

# **ДИНАМИКА**

## **▣ ПЛАН**

### **▣ 1.Законы Ньютона**

### **▣ 2.Движение тел под действием нескольких сил. Алгоритм решения задач на законы Ньютона**

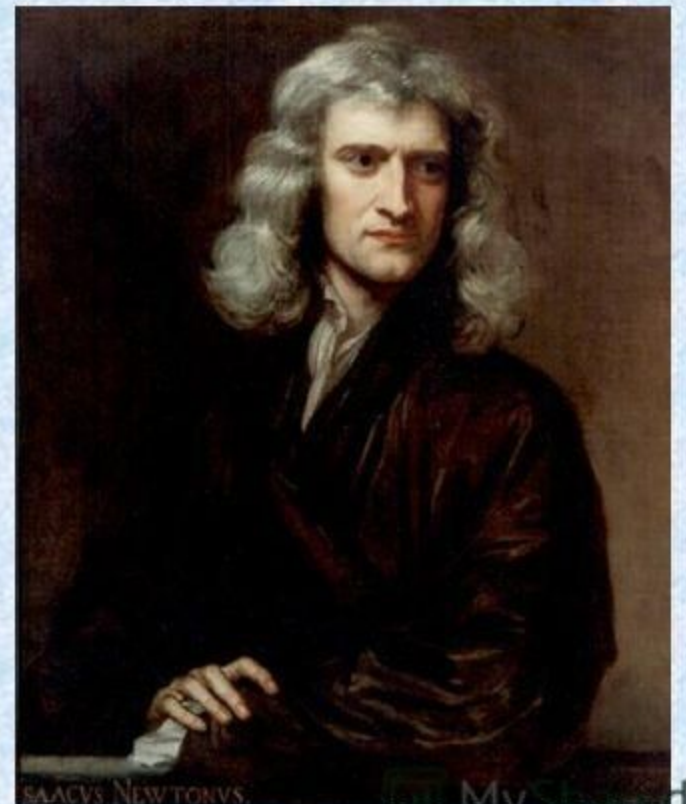
### **▣ 3.Силы в природе**

### **▣ 4. Контрольные задания по разделу «Динамика»**

# **Динамика** - раздел механики, изучающий причины возникновения и изменения механического движения

Основы динамики составляют три закона Ньютона, являющиеся результатом обобщения наблюдений и опытов в области механических явлений.

Законы механики Ньютона относятся к точке, обладающей массой – материальной точке.



# Как можно изменить скорость тела?



**Скорость тела изменяется, если на него  
действуют другие тела!!!**



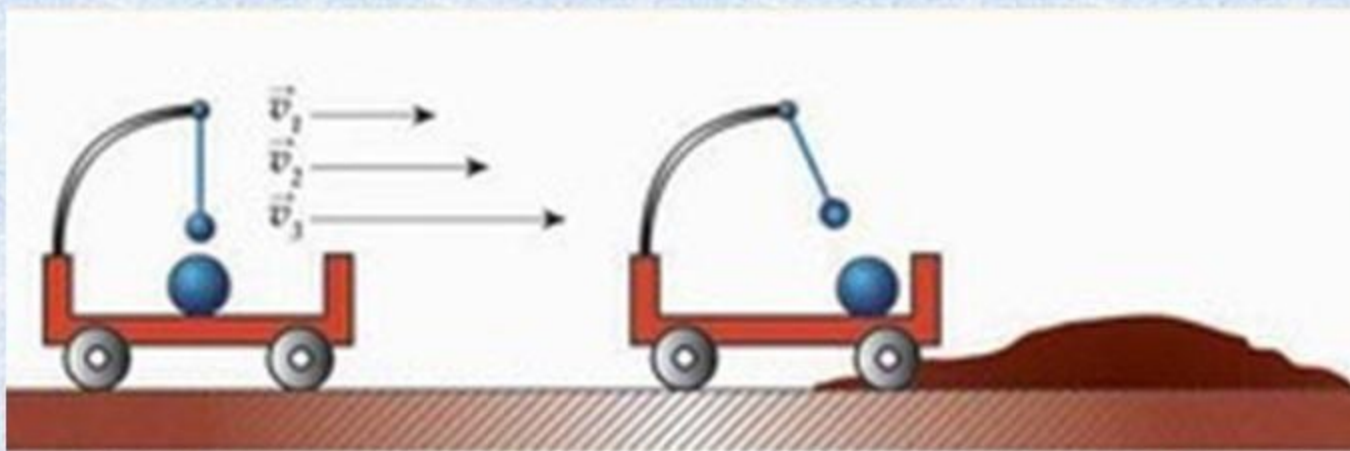
**Если действий со стороны других тел на тело нет, то ускорение тела равно нулю, то есть тело будет покоится или двигаться с постоянной скоростью**

## Инерциальные системы отсчета

Системы отсчета, относительно которых тела движутся с постоянной скоростью при компенсации внешних воздействий. Закон инерции выполняется.

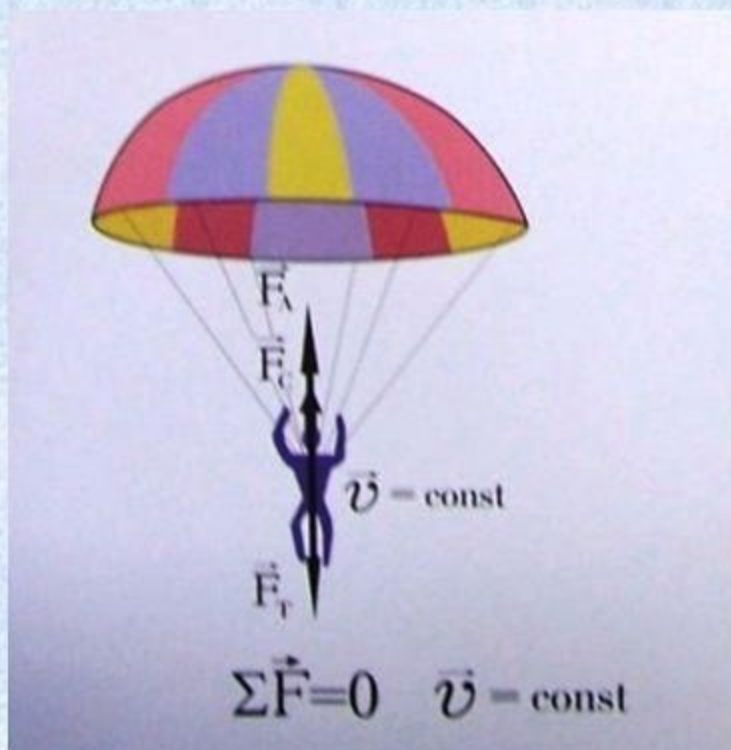
## Неинерциальные системы отсчета

Системы отсчета, относительно которых тела движутся с ускорением, не вызванным действием на него других тел. Закон инерции не выполняется.



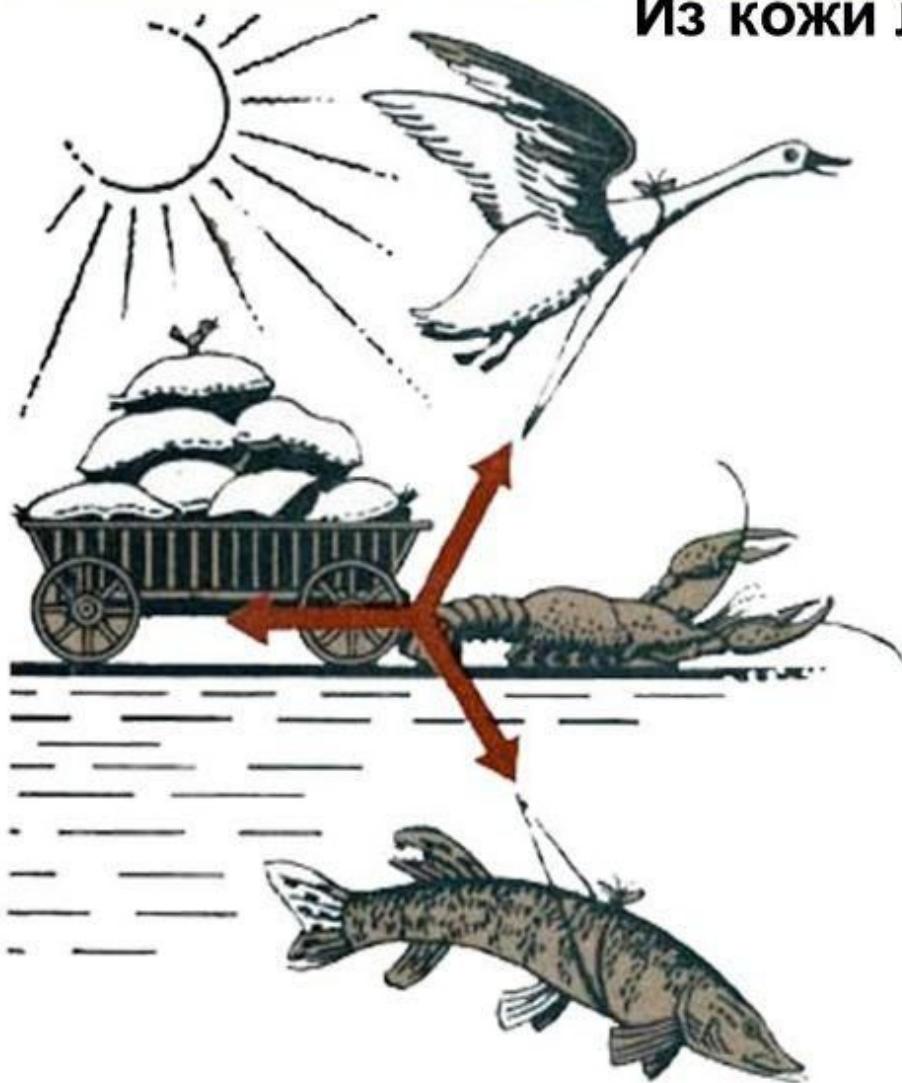
# I закон Ньютона

Существуют системы отсчета, называемые инерциальными, относительно которых тело движется прямолинейно и равномерно, если на него не действуют другие тела или действие этих тел скомпенсировано.

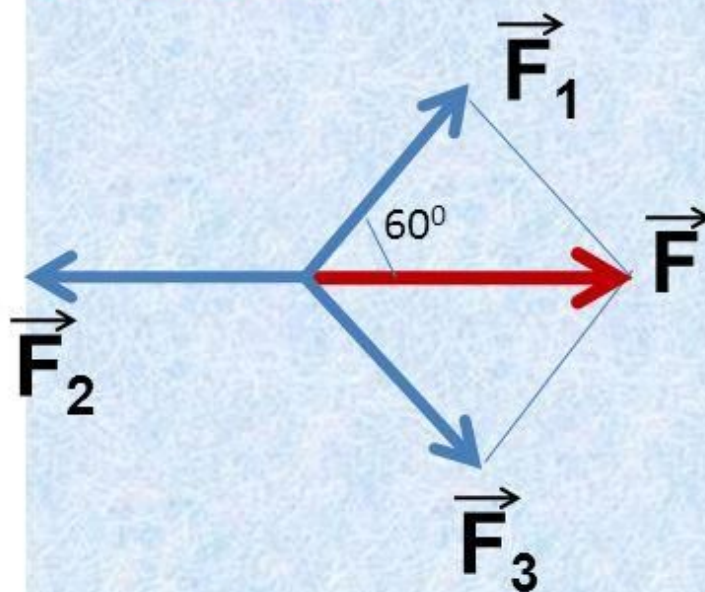


?

Однажды Лебедь, Рак да Щука  
Везти с поклажей воз взяли,  
И вместе трое все в него впряглись;  
Из кожи лезут вон, а возу все нет ходу!



Почему воз остается  
в покое?



**Инерция** - явление сохранения скорости тела при отсутствии действия на него других тел.





**Сила** – количественная мера действия тел друг на друга, в результате которого тела получают ускорение или испытывают деформацию.

**Сила** характеризуется модулем, направлением и точкой приложения

**Сила** - векторная величина

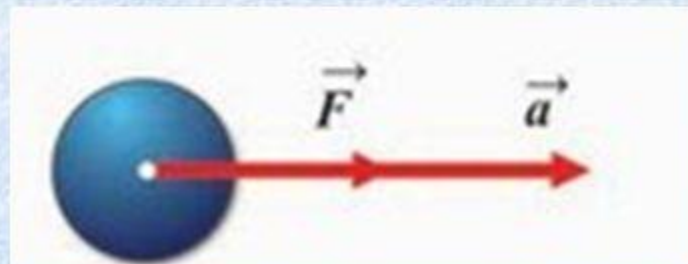
1Н-сила, которая сообщает телу массой 1кг ускорение  $1 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$  в направлении действия силы.

$$1\text{Н} = 1 \text{ кг} \cdot 1 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$$

## II закон Ньютона

Ускорение тела прямо пропорционально силе, действующей на него, и обратно пропорционально его массе.

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



## Принцип суперпозиции сил:

если на тело одновременно действуют несколько сил, то ускорение тела будет пропорционально геометрической сумме всех этих сил.

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$$

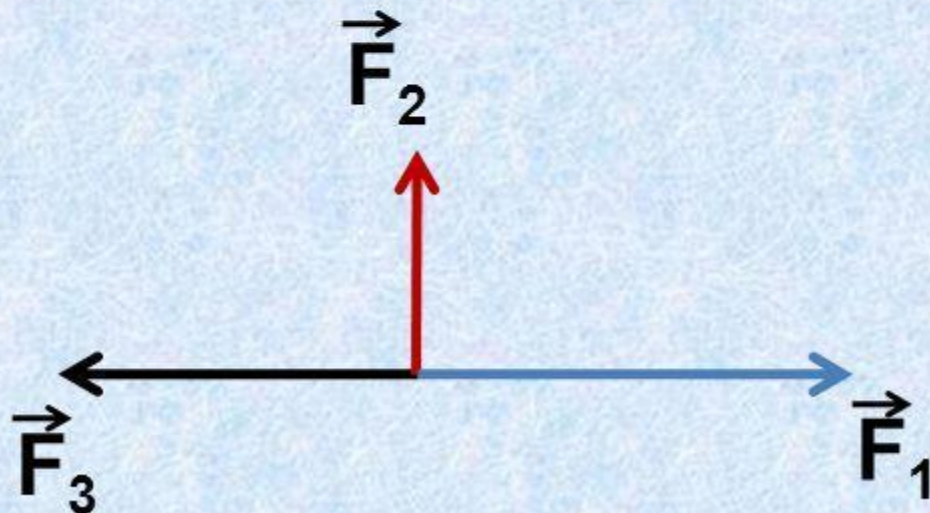
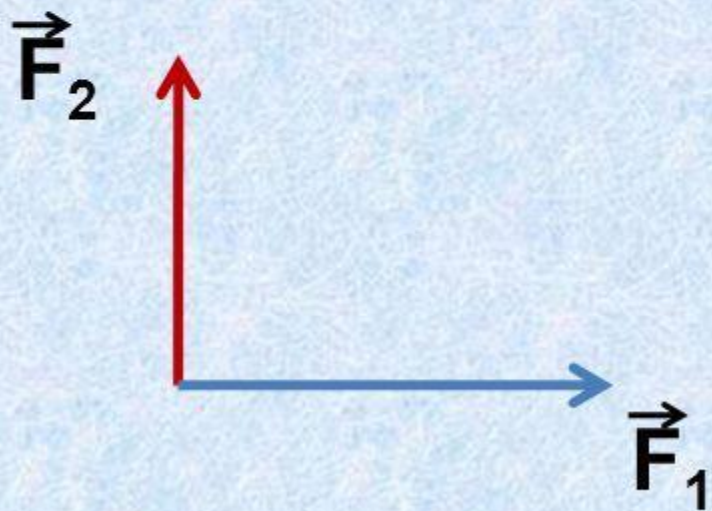
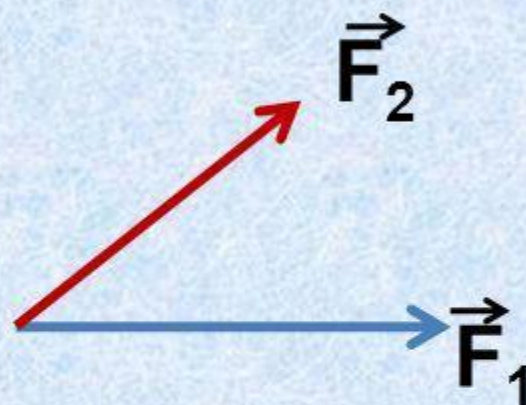
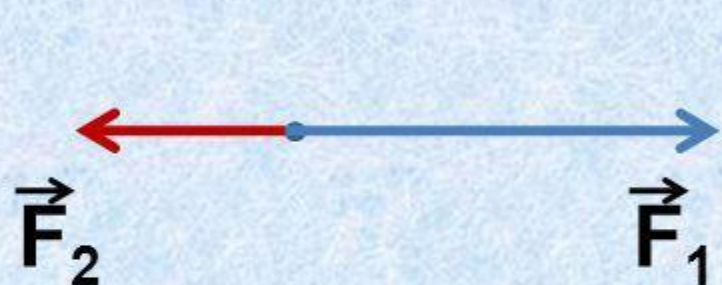
$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$$

# Особенности II закона :

- Верен для любых сил.
- $\vec{a} \uparrow\uparrow \vec{F}$
- Если на тело действует несколько сил, то берется равнодействующая.
- Если  $F = 0$ , то  $a = 0$ ,  $v = \text{const}$  (I закон Ньютона)

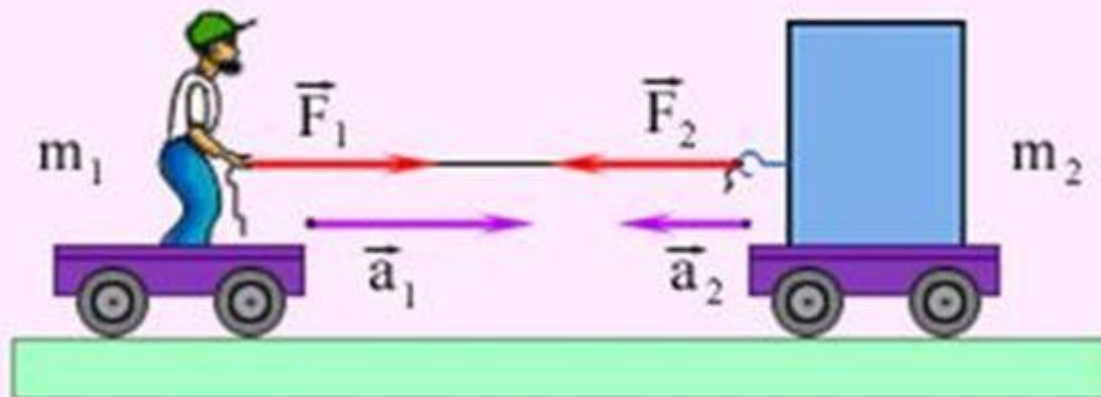
# Найдите построением равнодействующую сил



# III закон Ньютона

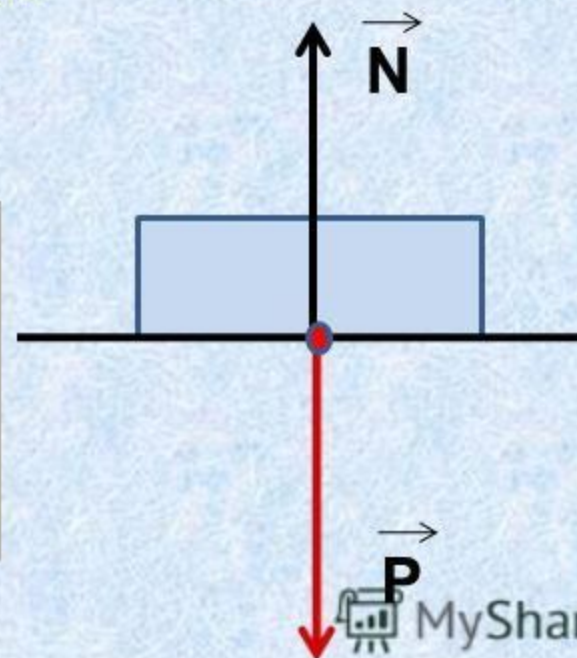
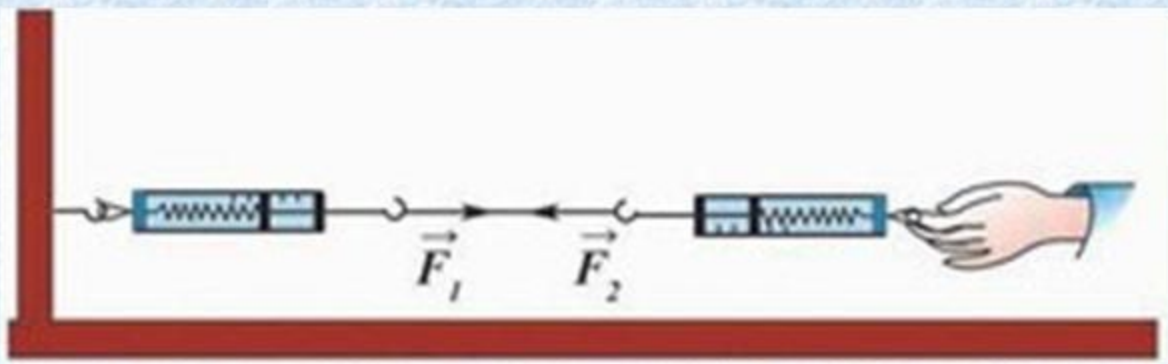
Силы, с которыми тела действуют друг на друга, равны по модулю и направлены по одной прямой в противоположные стороны

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$



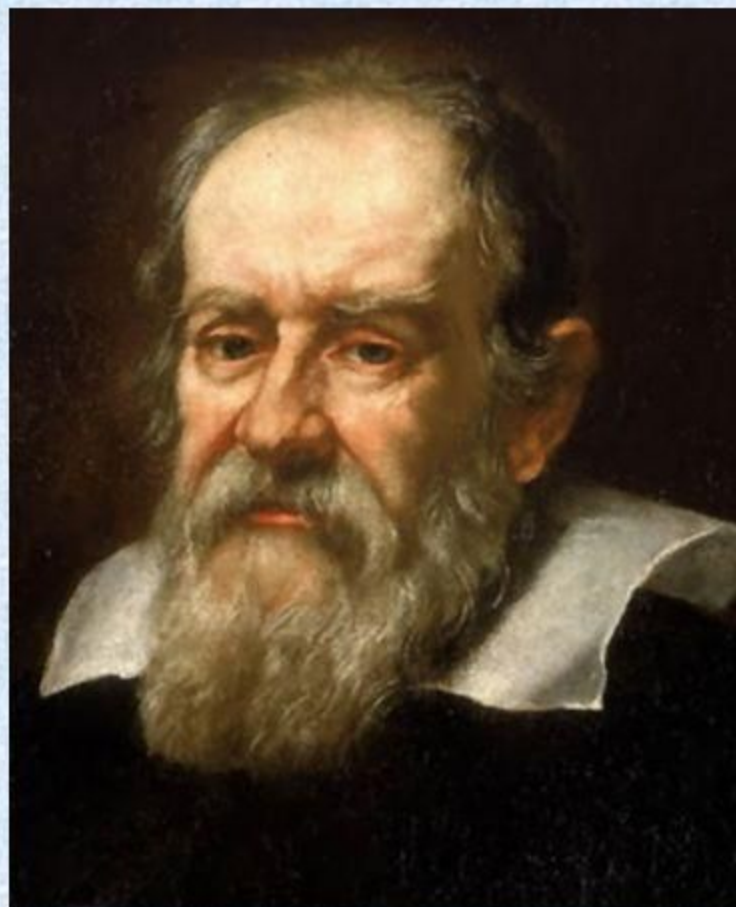
# Особенности III закона :

- Проявляются парами
- Силы одной природы
- Силы не компенсируют друг друга, так как приложены к разным телам.



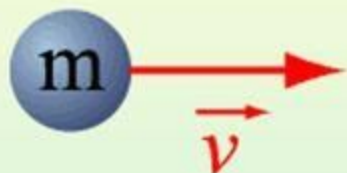
## **Принцип относительности Галилея**

**Все механические процессы протекают одинаково во всех инерциальных системах отсчета.**





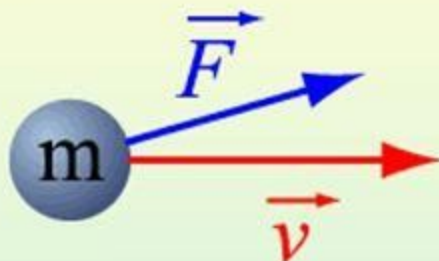
# Законы Ньютона



$$\vec{v} = \text{const}$$

## I закон

Существуют такие системы отсчета, в которых всякое тело будет сохранять первоначальное состояние покоя или равномерного и прямолинейного движения до тех пор, пока действие других тел не заставит его изменить это состояние.



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

## II закон

Под действием силы тело приобретает такое ускорение, что его произведение на массу тела равно действующей силе.



$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

## III закон

Силы, с которыми взаимодействующие тела действуют друг на друга, равны по модулю и направлены по одной прямой в противоположные

# **Механика: Движение под действием нескольких сил**



- Тело движется по горизонтали
- Тело движется по наклонной плоскости
- Тело движется по мосту
- Тело движется на подвесе
- Тело движется на блоке

# Изучение движения тела по наклонной плоскости



**1. АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ЗАКОНЫ НЬЮТОНА**



**2. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛА ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ БЕЗ СИЛЫ ТРЕНИЯ**



**3. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛА ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ С ТРЕНИЕМ**



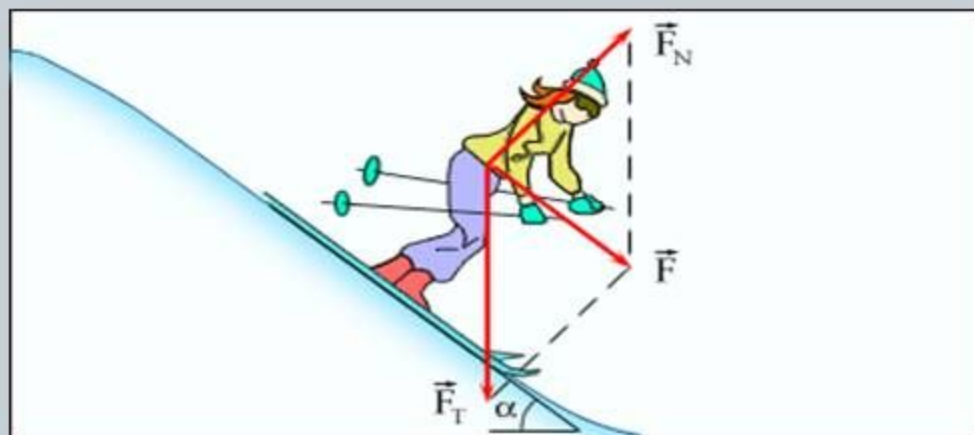
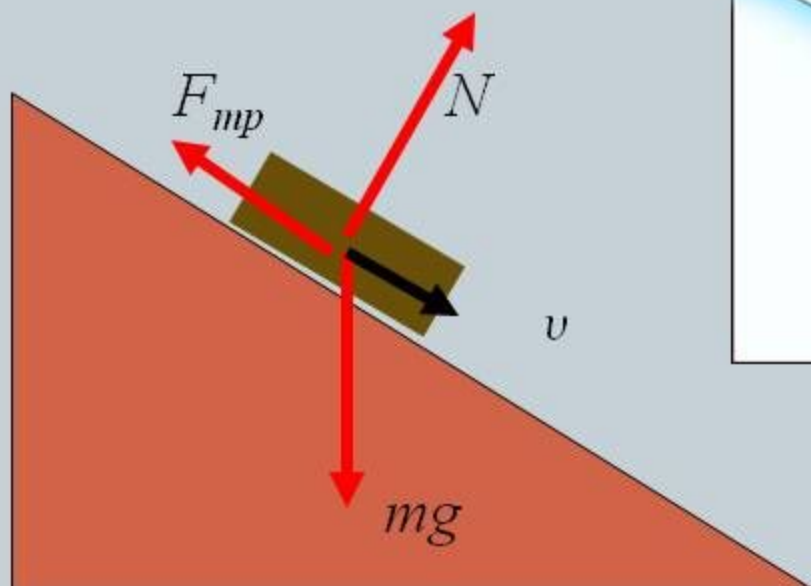
# Алгоритм решения задач на законы динамики Ньютона.



- Прочитать условие задачи, выделяя, заданные условием тела.
- Выполнить анализ взаимодействия тел.
- Кратко написать условие задачи.
- Выполнить рисунок, изобразив на нем взаимодействующие тела.
- Изобразить векторы сил, действующих на каждое из тел, показать направление векторов перемещения и ускорения.
- Записать в векторной форме уравнения для равнодействующих сил, действующих на каждое тело в отдельности.
- Выбрать наиболее рациональную в данных условиях систему отсчета (или направление числовой оси).
- Осуществить запись уравнения (или системы уравнений) движения тел в скалярной форме.
- Записать дополнительные уравнения кинематики (если в этом есть необходимость) на основе анализа условия задачи.
- Решить в общем виде полученную систему уравнений относительно неизвестных.
- Привести все величины, входящие в найденное в общем виде решение, к одной системе единиц.
- Проверить правильность решения в общем виде путем операций с наименованием величин, входящих в формулу.
- Подставить числовые данные в решение общего вида, произвести вычисления.
- Оценить полученные значения неизвестных величин.

# Движение тела по наклонной плоскости без силы трения

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



# Равномерное движение тела по наклонной плоскости с трением

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

$$mg_x = mg \sin \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha$$

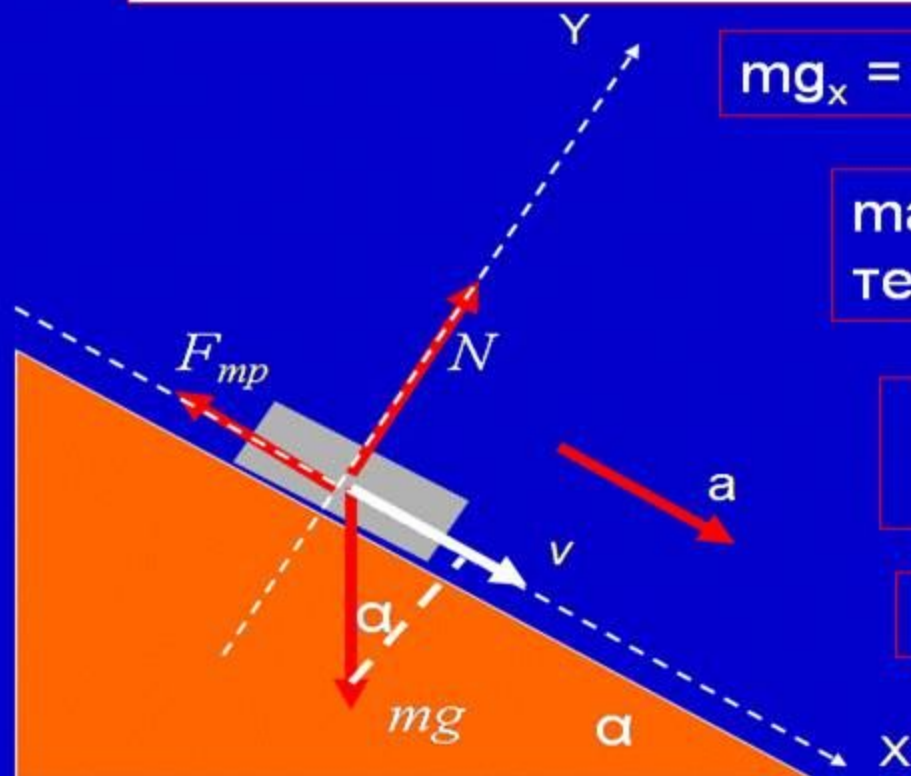
$$ma = mg \sin \alpha \pm \mu mg \cos \alpha$$

тело вверх (+), вниз (-).

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

тело покоится

$$a = g (\sin \alpha \pm \mu \cos \alpha)$$



$\mu = \text{tg} \alpha$ , если тело скользит равномерно

$a = g \sin \alpha$ , тело скользит без трения !



## Решение задач уровень «В»



- 1. Автомобиль массой 1 т поднимается по шоссе с уклоном  $30^\circ$  под действием силы тяги 7 кН. Найти ускорение автомобиля, считая, что сила сопротивления зависит от скорости движения. Коэффициент сопротивления равен 0,1. Ускорение свободного падения принять равным  $10 \text{ м/с}^2$

$$m = 1\text{т},$$

$$F_{\text{тяги}} = 7\text{ кН},$$

$$g = 10\text{ м/с}^2,$$

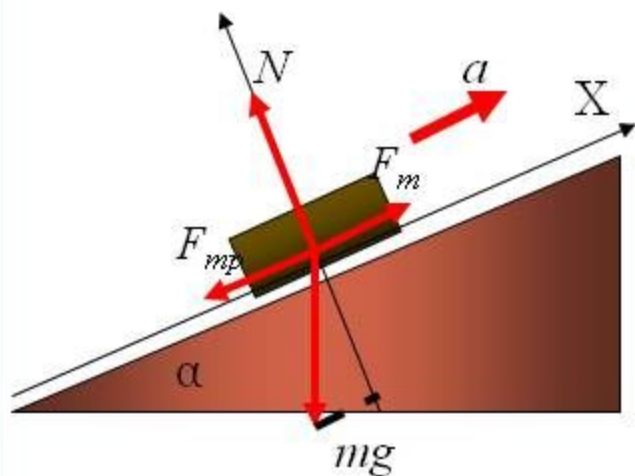
$$\alpha = 30^\circ,$$

$$\mu = 0,1$$

Найти:  $a$  - ?  
у

Решение:

$$m\bar{a} = \bar{F}_{\text{тяги}} + \bar{m}g + \bar{F}_{\text{трения}}$$

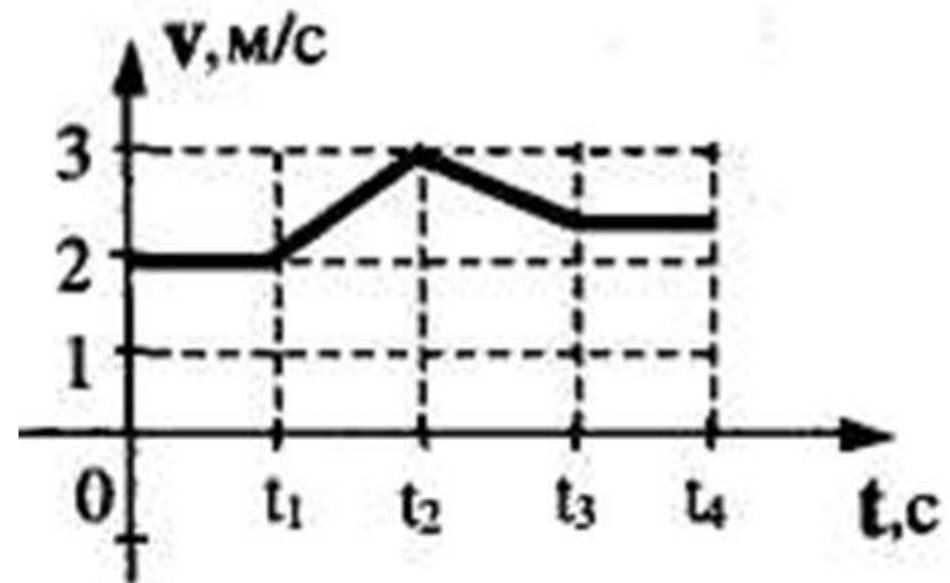


тело движется вверх, значит  
 $ma = F_{\text{тяги}} - (mg \sin\alpha + \mu mg \cos\alpha)$

$$a = \dots\dots\dots = 1,13!$$



На рисунке изображен график изменения модуля скорости вагона с течением времени в инерциальной системе отсчета. В какие промежутки времени суммарная сила, действующая на вагон со стороны других тел, равнялась нулю?



1) от 0 до  $t_1$  и от  $t_3$  до  $t_4$

2) во все промежутки

3) от  $t_1$  до  $t_2$  и от  $t_2$  до  $t_3$

4) ни в один из указанных промежутков

# Силы в природе

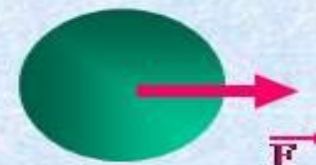


## Что такое сила?

**Сила** — это векторная физическая величина, характеризующая действие одного тела на другое.

$\vec{F}$  - сила

СИ: 1Н(НЬЮТОН)



# Что мы должны знать о понятии «сила»

1. **Сила – мера взаимодействия тел:** в результате воздействия силы тела могут изменить скорость или деформироваться;
  2. **Сила – физическая величина:** ее можно измерить;
  3. **Сила – векторная величина:** она характеризуется направлением
- ❖ **Результат действия силы на тело зависит от ее модуля, направления и точки приложения**





# Виды сил

сила  
тяжести

сила Архимеда

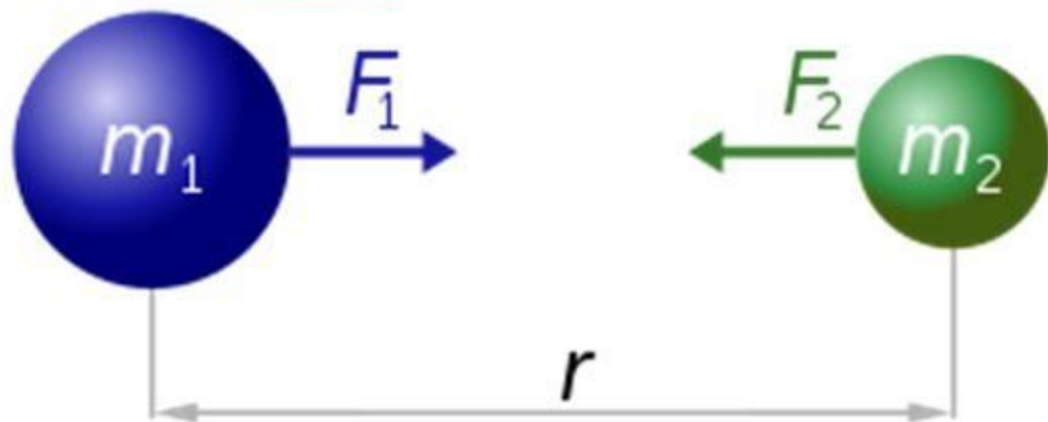
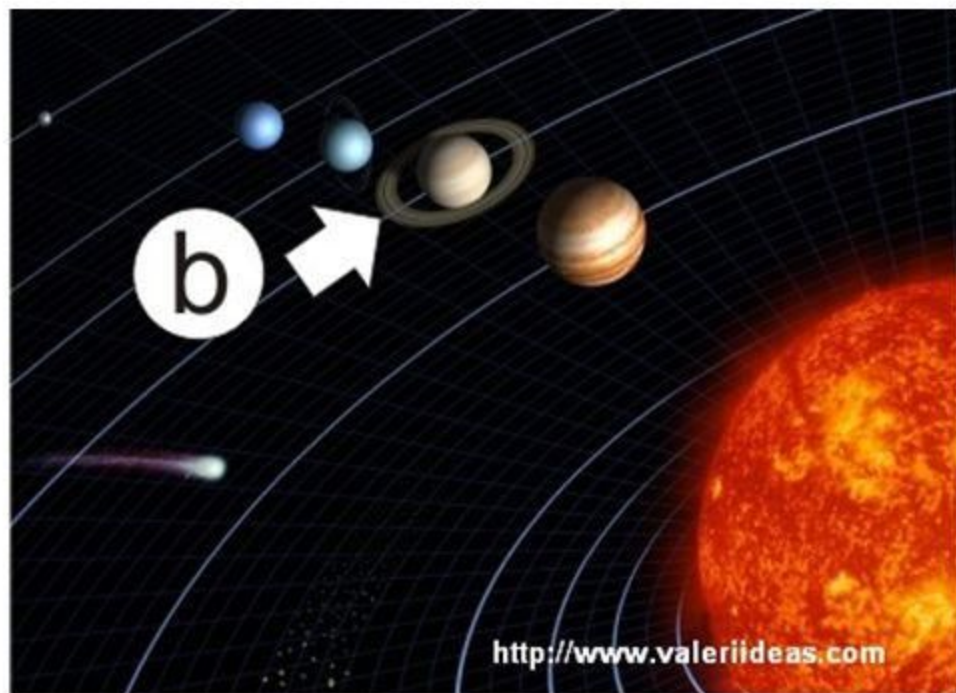
вес тела

сила трения

сила упругости

сила всемирного  
тяготения

выход



$$F_1 = F_2 = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

MyShared

# Закон всемирного тяготения

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$F$  – сила гравитационного притяжения  
 $m_1, m_2$  – массы взаимодействующих тел, кг

$r$  – расстояние между телами  
(центрами масс тел), м

$G$  – коэффициент (гравитационная  
постоянная)  $\approx 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$

Два любых тела притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной массе каждого из них и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними.

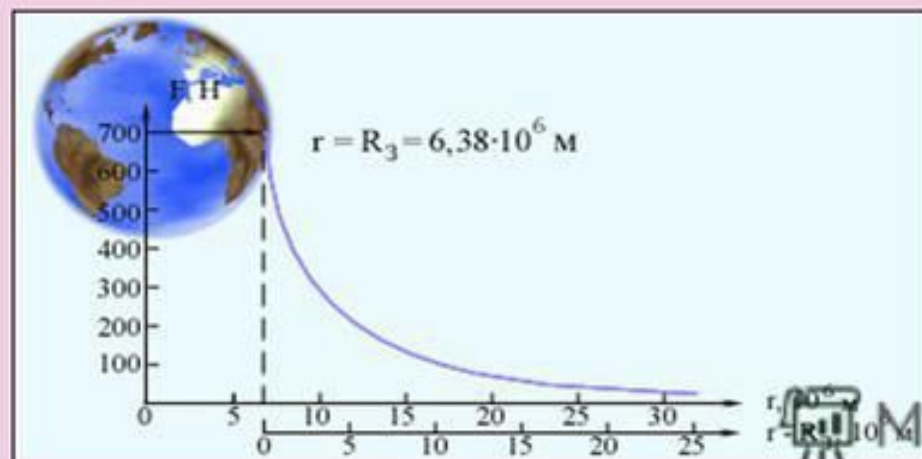
# СИЛА ТЯЖЕСТИ

- сила, с которой Земля притягивает к себе различные тела

$$F = mg$$

Приложена к центру тела, направлена к центру Земли, убывает при удалении от Земли.

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$



# ДВИЖЕНИЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ

- ⊙ Движение тела под действием силы тяжести называется **свободным падением**.
- ⊙ Так как гравитационная сила пропорциональна массе, то все тела вблизи Земли падают **с одинаковым ускорением**

$$a = \frac{F_T}{m} = \frac{mg}{m} = g$$



# УСКОРЕНИЕ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ.

$$F = G \frac{m \cdot M_3}{R^2}$$

$$F = m \cdot g$$

$$g = G \frac{M_3}{R^2}$$

**Зависит от:**

1. Высоты над Землей;
2. Широты местности;
3. Формы Земли;
4. Пород Земной коры.

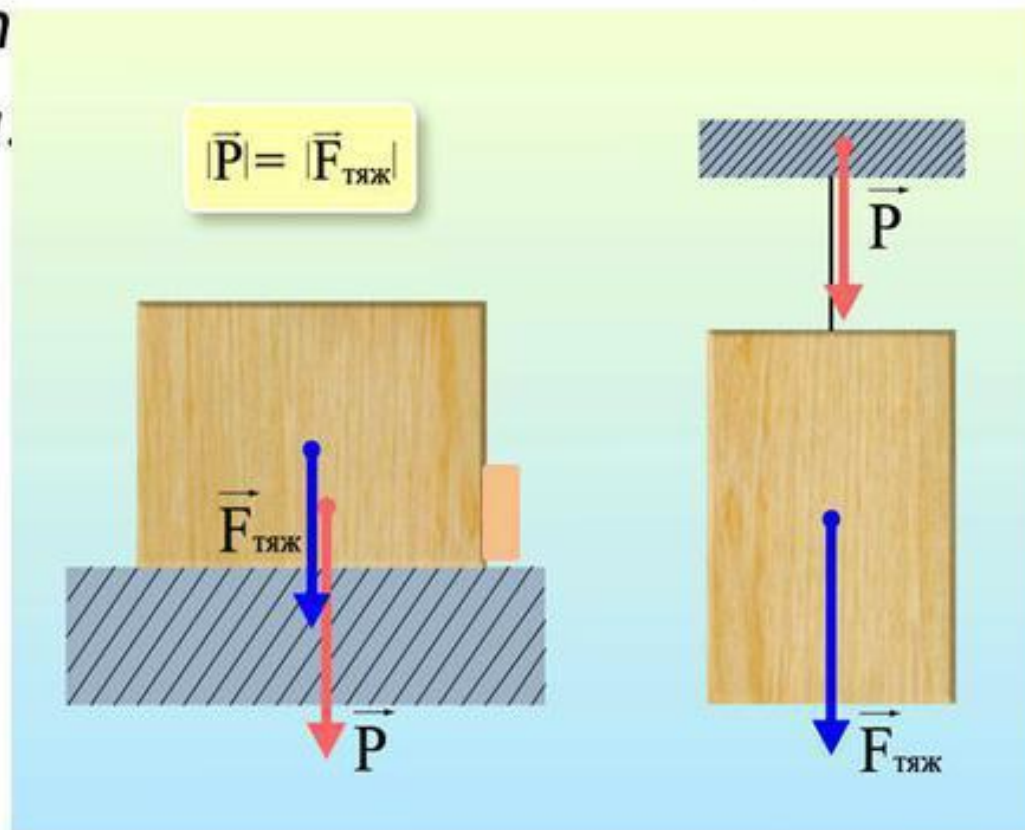
$$g = G \frac{M_3}{(R+h)^2}$$



# ВЕС ТЕЛА

- сила, с которой тело давит на опору или растягивает нить подвеса.

Вес тела  
приложен  
к опоре  
(подвесу).



## ВЕС ТЕЛА, ДВИЖУЩЕГОСЯ С УСКОРЕНИЕМ

- При движении тела вдоль вертикальной линии с ускорением вес тела может изменяться

$$a = 0$$

$$P = mg$$

$$a \uparrow (\text{вверх})$$

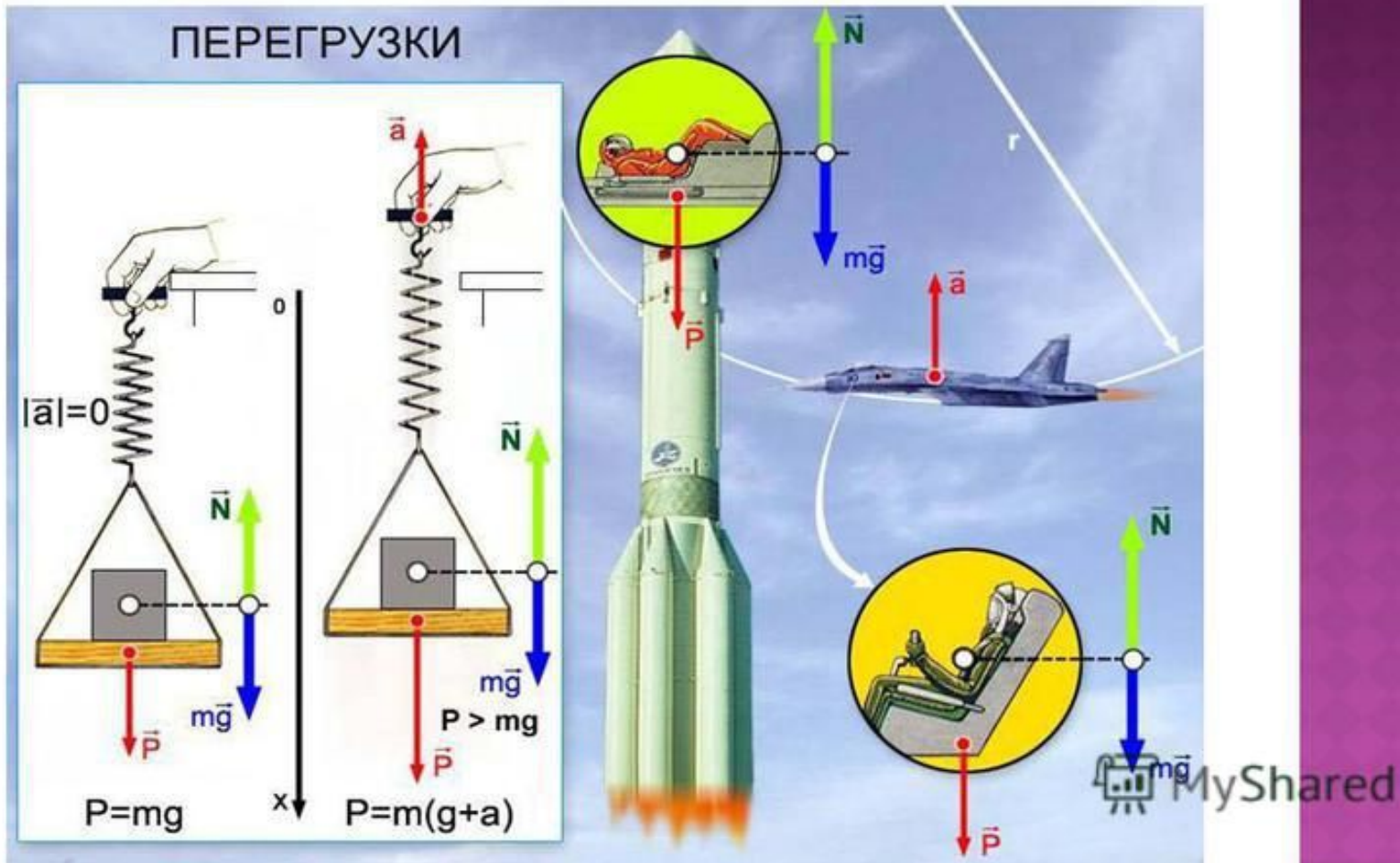
$$P = m(g + a)$$

$$a \downarrow (\text{вниз})$$

$$P = m(g - a)$$

Невесомость - состояние тела, при котором вес равен нулю

# ВЕС ТЕЛА, ДВИЖУЩЕГОСЯ С УСКОРЕНИЕМ

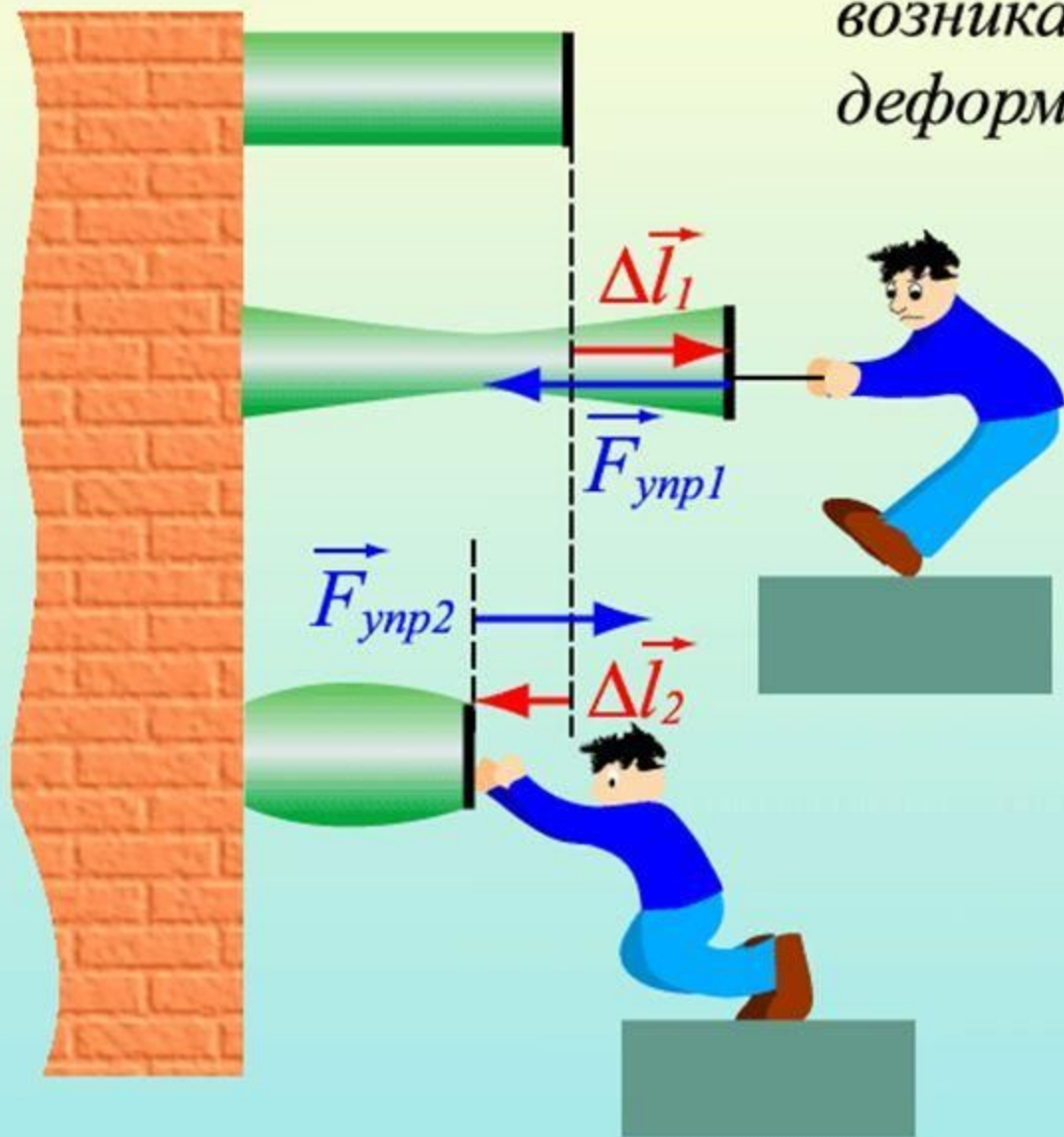


# СИЛА УПРУГОСТИ

- При деформации тела возникает сила, которая стремится восстановить прежние размеры и форму тела. Эта сила возникает вследствие электромагнитного взаимодействия между атомами и молекулами вещества. Ее называют *силой упругости*

# Сила упругости

Упругие силы – силы, возникающие при упругой деформации тел



Закон Гука

$$\vec{F}_{упр} = -k \Delta \vec{l}$$

## ЗАКОН ГУКА

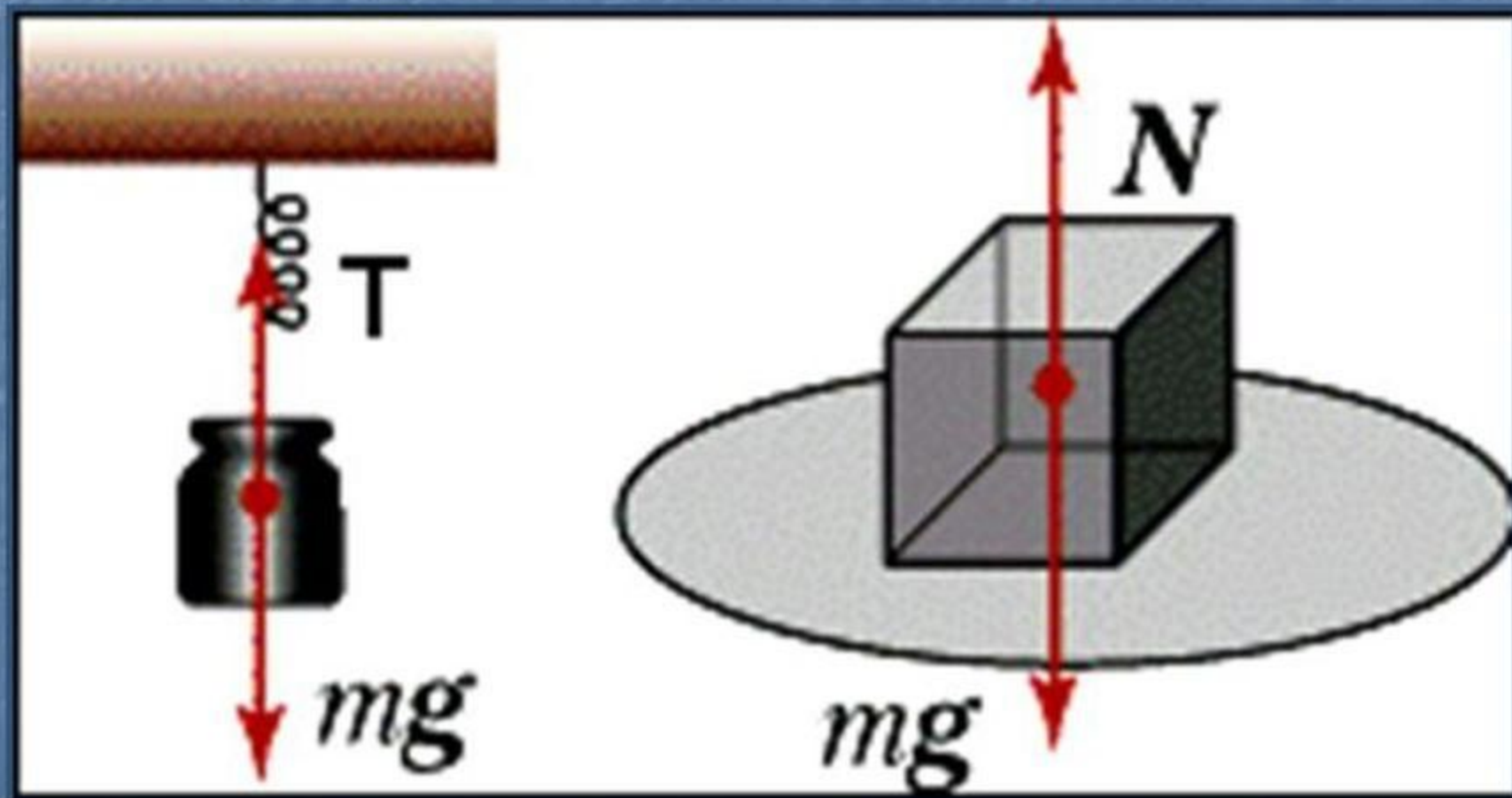
- сила упругости пропорциональна деформации тела и направлена в сторону, противоположную направлению перемещения частиц тела при деформации:

$$F = - kx$$

**k** – коэффициент жесткости (Н/м),  
зависит от материала пружины и  
геометрических размеров

**x** – удлинение тела (м)       $x = l_2 - l_1$

# Виды силы упругости



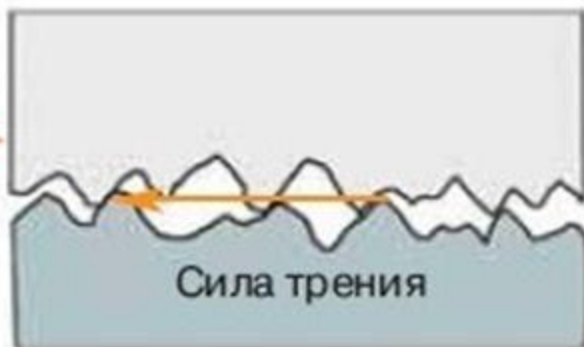


## СРАВНЕНИЕ СИЛ

	<b>Сила тяжести</b>	<b>Сила упругости</b>	<b>Вес тела</b>
<b>Природа сил</b>	Гравитационная	Электророманнитная	Электророманнитная
<b>Направление</b>	К центру Земли	Против деформации	Различно
<b>Точка приложения</b>	Центр масс тела	Точки контакта с внешней силой	Опора или подвес
<b>Зависит от</b>	массы тела и высоты над поверхностью	механических свойств тела и деформации	массы тела, ускорения, внешней среды
<b>Формула</b>	$F = mg$	$F = kx$	$P = m(g \pm a)$

# Сила трения

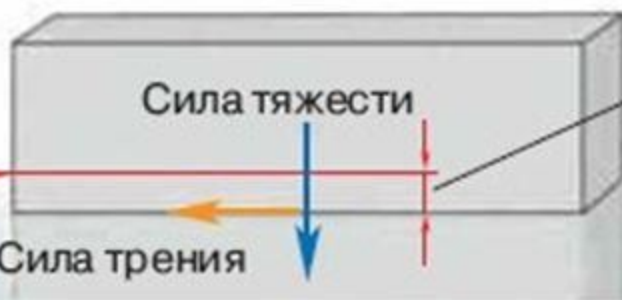
Направление действия силы



Сила трения



Направление действия силы



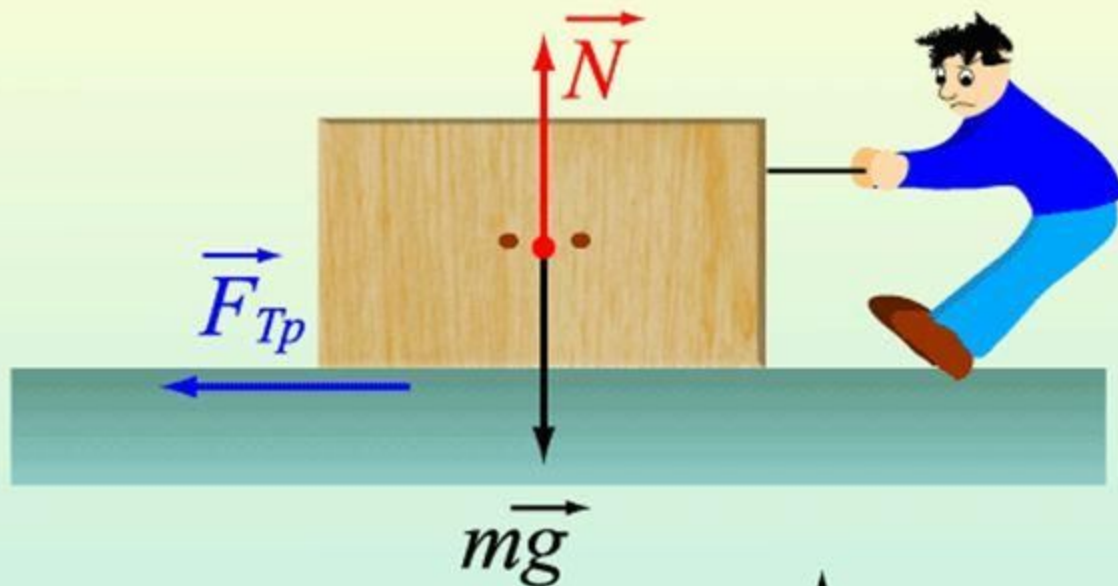
Сила тяжести

Сила трения

Плечо действующей силы

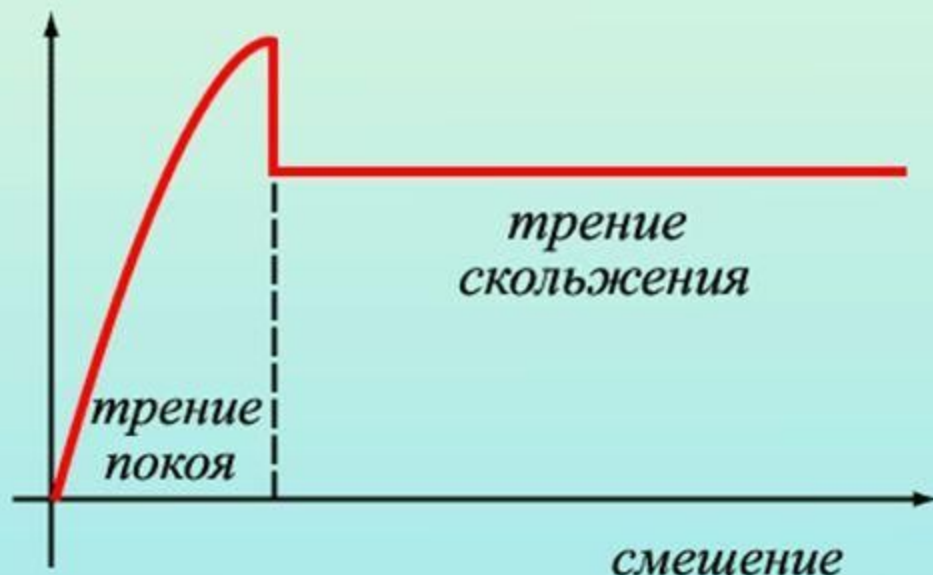
Скольжение возможно, когда действующая сила больше или равна силе трения

# Сила трения



Сила, возникающая в плоскости касания тел при их относительном перемещении

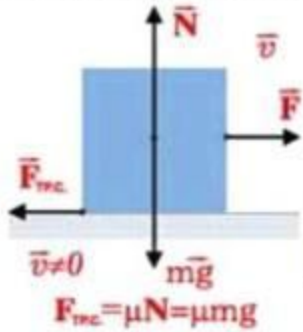
$$F_{Tp} = \mu N$$



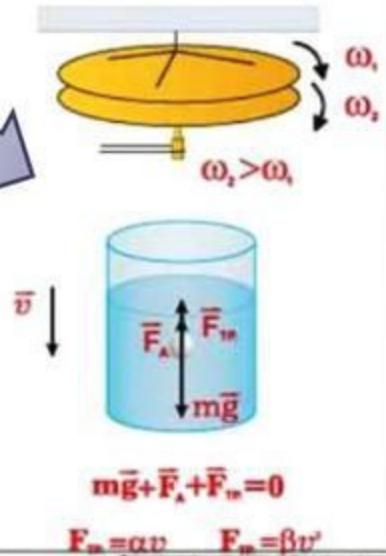
смещение

# Виды трения

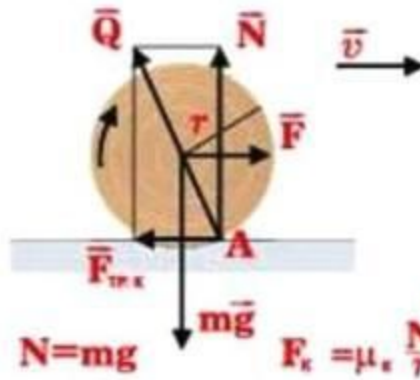
## ТРЕНИЕ СКОЛЬЖЕНИЯ



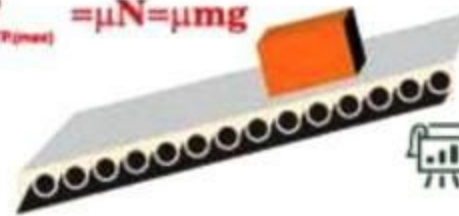
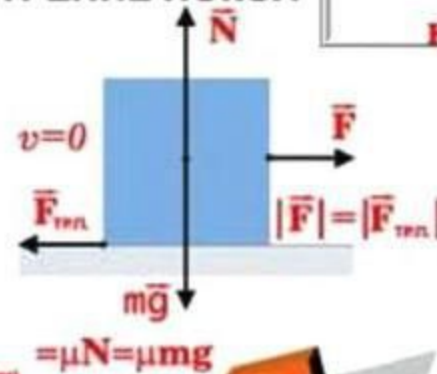
## ТРЕНИЕ В ЖИДКОСТЯХ И ГАЗАХ



## ТРЕНИЕ КАЧЕНИЯ

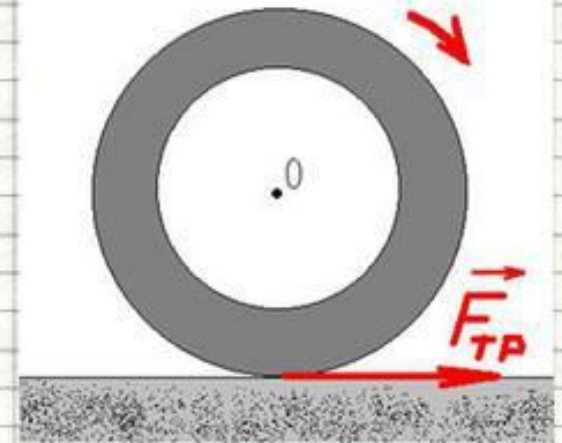
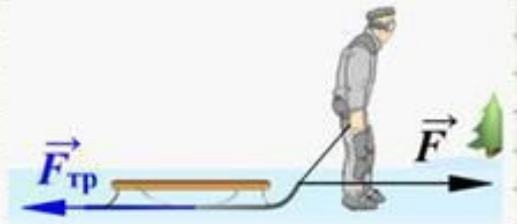


## ТРЕНИЕ ПОКОЯ

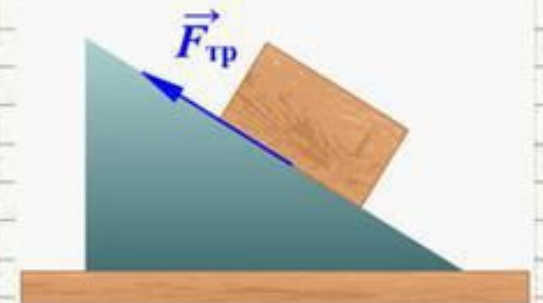


# Виды трения

- 3). При скольжении одного тела по поверхности другого возникает **сила трения скольжения**
- 4). Если тело не скользит, а **катится** по поверхности другого тела, то трение, возникающее при этом называется **трением качения**
- 5). Когда тело находится **в покое на наклонной плоскости** оно удерживается на ней **силой трения покоя**



Трение качения

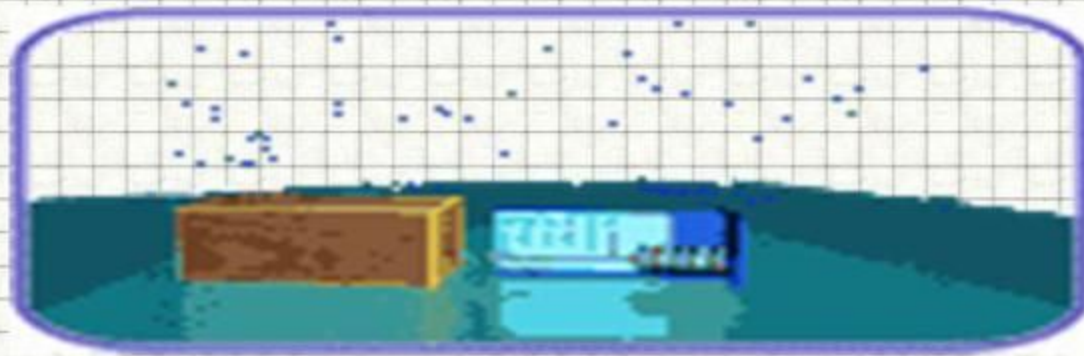


# Способы уменьшения $F_{\text{тр}}$ :

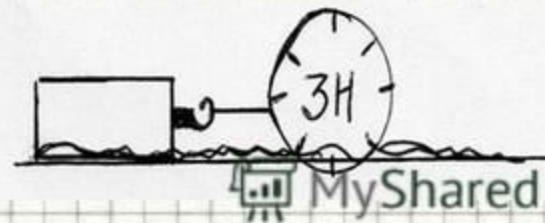
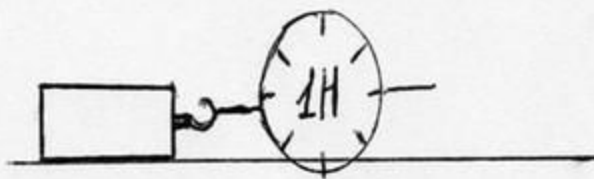
1. Шлифовка
2. Смазка (Замена  $F_{\text{тр.ск.}}$  на  $F_{\text{вязкого трения}}$ )
3. Замена  $F_{\text{тр.ск.}}$  на  $F_{\text{тр.кач}}$



Сила трения зависит от рода  
соприкасающихся поверхностей



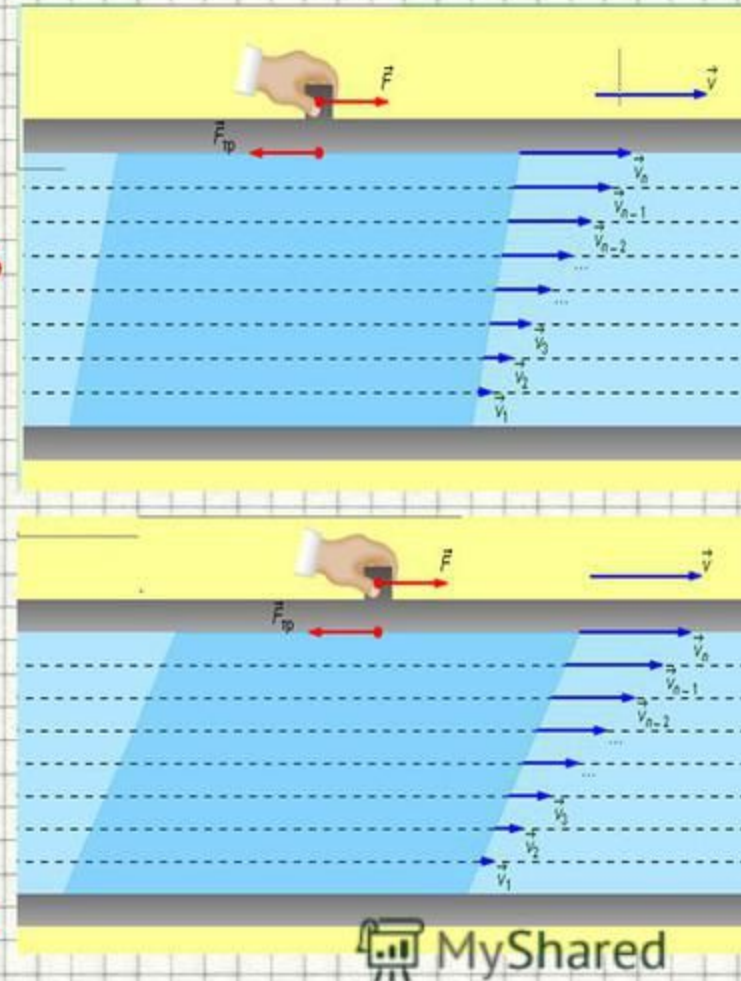
Сила трения зависит  
от величины нагрузки.



# Вязкое трение

$$F_{\text{тр}} = \mu S \frac{v}{h}$$

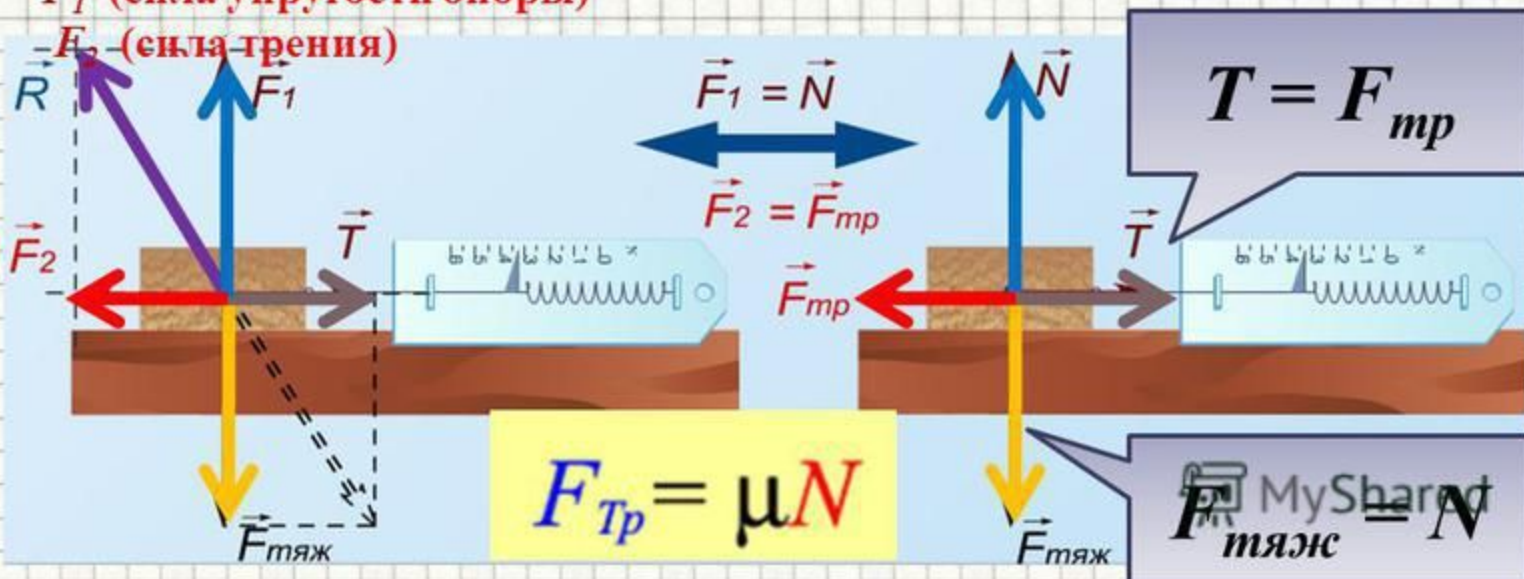
- При движении твердого тела в жидкости или газе возникает сила вязкого трения.
- Сила вязкого трения значительно меньше силы сухого трения.
- Она также направлена в сторону, противоположную относительной скорости тела.
- При вязком трении нет трения покоя.
- Сила вязкого трения сильно зависит от скорости тела.
- При малых скоростях  $F_{\text{тр}} \sim v$ , при больших скоростях  $F_{\text{тр}} \sim v^2$ .
- При этом коэффициенты пропорциональности в этих соотношениях зависят от формы тела.





# Составляющие силы трения

- Когда мы пытаемся сдвинуть покоящийся брусок вдоль горизонтальной поверхности, **равнодействующая всех сил**, действующих на него, **равна нулю**.
- При этом на него действует земля с силой тяжести  $F_{тяж}$
- Пружина с силой  $T$
- Опора – с силой  $R$
- Поскольку сила тяжести направлена вертикально вниз, а сила упругости горизонтально, то для их компенсации **сила реакции опоры** должна быть направлена **под углом к горизонту**
- Для удобства силу реакции опоры разлагают на 2 составляющих
- $F_1$  (сила упругости опоры)
- $F_2$  (сила трения)



# Определение тормозного пути



Сила трения  $F_{тр} = kN$

$k$  - коэффициент трения.

Сила нормального  
давления  $N = mg$

Тормозной путь  $S = V_0^2/2kg$

$V_0$  - начальная скорость.

## Виды сил в природе

Гравитационные силы	Электромагнитные силы	Ядерные силы	Слабые взаимодействия
1. Сила тяготения 2. Сила тяжести	1. Сила упругости 2. Сила трения 3. Сила Архимеда 4. Сила реакции опоры	Ядерные силы	Слабые взаимодействия
Только притяжение	Притяжение и отталкивание	Внутри атомных ядер	Превращения элементарных частиц
Интенсивность $10^{-40}$	Интенсивность $10^{-2}$	Интенсивность 1	Интенсивность $10^{-16}$

# Задания

- ▣ Критерии оценок за решение задач
- ▣ -10 заданий - «3»
- ▣ -12 заданий- «4»
- ▣ -14 заданий- «5»

**1.Равнодействующая всех сил, действующих на тело, равна нулю. Двигается это тело или находится в состоянии покоя?**

- А. Тело обязательно находится в состоянии покоя.**
- Б. Тело движется равномерно прямолинейно или находится в состоянии покоя.**
- В. Тело обязательно движется равномерно прямолинейно.**
- Г. Тело движется равноускоренно.**

**2. Какие из величин (скорость, сила, ускорение, перемещение) при механическом движении всегда совпадают по направлению?**

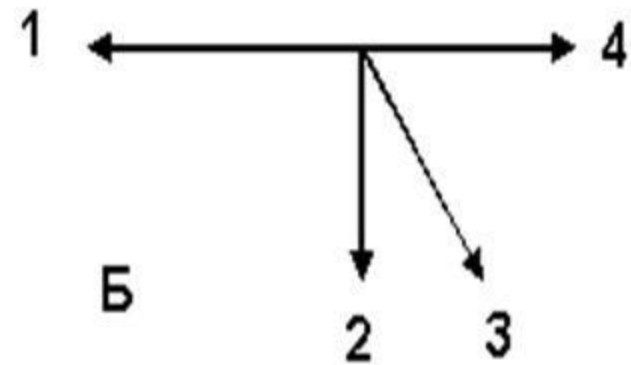
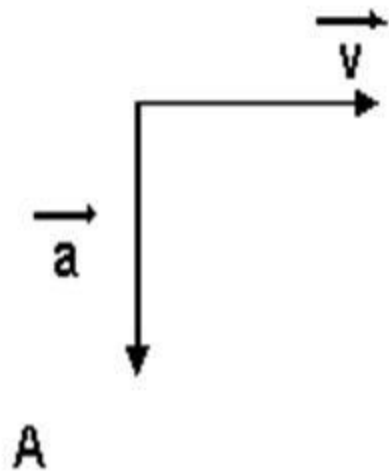
**1. сила и ускорение**

**2. сила и скорость**

**3. сила и перемещение**

**4. ускорение и перемещение**

3. На рис. А показаны направления скорости и ускорения тела в данный момент времени. Какая из стрелок (1-4) на рисунке Б соответствует направлению результирующей всех сил, действующих на тело?



1) 1

2) 2

3) 3

4) 4

4. Человек тянет за один крючок динамометр с силой 60 Н, другой крючок динамометра прикреплен к стене. Каковы показания динамометра?

А. 0

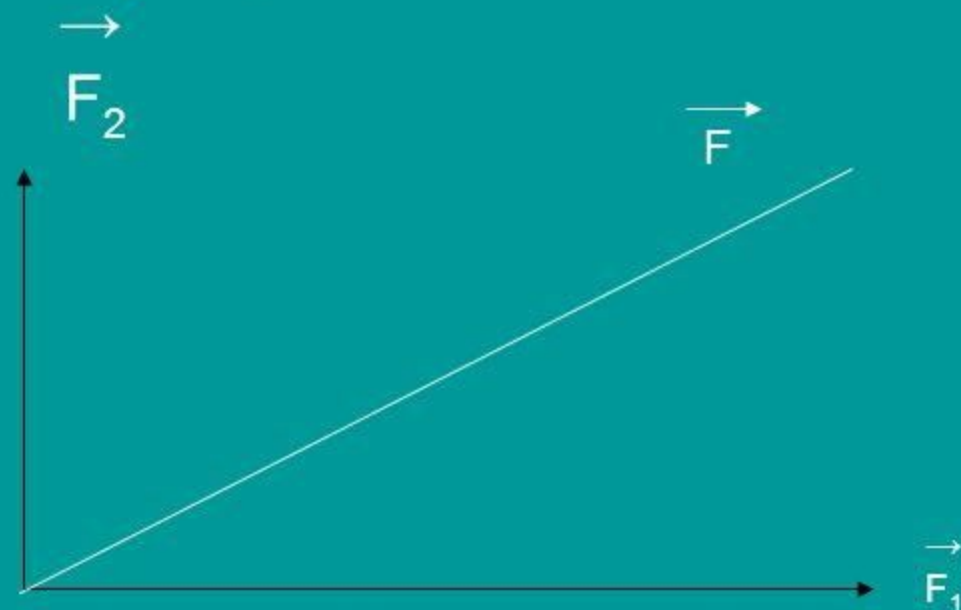
Б. 30 Н

В. 60 Н

Г. 120 Н



5. Две силы  $F_1 = 4 \text{ Н}$  и  $F_2 = 3 \text{ Н}$  приложены к одной точке тела. Угол между векторами  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$  равен  $90^\circ$ . Чему равен модуль равнодействующей этих сил?



А. 1Н

Б. 5Н

В. 7Н

Г. 12Н

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

6. Координата тела меняется по закону  $x = -5 + 12 \cdot t$ . Определите модуль равнодействующей сил, действующих на тело, если его масса 15 кг.

А. 147 Н.    Б. 73,5 Н    В. 60 Н.    Г. 0    Д. 90 Н.

$$x = x_0 + V_0 \cdot t$$

7. На рисунке представлен график зависимости силы  $F$ , действующей на тело, от времени  $t$ . Какой из участков графика соответствует равномерному движению?

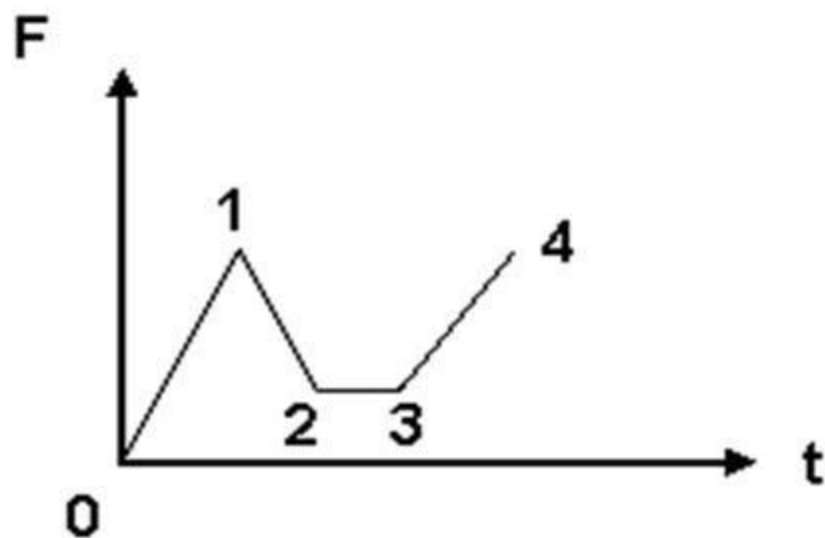
А. 0-1

Б. 1-2

В. 2-3

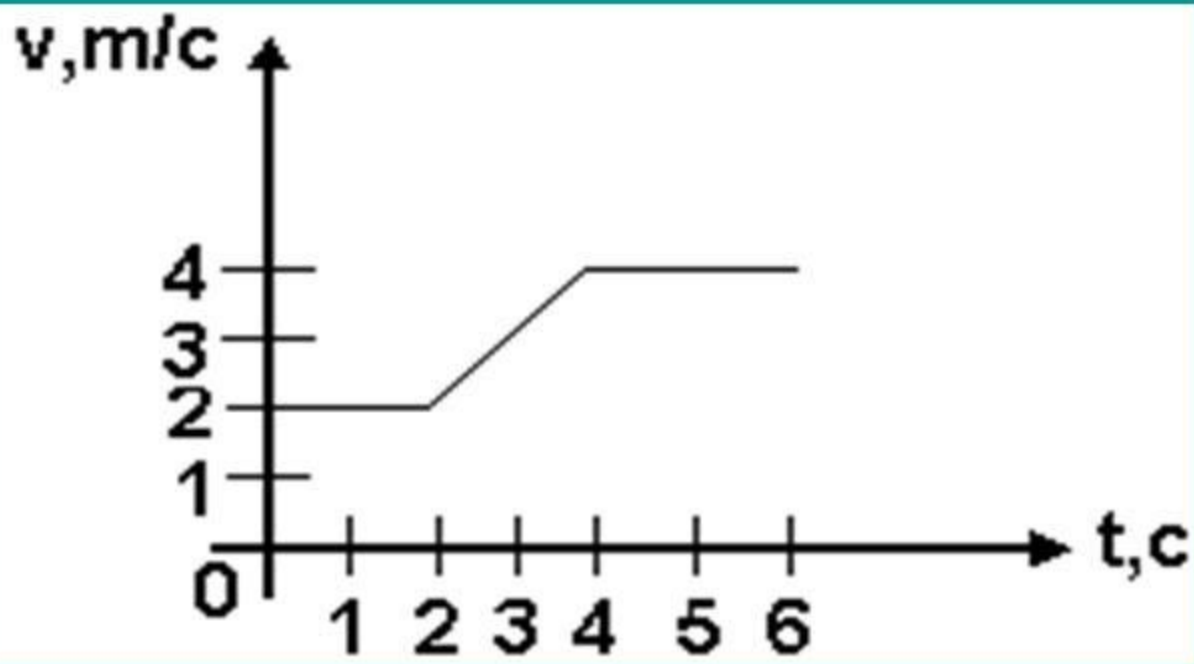
Г. 3-4

Д. на графике такого участка нет.



9. Модуль скорости автомобиля массой 500 кг изменяется в соответствии с графиком, приведённым на рисунке. Определите модуль равнодействующей силы в момент времени  $t = 3$  с.

- 1) 0Н      2) 500Н      3) 1000Н      4) 2000Н



$$F = m \cdot a$$

$$a = \frac{V - V_0}{t}$$

10. При столкновении двух тележек массами  $m_1 = 2$  кг и  $m_2 = 8$  кг первая получила ускорение, равное  $a_1 = 4$  м/с<sup>2</sup>. Определите модуль ускорения второй тележки.

А. 0,5 м/с<sup>2</sup>. Б. 1 м/с<sup>2</sup>. В. 4 м/с<sup>2</sup>. Г. 2 м/с<sup>2</sup>. Д. 1,5 м/с<sup>2</sup>.

$$F_1 = F_2$$

$$m_1 \cdot a_1 = m_2 \cdot a_2$$

$$a_2 = \frac{m_1 \cdot a_1}{m_2}$$

11. Брусок лежит на шероховатой наклонной опоре (см. рисунок). На него действуют 3 силы: сила

тяжести

$\vec{mg}$ , сила упругости опоры  $\vec{N}$  и сила трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$

Если брусок покоится, то модуль равнодействующей сил

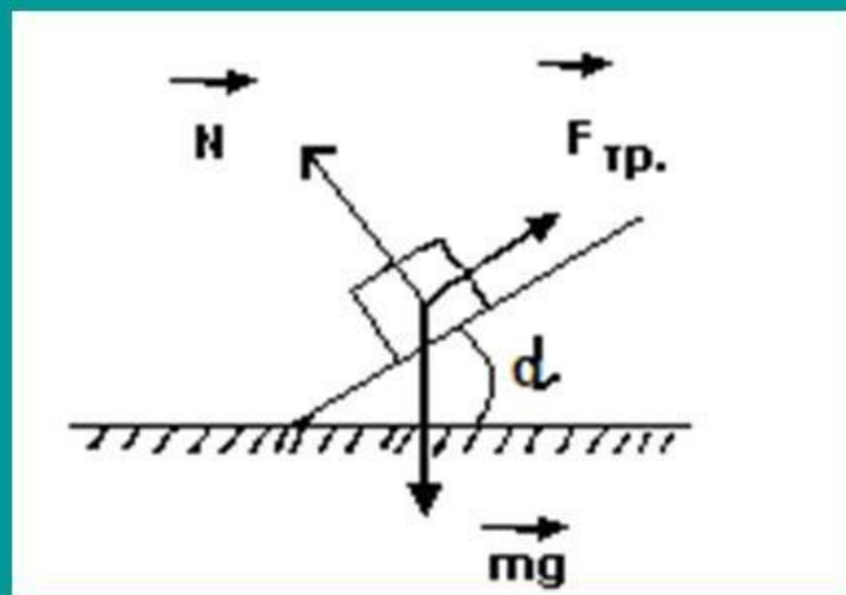
$\vec{N}$  и  $\vec{mg}$  равен

1)  $mg + N$

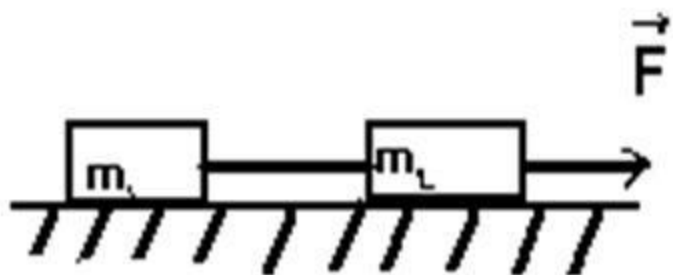
2)  $F_{\text{тр.}} \cos \alpha$

3)  $F_{\text{тр.}} \sin \alpha$

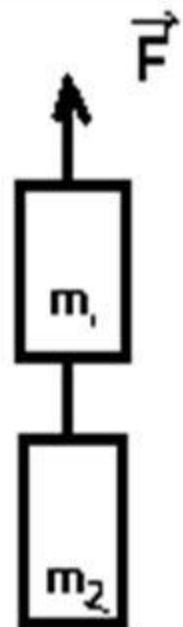
4)  $F_{\text{тр}}$



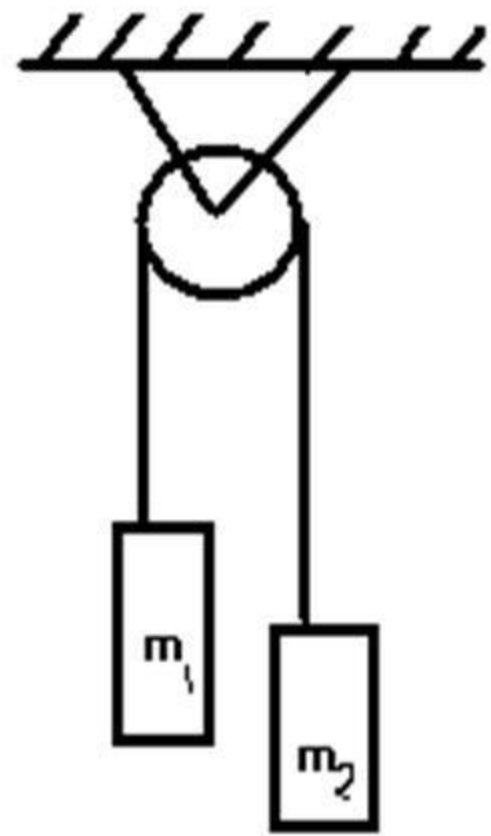
1



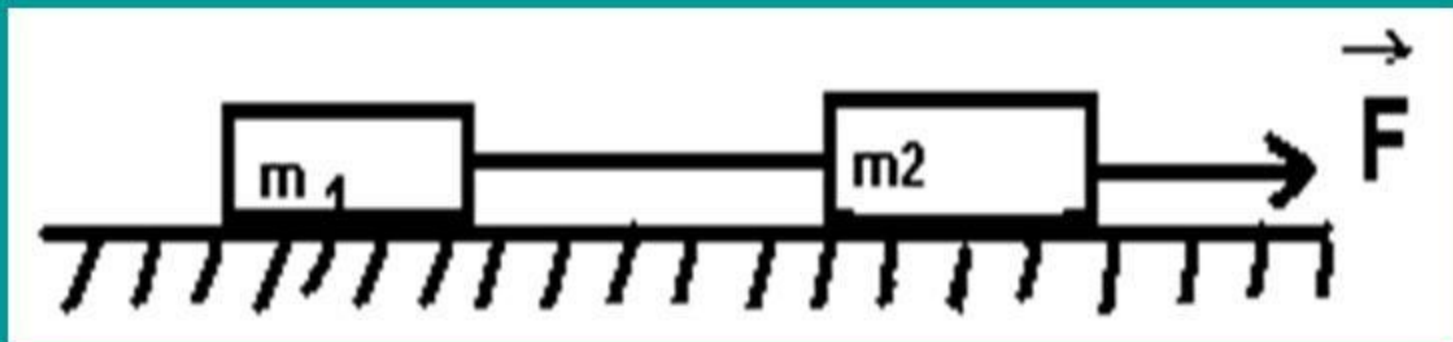
2



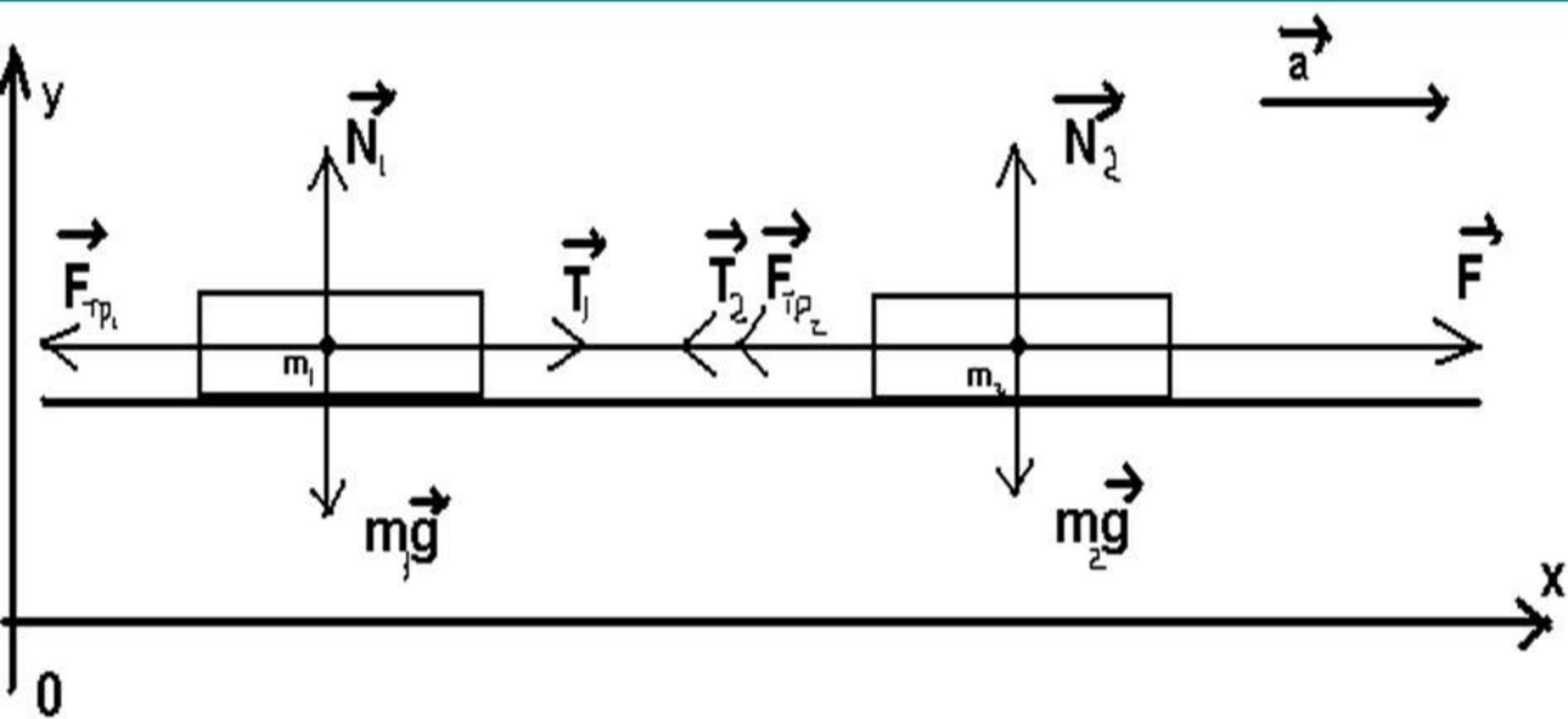
3



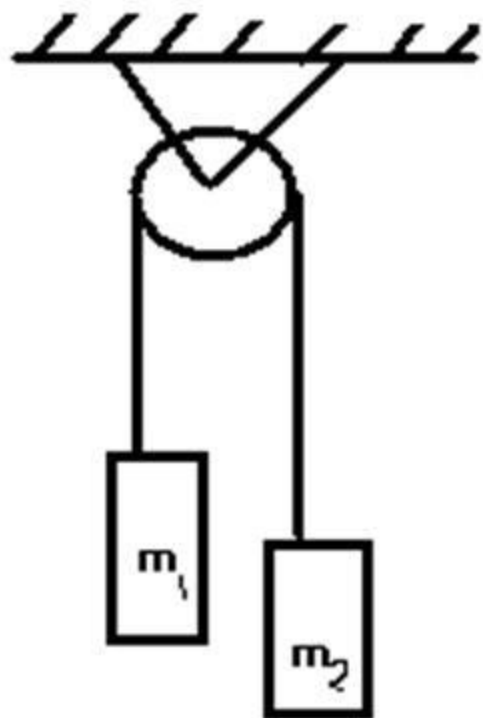
**№ 1:** Два тела, связанные невесомой нерастяжимой нитью (см. рис.) тянут с силой 15 Н вправо по столу. Массы брусков  $m_1 = 1$  кг и  $m_2 = 4$  кг,  $\mu = 0,1$ . С каким ускорением движутся бруски? Чему равна сила натяжения нити?

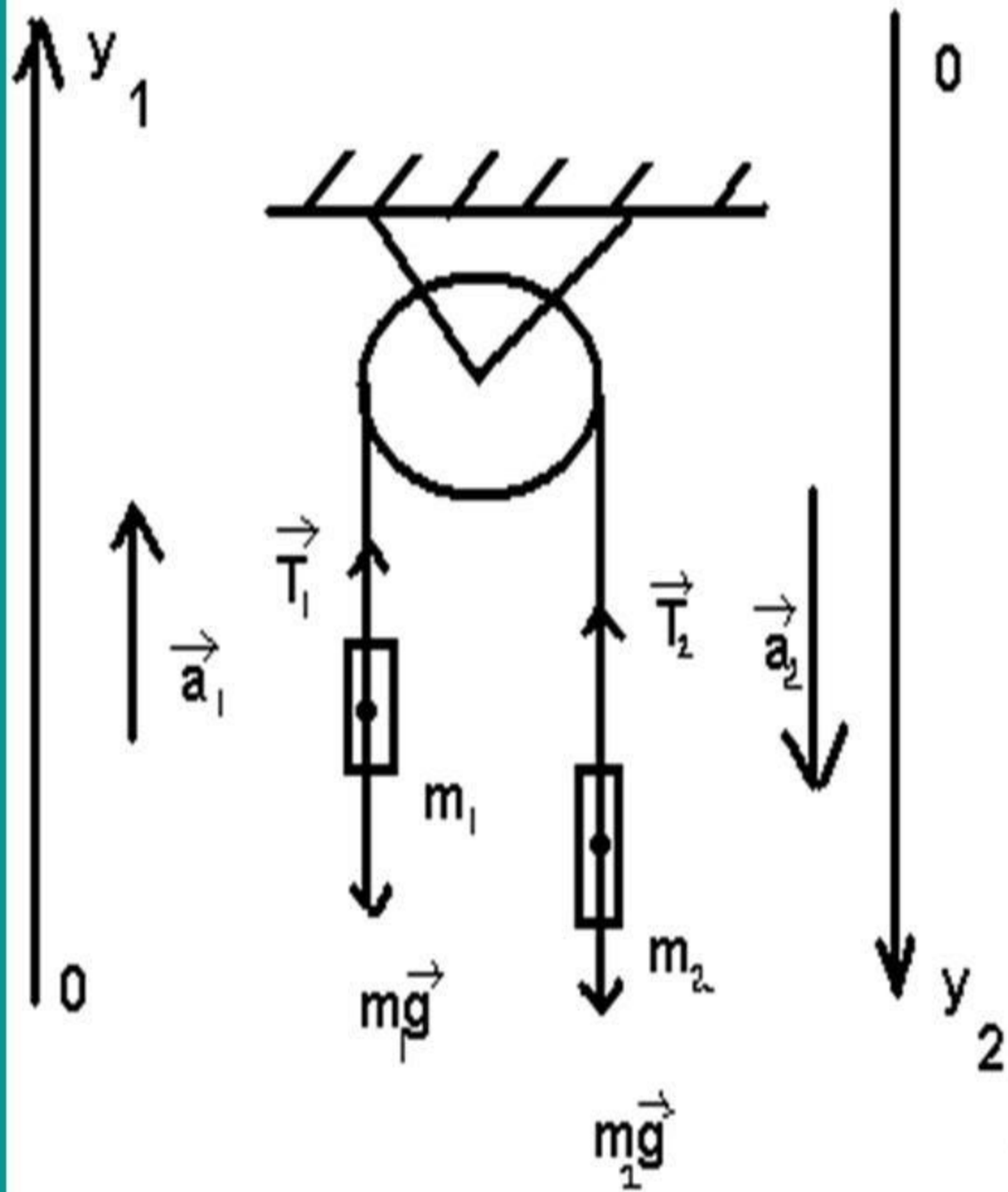




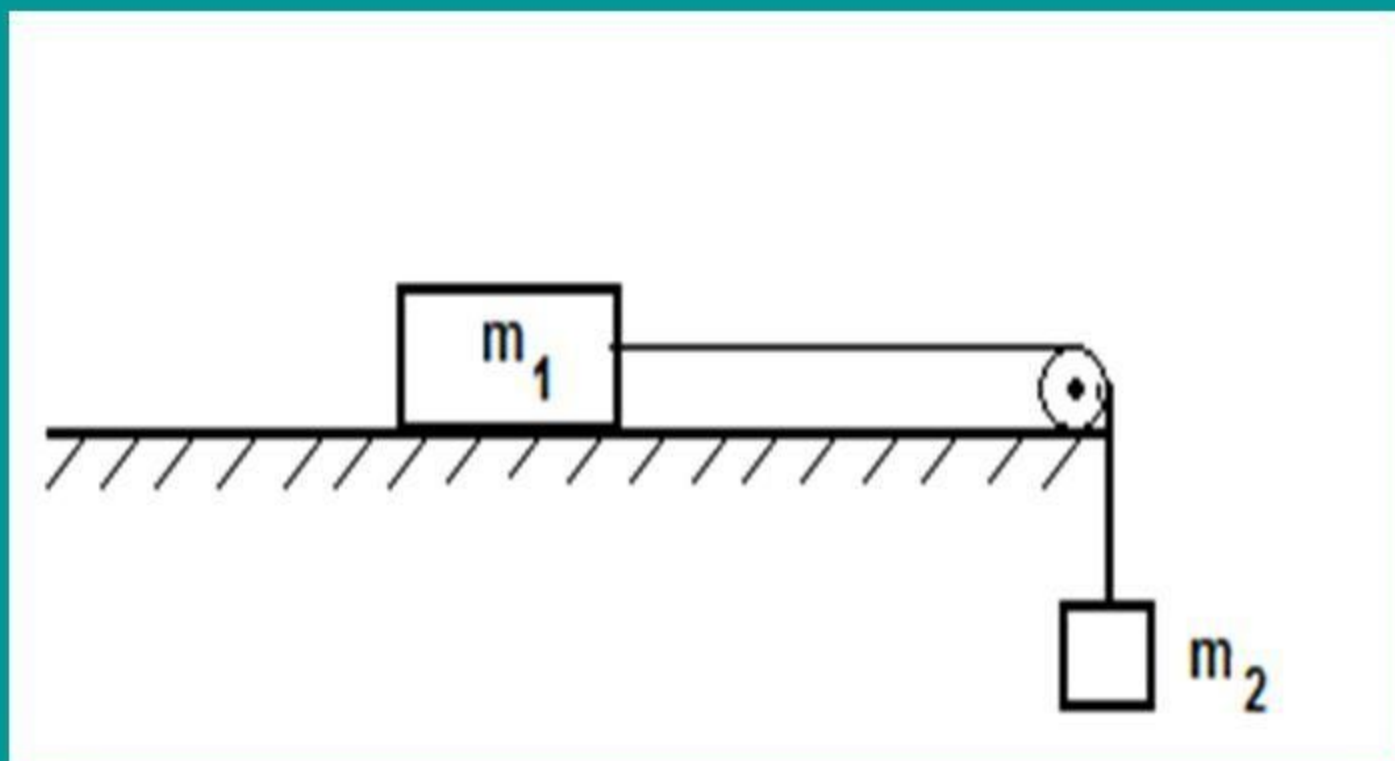


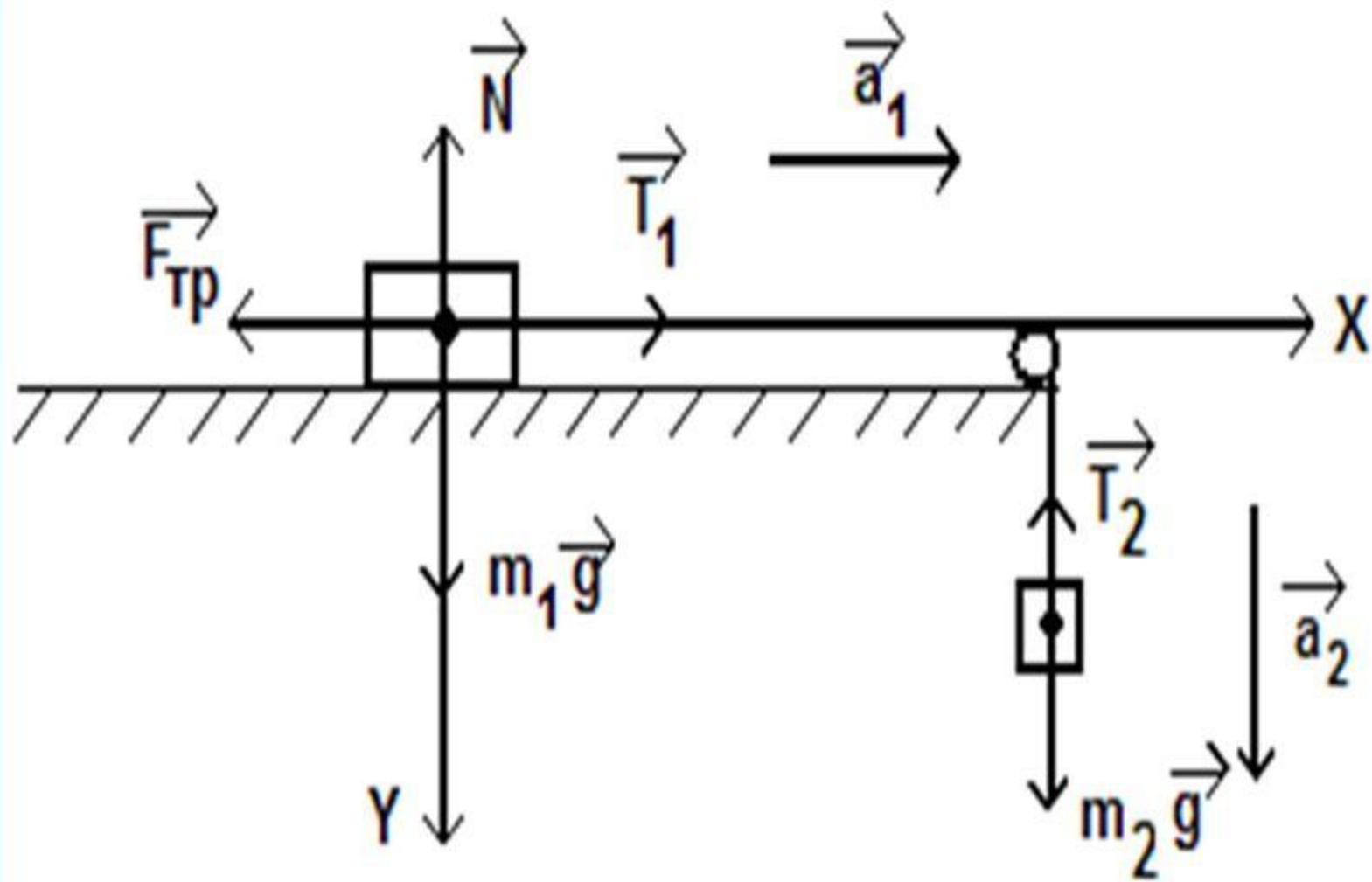
**№ 2.** К концам невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через невесомый неподвижный блок без трения в оси, подвешены грузы с массами  $m_1 = 1$  кг и  $m_2 = 2$  кг. Каково ускорение, с которым движется второй груз?





№ 3. Брусок массой 2 кг скользит по горизонтальной поверхности под действием груза массой 0,5 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.





№ 4. Груз массой 5 кг, связанный нерастяжимой нитью, перекинутой через неподвижный блок, с другим грузом массой 2 кг движется вниз по наклонной плоскости. Найти натяжение нити и ускорение грузов, если коэффициент трения между первым грузом и плоскостью 0,1, угол наклона плоскости к горизонту  $30^\circ$ . Массами нитей и блока, а также трением в блоке пренебречь.

