

ДИНАМИКА в задачах

Автор: Бахтина Ирина Владимировна,
учитель физики МОУ «СОШ №3 г. Новый Оскол Белгородской области»



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 \vec{F} ~~сил~~ \vec{a} ускорение.

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



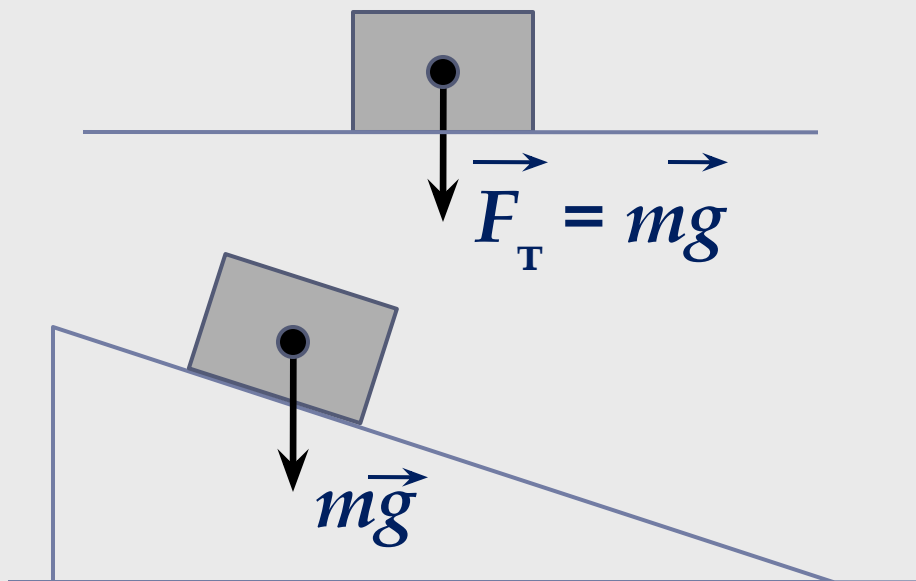


Вспомним, какие силы нам

ИЗВЕСТНЫ

Сила тяжести

приложена к центру тела,
всегда направлена вертикально вниз

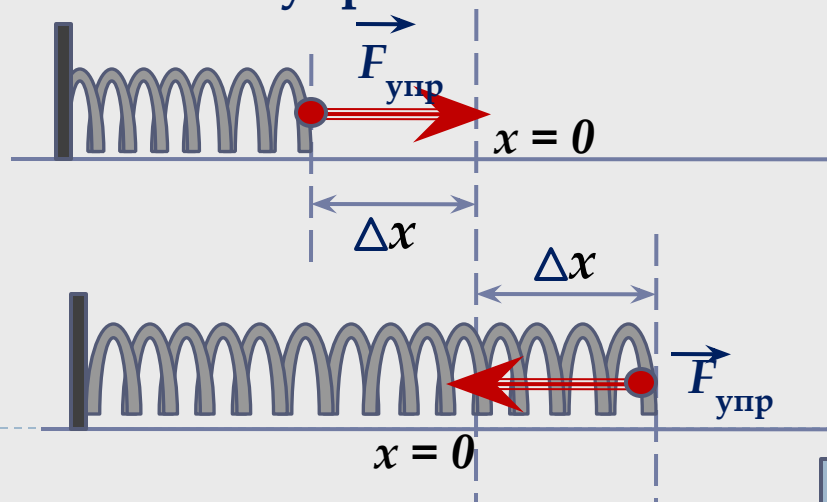


Сила упругости

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:

$$F_{\text{упр}} = k |\Delta x|$$

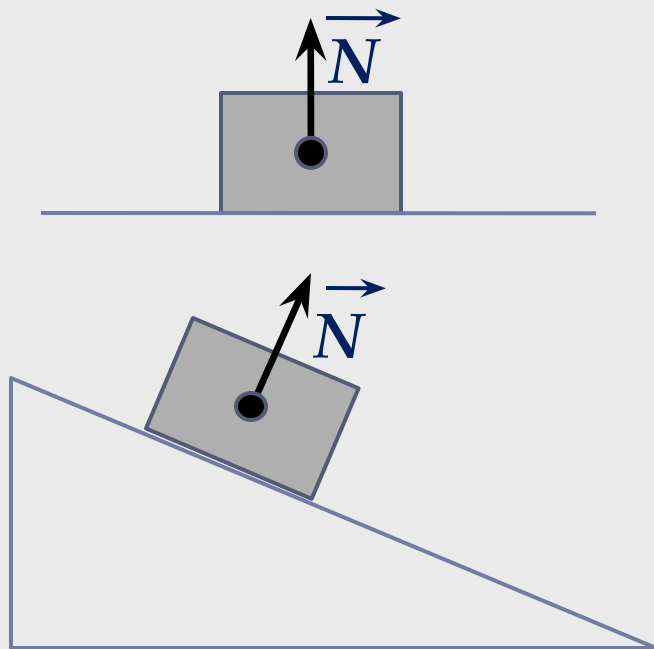


« Разновидности » силы

упругости

Сила реакции опоры

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



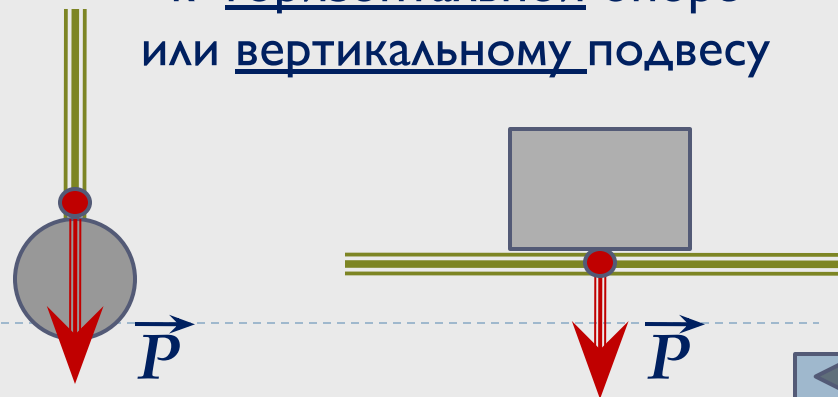
Сила натяжения нити

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





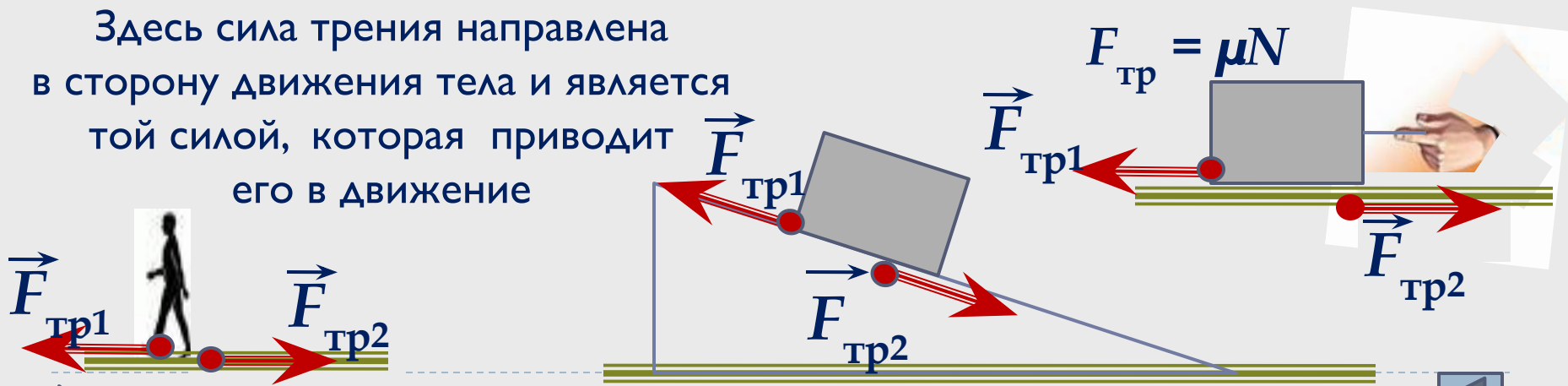
Силы трения

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 масс





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:

$$m = 2 \text{ кг}$$

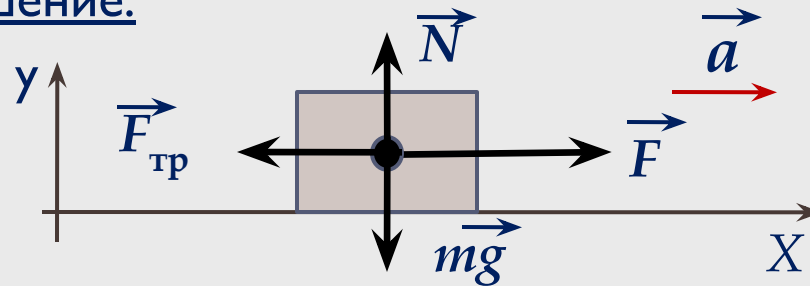
$$\mu = 0,02$$

$$a = 0,2 \text{ м/с}^2$$

$F = ?$

Решение:

1



2

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

Откуда $F = ma + \mu mg$

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

5 Вычислим $F = 0,79 \text{ Н}$

Оу $0 = -mg + 0 + N + 0$ (2)

4 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:

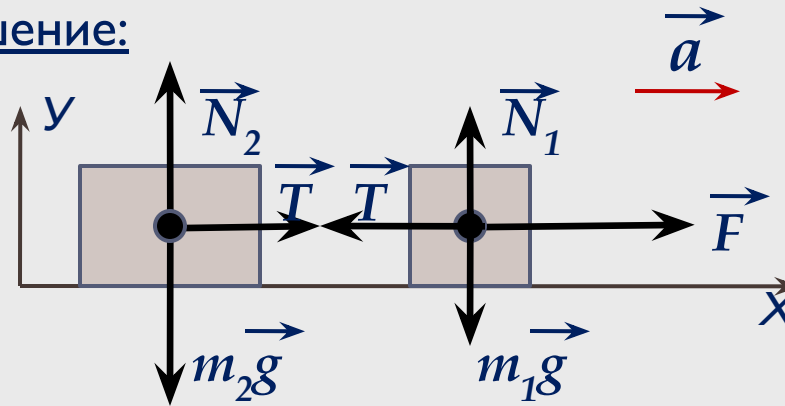
$$m_1 = 50 \text{ г} = 0,05 \text{ кг}$$

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

$$T = 5 \text{ Н}$$

$F - ?$

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:

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

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

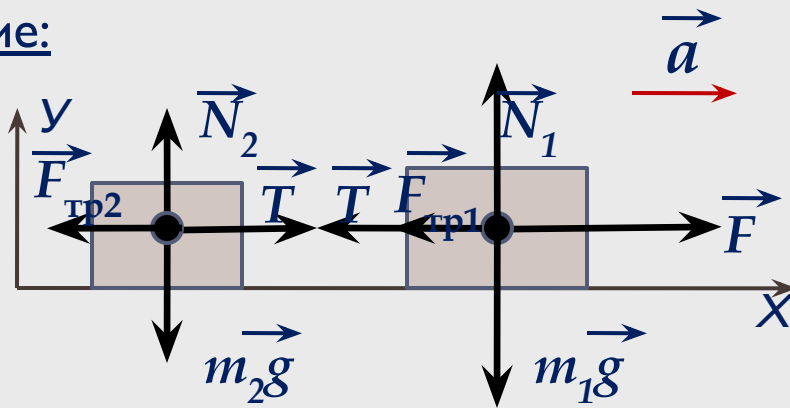
$$F = 1,78 \text{ кН} = 1780 \text{ Н}$$

$$\mu = 0,06$$

T - ?

Решение:

1



2

$$m_1 \vec{a} = m_1 \vec{g} + \vec{T} + \vec{N}_1 + \vec{F} + \vec{F}_{\text{тр1}}$$

$$m_2 \vec{a} = m_2 \vec{g} + \vec{T} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{\text{тр2}}$$

3

Оx: $m_1 a = -T + F - F_{\text{тр1}}$ (1)

$$m_2 a = T - F_{\text{тр2}} \quad (2)$$

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

$$F_{\text{тр1}} = \mu N_1 = \mu m_1 g, \quad F_{\text{тр2}} = \mu N_2 = \mu m_2 g$$

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

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

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

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:

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

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

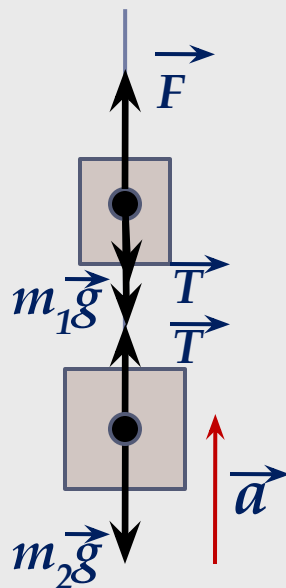
$$F = 6 \text{ Н}$$

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



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

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

2

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

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



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:

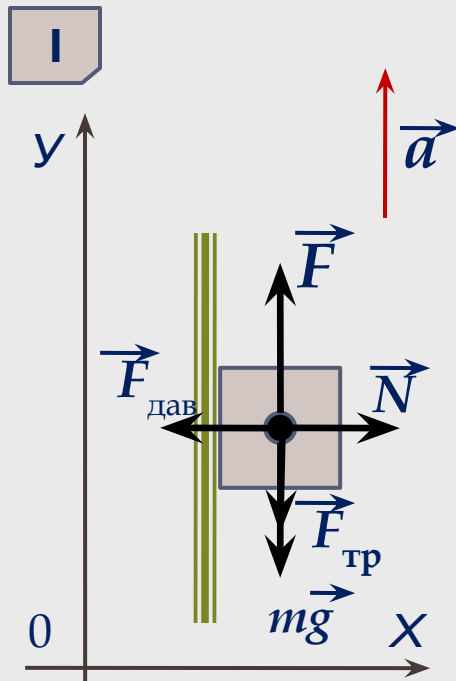
$$\mu = 0,5$$

$$a = 0,2 \text{ м/с}^2$$

$$m = 50 \text{ кг}$$

$$F_{\text{дав}} = 4 \text{ Н}$$

$$F - ?$$



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.

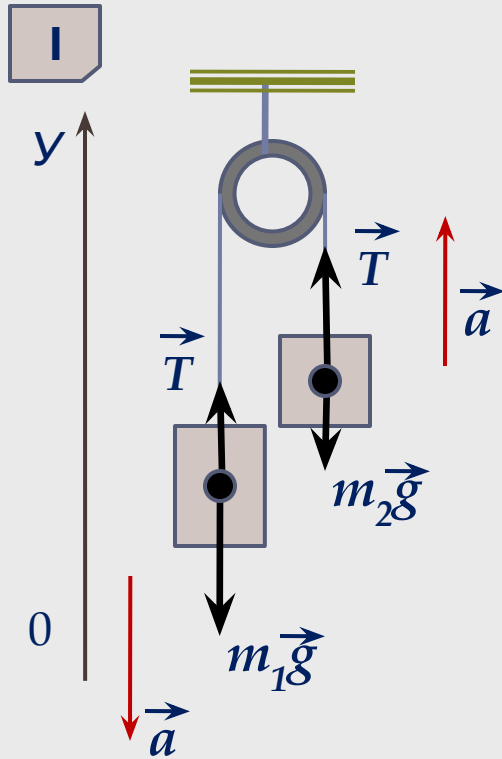
Дано:

$$m_1 = 2 \text{ кг}$$

$$m_2 = 1 \text{ кг}$$

$a - ?$

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:

$$m_1 = 2 \text{ кг}$$

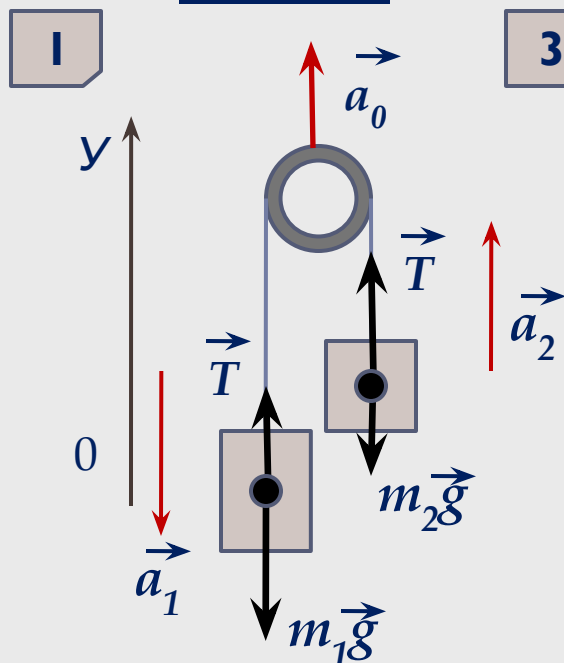
$$m_2 = 1 \text{ кг}$$

$$a_0 = 1 \text{ м/с}^2$$

$$a_1 = ?$$

$$a_2 = ?$$

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 :

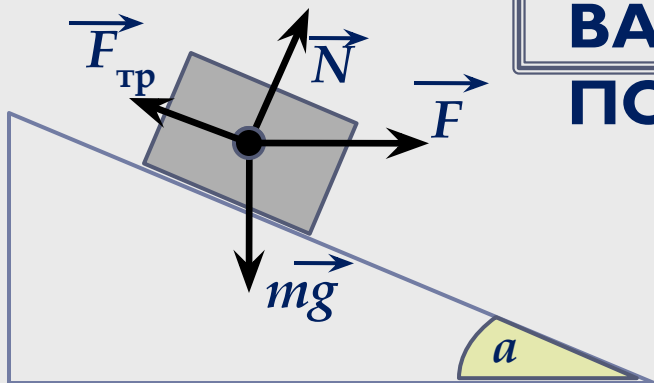
$$a_1 = \frac{g(m_1 - m_2) - 2m_2 a_0}{m_1 - m_2} = 2,6 \text{ м/с}^2 \quad a_2 = 4,6 \text{ м/с}^2$$

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

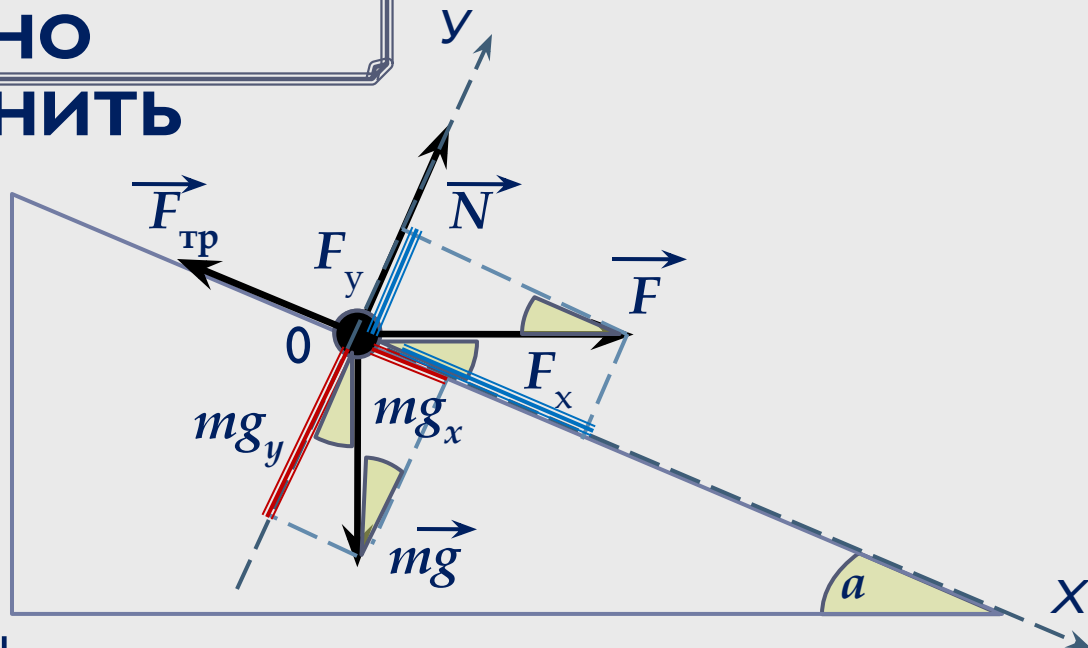
Движение по наклонной

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

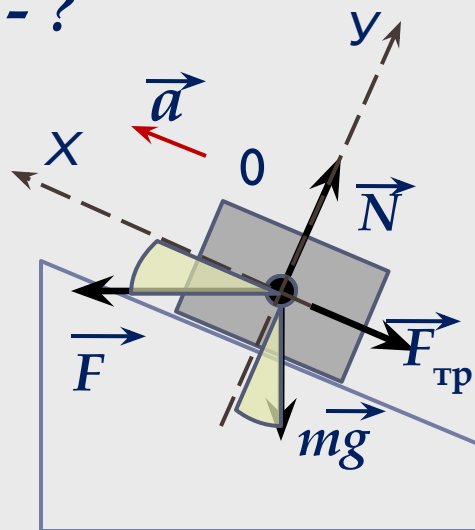
$$\text{из (2): } N = mg \cos a + F \sin a,$$

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

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

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

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)

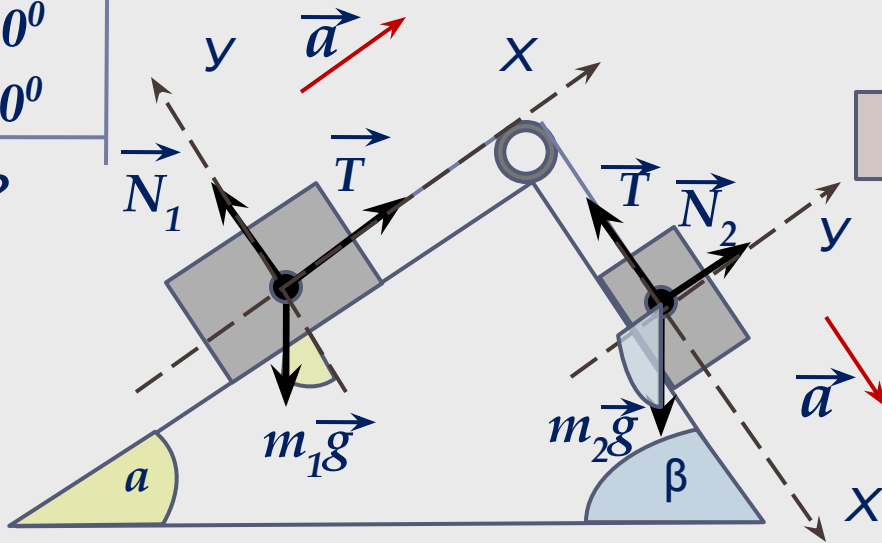
$$m_1 = 2 \text{ кг}$$

$$m_2 = 4 \text{ кг}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\beta = 60^\circ$$

$$a - ?$$



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

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

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

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

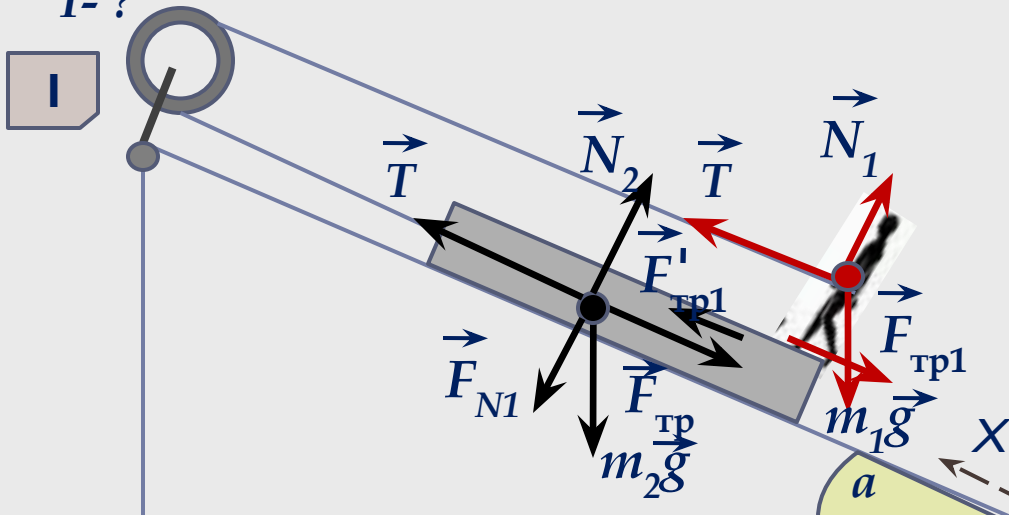
Складывая (1) и (2), получим:

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

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

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

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



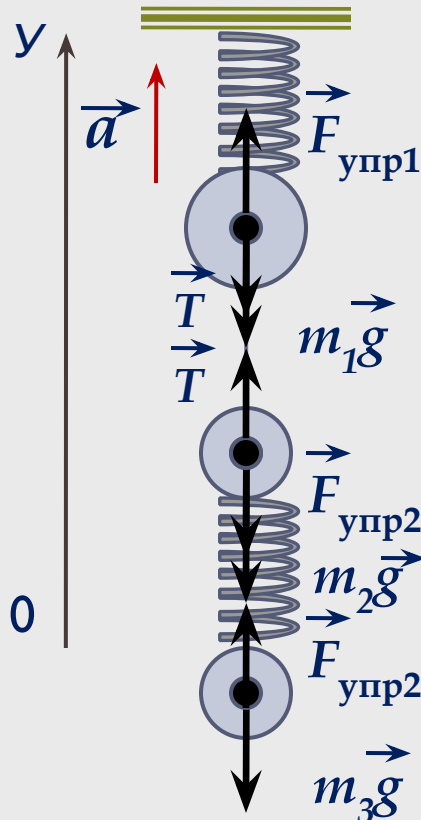
Шары массами m_1, m_2, m_3 подвешены к потолку с помощью двух невесомых пружин и легкой нити. Система покоится. Определите силу натяжения нити. Определите направление и модуль ускорения шара массой m_1 сразу после пережигания нити.

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:

$$m_1 = m$$

$$m_2 = 4m$$

$$a = 30^\circ$$

$\mu = ?$

и

Решение:

2

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

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

3

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

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

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

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

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:

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

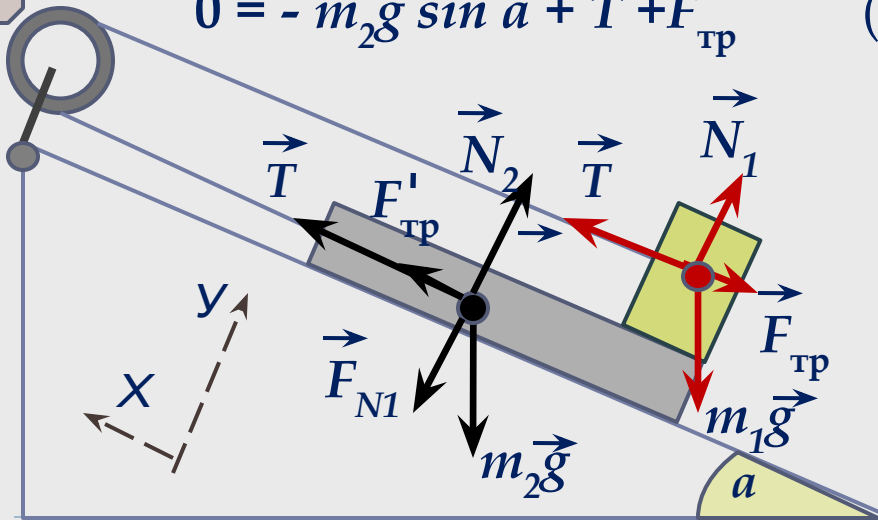
$$F_{\text{тр}} = \mu N_1 = \mu m_1 g \cos a$$

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 .

