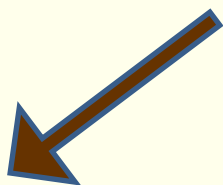


**ДВИЖЕНИЕ СИСТЕМЫ СВЯЗАННЫХ ТЕЛ.**

# Движение системы связанных тел.

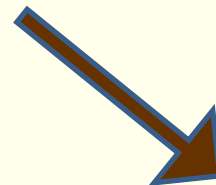
Возможны три варианта задач



Движение тел  
в одном  
направлении



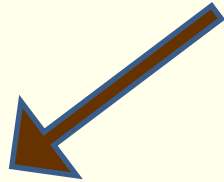
Движение тел  
в разных  
направлениях  
(по горизонтали и  
вертикали)



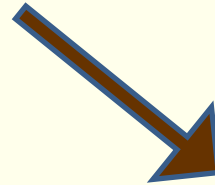
Движение по  
наклонной  
плоскости

# Движение системы связанных тел.

Возможны два подварианта задач



Движение  
системы  
связанных тел  
без учёта трения

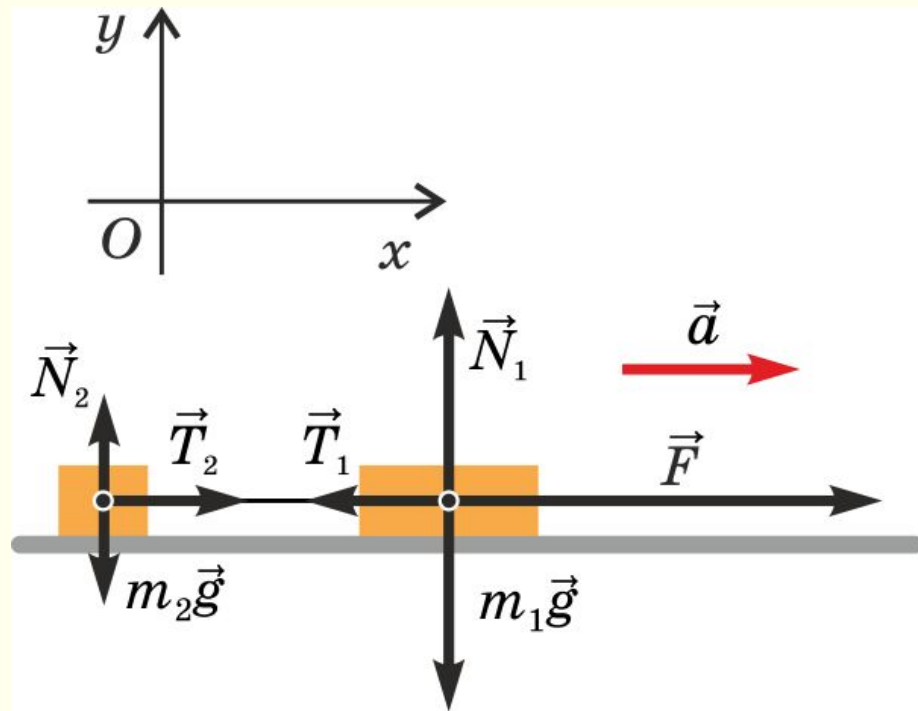


Движение системы  
связанных тел с  
учётом трения со  
стороны внешних тел

# 1. Движение системы связанных тел без учёта трения.

## 1. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ

Задача: Пусть по гладкому столу под действием горизонтальной силы движутся бруски массой  $m_1$  и  $m_2$ , связанные лёгкой нерастяжимой нитью.



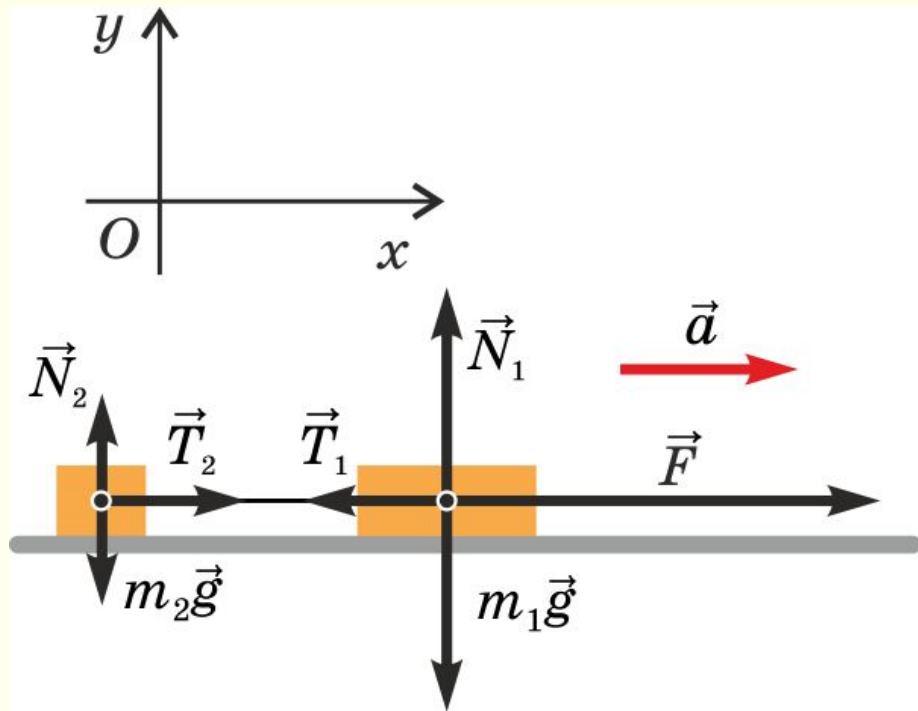
# 1. Движение системы связанных тел без учёта трения.

## 1. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ

Используя рисунок, объясните смысл следующих уравнений:

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

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



# 1. Движение системы связанных тел без учёта трения.

**Вопрос:** какую информацию даёт указание на то, что нить *лёгкая*?

**Ответ:** это означает, что *массой нити можно пренебречь*, значит равнодействующая приложенных к нити сил равна *нулю* (иначе нить получила бы бесконечно большое ускорение), поэтому бруски тянут нить в противоположные стороны с *равными* по модулю силами. Из третьего закона Ньютона следует, что нить действует на бруски тоже с равными по модулю силами:

$$T_2 = T_1 = T \quad (\text{где } T - \text{модуль силы натяжения нити})$$

# 1. Движение системы связанных тел без учёта трения.

**Вопрос:** какую информацию даёт указание на то, что нить *нерастяжима*?

**Ответ:** Поскольку нить *нерастяжима*, модули перемещения брусков за любой промежуток времени одинаковы. Отсюда следует, что *ускорения брусков равны*. Обозначим модуль этого ускорения  $a$ :

$$a_1 = a_2 = a$$

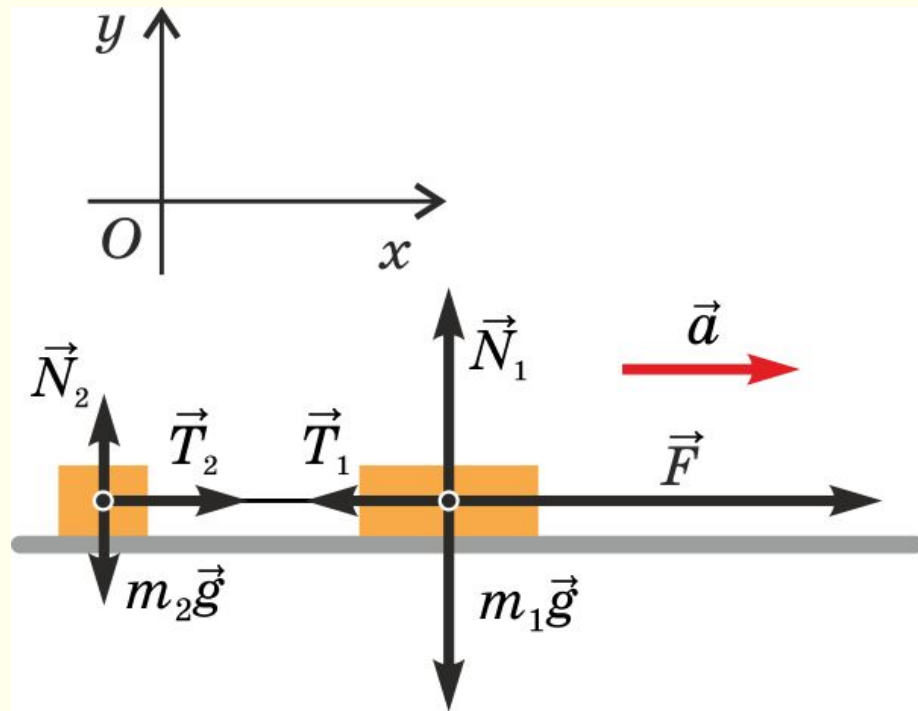
# 1. Движение системы связанных тел без учёта трения.

## 1. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ

Используя рисунок, объясните смысл следующих уравнений:

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

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



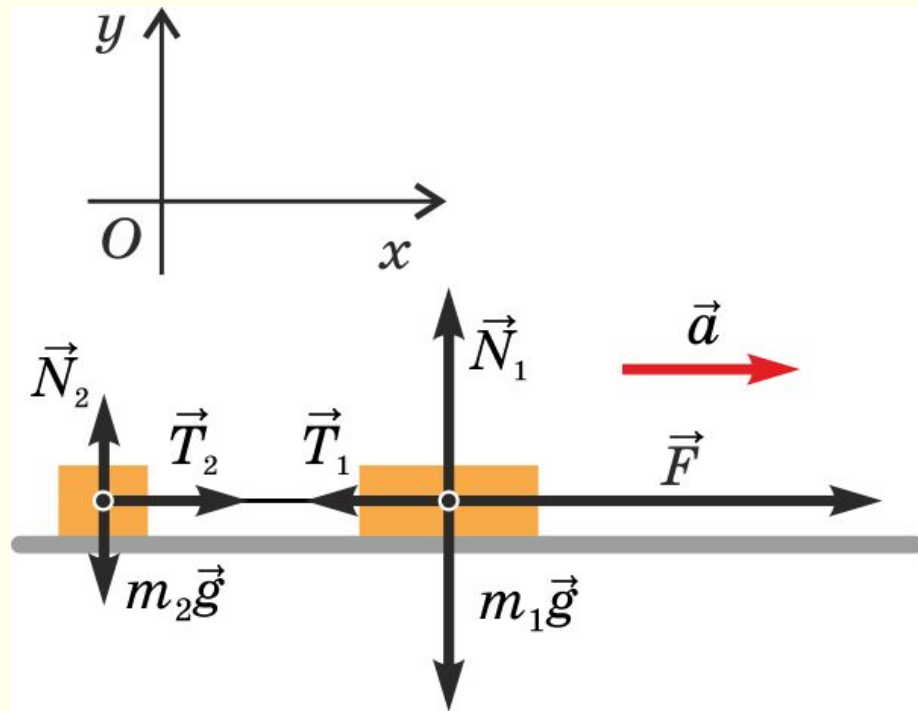


# 1. Движение системы связанных тел без учёта трения.

## 1. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ

**Вопрос:** Объясните, почему бруски, связанные лёгкой нерастяжимой нитью, движутся под действием силы с таким же ускорением, как одно тело массой  $m_1 + m_2$ .  
Чему равно это ускорение?

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

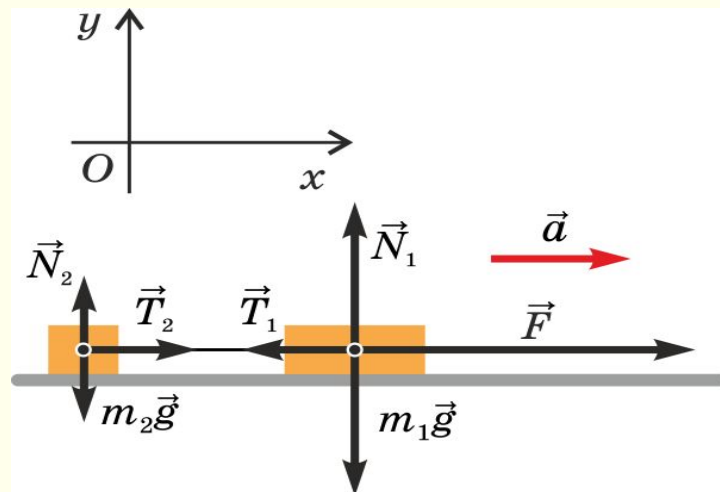


# 1. Движение системы связанных тел без учёта трения.

## 1. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ

### Задача 1:

На гладком столе находятся два бруска, связанные лёгкой нерастяжимой нитью. Под действием горизонтальной силы 4 Н, приложенной к первому бруску, бруски движутся с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ , а сила натяжения нити равна 1 Н.



а) Чему равны массы брусков? **1,5 кг и 0,5 кг**

б) Какова будет сила натяжения нити, если тянуть бруски горизонтальной силой 2 Н, приложенной ко второму бруску? **1,5 Н**

# 1. Движение системы связанных тел без учёта трения.

## 1. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ

### Задача 2:

Два стальных цилиндра массой 1 кг и 3 кг подвешены на лёгких нерастяжимых нитях. Натяжение верхней нити 20 Н.

а) С каким ускорением движутся цилиндры? Куда оно направлено? **5 м/с<sup>2</sup>, вниз**

б) Чему равно натяжение нижней нити? **15 Н**

в) При каком натяжении верхней нити вес нижнего цилиндра равен силе тяжести, действующей на верхний цилиндр? **13,3 Н**

(Подсказка. Вспомните о весе груза, движущегося с ускорением).



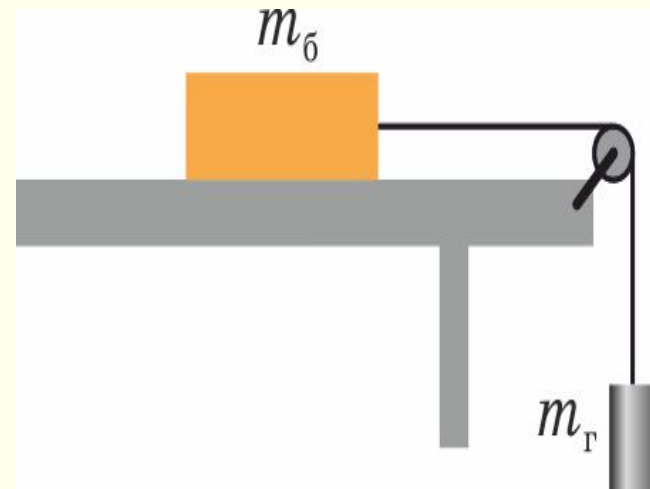
# 1. Движение системы связанных тел без учёта трения.

## 2. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ (ПО ГОРИЗОНТАЛИ И ВЕРТИКАЛИ)

Задача1: На гладком столе находится брусок массой  $m_6$ , связанный с грузом массой  $m_г$  лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через неподвижный блок. Трением в блоке и его массой можно пренебречь.

Чему равен модуль ускорения тел?

$$a = g \frac{m_г}{m_6 + m_г}$$

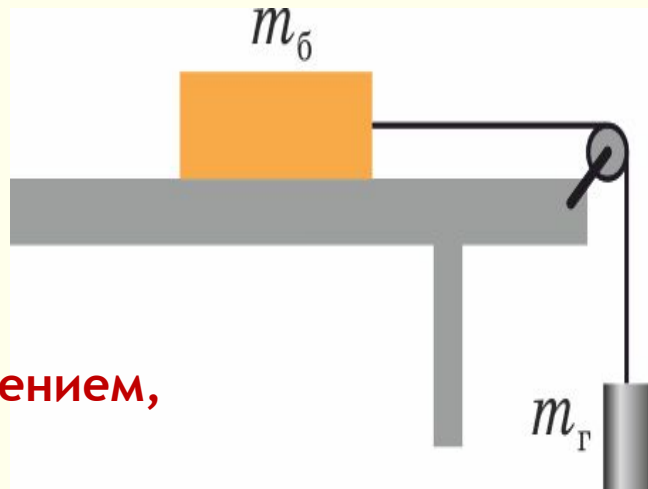


# 1. Движение системы связанных тел без учёта трения.

## 2. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ (ПО ГОРИЗОНТАЛИ И ВЕРТИКАЛИ)

Чему равен вес груза в предыдущем задании, если  $m_6 = 2$  кг, а  $m_7 = 0,5$  кг? Почему вес груза оказался *меньше* действующей на него силы тяжести?

**4 Н; груз движется с ускорением, направленным вниз.**



Подсказка. Вспомните о весе груза, движущегося с ускорением.

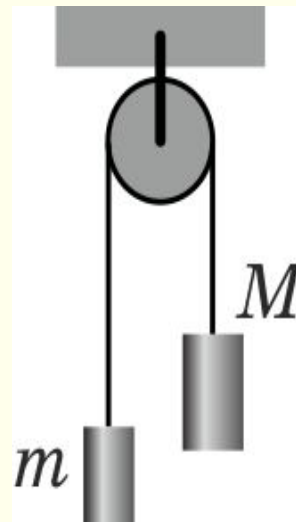
# 1. Движение системы связанных тел без учёта трения.

## 2. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ (ПО ГОРИЗОНТАЛИ И ВЕРТИКАЛИ)

Задача 2: К концам легкой нерастяжимой нити, переброшенной через неподвижный блок, подвешены грузы массой  $m$  и  $M$ , причём  $M > m$ . Трением в блоке и его массой можно пренебречь.

а) Чему равен модуль ускорения грузов?

$$a = g \frac{M - m}{M + m}$$



# 1. Движение системы связанных тел без учёта трения.

## 2. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ (ПО ГОРИЗОНТАЛИ И ВЕРТИКАЛИ)

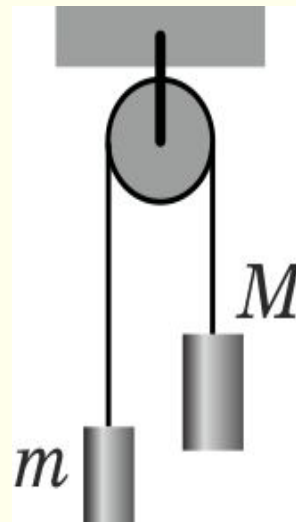
б) Чему равна сила натяжения нити?

$$g \frac{2Mm}{M + m}$$

в) Чему равен вес каждого груза?

$$g \frac{2Mm}{M + m}$$

г) Как объяснить, что грузы разной массы имеют в данном случае одинаковый вес?



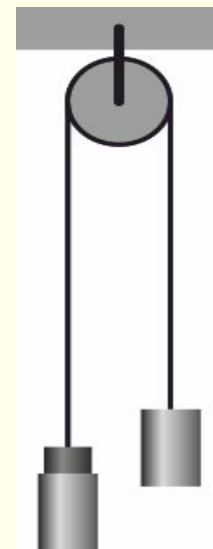
Подсказка. Вспомните о весе груза, движущегося с ускорением.

# 1. Движение системы связанных тел без учёта трения.

## 2. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ (ПО ГОРИЗОНТАЛИ И ВЕРТИКАЛИ)

Задача 3: К концам лёгкой нерастяжимой нити, переброшенной через лёгкий неподвижный блок, подвешены грузы массой по 4,5 кг. На один из грузов положен перегрузок массой 1 кг. Трением в блоке можно пренебречь. В начальный момент тела покоятся.

- а) С каким ускорением движутся тела? **1 м/с<sup>2</sup>**
- б) С какой силой перегрузок давит на груз? **9 Н**
- в) С какой силой блок давит на ось? **99 Н**





# 1. Движение системы связанных тел без учёта трения.

## 2. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ (ПО ГОРИЗОНТАЛИ И ВЕРТИКАЛИ)

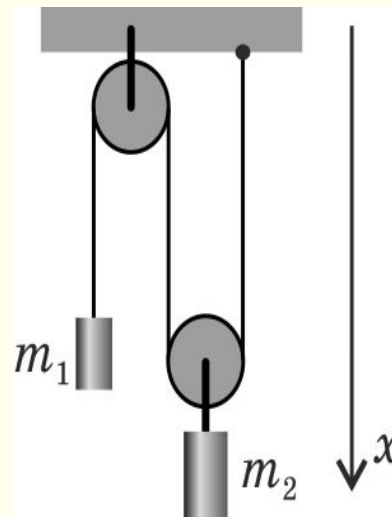
При наличии *подвижных* блоков ускорения тел, связанных нерастяжимой нитью, могут быть *различными*.

**Задача 4:** Грузы массой  $m_1$  и  $m_2$  подвешены так, как показано на рисунке. Нить лёгкая и нерастяжимая, трением в блоках и их массой можно пренебречь.

а) Чему равно отношение модулей ускорения первого и второго грузов? **2**

б) Чему равно отношение сил, действующих со стороны нити на первый и второй грузы? **0,5**

(Подсказка. Использовать условие равновесия)



# 1. Движение системы связанных тел без учёта трения.

## 2. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ (ПО ГОРИЗОНТАЛИ И ВЕРТИКАЛИ)

в) Чему равны проекции ускорений первого и второго груза на показанную на рисунке ось  $x$ ?

$$a_{1x} = 2g \frac{2m_1 - m_2}{4m_1 + m_2} \quad a_{2x} = g \frac{m_2 - 2m_1}{4m_1 + m_2}$$

г) При каком соотношении масс грузов ускорение первого груза направлено вниз?

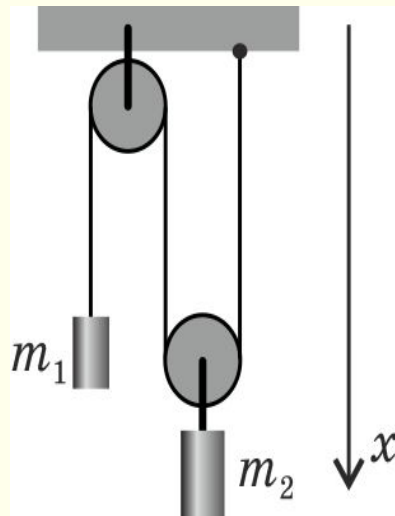
$$m_1 > 0,5m_2$$

д) Чему равна сила натяжения нити?

$$\frac{3gm_1m_2}{4m_1 + m_2}$$

е) При каком соотношении масс грузов вес *второго* груза равен силе тяжести, действующей на *первый* груз?

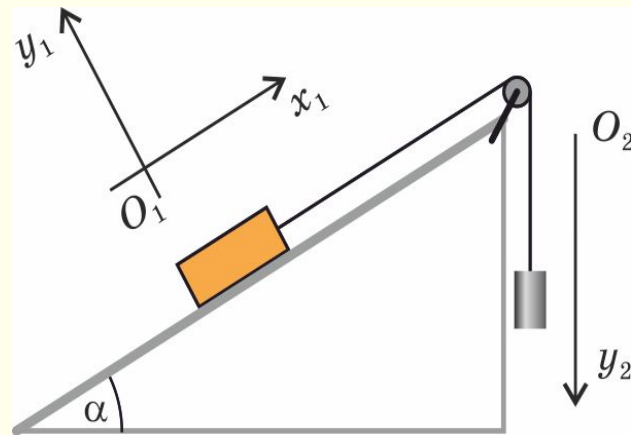
$$m_2 = 0,8m_1$$



# 1. Движение системы связанных тел без учёта трения.

## 3. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ (по наклонной плоскости)

**Задача.** Пусть на *гладкой* наклонной плоскости с углом наклона находится брусок массой  $m_b$ , связанный с грузом массой  $m_r$  лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через блок.



**Примечание.** При рассмотрении движения тела по наклонной плоскости удобно использовать систему координат с наклонными осями  $O_1x_1$   $O_1y_1$ , показанную на рисунке. А для рассмотрения движения груза по вертикали выберем направленную вниз ось  $O_2y_2$ .

# 1. Движение системы связанных тел без учёта трения.

## 3. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ (ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ)

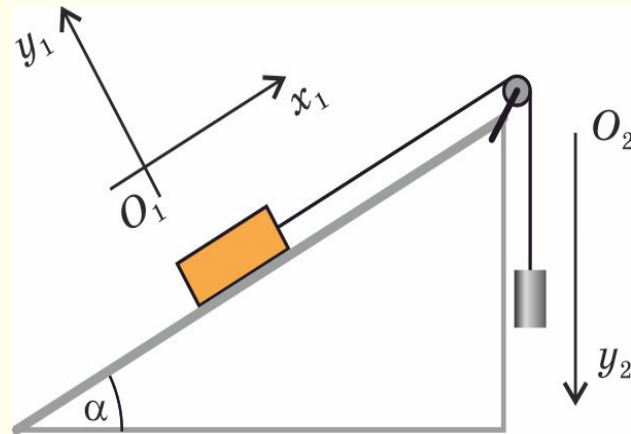
Примечание. Самое трудное в этой ситуации — правильно определить *направление* ускорения тел. Найдем сначала условие их *равновесия*.

Сделав чертёж, объясните смысл следующих уравнений для случая, когда тела находятся в *равновесии*:

$$O_{\text{б}}x_1: T - m g \sin \alpha = 0$$

$$O_{\text{б}}y_1: N - m g \cos \alpha = 0$$

$$O_{\text{л}}y_2: m g - T = 0$$



# 1. Движение системы связанных тел без учёта трения.

## 3. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ (ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ)

Объясните, почему:

а) если  $m_r > m_6 \sin \alpha$ , то ускорение бруска направлено вверх.

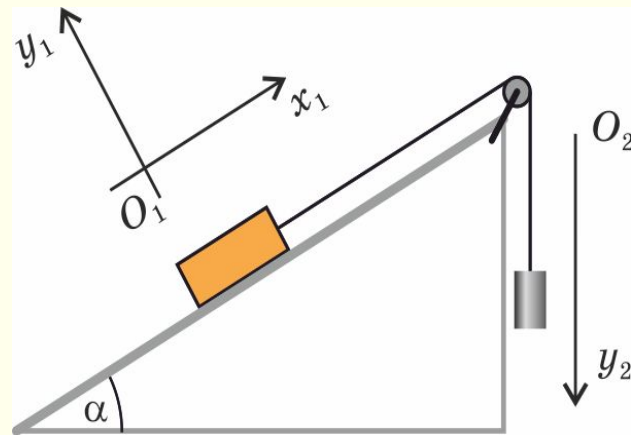
б) если  $m_r < m_6 \sin \alpha$ , то ускорение бруска направлено вниз.

в) Объясните, для какого из этих двух случаев справедлива следующая система уравнений:

$$O_{6x_1}: T - m_6 g \sin \alpha = m a$$

$$O_{6y_1}: N - m g \cos \alpha = 0$$

$$O_{2y_2}: m g - T = m a$$



# 1. Движение системы связанных тел без учёта трения.

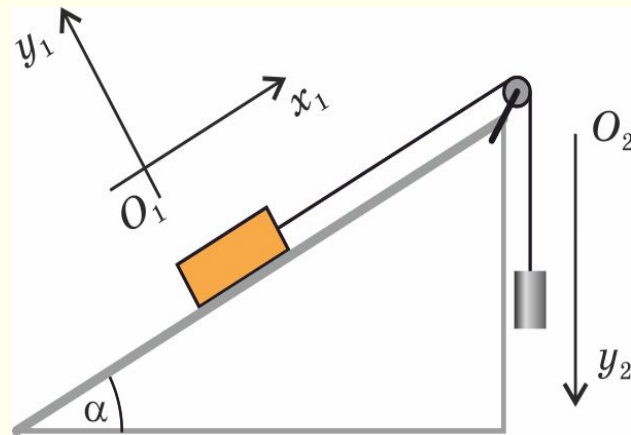
## 3. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ (ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ)

г) Чему равен модуль ускорения бруска, если он движется вдоль наклонной плоскости *вверх*?

$$a = g \frac{m_{\Gamma} - m_{\text{б}} \sin \alpha}{m_{\Gamma} + m_{\text{б}}}$$

д) Чему равен модуль ускорения бруска, если он движется вдоль наклонной плоскости *вниз*?

$$a = g \frac{m_{\text{б}} \sin \alpha - m_{\Gamma}}{m_{\Gamma} + m_{\text{б}}}$$



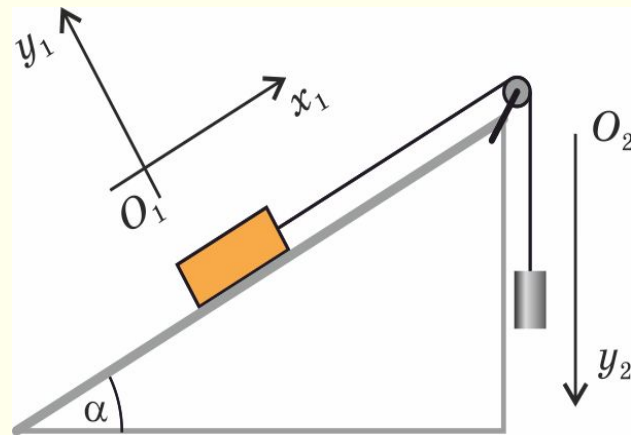
# 1. Движение системы связанных тел без учёта трения.

## 3. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ (по наклонной плоскости)

### Задача :

Брусок массой 1 кг находится на гладкой наклонной плоскости с углом наклона  $30^\circ$ . Он связан с грузом массой 200 г лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через блок. В начальный момент тела покоятся, и груз находится на высоте 20 см над столом. На какой высоте над столом будет находиться груз через 0,2 с?

**25 см**

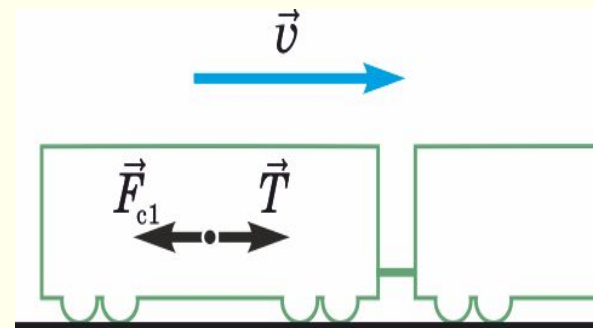


## 2. Движение системы связанных тел с учётом трения.

### 1. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ

Задача: движение поезда.

Пусть поезд едет с *постоянной* скоростью по *горизонтальной* дороге. При этом вертикальные силы, действующие на любой из вагонов и на локомотив (сила тяжести и сила нормальной реакции) уравнивают друг друга.



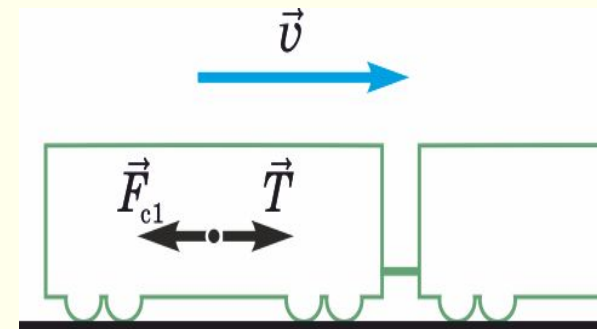


## 2. Движение системы связанных тел с учётом трения.

### 1. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ

Рассмотрим горизонтально направленные силы. Начнём с *последнего* вагона.

На него действует направленная *вперёд* Сила упругости  $T$  со стороны вагонной сцепки. Кроме того, на него действует направленная *назад* сила трения между колёсами вагона и рельсами ( сила сопротивления движению, которая характеризуется коэффициентом сопротивления  $k$ ).



$$F_{\text{сопр}} = kN \quad (\text{где } N \text{ — модуль силы нормальной реакции})$$

## 2. Движение системы связанных тел с учётом трения.

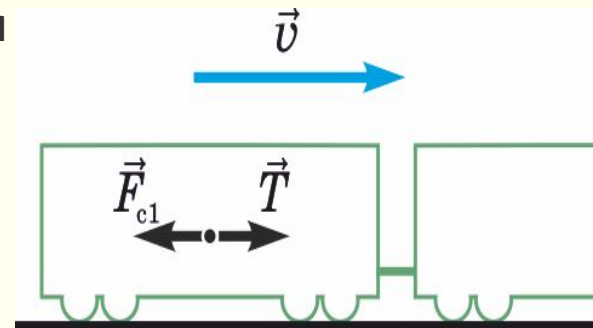
### 1. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ

а) Чему равна сила сопротивления, действующая на вагон массой 60 т, если коэффициент сопротивления  $k = 0,005$ ?

**3 кН**

б) Чему равна сила натяжения передней сцепки первого вагона, если в поезде  $n$  одинаковых вагонов?

**$nF_{c1}$**



Примечание. Обозначим  $F_{c1}$  силу сопротивления, действующую на один вагон (когда он движется с постоянной скоростью)

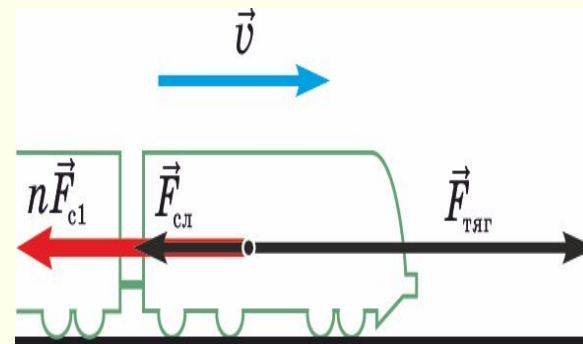
$$F_{c1} = T.$$

## 2. Движение системы связанных тел с учётом трения.

### 1. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ

Рассмотрим теперь силы, действующие на *локомотив*, который едет с постоянной скоростью и тянет за собой  $n$  вагонов.

На локомотив действует направленная *назад* сила сопротивления  $F_{\text{сл}}$  и сила натяжения сцепки между локомотивом и первым вагоном, равная  $nF_{\text{с1}}$



Какая же направленная *вперёд* сила уравнивает эти силы?

$$F_{\text{тяг}} = F_{\text{тр. покоя}}$$

## 2. Движение системы связанных тел с учётом трения.

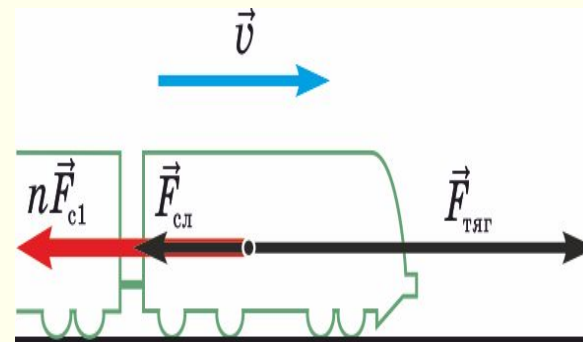
### 1. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ

Обозначим массу локомотива  $M$  и будем считать, что *все колёса локомотива ведущие (тогда  $N = Mg$ )*

$$(F_{\text{тяг}})_{\text{max}} = (F_{\text{тр. покоя}})_{\text{max}} = \mu Mg$$

Когда поезд едет с постоянной скоростью, сила тяги уравнивает силу сопротивления, действующую на *весь* поезд:

$$F_{\text{тяг}} = F_{\text{сл}} + nF_{\text{с1}}.$$



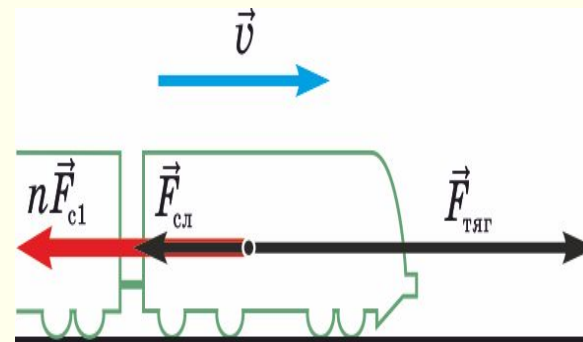
## 2. Движение системы связанных тел с учётом трения.

### 1. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ

#### Задача 1.

Какое наибольшее число одинаковых вагонов может тянуть по *горизонтальной* дороге с постоянной скоростью локомотив, если коэффициент сопротивления для вагонов и локомотива при данной скорости равен 0,005, а масса локомотива в 3 раза больше массы одного вагона? Все колёса локомотива считайте ведущими.

Коэффициент трения скольжения между колёсами локомотива и рельсами примите равным 0,3.

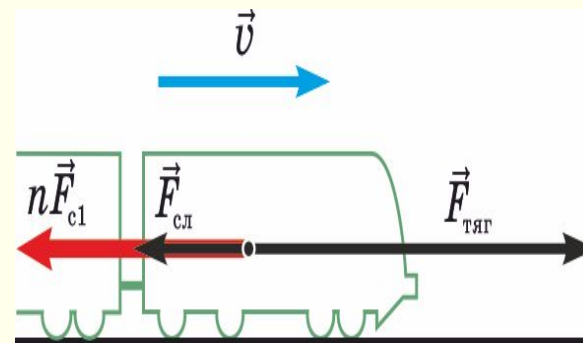


## 2. Движение системы связанных тел с учётом трения.

### 1. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ

#### Задача 2.

Локомотив тянет с постоянной скоростью 18 вагонов. При этом сцепка между шестым и седьмым вагонами (считая от локомотива) натянута с силой 120 кН. Чему равна сила тяги локомотива? Примите, что массы вагонов равны, а масса локомотива в 3 раза больше массы одного вагона. **210 кН**



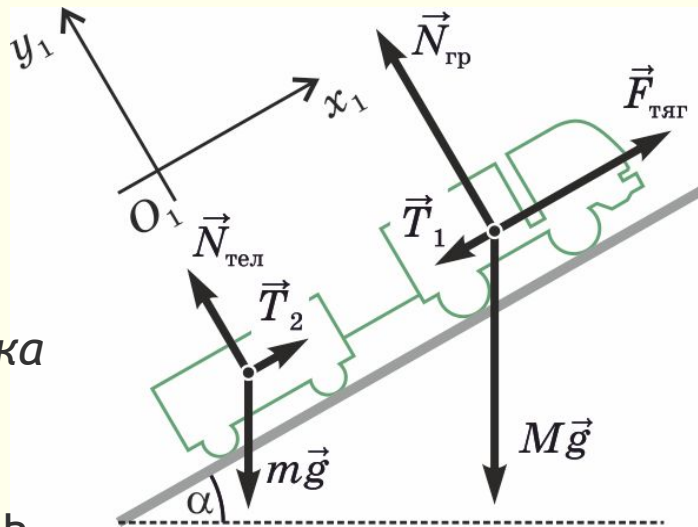
*Указание. Сила тяги равна по модулю силе сопротивления, действующей на весь поезд, масса которого в 21 раз больше массы одного вагона*

## 2. Движение системы связанных тел с учётом трения.

### 2. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ (ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ)

**Задача:** грузовик тянет прицеп по склону. Пусть грузовик массой  $M$ , у которого *все колёса ведущие*, тянет вверх по склону прицеп массой  $m$ .

Обозначим  $\alpha$  - угол наклона склона, а  $\mu$  - коэффициент трения между колёсами *грузовика* и дорогой. Будем считать, что трос лёгкий и нерастяжимый, а трением качения между колёсами прицепа и дорогой можно пренебречь.



**Примечание.** Мы уже знаем, действующая на грузовик сила тяги — это направленная *вверх* вдоль склона сила трения *покоя*, действующая на ведущие колёса.

## 2. Движение системы связанных тел с учётом трения.

### 2. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ (ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ)

а) Чему равна сила тяги при *равномерном* движении грузовика и прицепа?

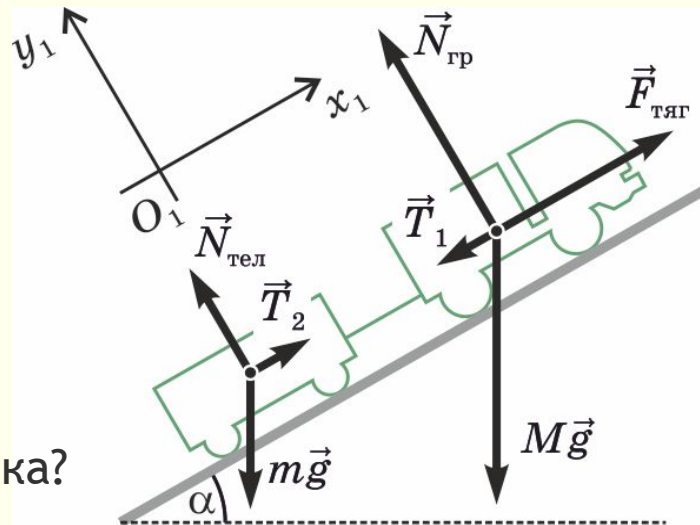
$$F_{\text{тяги}} = (M + m)g \sin \alpha$$

Подсказка. При равномерном движении равнодействующая сил, приложенных к грузовику и к прицепу, равна нулю.

б) Чему равна максимальная сила тяги грузовика?

$$F_{\text{тяги max}} = \mu M g \cos \alpha$$

Подсказка. Максимальная сила тяги равна максимальной силе трения покоя.





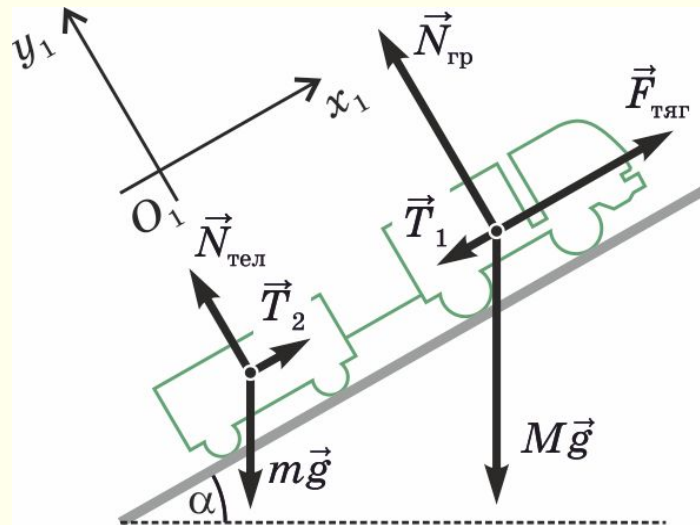
## 2. Движение системы связанных тел с учётом трения.

### 2. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ (ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ)

#### Задача 1.

Какой наибольшей массы прицеп может поднимать грузовик массой 5 т, у которого все колёса ведущие, по склону с углом наклона  $10^\circ$ ? Трением качения между колёсами прицепа и склоном можно пренебречь. Коэффициент трения между колёсами грузовика и склоном равен 0,5.

**9,2 т**



Примечание. Если грузовик и прицеп движутся с ускорением, равнодействующая сил, приложенных к каждому телу, не равна нулю.

## 2. Движение системы связанных тел с учётом трения.

### 2. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ (ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ)

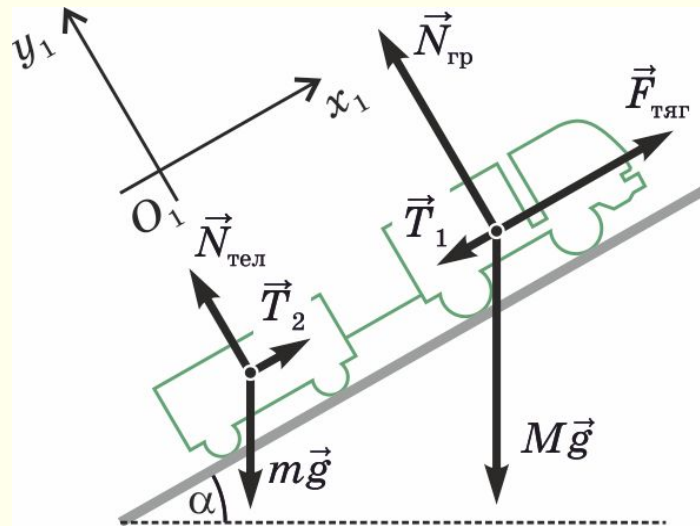
**Задача 2.** Грузовик массой  $M$  тянет за собой прицеп массой  $m$  вверх по склону с углом наклона  $\alpha$ . Коэффициент трения между колёсами грузовика и дорогой равен  $\mu$ .

а) С каким максимально возможным ускорением может двигаться грузовик?

$$a_{\max} = g \left( \frac{\mu M \cos \alpha}{M + m} - \sin \alpha \right)$$

б) Чему равна при этом сила натяжения троса?

$$T_{\max} = \frac{\mu M m g \cos \alpha}{M + m}$$



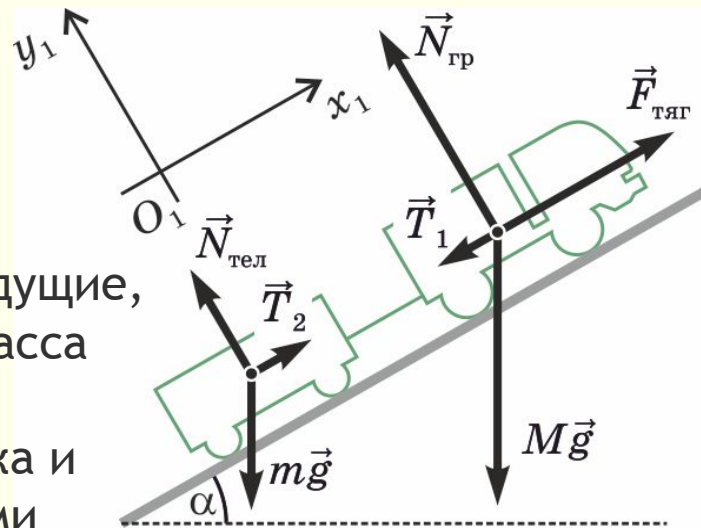
*Подсказка.* Максимально возможное ускорение и максимальная сила натяжения троса достигаются при максимально возможной силе тяги.

## 2. Движение системы связанных тел с учётом трения.

### 2. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ (ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ)

Примечание. Зная максимально возможное ускорение, можно найти и максимальную силу натяжения троса  $T_{\max}$ . Сила натяжения будет максимальной при максимальном ускорении прицепа.

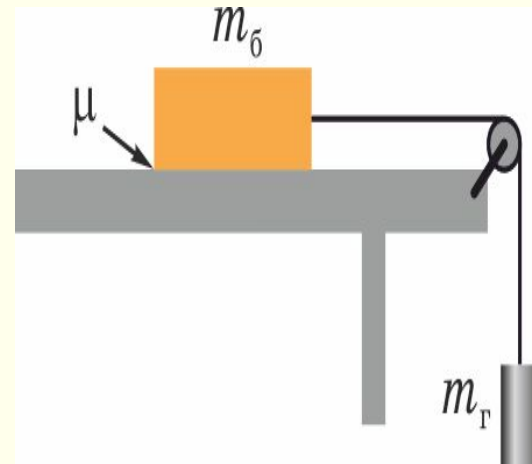
**Задача 3.** Грузовик, у которого все колёса ведущие, тянет прицеп по склону с углом наклона  $10^\circ$ . Масса грузовика в 3 раза больше массы прицепа. Коэффициент трения между колёсами грузовика и дорогой 0,5, а трением качения между колёсами прицепа и склоном можно пренебречь. Сначала тела двигались равномерно, а потом — с максимально возможным ускорением. Во сколько раз увеличилась сила натяжения троса? **В 2,1 раза**



## 2. Движение системы связанных тел с учётом трения.

### 3. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ (ПО ГОРИЗОНТАЛИ И ВЕРТИКАЛИ)

**Задача:** На столе находится брусок массой  $m_6$ , связанный с грузом массой  $m_r$  лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через блок. Коэффициент трения между грузом и столом  $\mu$ . Трением в блоке и его массой можно пренебречь. Пусть в начальном состоянии тела покоятся.



а) При каком условии тела начнут двигаться?

$$m_r g > \mu m_6 g$$

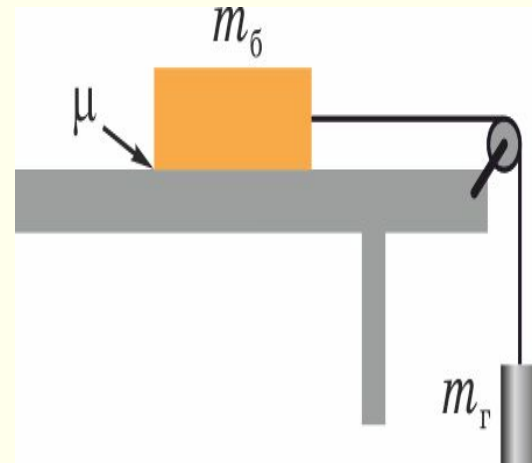
б) Чему будет равно при этом ускорение тел?

$$a = g \frac{m_r - \mu m_6}{m_r + m_6}$$

## 2. Движение системы связанных тел с учётом трения.

### 3. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ (ПО ГОРИЗОНТАЛИ И ВЕРТИКАЛИ)

**Задача 1:** На столе лежит брусок массой 2 кг, связанный с грузом массой 500 г лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через блок. Трением в блоке и массой блока можно пренебречь. В начальном состоянии тела покоятся. Ответьте на следующие вопросы, приняв, что коэффициент трения между бруском и столом равен: 1) 0,2; 2) 0,3.



## 2. Движение системы связанных тел с учётом трения.

### 3. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ (ПО ГОРИЗОНТАЛИ И ВЕРТИКАЛИ)

а) Чему равно ускорение тел?

**0,4 м/с<sup>2</sup>; 0**

б) Чему равна сила натяжения нити?

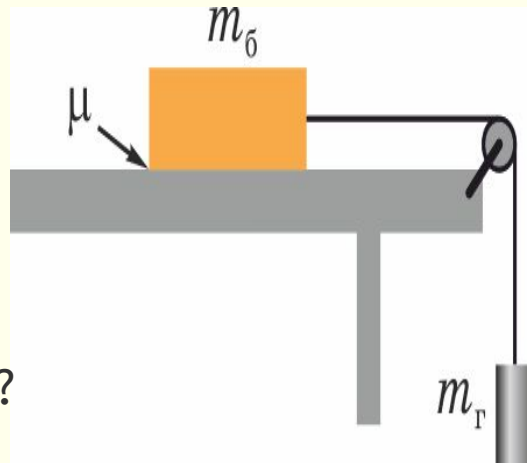
**4,8 Н; 5 Н**

в) Чему равна сила трения между бруском и столом?

**4 Н; 5 Н**

г) Какой путь пройдет брусок за 1 с?

**20 см; 0 см**



## 2. Движение системы связанных тел с учётом трения.

### 3. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ (ПО ГОРИЗОНТАЛИ И ВЕРТИКАЛИ)

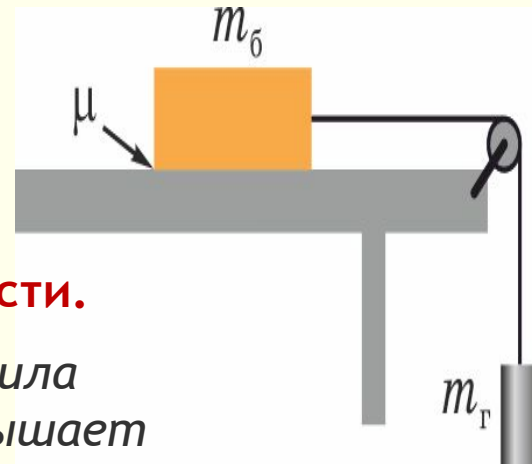
**Задача 2:** На стол кладут верёвку.

Коэффициент трения между столом и верёвкой равен 0,25. Какая часть верёвки должна свисать со стола, чтобы верёвка начала соскальзывать?

**Больше одной пятой части.**

Указание. Веревка начинает соскальзывать, когда сила тяжести, действующая на свисающую часть, превышает силу трения, действующую на часть, лежащую на столе.

Подсказка. Представьте верёвку как систему двух тел: части верёвки, лежащей на столе, и части, свисающей со стола.

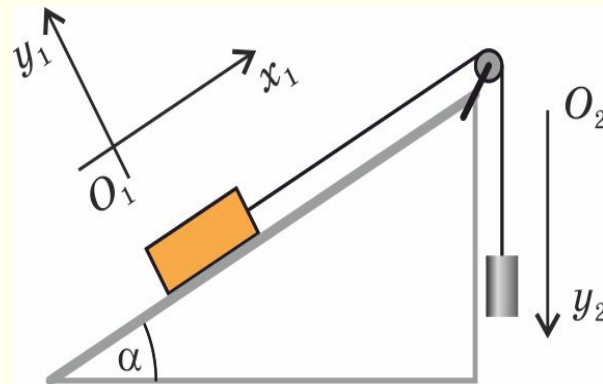


## 2. Движение системы связанных тел с учётом трения.

### 3. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ (по наклонной плоскости)

#### Задача:

Брусок массой  $m_b$ , связанный с грузом массой  $m_r$ , находится на наклонной плоскости с углом наклона. Коэффициент трения между грузом и столом  $\mu$ . Трением в блоке и массой блока можно пренебречь. Пусть тела вначале покоятся.





## 2. Движение системы связанных тел с учётом трения.

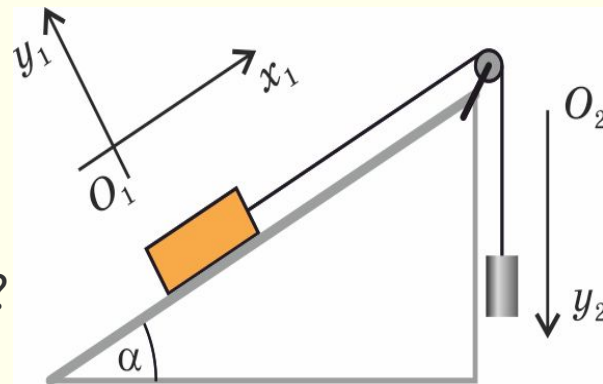
### 3. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ (ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ)

а) С каким по модулю ускорением будут двигаться тела, если брусок движется *вверх*?

$$a = g \frac{m_r - m_6(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{m_r + m_6}$$

б) При каком условии брусок будет двигаться *вверх*?

$$m_r > m_6(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$



Указание. Если брусок движется *вверх*, на него действует сила трения скольжения, направленная *вниз*. Полученное в этом предположении значение модуля ускорения должно быть *положительным*.

## 2. Движение системы связанных тел с учётом трения.

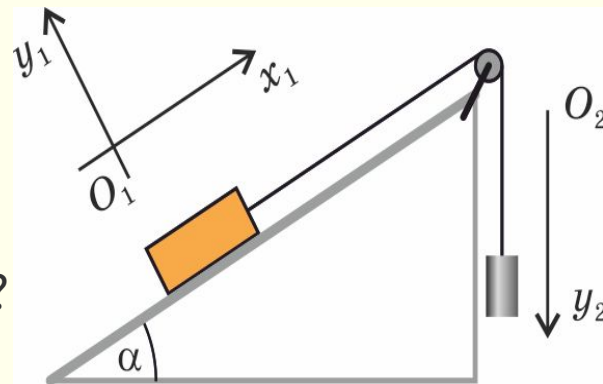
### 3. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ (ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ)

а) С каким по модулю ускорением будут двигаться тела, если брусок движется *вверх*?

$$a = g \frac{m_r - m_6(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{m_r + m_6}$$

б) При каком условии брусок будет двигаться *вверх*?

$$m_r > m_6(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$



Указание. Если брусок движется *вверх*, на него действует сила трения скольжения, направленная *вниз*. Полученное в этом предположении значение модуля ускорения должно быть *положительным*.

## 2. Движение системы связанных тел с учётом трения.

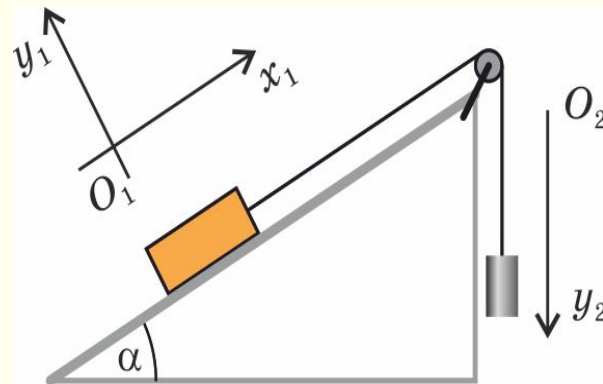
### 3. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ (по наклонной плоскости)

в) С каким по модулю ускорением будут двигаться тела, если брусок движется *вниз*?

$$a = g \frac{m_6 (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) - m_r}{m_r + m_6}$$

г) При каком условии брусок будет двигаться вниз?

$$m_r < m_6 (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$



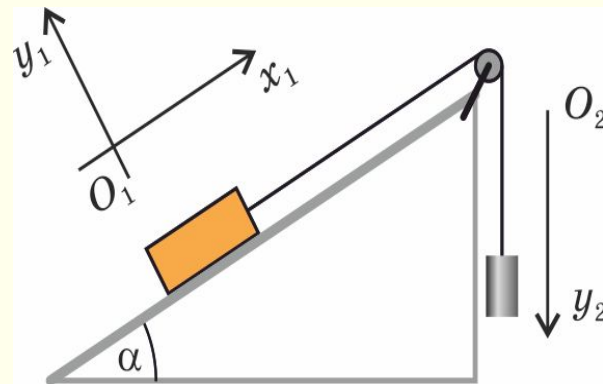
Указание. Если брусок движется вниз, на него действует сила трения скольжения, направленная вверх. Полученное в этом предположении значение модуля ускорения должно быть положительным.

## 2. Движение системы связанных тел с учётом трения.

### 3. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ (ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ)

д) При выполнении каких условий тела останутся в покое?

$$m_6(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \leq m_r \leq m_6(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$



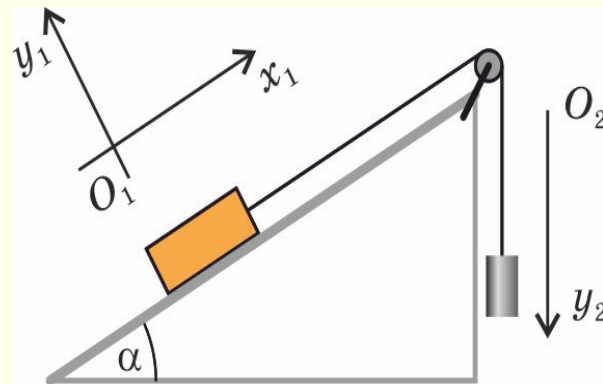
Подсказка. Тела останутся в покое, если не выполнено ни условие того, что брусок начнет двигаться вверх, ни условие того, что брусок начнет двигаться вниз.

## 2. Движение системы связанных тел с учётом трения.

### 3. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ (ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ)

#### Задача 1:

На наклонной плоскости с углом наклона  $30^\circ$  лежит брусок массой  $1 \text{ кг}$  (рис. 23.6). Коэффициент трения между бруском и плоскостью равен  $0,25$ . Перекинутой через блок лёгкой нерастяжимой нитью брусок связан с грузом. Ответьте на следующие вопросы, приняв, что масса груза равна: 1)  $100 \text{ г}$ ; 2)  $600 \text{ г}$ ; 3)  $1 \text{ кг}$ .



## 2. Движение системы связанных тел с учётом трения.

### 3. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛ В РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ (по наклонной плоскости)

а) Куда направлено и чему равно ускорение бруска?

**Вниз вдоль наклонной плоскости,  $1,7 \text{ м/с}^2$ ;  
ускорение равно нулю; вверх вдоль наклонной  
плоскости,  $1,4 \text{ м/с}^2$**

б) Чему равна сила натяжения нити?

**$1,2 \text{ Н}$ ;  $6 \text{ Н}$ ;  $8,6 \text{ Н}$**

в) Куда направлена и чему равна сила трения между бруском и плоскостью?

**Вверх вдоль наклонной плоскости,  $2,2 \text{ Н}$ ; вниз вдоль наклонной  
плоскости,  $1 \text{ Н}$ ; вниз вдоль наклонной плоскости,  $2,2 \text{ Н}$**

