



# Трение скольжения. Трение качения.

Дудко Ольга Николаевна,  
преподаватель Лидского колледжа  
ГрГУ им. Я.Купалы

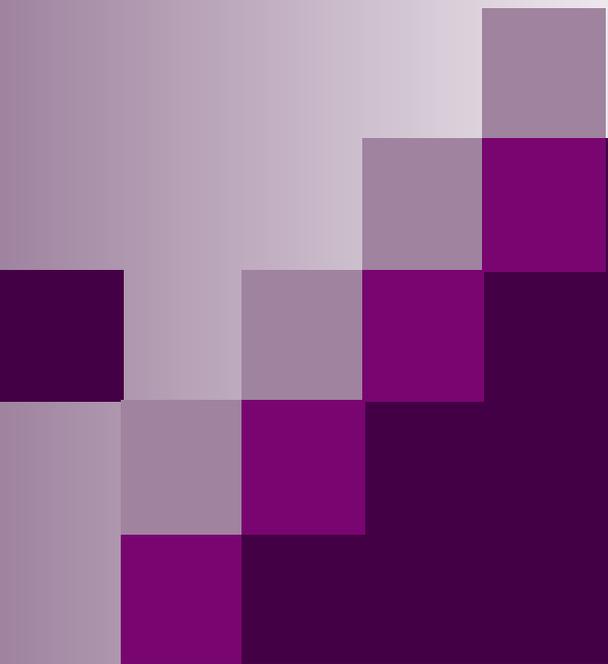
# Актуализация знаний:

- Приведите примеры действия на тело нескольких сил.
- Какую силу называют равнодействующей нескольких сил?
- Чему равна равнодействующая двух сил, направленных по одной прямой в противоположные стороны?
- Как будет двигаться тело под действием двух равных противоположно направленных сил?

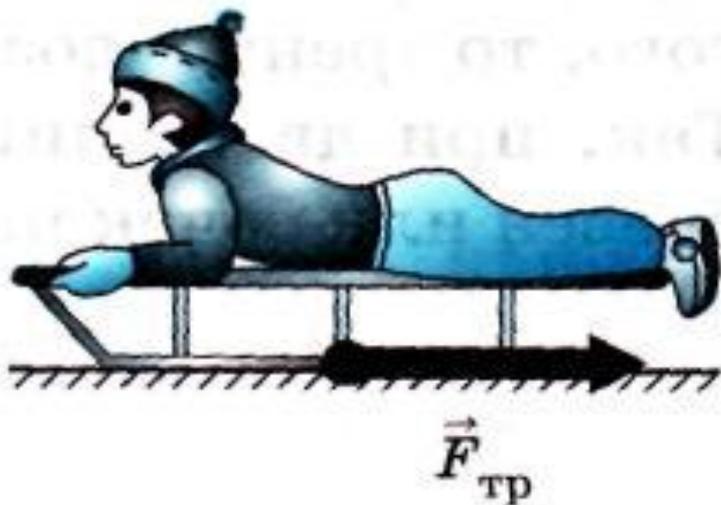


# Перечень вопросов:

1. Понятие трения. Виды трения.
2. Трение покоя.
3. Трение скольжения.
4. Законы Кулона.
5. Трение качения.



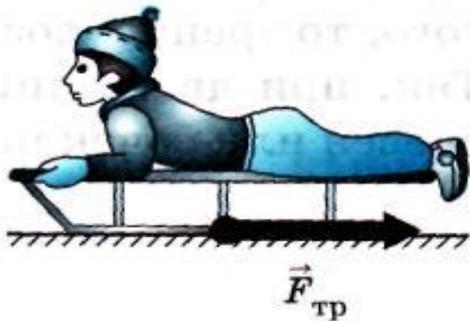
# 1. Понятие трения. Виды трения.



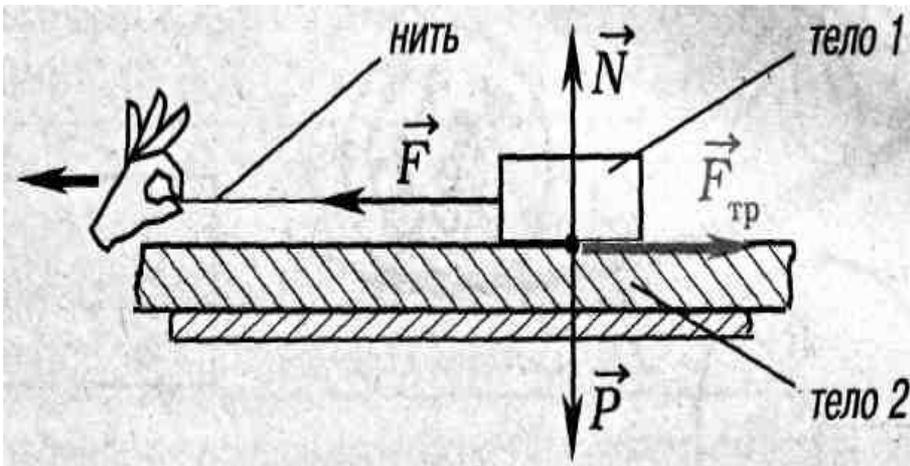
Санки, скатившись с горы, движутся по горизонтальному пути неравномерно, скорость их постепенно уменьшается, и через некоторое время они останавливаются.

Причиной всякого изменения скорости движения (в данном случае уменьшения) является сила. Значит, на движущееся тело действует сила.

- При соприкосновении одного тела с другим возникает взаимодействие, препятствующее их относительному движению, которое называют **трением**.

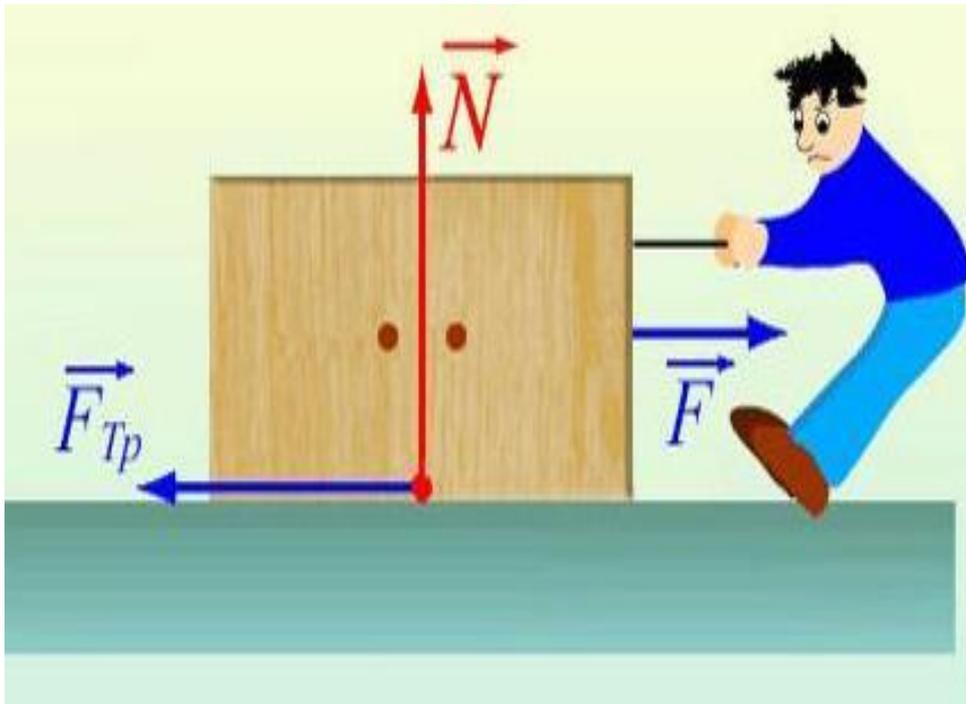


- Сила трения обозначается  $F_{\text{тр}}$ .



- **Трение – явление сопротивления относительно перемещению, возникающее между двумя телами в зонах соприкасания поверхностей по касательной к ним.**

# Сила трения



Сила, возникающая при движении одного тела по поверхности другого, приложения к движущемуся телу и направленная против движения, называется **силой трения**

# Причины трения



- Даже гладкие на вид поверхности тел имеют неровности, бугорки и царапины
- Когда одно тело скользит или катится по поверхности другого, эти *неровности цепляются друг за друга*, что создаёт некоторую силу, задерживающую движение.



- Другая причина – *взаимное притяжение молекул соприкасающихся тел.*
- *Силу трения можно уменьшить во много раз, если ввести между трущимися поверхностями смазку.*
- *Слой смазки разъединяет поверхности трущихся тел.*

# Трение – явление чрезвычайно распространённое в природе и имеющее большое значение

- На трении основана работа фрикционных и ременных передач, муфт, наклонных транспортеров, прокатных станов, тормозных устройств. Трение обеспечивает сцепление тел с земной поверхностью и, следовательно, работу машин, тракторов и другой транспортной самоходной техники. При отсутствии трения мы не могли бы ходить по земле, поскольку наши ноги скользили бы и разъезжались в разные стороны, как у неумелого конькобежца на гладком льду.

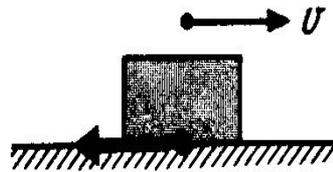
- Наряду с полезными свойствами, трение является во многих устройствах и механизмах вредным сопротивлением, которое отнимает львиную долю мощности и энергии у машин. Для уменьшения трения в механизмах конструкторам приходится применять различные приемы и способы, чтобы снизить непродуктивные потери энергии.

# Виды трения

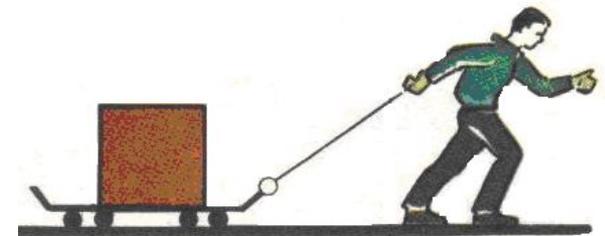
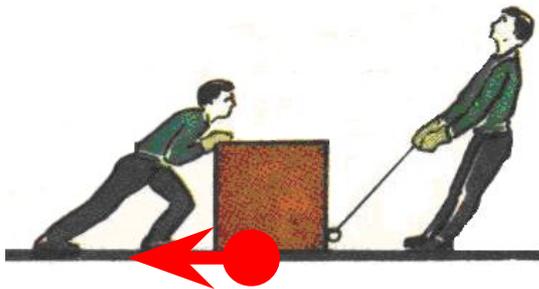
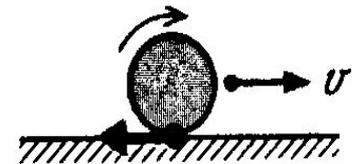
Трение  
покоя



Трение  
скольжения



Трение  
качения



# Трение покоя

Сила трения покоя препятствует относительному смещению соприкасающихся тел. Она растёт вместе с силой, стремящейся сдвинуть тело с места.

И ЭТО НЕ ВСЕ!

Кепи Очки

РЕМЕНЬ

Нити в швах

Шнурки

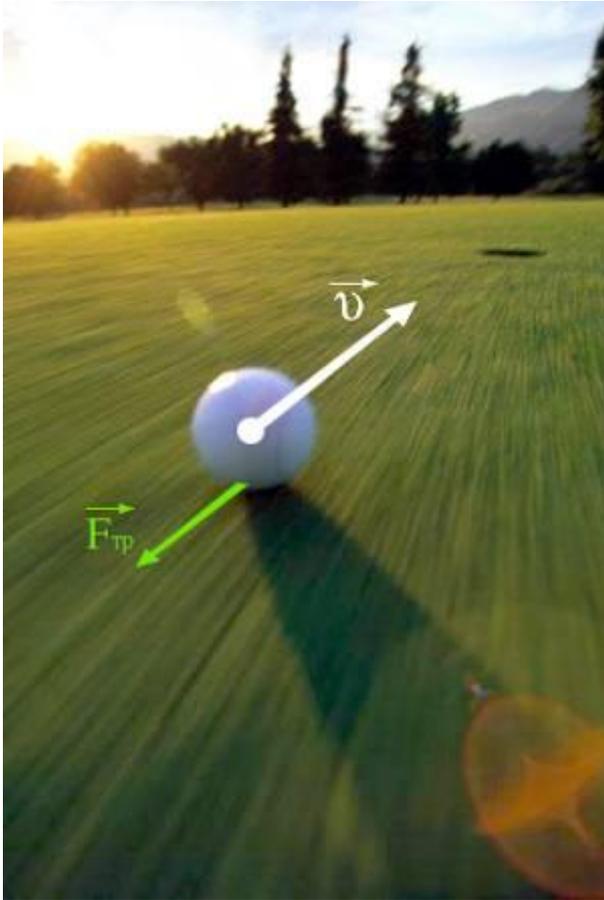


# Трение скольжения

Сила, возникающая при скольжении одного тела по поверхности другого и направленная в сторону, противоположную движению, называется силой трения скольжения.



# Трение качения



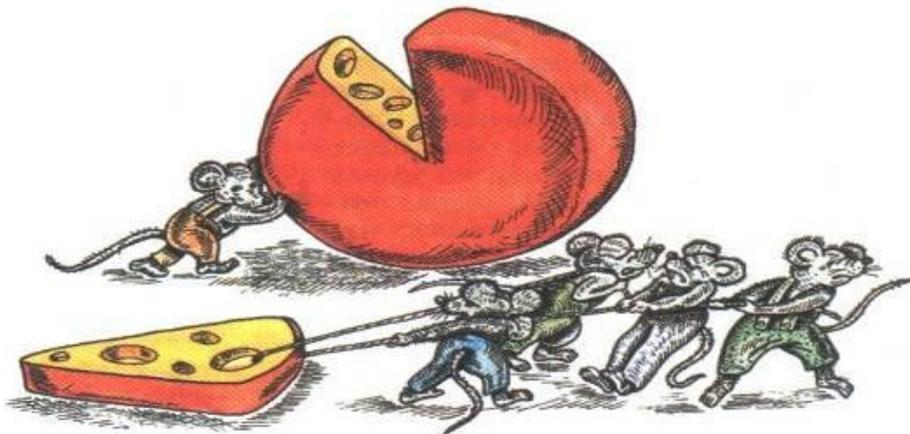
Если тело катится по поверхности другого тела, то возникающее в месте их контакта трение называют трением качения.



# Сравнение силы трения скольжения и силы трения качения



При одинаковых нагрузках сила трения качения значительно меньше силы трения скольжения.

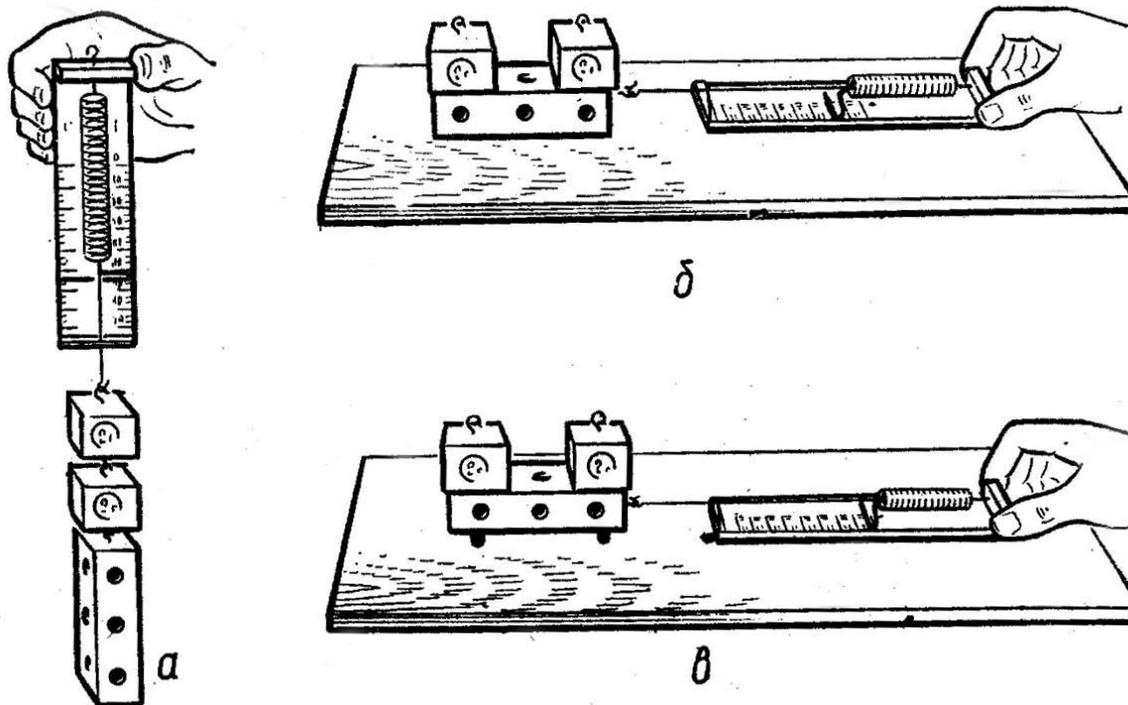


# Опыты Леонардо да Винчи



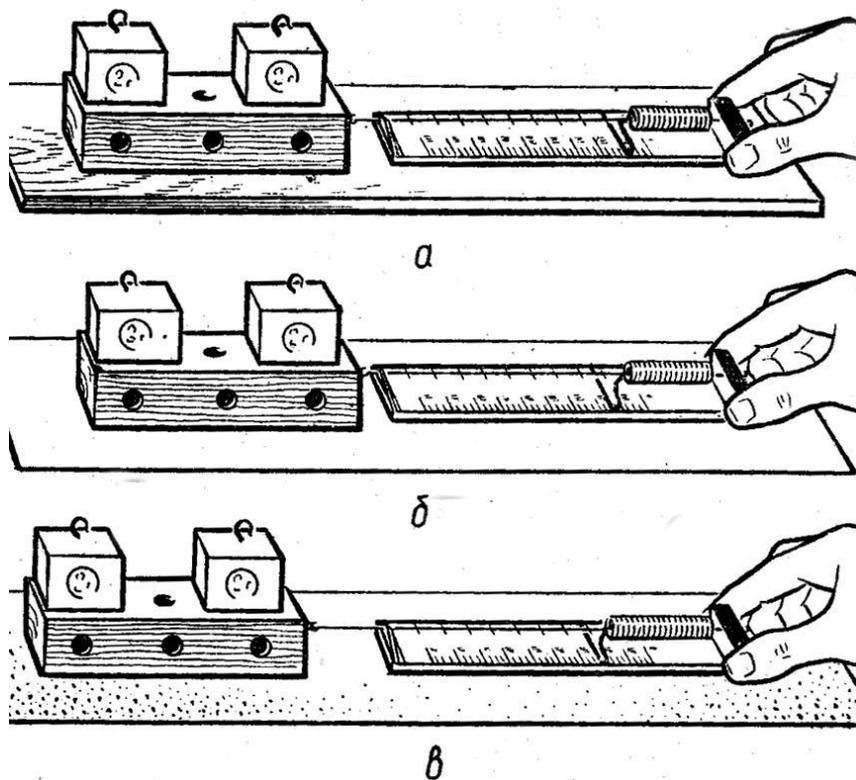
Учёных издавна интересовало, от чего зависит сила трения. Леонардо да Винчи в 1500 году исследовал зависимость силы трения от материала, из которого изготовлены тела, от величины нагрузки на эти тела, от степени гладкости или шероховатости их поверхностей.

# Сравнение сил трения скольжения, качения и веса тела



$P > F_{\text{тр пок}} > F_{\text{тр ск}} > F_{\text{тр кач}}$

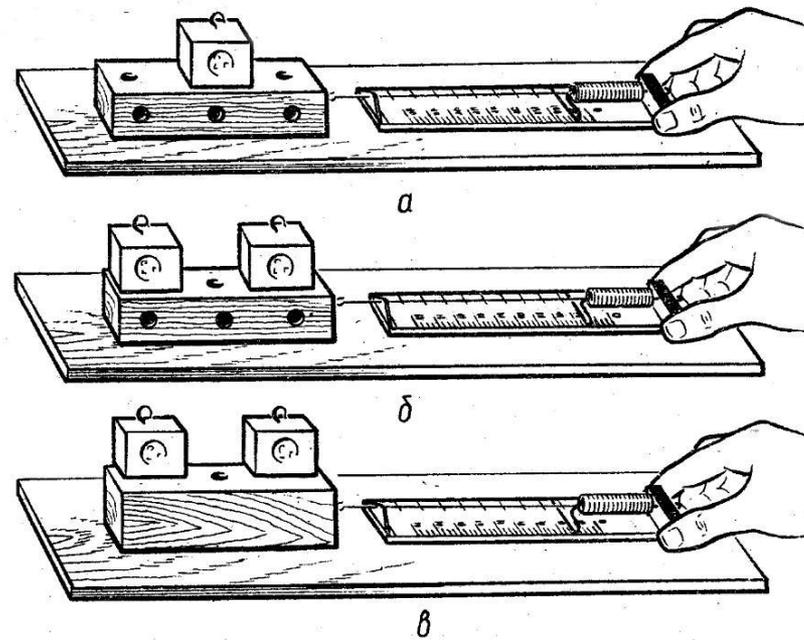
# Изучение зависимости силы трения скольжения от рода трущихся поверхностей



Сила трения зависит от свойств соприкасающихся тел (от рода поверхностей).

# Изучение зависимости силы трения скольжения от давления и независимости от площади трущихся поверхностей

Сила трения зависит от силы давления и не зависит от площадей трущихся поверхностей.



# Трение: полезно или вредно?

Усилить

Увеличить  
шероховатость

Увеличить  
нагрузку

Ослабить

Смазка

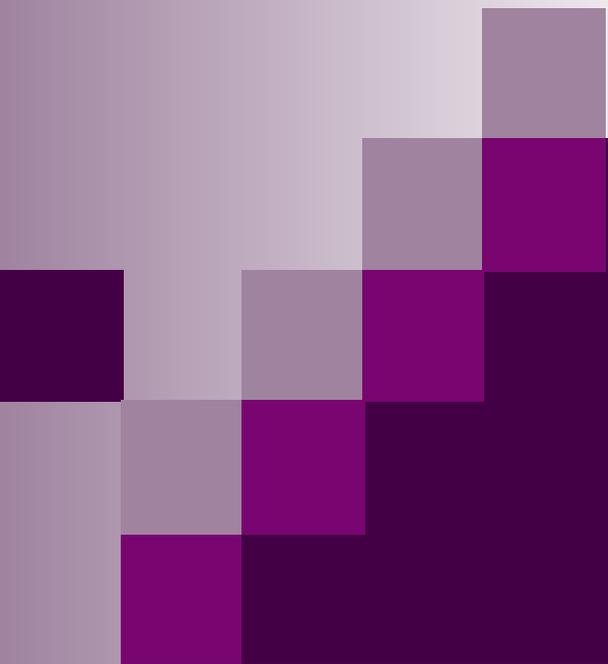
Подшипники: шариковые  
и роликовые

Воздушная подушка

# Роль силы трения при ходьбе

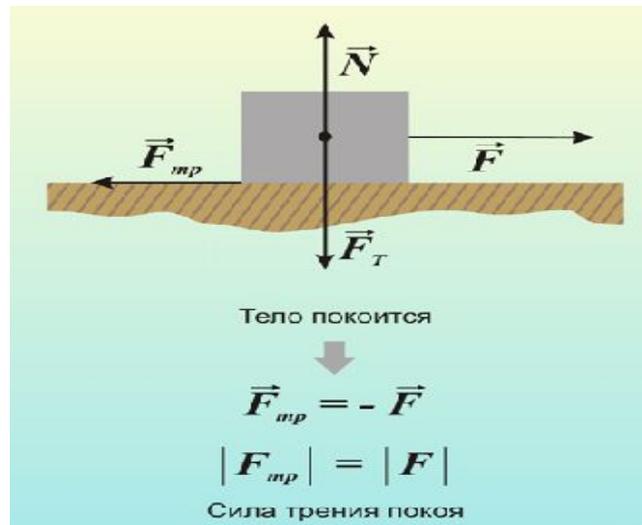
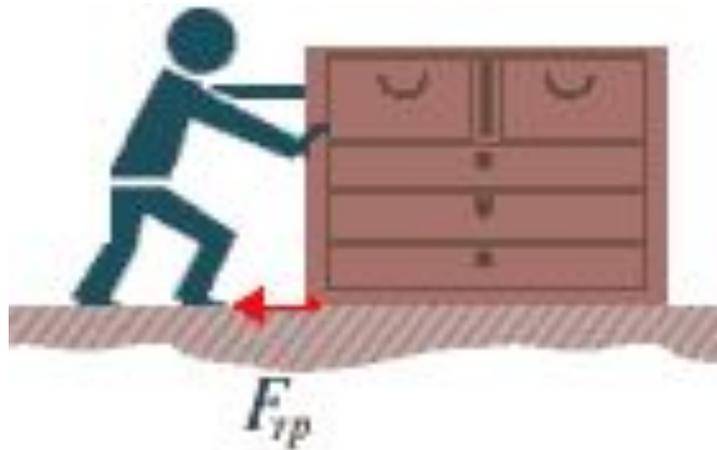
В отсутствии трения покоя ни люди, ни животные не могли бы ходить по земле.





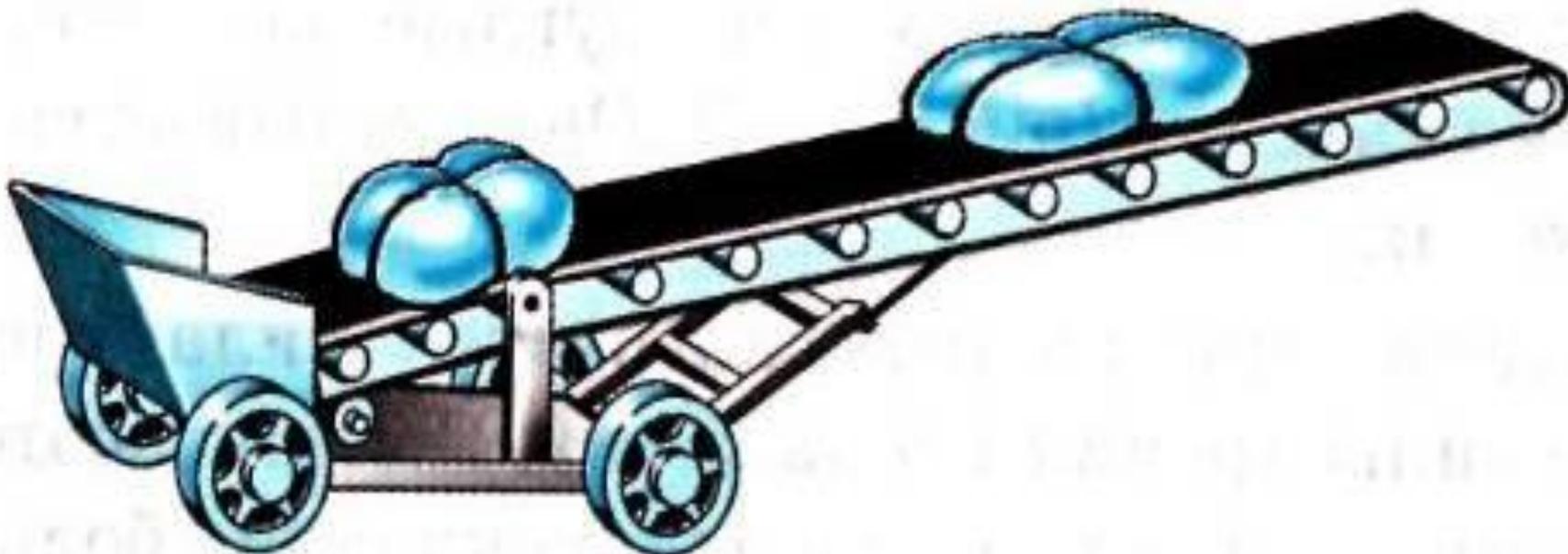
## 2. Трение покоя.

# Трение покоя

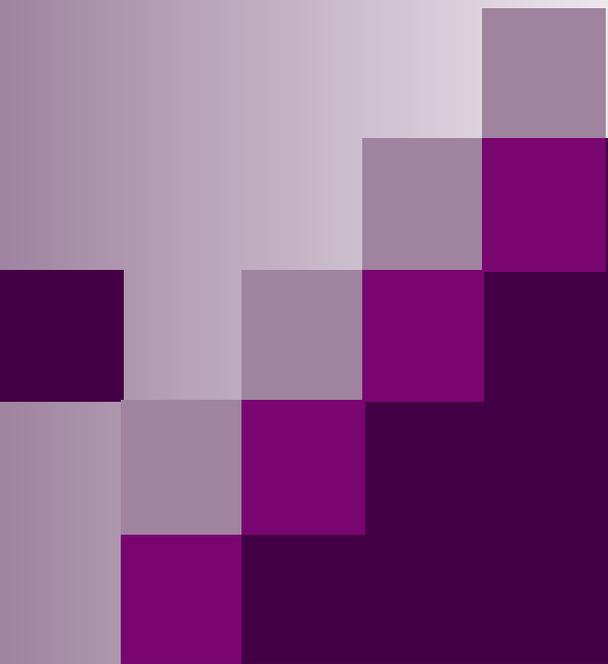


- Трение покоя препятствует развязыванию шнурков, удерживает гвозди, вбитые в доску, и т.д.
- Сила трения покоя возникает при попытке сдвинуть тело с места.
- Сила трения покоя пропорциональна силе тяжести.
- Для горизонтальной поверхности сила трения пропорциональна силе реакции опоры.

# Трение покоя

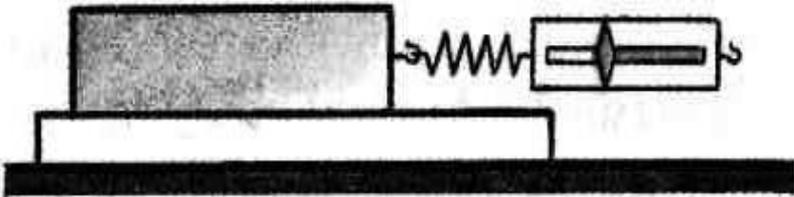
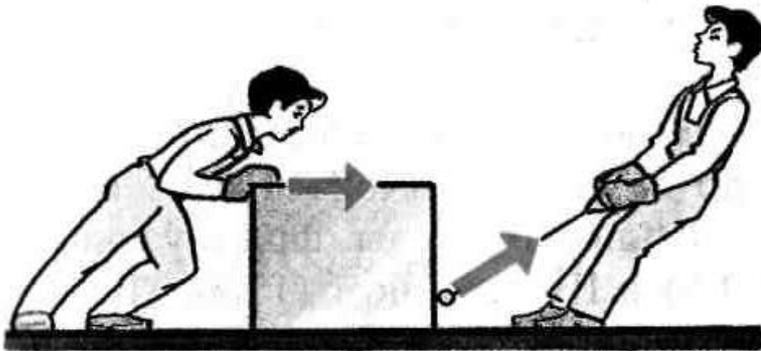


Тюки удерживаются на ленте транспортёра силой трения покоя.



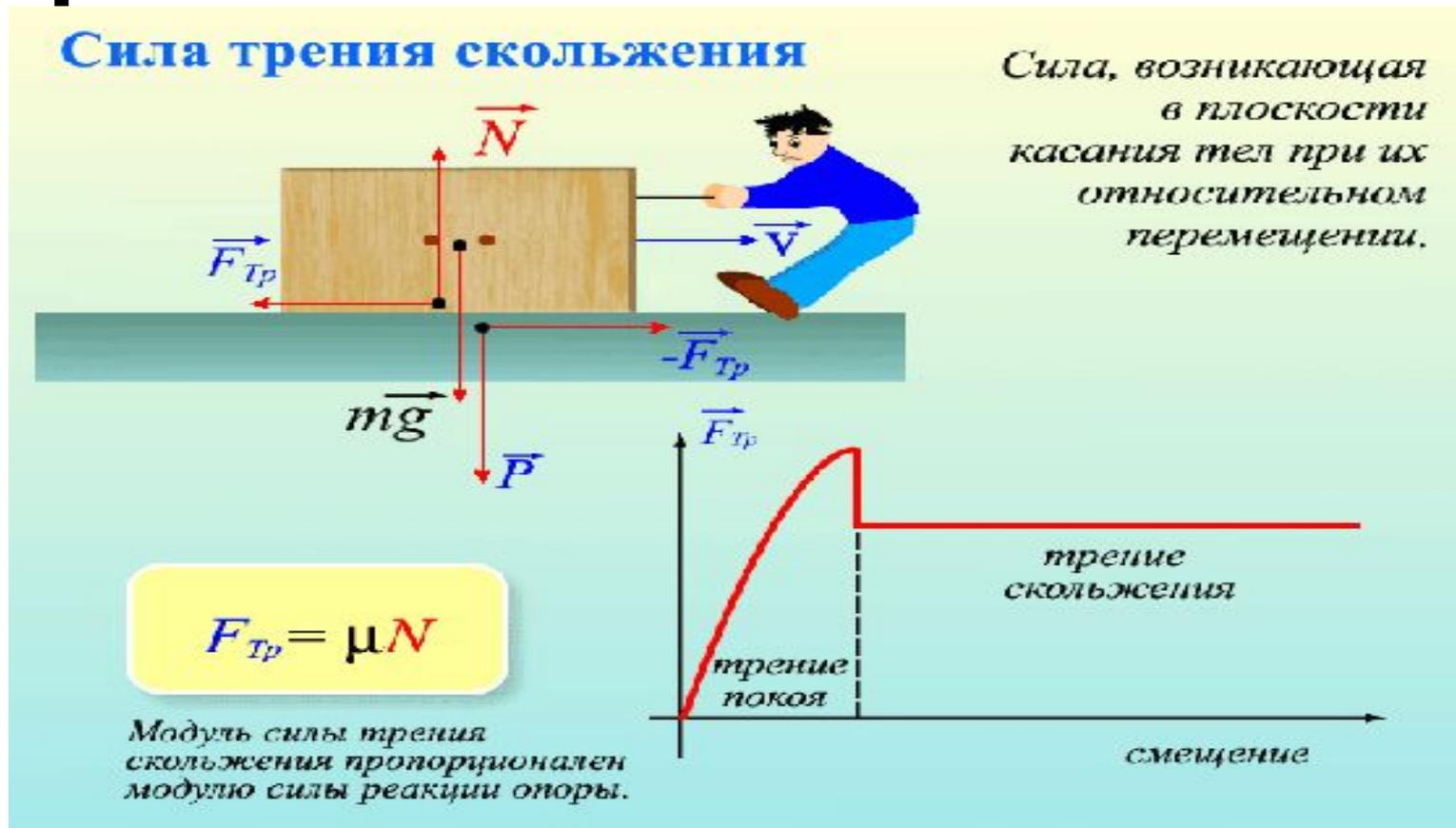
# 3. Трение скольжения.

**Трением скольжения называется трение движения, при котором скорости тел в точке касания различны по значению и (или) направлению.**



- При *скольжении* одного тела по поверхности другого возникает трение, которое называют **трением скольжения**.
- Пока тело покоится, сила трения возрастает пропорционально увеличению сдвигающей силы.
- Когда тело начинает двигаться, сила трения уже не зависит от сдвигающей силы.

# Трение скольжения

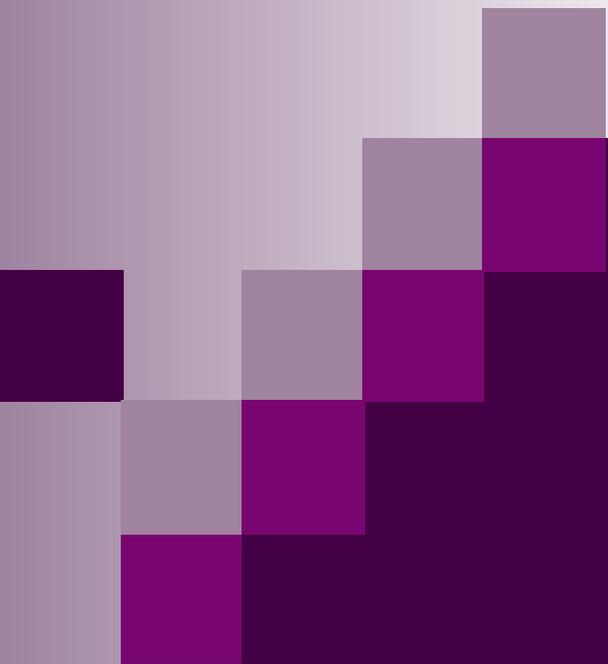


Сила трения скольжения пропорциональна силе тяжести.

$\mu$  – коэффициент трения (безразмерный коэффициент).

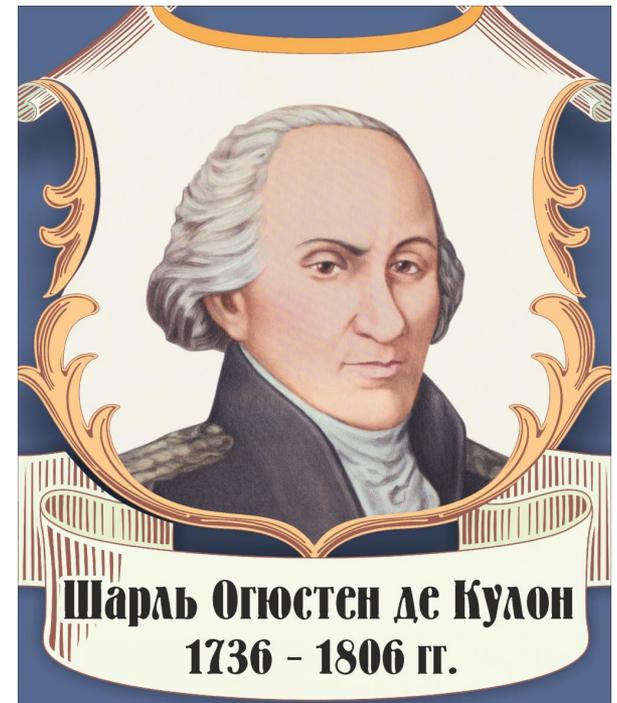


**Сила трения всегда  
направлена в сторону,  
противоположную  
направлению относительного  
движения тела.**



# 4. Законы Кулона.

В XVIII веке французские ученые **Гийом Амонтон** (1663-1705), а затем **Шарль Огюстен Кулон** (1736-1806) провели фундаментальные исследования в области трения, и на основе их сформулировали три основных закона трения скольжения, которые обычно называют законами Кулона.



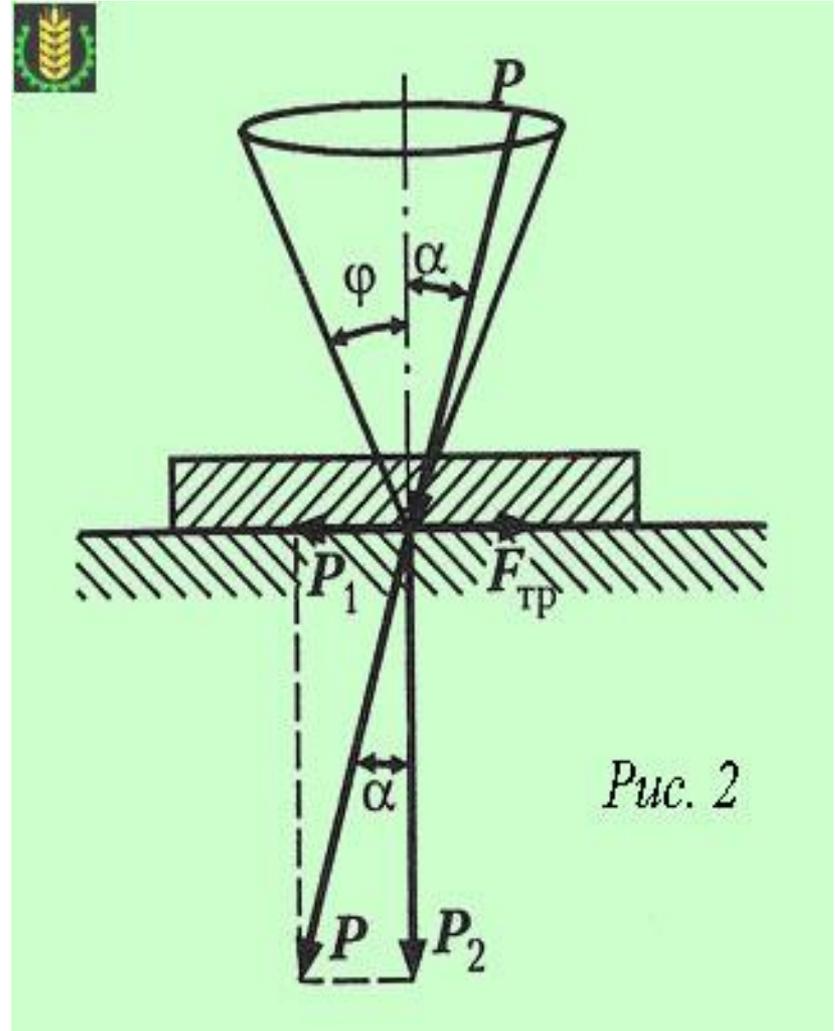
# 1-й закон Кулона

***Сила трения не зависит от величины площади трущихся поверхностей.***

Первый закон можно объяснить с помощью следующих умозаключений. Если площадь трущихся поверхностей увеличится, то увеличится и количество сцепляющихся неровностей, но уменьшится давление на опорную поверхность, которое обратно пропорционально площади контакта тел. Поэтому сопротивление относительно перемещению останется прежним.

# 2-й закон Кулона

**Максимальная сила трения прямо пропорциональна нормальной составляющей внешних сил, действующих на поверхности тела.**



$$f = F_{тр} / N \quad \text{или} \quad F_{тр} = f \cdot N$$

Второй закон Кулона говорит о том, что если увеличится сила нормального давления или реакции, то во столько же раз возрастет максимальная сила трения.

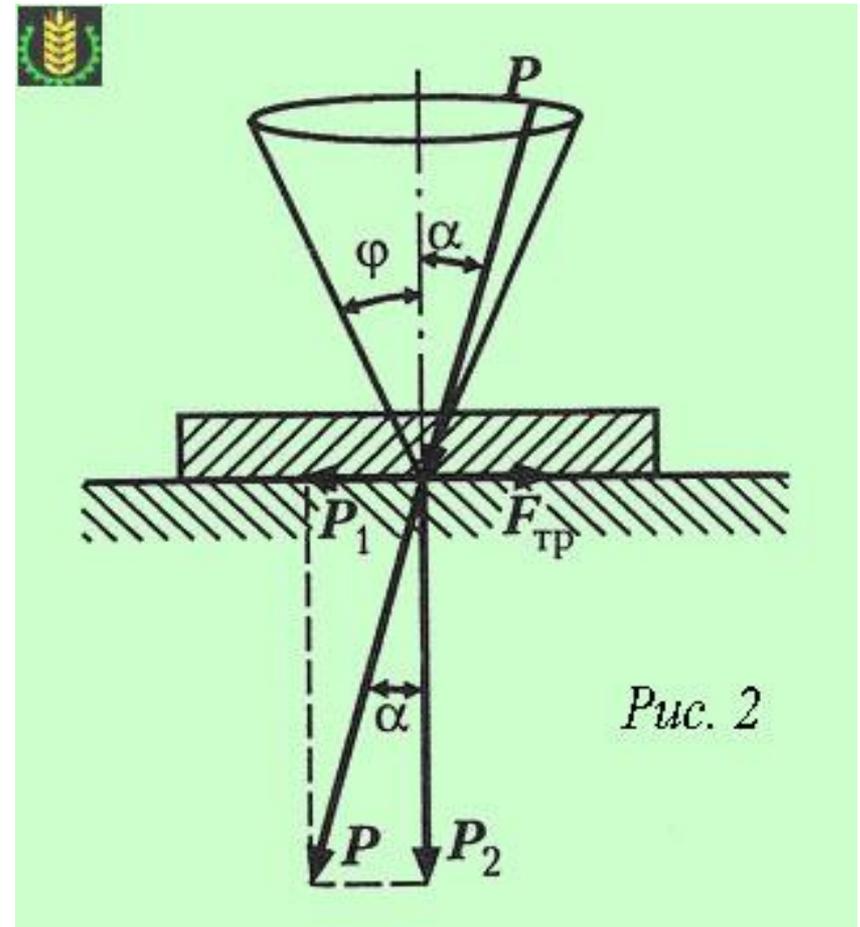
Поскольку зависимость эта прямо пропорциональная, можно выделить коэффициент, характеризующий ее пропорциональность. Этот коэффициент называется **коэффициентом трения скольжения и обозначается  $f$**

Полная реакция  $R$  составляет с нормалью к опорной поверхности некоторый угол. Максимальное значение этого угла (достигает в момент начала относительного движения) называется **углом трения** и обозначается  $\varphi$ .

Из рисунка 2 очевидно, что

$$f = \operatorname{tg} \varphi$$

- т. е. коэффициент трения скольжения равен тангенсу угла трения.
- Если коэффициент трения скольжения одинаков для всех направлений движения, то множество (геометрическое место) полных реакций образует круговой конус, который называется **конусом трения**



# 3-й закон Кулона

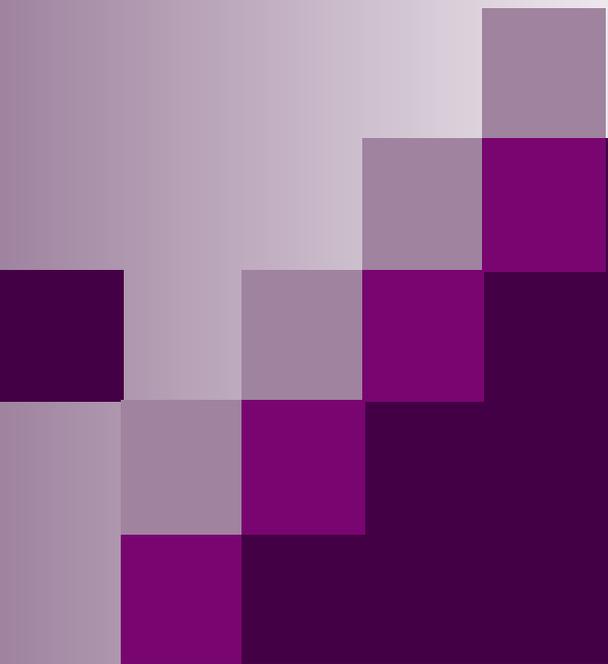
***Сила трения зависит от материала тел, состояния трущихся поверхностей и рода смазки.***

Согласно третьему закону коэффициент трения скольжения зависит от материалов трущихся тел, степени шероховатости, рода и температуры смазки.

В зависимости от наличия между сопрягаемыми поверхностями слоя смазки трение подразделяется на два вида: трение без смазочного материала (сухое трение) и трение в условиях смазки.

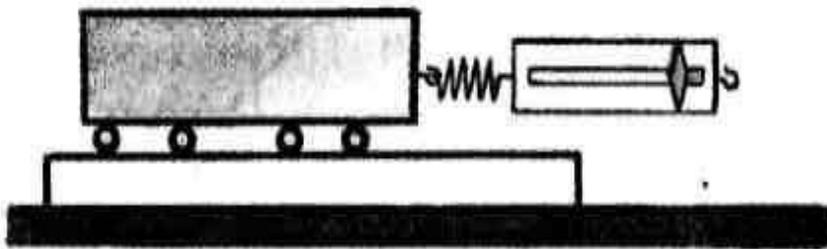
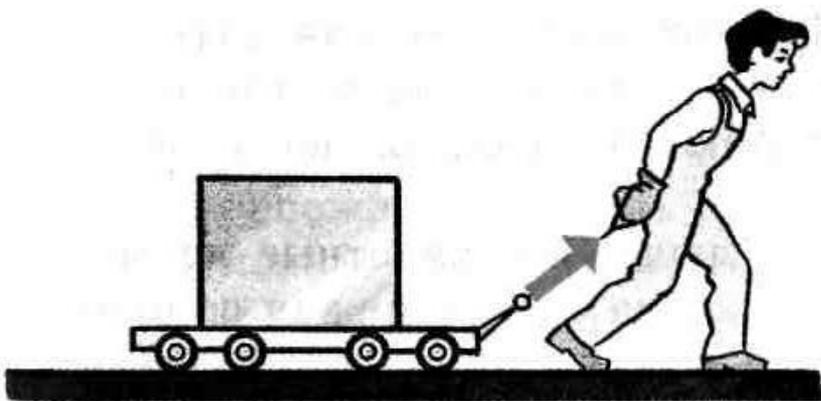
## Значения коэффициентов трения скольжения для различных материалов

<b>Материалы</b>	<b>Коэффициент трения скольжения</b>
<b>Дерево по дереву</b>	<b>0,2 – 0,5</b>
<b>Металл по металлу</b>	<b>0,15 – 0,2</b>
<b>Полозья деревянные по льду</b>	<b>0,035</b>
<b>Сталь по льду (коньки)</b>	<b>0,015</b>
<b>Шина (резина) по сухому асфальту</b>	<b>0,5 – 0,7</b>
<b>Шина (резина) по мокрому асфальту</b>	<b>0,35 – 0,45</b>
<b>Точильный камень по стали</b>	<b>0,94</b>
<b>Подшипник скольжения (при смазке)</b>	<b>0,02 – 0,08</b>



# 5. Трение качения.

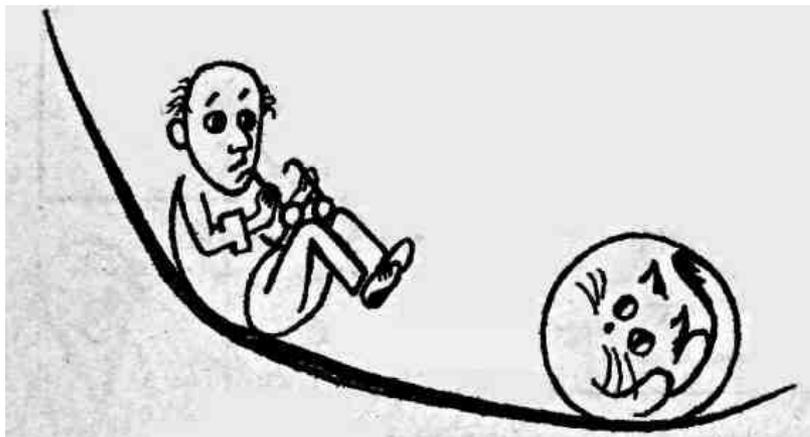
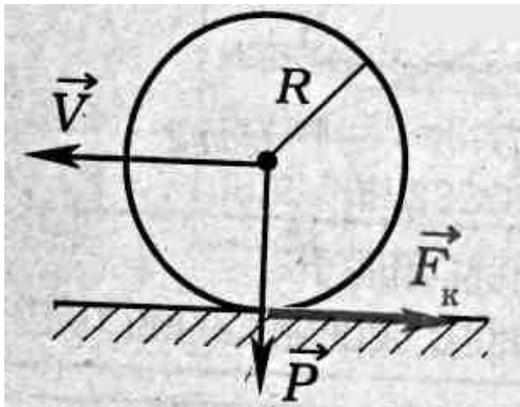
***Трением качения называется трение движения, при котором скорости соприкасающихся тел в точках касания одинаковы по значению и направлению.***



- Сила трения качения возникает, если одно тело катится по поверхности другого.
- При одинаковых нагрузках сила трения качения значительно меньше силы трения скольжения.

# Трение качения

$$F_k = \mu_k \frac{P}{R}$$

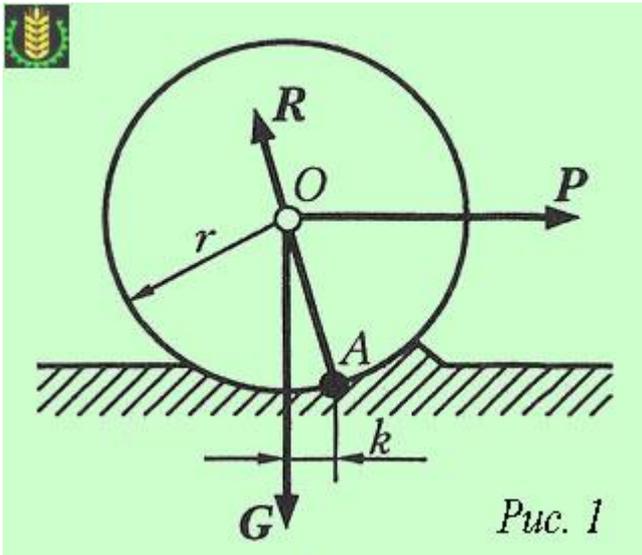


- Сила трения и коэффициент трения качения намного меньше, чем сила и коэффициент трения скольжения.
- Сила трения качения определяется по формуле:

$$F_k = \mu \cdot P/R$$

$$P = kG/r$$

*Максимальное значение плеча  $k$  называется коэффициентом трения качения; он имеет размерность длины и выражается в сантиметрах или миллиметрах.*

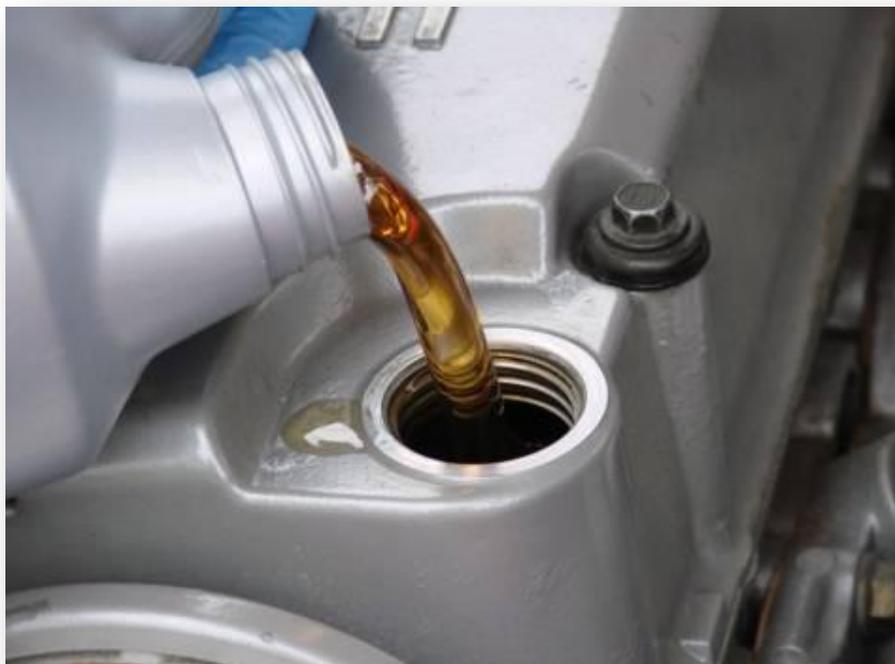


Коэффициент трения качения определяется опытным путем, его значения для различных условий приводятся в справочниках. Ниже приведены ориентировочные значения коэффициента трения качения  $k$  для катка по плоскости (см):

- Мягкая сталь по мягкой стали.....0,005
- Закаленная сталь по закаленной стали.....0,001
- Чугун по чугуну.....0,005
- Дерево по стали.....0,03...0,04
- Дерево по дереву.....0,05...0,08
- Резиновая шина по шоссе.....0,24

**Коэффициент трения качения практически не зависит от скорости движения тела.**

## СУЩЕСТВУЮТ РАЗНЫЕ СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ТРЕНИЯ



# 1. Введение смазки между трущимися поверхностями



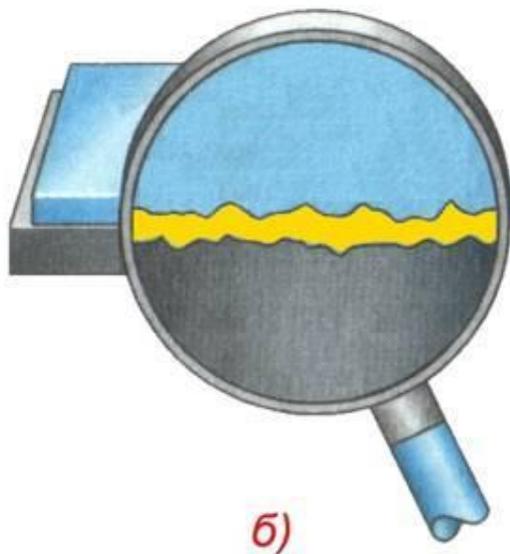
Трение между соприкасающимися твёрдыми телами (без смазки) называют **сухим трением** (рис. а)

Смазка существенно уменьшает силу трения.

Когда тело движется, соприкасаясь с жидкой смазкой, то возникает жидкое трение.

Его часто называют **вязким трением** (рис. б).

Коэффициент трения при вязком трении много меньше коэффициента трения при сухом трении.



## 2. Использование шариковых и роликовых подшипников



Для уменьшения трения вращающихся валов машин и станков используют подшипники, заменяющие трение скольжения трением качения. (шариковые и роликовые подшипники).

Внутреннее кольцо подшипника, изготовленное из твёрдой стали, насажено на вал. Наружное кольцо подшипника закреплено в корпусе машины. При вращении вала внутреннее кольцо начинает не скользить, а катиться на шариках или роликах, находящихся между кольцами. Опыт показывает, что силы трения качения значительно меньше сил трения скольжения (износ вращающихся частей машин значительно медленнее).

# Воздушная подушка



Корабль на воздушной подушке

Воздушная подушка – область повышенного давления воздуха между основанием машины и опорной поверхностью, которая препятствует их непосредственному контакту.

# Запомни!

- Сила трения ( $F_{\text{тр}}$ ) возникает на поверхности соприкосновения прижатых друг к другу тел при относительном перемещении их и препятствует их взаимному перемещению.
- ***Причины силы трения:***
- Шероховатость поверхностей соприкасающихся тел.
- Межмолекулярное притяжение, действующее в местах контакта трущихся тел.

# Запомни!

## ■ **Виды сил трения:**

1. Сила **трения покоя** возникает при попытке сдвинуть тело с места.
2. При *скольжении* одного тела по поверхности другого возникает трение, которое называют **трением скольжения**.
3. Если одно тело не скользит, а *катится* по поверхности другого, то трение, возникающее при этом, называют **трением качения**.

$$F_{\text{тр.покоя}} > F_{\text{тр.скольжения}} > F_{\text{тр.качения}}$$

# Запомни!

- Измеряя силу, с которой динамометр действует на тело при его равномерном движении, мы измеряем силу трения.
- Сила трения покоя пропорциональна силе тяжести:

$$F_{\text{тр.}} = \mu_0 \cdot N$$

- Сила трения скольжения пропорциональна силе тяжести:

$$F_{\text{тр.}} = \mu \cdot N$$

# Запомни!

- Сила ***трения качения*** определяется по формуле:

$$F_k = \mu \cdot P/R$$

- При движении твёрдых тел в жидкости возникает сила ***вязкого трения***
- Величина вязкого трения зависит от формы тела, рода жидкости и скорости движения тела.

# Тест:

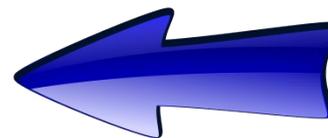
## 1. Какую силу называют силой трения?

- а) силу взаимодействия между телами
- б) силу, которая препятствует движению тела
- в) силу взаимодействия поверхностей тел, которая препятствует их относительному движению
- г) силу взаимодействия между телами, которая останавливает движущееся тело





NO



# Тест:

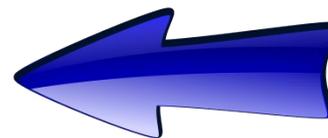
## 2. Почему возникает сила трения?

- а) потому, что поверхности тел шероховатые
- б) потому, что молекулы соприкасающихся тел притягиваются друг к другу
- в) потому, что по закону всемирного тяготения тела притягиваются друг к другу
- г) потому, что шероховатости поверхностей тел зацепляются друг за друга, а молекулы, находящиеся на поверхности притягиваются





NO



# Тест:

**3. При каком виде трения  
возникает наименьшая сила  
трения?**

а) при трении качения

б) в случае трения скольжения

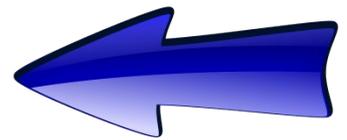
в) при трении покоя

г) при всех видах трения силы  
одинаковы





NO



# Домашнее задание:

Задачи на смекалку:

1. На столе лежит стопка книг. Что легче: вытянуть книгу, придерживая (не приподнимая!) остальные, или привести в движение всю стопку, потянув за нижнюю книжку?
2. К стенке дома прислонена лестница. Человек поднимается по лестнице. В некоторый момент времени концы лестницы начинают соскальзывать вдоль стенки дома. Почему это может произойти?

# Шевели мозгами...

Автомашина с прицепом должна перевезти тяжелый груз. Куда его выгоднее поместить: в кузов автомашины или в прицеп? Почему?



# Домашние опыты с катушкой ниток

- Возьмите обычную катушку ниток и размотайте её на 30-40 см.
- Взявшись за конец нити, потяните катушку на себя под очень небольшим углом к горизонтальной поверхности. Катушка послушно «поползёт» к вам.
- Чуть увеличьте угол между ниткой и горизонталью и повторите опыт. Изменилось ли что-нибудь?
- Повторите опыт несколько раз, увеличивая угол направления прикладываемой силы. Наступит момент, когда катушка перестанет катиться к вам, остановится и даже покатится в обратную сторону, разматывая нить.
- Попробуйте объяснить полученный эффект.

**Урок окончен.**

**Спасибо за внимание!**