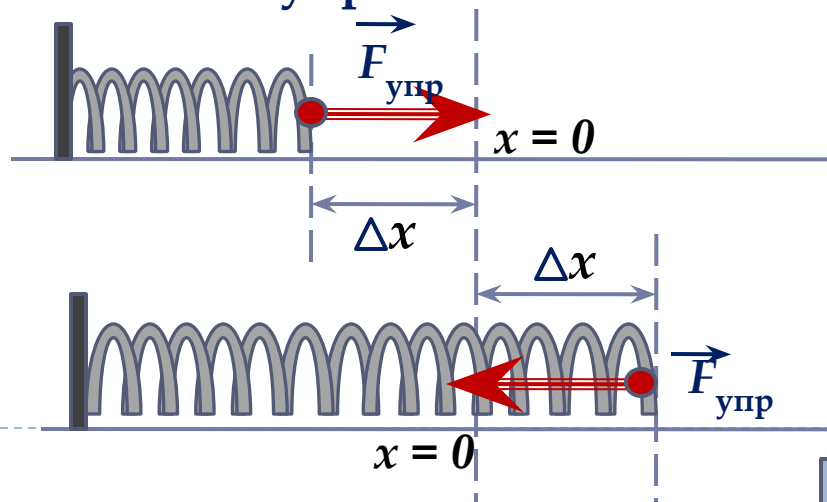


Сила упругости

возникает при деформации тела,
пропорциональна его удлинению и
направлена противоположно
направлению смещения частиц тела
при деформации.

При малых деформациях для модуля
силы выполняется закон Гука:

$$F_{\text{упр}} = k |\Delta x|$$

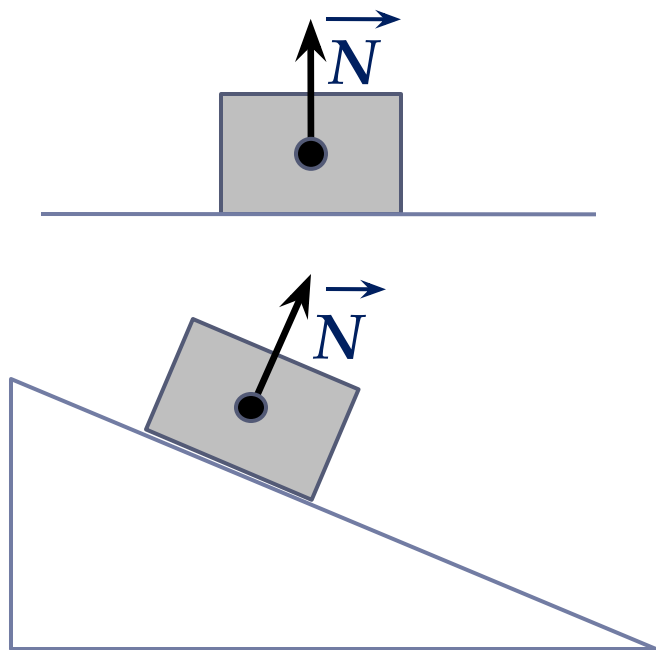


« Разновидности » силы

упругости

Сила реакции опоры

Приложена к центру тела, всегда направлена перпендикулярно поверхности, на которой находится тело



Сила натяжения нити

Приложена к центру тела. В случае, если нить невесома, нерастяжима, одинакова в любой части нити



Вес тела

Это сила упругости, приложенная к горизонтальной опоре или вертикальному подвесу





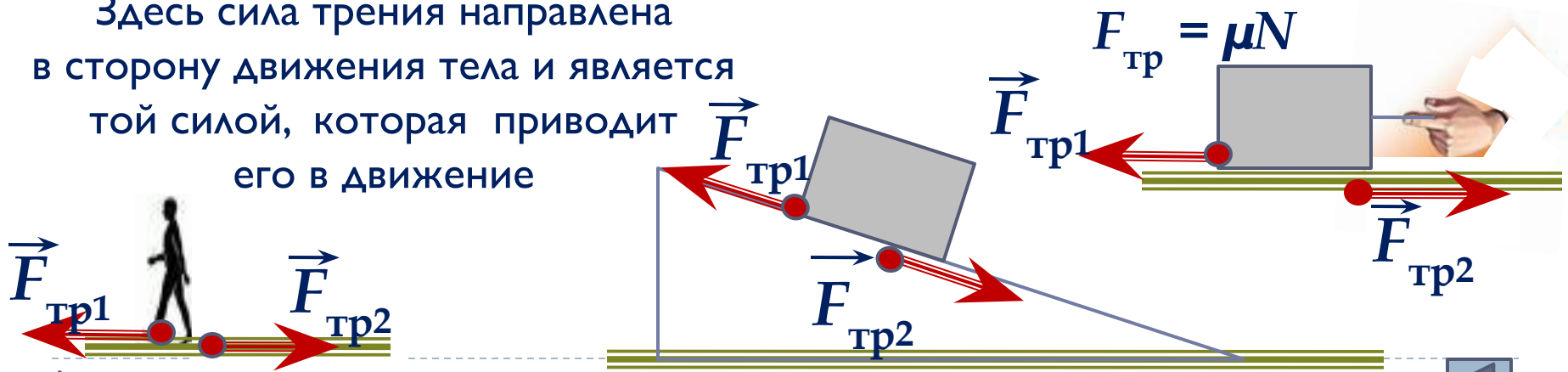
Силы трения

Сила трения возникает, если одно тело покоится на поверхности другого или движется по поверхности другого. Виды трения: покоя, скольжения, качения. Сила трения приложена к телу и направлена вдоль поверхности соприкасающихся тел в сторону, противоположную направлению движения тела, предполагаемого движения (когда мы пытаемся сдвинуть тело с места)

- ▶ Исключением является случай, когда одно тело начинает движение по поверхности другого тела.

Здесь сила трения направлена в сторону движения тела и является той силой, которая приводит его в движение

- ▶ Максимальная сила трения покоя (скольжения) пропорциональна силе нормального давления



- ▶ Для удобства можно изображать силу трения от

центра тела





План решения задач по динамике

- ▶ 1. Сделать рисунок, на котором обозначить направление координатных осей, ускорения и всех сил, приложенных к телу .
- ▶ 2. Для каждого тела записать в векторном виде уравнение второго закона Ньютона, перечислив в его правой части в любом порядке все силы, приложенные к телу
- ▶ 3. Записать полученные в п. 2 уравнения в проекции на оси координат.
- ▶ 4. Из полученного уравнения (системы уравнений) выразить неизвестную величину.
- ▶ 5. Найти численное значение неизвестной величины, если этого требует условие задачи.



Движение тел

в горизонтальном

направлении

Какая горизонтальная сила потребуется, чтобы тело массой 2 кг, лежащее на горизонтальной поверхности, начало скользить по ней с ускорением $0,2 \text{ м/с}^2$? Коэффициент трения принять равным $0,02$.

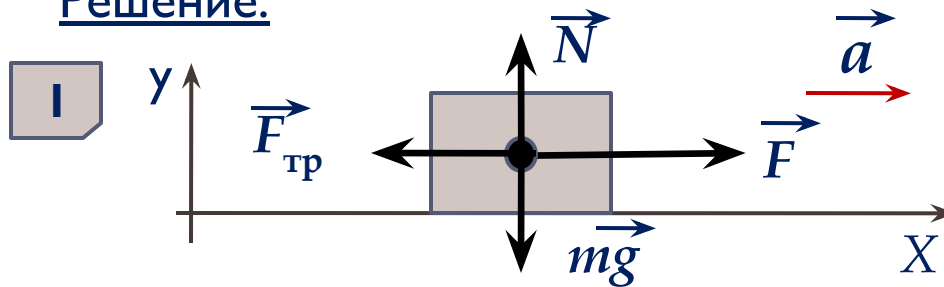
Дано:

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$\mu = 0,02$$

$F - ?$

Решение:



2 $\vec{m}\vec{a} = \vec{m}\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} + \vec{F}$ Откуда $F = ma + \mu mg$

3 Ох $ma = 0 - F_{\text{тр}} + 0 + F$ (1)

5 Вычислим $F = 0,79 \text{ Н}$

4 Оу $0 = -mg + 0 + N + 0$ (2)

из (2) : $mg = N$, т.к. $F_{\text{тр}} = \mu N$,

получим уравнение (1) в виде:

$$ma = -\mu mg + F$$

Ответ: $F = 0,79$

Н

Два тела массами 50 г и 100 г связаны нитью и лежат на гладкой горизонтальной поверхности. С какой силой можно тянуть первое тело, чтобы нить, выдерживающая максимальную силу натяжения 5 Н, не оборвалась?

Дано:

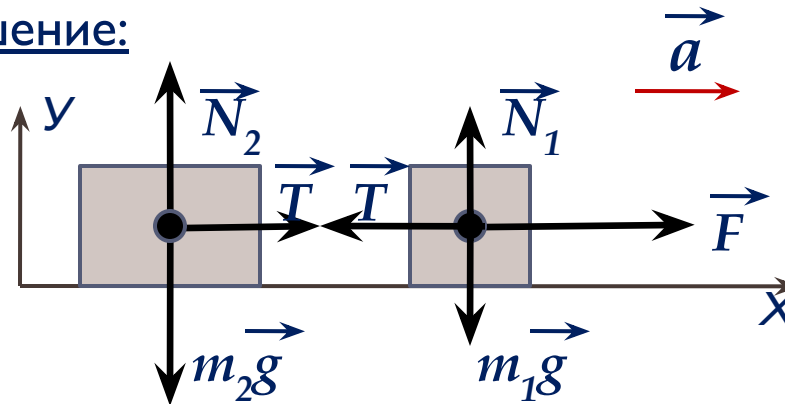
$$m_1 = 50 \text{ г} = 0,05 \text{ кг}$$

$$m_2 = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг}$$

$$T = 5 \text{ Н}$$

$F - ?$

Решение:



$$2 \quad m_1 \vec{a} = m_1 \vec{g} + \vec{T} + \vec{N}_1 + \vec{F}$$

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

$$3 \quad \text{Ох} \quad m_1 a = -T + F \quad (1)$$

$$: \quad m_2 a = T \quad (2)$$

4 Выражая из (2) : $a = T/m_2$,
и подставляя в (1), получим

$$m_1 T/m_2 = -T + F$$

$$F = m_1 T/m_2 + T$$

$$5 \quad F = 0,05 \text{ кг} \cdot 5 \text{ Н} / 0,1 \text{ кг} + 5 \text{ Н} = 7,5 \text{ Н}$$

Ответ: $F = 7,5$
Н

Автодрезина ведет равноускоренно две платформы массами 12 т и 8 т. Сила тяги, развиваемая дрезиной, равна 1,78 кН. Коэффициент трения равен 0,06. С какой силой натянута сцепка между платформами?

Дано:

$$m_1 = 12 \text{ т} = 12\,000 \text{ кг}$$

$$m_2 = 8 \text{ т} = 8\,000 \text{ кг}$$

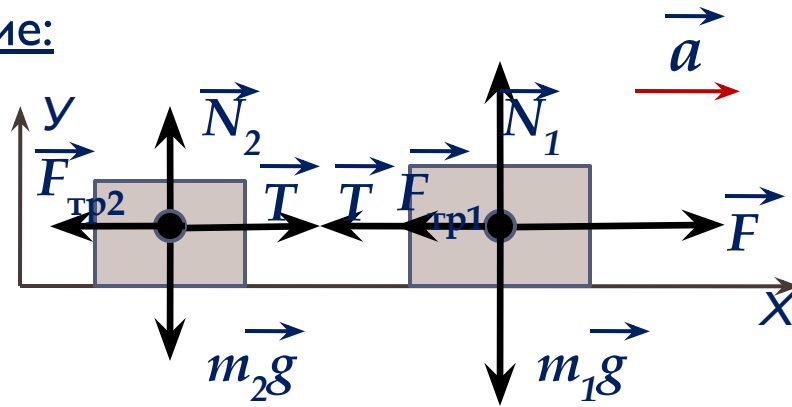
$$F = 1,78 \text{ кН} = 1780 \text{ Н}$$

$$\mu = 0,06$$

$T - ?$

Решение:

1



2

$$m_1 \vec{a} = m_1 \vec{g} + \vec{T} + \vec{N}_1 + \vec{F} + \vec{F}_{\text{тр}1}$$

$$m_2 \vec{a} = m_2 \vec{g} + \vec{T} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{\text{тр}2}$$

3

Ох: $m_1 a = -T + F - F_{\text{тр}1}$ (1)

$$m_2 a = T - F_{\text{тр}2}$$
 (2)

Оу: $0 = -m_1 g + N_1$, откуда $N_1 = m_1 g$ (3)

$$0 = -m_2 g + N_2$$
, откуда $N_2 = m_2 g$ (4)

4

$$F_{\text{тр}1} = \mu N_1 = \mu m_1 g, \quad F_{\text{тр}2} = \mu N_2 = \mu m_2 g$$

Подставив эти выражения в (1) и (2), получим:

$$m_1 a = -T + F - \mu m_1 g$$
 (5)

$$m_2 a = T - \mu m_2 g, \quad a = \frac{T - \mu m_2 g}{m_2}$$
 (6)

После подстановки (6) в (5)

остается

выразить T : $m_2 F / (m_1 + m_2) = 712 \text{ Н}$

С учетом (3) и (4) для сил трения имеем:

Ответ: $T = 712 \text{ Н}$



Движение по вертикали.

Блоки

Два тела, связанные друг с другом, поднимают на нити вертикально вверх, прикладывая силу 5 Н. Масса первого тела 100 г, второго 200 г. Определите ускорение, с которым движутся тела и силу натяжения нити.

Дано:

$$m_1 = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг}$$

$$m_2 = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$$

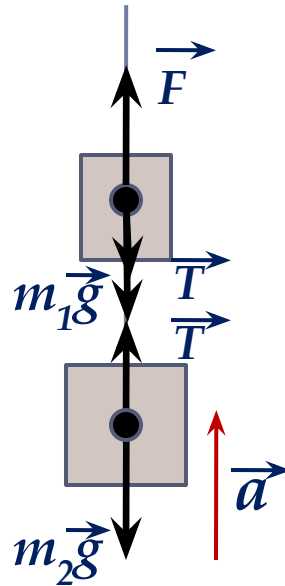
$$F = 6 \text{ Н}$$

$$a - ? \quad T - ?$$



y

0



Решение:

3 Оу: $m_1 a = -m_1 g - T + F$ (1)

$$m_2 a = -m_2 g + T$$
 (2)

4 Сложим (1) и (2)

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

$$a = \frac{F - m_2 g - m_1 g}{m_1 + m_2}, \quad T = m_2 (g + a)$$

5 $a = 10 \text{ м/с}^2 \quad T = 4 \text{ Н}$

2

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

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

Ответ: $a = 10 \text{ м/с}^2, T = 4 \text{ Н}$



Тело массой 50 кг придавлено к вертикальной стене силой 4 Н. Какая сила необходима для того, чтобы перемещать его вертикально вверх с ускорением $0,2 \text{ м/с}^2$, если коэффициент трения 0,5 ?

Дано:

Решение:

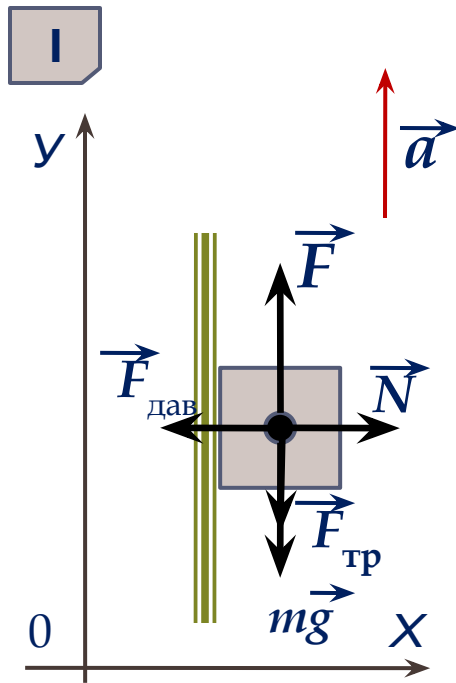
$$\mu = 0,5$$

$$a = 0,2 \text{ м/с}^2$$

$$m = 50 \text{ кг}$$

$$F_{\text{дав}} = 4 \text{ Н}$$

$F - ?$



2

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

3

$$\text{Oy: } ma = -mg - F_{\text{тр}} + F \quad (1)$$

$$\text{Ox: } 0 = -F_{\text{дав}} + N \quad (2)$$

4

$$\text{Из (2): } N = F_{\text{дав}}$$

$$\text{Имеем, } F_{\text{тр}} = \mu N = \mu F_{\text{дав}}$$

Подставим это выражение в (1) :

$$ma = -mg - \mu F_{\text{дав}} + F$$

$$F = mg + \mu F_{\text{дав}} + ma$$

$$F = m(a + g) + \mu F_{\text{дав}}$$

5

$$F = 50 \text{ кг} (0,2 \text{ м/с}^2 + 9,8 \text{ м/с}^2) + 0,5 \cdot 4 \text{ Н} = 502 \text{ Н.}$$

Ответ: $F = 502 \text{ Н}$

К концам легкой нити, перекинутой через невесомый блок, подвешены грузы массами 2 кг и 1 кг. Определите ускорение грузов.

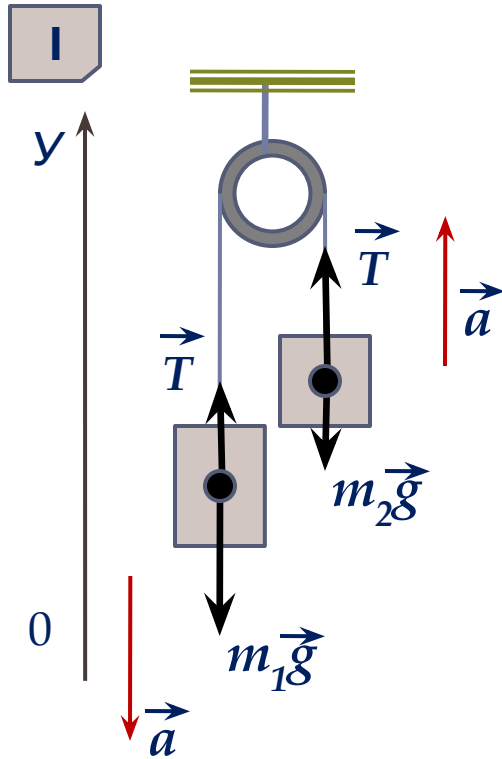
Дано:

$$m_1 = 2 \text{ кг}$$

$$m_2 = 1 \text{ кг}$$

$a - ?$

Решение:



$$\begin{aligned} 2 \quad m_1 \vec{a} &= m_1 \vec{g} + \vec{T} \\ m_2 \vec{a} &= m_2 \vec{g} + \vec{T} \end{aligned}$$

$$3 \quad \text{Оу: } -m_1 a = -m_1 g + T \quad (1)$$

$$m_2 a = -m_2 g + T \quad (2)$$

4 Вычтем из (2) (1) и выразим a :

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

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

$$5 \quad a = \frac{9,8 \text{ м/с}^2 (2 \text{ кг} - 1 \text{ кг})}{1 \text{ кг} + 2 \text{ кг}} = 3,3 \text{ м/с}^2$$

Ответ: $a = 3,3 \text{ м/с}^2$

К концам легкой нити, перекинутой через невесомый блок, подвешены грузы массами 2 кг и 1 кг. Систему грузов вместе с блоком поднимают вертикально вверх с ускорением 1 м/с^2 .
 Определите ускорения грузов.

Дано:

$$m_1 = 2 \text{ кг}$$

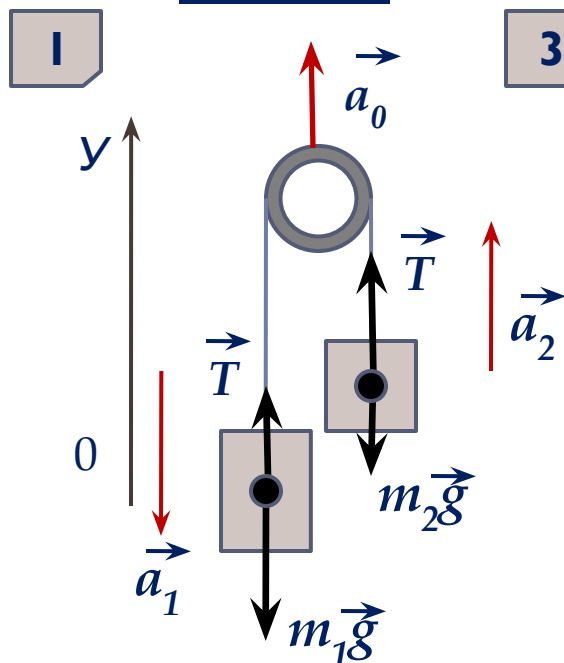
$$m_2 = 1 \text{ кг}$$

$$a_0 = 1 \text{ м/с}^2$$

$$a_1 = ?$$

$$a_2 = ?$$

Решение:



3

Каждый груз участвует в двух движениях:

- перемещается относительно блока с ускорением a
- вместе с блоком перемещается относительно земли с ускорением a_0

Предположим, что $a > a_0$, тогда относительно земли в проекции на Oy :

$$-a_1 = -a + a_0, \quad a_2 = a + a_0, \Rightarrow$$

$$\begin{cases} a_2 = 2a_0 + a_1 \\ -m_1 a_1 = -m_1 g + T \\ m_2 a_2 = -m_2 g + T \end{cases}$$

2

$$m_1 \vec{a} = m_1 \vec{g} + \vec{T}$$

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

4

Решая систему, получим формулу для a_1 :

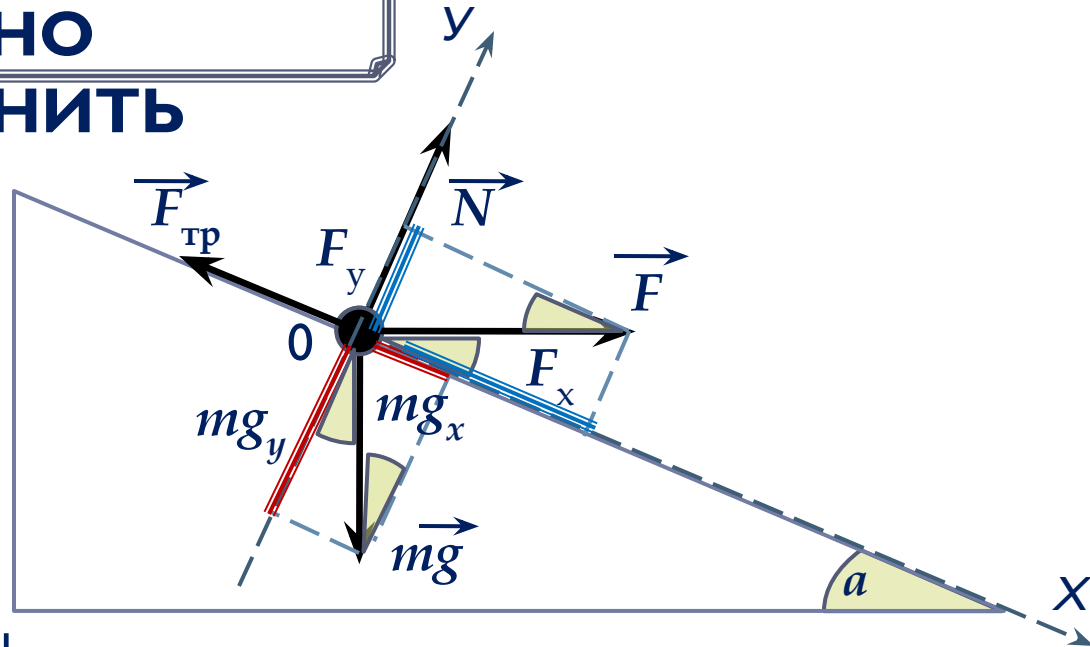
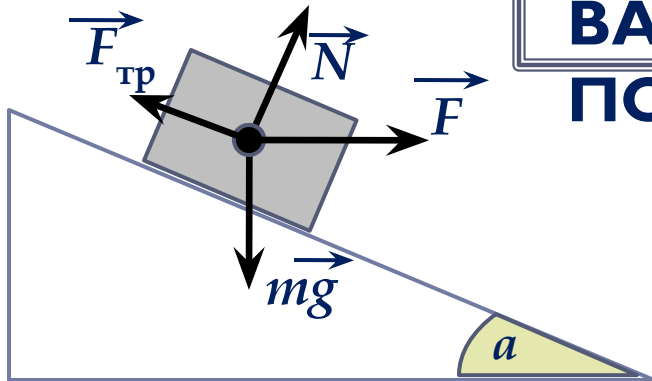
$$a_1 = \frac{g(m_1 - m_2) - 2m_2 a_0}{m_1 - m_2} = 2,6 \text{ м/с}^2 \quad a_2 = 4,6 \text{ м/с}^2$$

Ответ: $a_1 = 2,6 \text{ м/с}^2, a_2 = 4,6 \text{ м/с}^2$

Движение по наклонной

ПЛОСКОСТИ

**ВАЖНО
ПОМНИТЬ**



- Для тела, расположенного на наклонной плоскости, целесообразно выбирать оси координат таким образом, чтобы ось Ox располагалась вдоль, а ось Oy – перпендикулярно наклонной плоскости (не нужно путать целесообразность с обязательностью)

Тогда для проекции сил на оси координат

получим следующие выражения:

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

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

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



На брусок массой m действует горизонтальная сила F , параллельная основанию наклонной плоскости с углом при основании a . С каким ускорением движется брусок к вершине, если коэффициент трения μ ?

Дано:

F ;
 m ;
 a ;
 μ

$a - ?$

Решение:

2

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

3

$$\text{Ox: } ma = -F_{\text{тр}} - mg \sin a + F \cos a \quad (1)$$

$$\text{Oy: } 0 = -mg \cos a + N - F \sin a \quad (2)$$

4

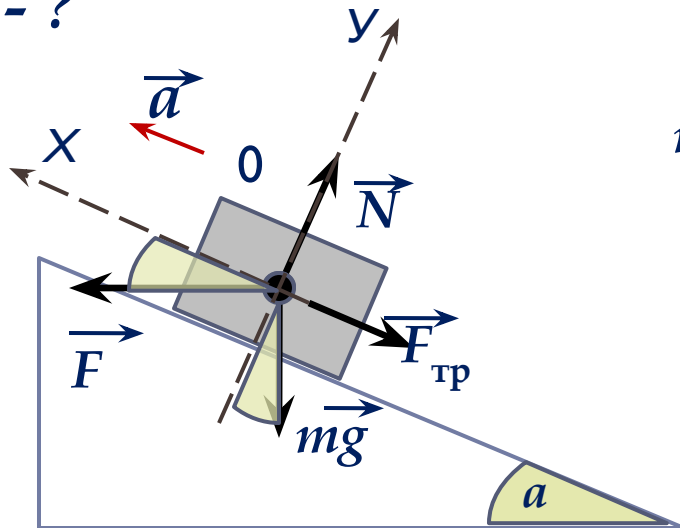
$$\text{из (2): } N = mg \cos a + F \sin a,$$

$$F_{\text{тр}} = N \mu = \mu (mg \cos a + F \sin a)$$

$$ma = -\mu (mg \cos a + F \sin a) - mg \sin a + F \cos a$$

$$a = \frac{-\mu (mg \cos a + F \sin a) - mg \sin a + F \cos a}{m}$$

Ответ: $a = \frac{-\mu (mg \cos a + F \sin a) - mg \sin a + F \cos a}{m}$



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.

Дано:

Решение:

2

Удобно выбрать для каждого тела свою

систему координат (как на рисунке)

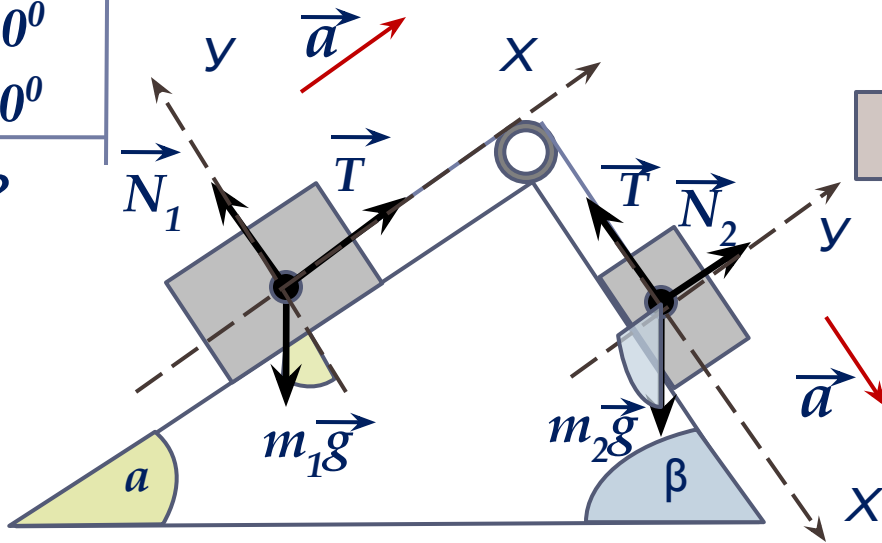
$$m_1 = 2 \text{ кг}$$

$$m_2 = 4 \text{ кг}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\beta = 60^\circ$$

$$a = ?$$



3

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

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

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

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

4

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

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

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

5

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

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

« На

Десерт»

Человек массой m_1 , упиравшись ногами в ящик массой m_2 подтягивает его с помощью каната, перекинутого через блок, по наклонной плоскости с углом наклона a . С какой минимальной силой нужно тянуть канат, чтобы подтянуть ящик к блоку? Коэффициент трения между ящиком и наклонной плоскостью μ .

Дано:

m_1 ;
 m_2 ;
 μ ;
 a ;

T - ?

2 Сила будет минимальной при равномерном движении

$$0 = m_1 \vec{g} + \vec{T} + \vec{N}_1 + \vec{F}_{\text{тр}1}$$

$$0 = m_2 \vec{g} + \vec{T} + \vec{N}_2 + \vec{F}'_{\text{тр}1} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{F}_{N1}$$

3 $O_x: 0 = -m_1 g \sin a + T - F_{\text{тр}1} \quad (1)$

$$0 = -m_2 g \sin a + T + F'_{\text{тр}1} - F_{\text{тр}} \quad (2)$$

$$O_y: 0 = -m_1 g \cos a + N_1 \quad (3)$$

$$0 = -m_2 g \cos a + N_2 - F_{N1} \quad (4)$$

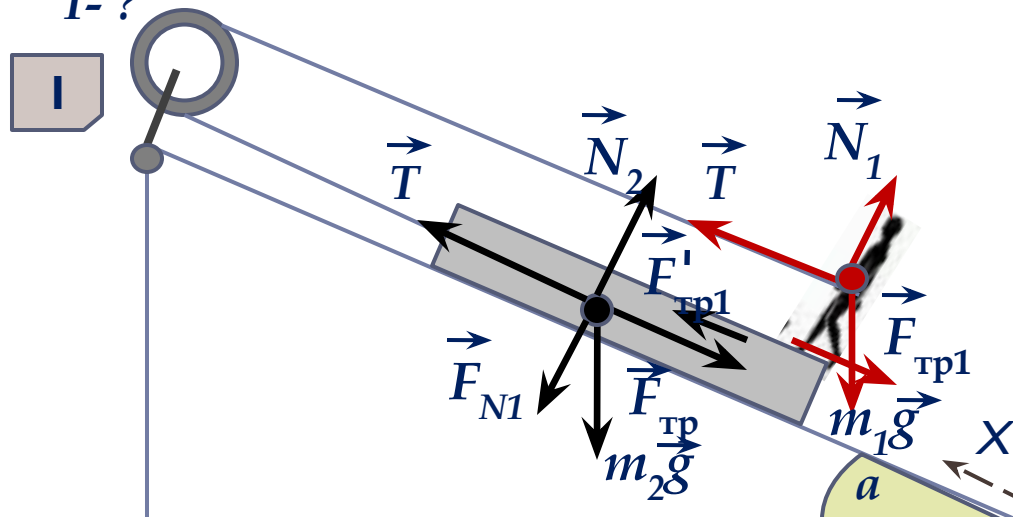
Складывая (1) и (2), получим:

$$2T = g \sin a (m_1 + m_2) + F_{\text{тр}}$$

$$F_{N1} = N_1 = m_1 g \cos a$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N_2 = \mu (m_2 g \cos a + F_{N1}) = \mu g \cos a (m_1 + m_2)$$

$$T = g (m_1 + m_2) (\sin a + \mu \cos a) / 2$$



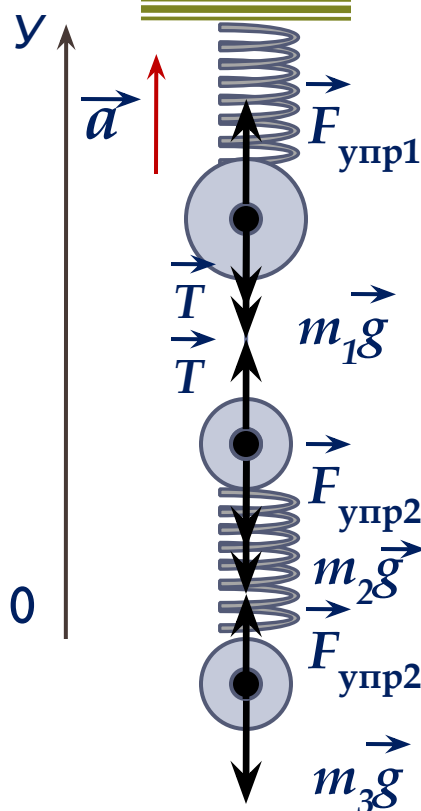
Шары массами m_1, m_2, m_3 подвешены к потолку с помощью двух невесомых пружин и легкой нити. Система покоится. Определите силу натяжения нити. Определите направление и модуль ускорения шара массой m_1 сразу после пережигания нити.

Дано:

$m_1;$
 $m_2;$
 $m_3;$

$T-?$
 $a-?$

Решение:



1. Для ясности можно провести «мысленный эксперимент» – представить, что в середине нити находится динамометр. Получается, что к нему прикрепили грузы массами m_2 и m_3 . Естественно, его показания будут равны:

$$T = g(m_2 + m_3)$$

2. В момент пережигания нити на верхний шар действуют только две силы: $\vec{F}_{\text{упр1}}$ и $m_1\vec{g}$, которые и сообщают шару ускорение.

$$m_1\vec{a} = m_1\vec{g} + \vec{F}_{\text{упр1}}$$

$$F_{\text{упр1}} = g(m_1 + m_2 + m_3) \text{ (см. п.1)}$$

Окончательно после преобразований получим:

$$a = g(m_2 + m_3) / m_1$$

К концам троса, перекинутого через блок, привязаны бруски с массами $m_1 = m$ и $m_2 = 4m$, находящиеся на гладкой наклонной плоскости с углом наклона 30° . При каком минимальном значении коэффициента трения между брусками они будут покоиться?

Дано:

$$m_1 = m$$

$$m_2 = 4m$$

$$a = 30^\circ$$

μ -

?

Решение:

2

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

3

$$m_2 \vec{a} = m_2 \vec{g} + \vec{T} + \vec{N}_2 + \vec{F}'_{\text{тр}} + \vec{F}_{N1}$$

$$\text{Ox: } 0 = -m_1 g \sin a + T - F_{\text{тр}} \quad (1)$$

$$0 = -m_2 g \sin a + T + F'_{\text{тр}} \quad (2)$$

$$\text{Oy: } 0 = -m_1 g \cos a + N_1 \quad (3)$$

$$0 = -m_2 g \cos a + N_2 - F_{N1} \quad (4)$$

4

$$\text{Из (3): } N_1 = m_1 g \cos a$$

$$\text{Из (4): } N_2 = m_2 g \cos a + F_{N1}$$

$$N_1 = F_{N1}, \text{ поэтому}$$

$$N_2 = m_2 g \cos a - m_1 g \cos a$$

Вычтем из (1) (2) и учитывая,

что $F_{\text{тр}} = F'_{\text{тр}}$ получим:

$$2 F_{\text{тр}} = m_2 g \sin a - m_1 g \sin a$$

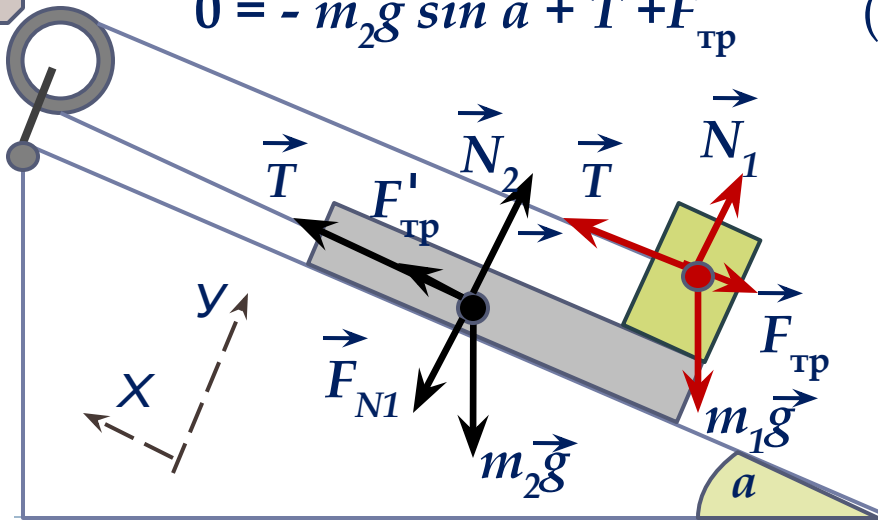
$$F_{\text{тр}} = \mu N_1 = \mu m_1 g \cos a$$

5

$$\mu = \frac{m_2 g \sin a - m_1 g \sin a}{2 m_1 g \cos a} = \frac{3}{\text{tg} a}$$

$$2 m_1 g \cos a$$

$$\text{tg} a$$



Список литературы

1. Г. Я. Мякишев. Физика: Учебник для 10 кл. общеобразовательных учреждений / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский. – М. : Просвещение, 2008.
2. Кирик Л. А. Физика – 9. Разноуровневые самостоятельные и контрольные работы. – М.: Илекса, 2003.
3. Задачи вступительных экзаменов в МФТИ .

