

- Название ресурса: Презентация

- Номинация: естественно-математический цикл  
ШКОЛЬНЫХ

предметов

- предметная область (предмет): физика

- возрастная категория (класс): 10 класс

- тема работы, “Силы в механике”

- URL (ссылка), где работа

- размещена (если есть)

- краткая аннотация, Данная работа является  
обобщением темы

“Силы в механике” на базовом уровне. Введено понятие  
силы как

количественной меры действия одного тела на другое.

Рассмотрены

используемой информации 1) “Физика .Механика” . 10  
класс

Профильный уровень. Под редакцией Г. Я. Мякишева.  
Дрофа. Москва. 2007 г.

2) “Физика для будущих студентов” I. Механика.  
Выпуск 2. Динамика. Под редакцией Г. Я. Мякишева .  
МИРОС Москва. 1993 г.

3) “Физика в таблицах” 7-11 классы. Автор – составитель  
В. А. Орлов. Москва. Издательский дом “Дрофа”. 1998 г.

Учитель –руководитель команды: Селиванова Лидия  
Гавриловна

Учащиеся – члены команды: Котенко Юлия  
Витальевна и Черникова Наталья Андреевна

Район: Энгельсский

Город (село): Энгельс

Образовательное учреждение : МОУ СОШ № 42

Силы

в

механи

В окружающем нас мире все находится в непрерывном движении и изменении. Движение – неотъемлемое свойство материи. Нет и не может быть материи без движения и движения без материи. Но, двигаясь, тела встречаются друг с другом и взаимодействуют.

В результате взаимодействия движение тел может измениться. Например, стальной шар, равномерно двигавшийся по прямой линии, при взаимодействии с магнитом начинает двигаться по криволинейной траектории. Спортсмен, прыгая в воду, сначала летит в воздухе ускоренно, а попав в воду, в результате взаимодействия с ней движется замедленно.

Для того чтобы глубже понять законы движения, надо изучить взаимодействие тел друг с другом, ибо *взаимодействие*, так же как и движение, -

Для характеристики взаимодействия тел в физике введена особая величина - *сила*. Понятие силы первоначально применялось для описания мускульных усилий человека. Для того чтобы поднять тушу убитого животного, вытянуть из воды рыбу, сдвинуть или убрать камень, человеку приходилось по-разному напрягать свои мышцы. Так из повседневного опыта возникли первые представления о мере взаимодействия человека с окружающими его телами, представления о силе.

### *Определение силы*

*Сила* – векторная физическая величина, характеризующая механическое действие одного тела на другое и являющаяся мерой этого действия

## *Единицы силы*

За единицу силы в Международной системе единиц принимается сила, которая телу массой 1 кг сообщает ускорение  $1 \text{ м/с}^2$ .

Эта единицы силы называется ньютоном. Единица силы – ньютон - выражается через основные единицы Си так:

$$1\text{Н} = 1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м/с}^2 = 1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}^2.$$

## *Типы сил*

В безграничных просторах Вселенной, на нашей планете, в любом веществе, в живых организмах, в атомах, в атомных ядрах и в мире элементарных частиц мы встречаемся с проявлением всего лишь четырех типов сил: гравитационные, электромагнитные, сильные (ядерные) и слабые.

Притяжение существенно лишь тогда, когда хотя бы одно из

взаимодействующих тел так же велико, как Земля или Луна. Иначе

эти силы столь малы, что ими можно пренебречь.

*Электромагнитные силы* действуют между частицами, имеющими электрические заряды. Сфера их действия особенно обширна и разнообразна. В атомах, молекулах, твердых, жидких и газообразных телах, живых организмах именно электромагнитные силы являются главными. Велика их роль в атомных ядрах.

Область действия *ядерных сил* очень ограничена. Они сказываются заметным образом только внутри атомных ядер. Уже

# Законы Ньютона

## 1. Первый закон:

Существуют системы отсчета, называемые инерциальными, относительно которых тела, достаточно удаленные от всех других тел, движутся равномерно и прямолинейно.



РАВНОМЕРНОЕ (F / M) ДВИЖЕНИЕ  
 $v = \text{const}$

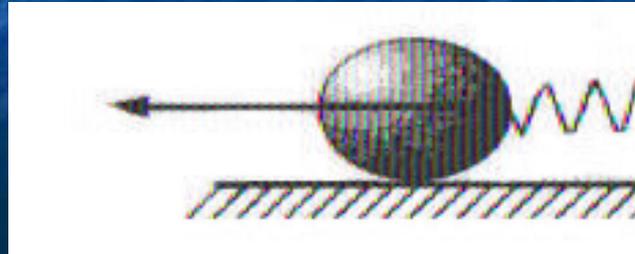
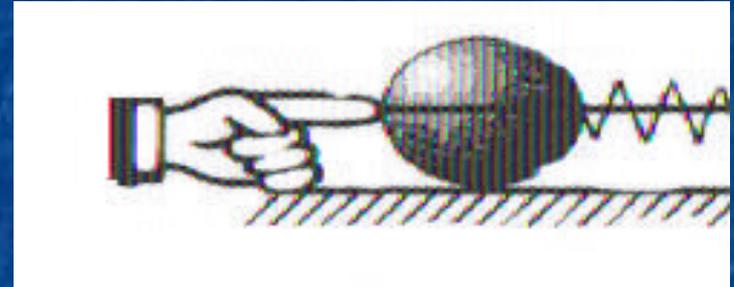
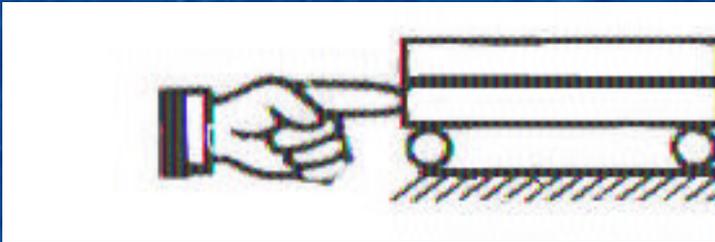
A diagram showing a shaded sphere moving to the right on a horizontal surface represented by a hatched line. An arrow points to the right from the sphere. The text above the sphere reads "РАВНОМЕРНОЕ (F / M) ДВИЖЕНИЕ" and " $v = \text{const}$ ".

действия других тел  
компенсируются

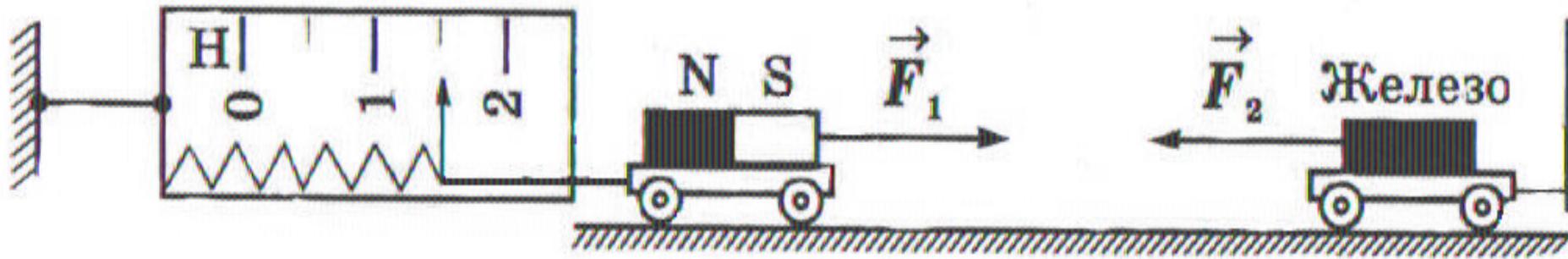
## 2. Второй закон:

Произведение массы тела на его ускорение равно силе, с которой на него действуют окружающие тела.

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



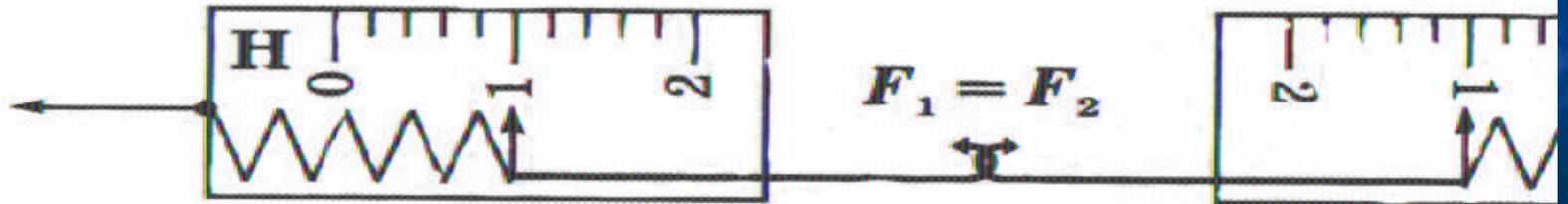
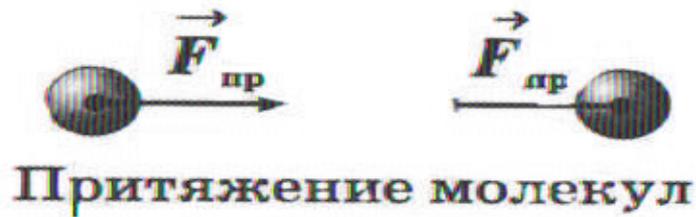
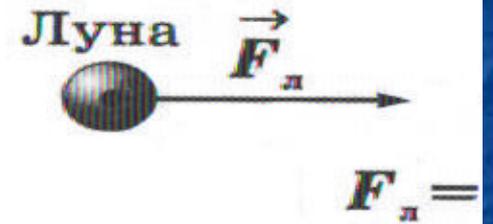
### 3. Третий закон



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

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

# Примеры



**Сила  
всемирн  
ого  
тэдгөтөнц**

# Закон всемирного тяготения

Закон всемирного тяготения был открыт и сформулирован

Ньютоном в 1667 году. Он звучит так:

*тела притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними:*

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

В формулу закона входит гравитационная постоянная  $G$ . Эта

постоянная впервые была измерена английским учёным -

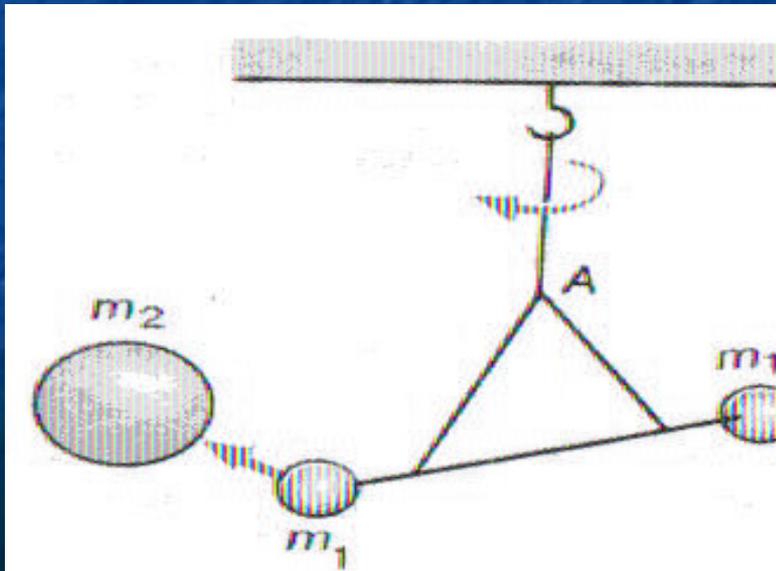
экспериментатором Кавендишем в 1798

На основе закона всемирного тяготения по известным силе

тяготения, массам шариков и расстоянию между ними было

рассчитано значение  $G$ . Оно оказалось равным

$$G = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$$



## *Условия применимости закона всемирного тяготения:*

- для точечных тел;
- для двух шаров, где  $r$  – расстояние между центрами шаров;
- для шара и тела произвольной формы, имеющего размеры во много раз меньше шара.

# Сила тяжести

Силу притяжения тел к Земле называют силой тяжести. Согласно закону всемирного тяготения, она выражается

формулой:

$$F_m = G \frac{mM}{(R+h)^2}$$

где  $m$  – масса тела,  $M$  – масса Земли,  $R$  – радиус Земли,  $h$  –

высота тела над поверхностью Земли. Сила тяжести направлена

вертикально вниз к центру Земли

*Движение искусственных спутников.  
Расчет первой космической скорости.*

На больших высотах воздух сильно разрежен и оказывает

незначительное сопротивление движущимся телам.

Поэтому можно

считать, что на спутник действует только

гравитационная сила,  $F = G \frac{Mm}{(R+h)^2}$

направленная к центру Земли :

Сила тяжести сообщает телу ускорение, называемое ускорением свободного падения. В соответствии со вторым законом Ньютона:

$$g = F/m$$

С учетом выражения для модуля ускорения свободного падения

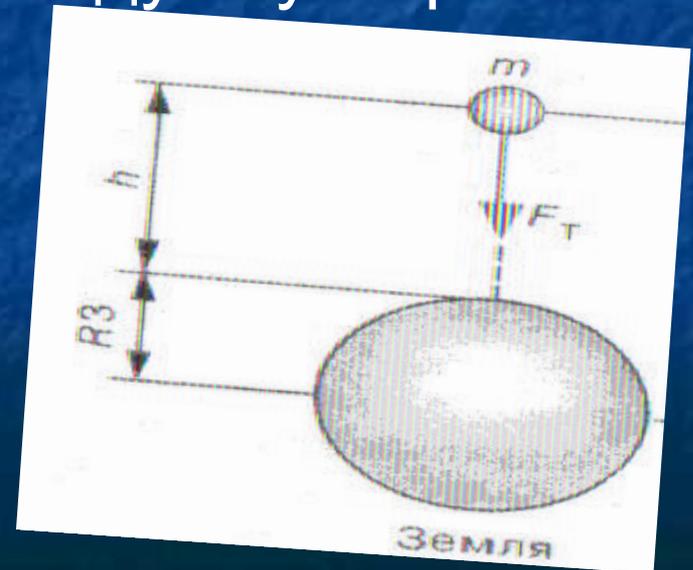
будем иметь:  $g_h = G \frac{M}{(R+h)^2}$

На поверхности Земли ( $h = 0$ ) модуль ускорения свободного

падения равен:  $g = G \frac{M}{R^2}$

а сила тяжести равна :

$$F_T = mg$$



Эта сила сообщает спутнику центростремительное

ускорение:

$$a = \frac{v^2}{R+h}$$

По второму закону Ньютона:

$$a = \frac{F}{m} = G \frac{M}{(R+h)^2}$$

Следовательно:

$$\frac{v^2}{R+h} = G \frac{M}{(R+h)^2}$$

Отсюда:

$$v = \sqrt{G \frac{M}{R+h}}$$

Скорость, которую необходимо сообщить телу, чтобы оно стало

спутником планеты, называется первой космической скоростью.

Любое тело может стать искусственным спутником другого тела

$$v = 7,9 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

## *Гравитационной «тени» нет.*

Силы всемирного тяготения - самые универсальные из всех сил

природы. Они действуют между любыми телами, обладающими

массой, а массу имеют все тела. Для сил тяготения не существует

никаких преград. Они действуют сквозь любые тела.

## *Значения закона всемирного тяготения*

Закон всемирного тяготения лежит в основе небесной механики –

науки о движении планет. С помощью этого закона с огромной

точностью определяются положения небесных тел на небесном своде

на многие десятки лет вперёд и вычисляются их

# Сила упругос ти

Силы упругости - это силы, возникающие при деформации

тела и направленные в сторону восстановления его прежних форм

и размеров под прямым углом к деформируемой поверхности.

Изменение формы или размеров тела называют деформацией.

*Силы упругости – электромагнитные силы.*

Причина деформации – различные ускорения

различных веществ состоят из молекул атомов, имеющих

как положительные, так и отрицательные заряды.

В равновесии силы электромагнитного притяжения и отталкивания, действующие между соседними молекулами, равны

по модулю, но противоположны по направлению.

При деформации меняются расстояния между молекулами и эти силы уже не уравнивают друг друга, так как они по-разному изменяются с изменением расстояния.

Разность между силами притяжения и силами отталкивания молекул проявляется в силах упругости.

Деформации, при которых тело способно вернуться в первоначальное состояние, называют упругими деформациями.

Деформации, при которых силы упругости не возвращают тело в первоначальное состояние, называют пластическими.

# Закон Гука

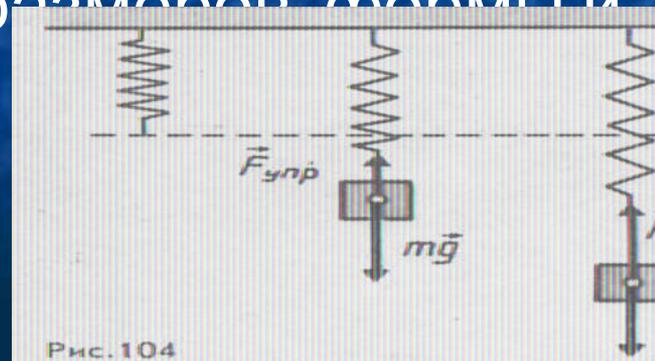
Сила упругости, возникающая в теле при упругих деформациях, прямо пропорциональна его удлинению.

$$F = -kx$$

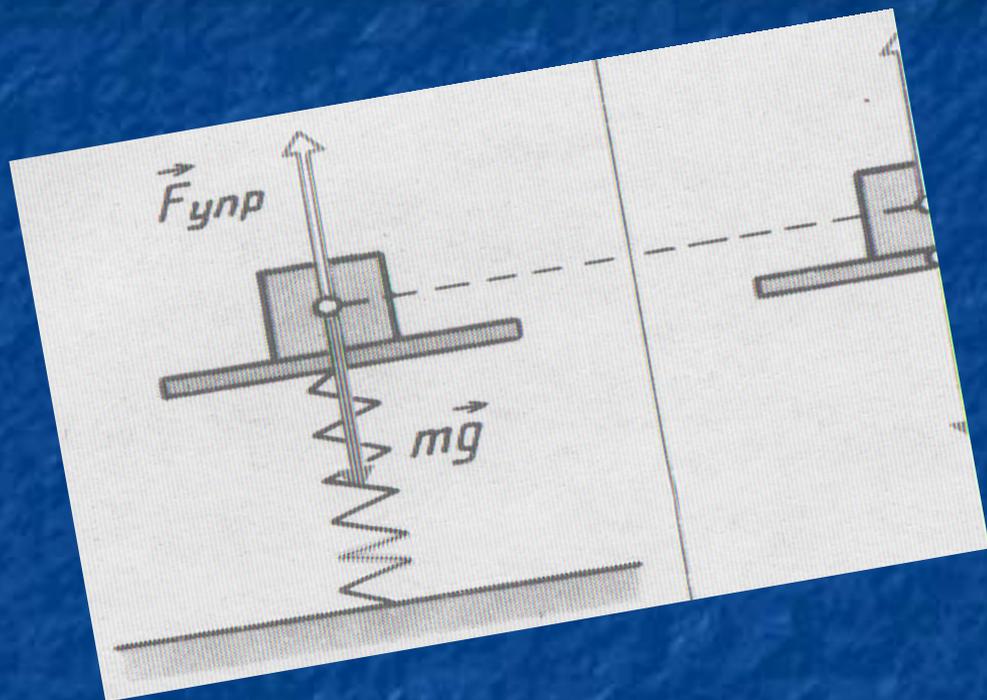
$F$ -сила упругости,  $k$ -коэффициент жесткости тела,  $x$ -величина деформации тела (расстояние, на которое изменяется длина тела).

$k=F/x$ , в СИ единица жесткости -1 Н/м.

Жесткость тела зависит от его размеров, формы материала.



# Вес тела



приложена

Вес тела - это  
упругости,  
в теле при  
его опорой и  
к опоре, направлена  
вертикально вниз.

## Вес тела на горизонтальной поверхности при отсутствии ускорения.

На тело, стоящее на упругой опоре, действует сила

тяжести  $mg$  и сила упругости опоры  $F$ . Эти силы равны по

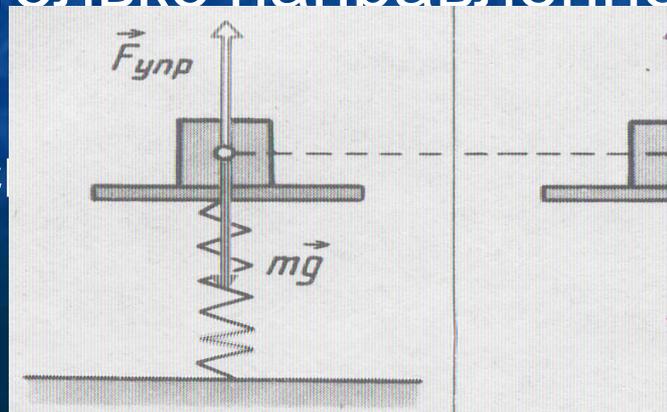
величине, но противоположны по направлению  $F=mg$

Сила упругости опоры  $F$ , действует на тело, с такой же

по модулю силой упругости  $P$ , только направленной противоположно.

Вес тела при отсутствии ускорения равен силе тяжести

$$P=mg.$$



# Вес тела, движущегося с ускорением по вертикали вверх

На тело, находящееся на опоре, которая движется с

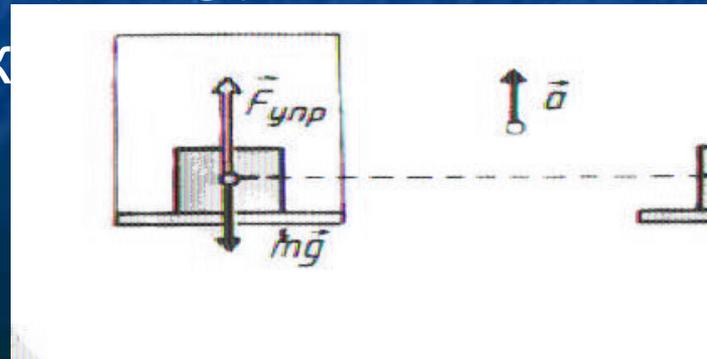
ускорением вверх, действует сила упругости больше силы тяжести.

Равнодействующая сила  $F = F_{\text{упр}} - mg$ , следовательно

$$F_{\text{упр}} = F + mg = ma + mg = m(a + g), P = F_{\text{упр}}$$

Вес тела, движущегося с ускорением

вертикально вверх, равен  $P$



ным

# *Вес тела, движущегося с ускорением по вертикали (ускорение направлено вниз).*

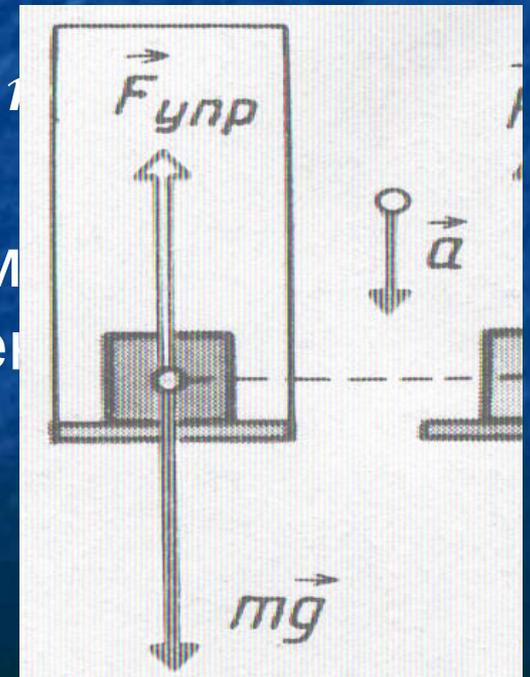
На тело, находящееся на опоре, когда опора движется с ускорением вниз, действует сила упругости меньше силы тяжести.

Равнодействующая сила равна:  $F = m(g - a)$

$$F_{\text{упр}} = mg - ma = m(g - a)$$

Вес тела, движущегося с ускорением направленным вертикально вниз, равен

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



# Невесомость

При ускорении  $a = g$  вес тела равен:

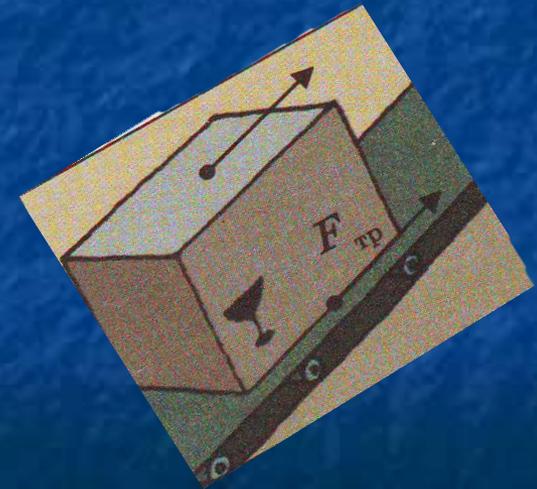
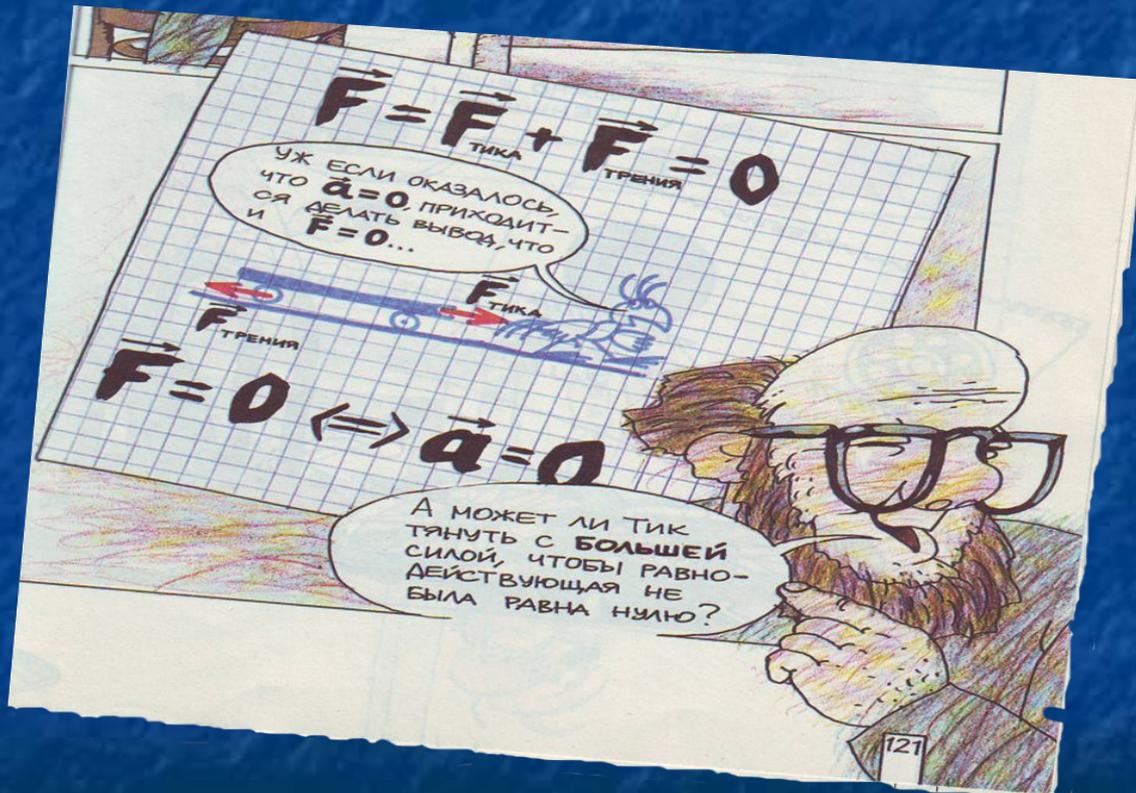
$$P = m (g - g) = 0$$

Тела, движущиеся только под действием силы тяжести, всегда невесомы

Состояние тела, при котором вес тела равен нулю,  
называют невесомостью.

# *Сила трения*

# Сила трения



# *Сила трения . Природа и виды сил трения.*

В основе сил трения лежат электрические силы взаимодействия молекул. Главная особенность сил трения, отличающая их от гравитационных сил и сил упругости, состоит в том, что они зависят от скорости движения тел относительно друг друга.

Познакомимся сначала с силами трения между поверхностями твердых тел.

Эти силы возникают при непосредственном соприкосновении тел и всегда направлены вдоль поверхностей соприкосновения в отличие от сил

## Природа трения

Причина, по которой книга не соскальзывает со  
слегка  
наклонного стола, шероховатости стола и обложки  
книги. Эта  
шероховатость заметна на ощупь, а под  
микроскопом видно, что  
поверхность твердого стола более всего  
напоминает горную  
страну. Бесчисленные выступы цепляются друг за  
друга,  
деформируются и не дают книге и грузу скользить.  
Таким  
образом, сила трения покоя вызвана теми же силами

*Чем тщательнее отполированы поверхности,  
тем меньше*

*должна быть сила трения. Шлифовка снижает, силу  
трения*

*между двумя стальными брусками, но не  
беспредельно. При*

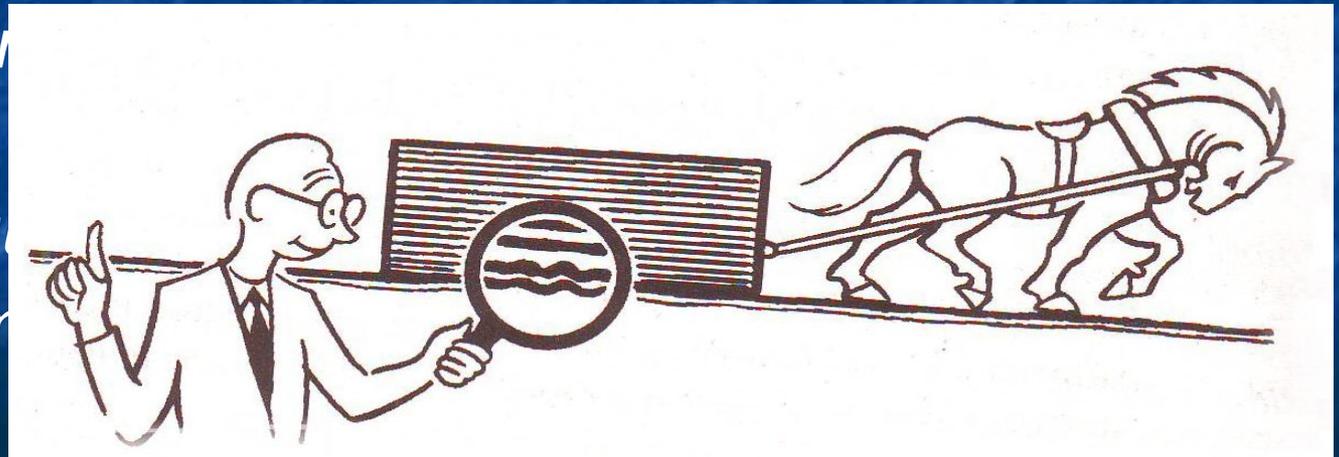
*дальнейшим увеличением гладкости поверхности сила  
трения*

*начинает расти.*

*По мере сглаживания поверхностей они все  
плотнее и плотнее*

*прилегают друг к другу. Однако до тех пор, пока  
высота*

При скольжении гладких брусков рвется молекулярная связь между молекулами на поверхности брусков, подобно тому как у шероховатых поверхностях разрушаются связи в самих буграх. Разрыв молекулярных связей – вот то главное, чем отличаются при возникновении происходит



# Трение покоя

Сила трения покоя - это сила, действующая на данное тело со

стороны соприкасающегося с ним другого тела вдоль поверхности

соприкосновения тел в случае, когда тела покоятся относительно

друг друга. Сила трения покоя равна по модулю и направлена,

противоположно силе, приложенной к телу параллельно поверхности

соприкосновения его с другим телом. Увеличивая силу, действующую

на шкаф, вы в конце концов обрываете его с места

Для этого положим на стол тяжелый деревянный брусок и

начнем тянуть его с помощью динамометра. Будем нагружать

брусок гирями, увеличения вес бруска  $P$ , следовательно, и силу

реакции опоры  $N$ , в два, три раза и т. д. Заметим, что модуль

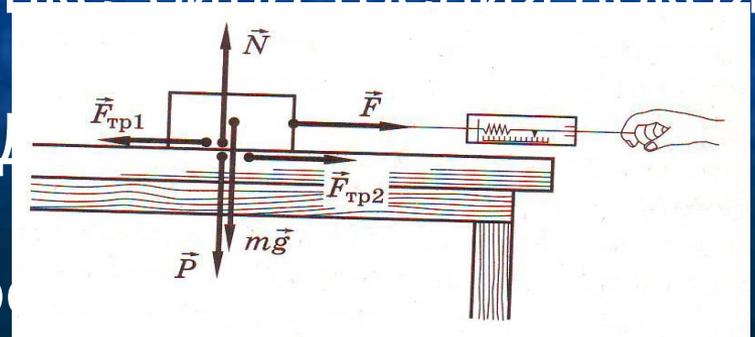
максимальной силы трения покоя  $F_{max}$  тоже увеличивается в два,

три раза и т. д.  $F_{max} = \mu N$ . Здесь  $\mu$ -коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом трения покоя.

В опыте, изображенном на рисунке, сила трения покоя приложена

не только к бруску, но и к столу. Д стол

действует на брусок с силой трения направленной влево, то



# Трение скольжения

Когда тело скользит по поверхности другого тела, на него тоже

действует сила трения – сила трения скольжения. В этом можно

убедиться на опыте. Прикрепленный к бруску динамометр при равномерном движении бруска по горизонтальной поверхности

показывает, что на брусок со стороны пружины динамометра действует постоянная сила упругости  $F$ . Согласно второму закону

Ньютона при равномерном движении бруска  $a=0$  равнодействующая

всех сил, приложенных к нему, равна нулю. Во время равномерного движения на брусок действует сила, равная по модулю

Сила трения скольжения, как и максимальная сила трения покоя,

зависит от силы реакции опоры  $\mathcal{N}$ , от материала трущихся тел и состояния и поверхностей.

Во – первых, сила трения скольжения всегда направлена противоположно относительной скорости соприкасающихся тел.

Во – вторых, модуль силы трения скольжения зависит и от модуля относительности скорости трущихся тел.

$$F_{\text{тр}} \sim F_{\text{max}} = \mu \mathcal{N}.$$

Материалы	$\mu$
Дерево по дереву(дуб)	0,50
Дерево по сухой земле	0,71
Ремень кожаный по чугунному шкиву	0,56
Сталь по льду	0,02
Дерево по льду	0,03 – 0,04

# Роль сил трения

Силы трения действуют между всеми без исключения телами, и

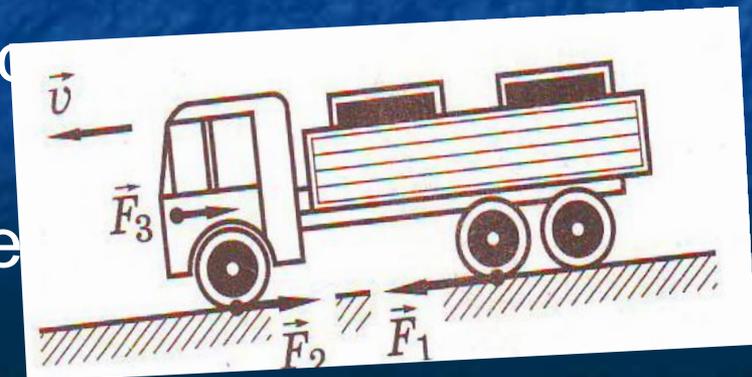
с ними приходится считаться. Сила трения во всех случаях

препятствует относительному движению соприкасающихся тел.

При некоторых условиях силы трения делают это движение тел

просто невозможным. Однако сводится только к

тому, чтобы тормозить движение проследить на



примером движущегося автомобиля

Сила трения  $F$ , действует со стороны земли на ведомые колеса,

и сила сопротивления воздуха  $F_3$  направлена назад и способны

только затормозить движение. Единственной внешней силой,

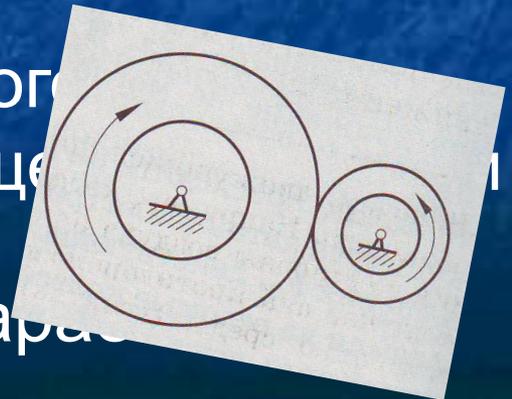
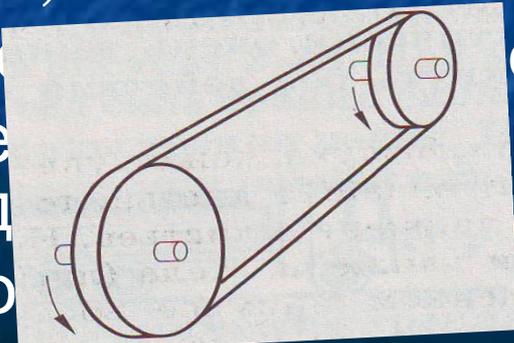
способной увеличить скорость автомобиля, является сила трения

покоя  $F_1$  действующая на ведущие колеса. Не будь этой силы,

автомобиль буксовал бы на месте, несмотря на вращение ведущих

колес.

На использовании трения покоя основана  
ременная и  
фрикционная передача вращения от одного шкива к  
другому.  
Трение покоя может быть полезно и вредно. Полезно,  
например,  
трение скольжения в тормозных системах  
сухопутного  
транспорта. Не будь трения, мы ничего не могли бы  
взять  
руками. Вредно, например, у всех машин из-за трения  
скольжения происходит нагревание и износ их  
деталей,  
уменьшающ...  
Трение...  
повсюд...  
случаях о...  
увеличить. В других



# *Сила сопротивления при движении тел в жидкостях и газах*

При движении твердого тела в жидкостях или газах или

движение одного слоя жидкости (газа) относительно другого тоже

возникает, сила тормозящая движение, - сила жидкого трения

или сила сопротивления. Сила сопротивления направлена

параллельно поверхности соприкосновения твердого тела с

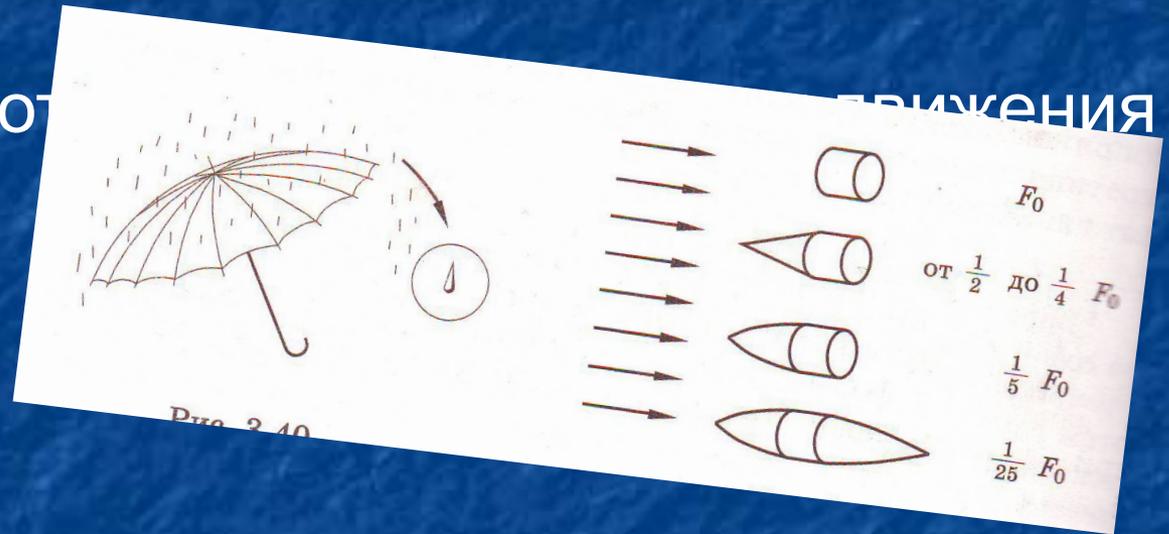
жидкостью в сторону, противоположную скорости тела

Модуль силы сопротивления  $F_c$  зависит от размеров, формы и

состояния поверхности тела, свойств среды, в которой движется

тело, и, наконец, от скорости движения тела и

среды.



Для того чтобы уменьшить силу сопротивления среды, телу придают обтекаемую форму. Наиболее выгодна в этом отношении форма, близкая к форме падающей капли дождя или рыбы. Влияние формы тела на силу сопротивления наглядно показано на рисунке.

Особенно велика сила сопротивления возникающая при движении

полусферы вогнутой стороной вперед. При малых скоростях

движения в жидкости силу сопротивления можно считать

$$F_c = k_1 \cdot v$$

приблизенно прямо пропорциональной скорости движения тела

относительной среды :

$k_1$  – коэффициент сопротивления, зависящей от формы, размеров,

состояния поверхности тела и свойств среды. При больших

скоростях относительно движения сила сопротивления пропорциональна квадрату скорости:.

# Установившееся движение тел в вязкой среде.

Благодаря тому, что сила сопротивления растёт с увеличением

скорости, любое тело в вязкой среде при действии на него какой-либо

постоянной силы, например силы тяжести, в конце концов начинает

двигаться равномерно. При падении шарика в вязкой жидкости (глицерине) уже при малых скоростях сила сопротивления достигает

заметного значения. Эту силу можно считать прямо

пропорциональной скорости. Тогда уравнение движения шарика

$$m\dot{v} = F - k_1 v$$

будет иметь такой вид:

$F$  - модуль постоянной силы, равной векторной сумме силы

Тогда уравнение движения шарика будет иметь такой

вид:  $ma = F - k_1 v$ ,  $F$ - модуль постоянной силы, равной векторной сумме системе тяжести  $mg$  и архимедовой силы.

В самом начале движения сила сопротивления очень

мала, в дальнейшем скорость движения увеличиваться и

с ней вместе растет сила сопротивления.

$$F = k_1 v \quad v = \frac{F}{k_1}$$

Чем тяжелее тело при прочих

равных условиях, тем больше установившаяся скорость. При

падении тел в воздухе сила сопротивления становится заметной

при достаточно больших скоростях. Пренебрегая архимедовой силой,

запишем уравнение движения тела:

слагаемая –

соответствующее силе сопротивление в воздухе.

Скорость становится постоянной, когда она достигает значения

$$v = \sqrt{\frac{mg}{k_2}}$$

В воздухе тяжелые тела падают с большей  
установившейся

скоростью, чем легкие. Соответственно они должны  
пролетать

большие расстояния, прежде чем их скорость станет  
постоянной.

Так, капли дождя имеют установившуюся скорость  
порядка

нескольких метров в секунду, а авиационная бомба –  
несколько

сотен метров в секунду. Такая большая скорость  
достигает лишь

# Экспериментальное задание. Изучение силы трения покоя.

Оборудование : брусок,  
линейка,  
динамометр, набор грузов.

Цель: Исследовать  
зависимость

силы трения покоя, от  
прижимающей силы.

Показани я динамоме тра $F, Н$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
Сила трения покоя $F, Н$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1

№ груза

1	2	3	Поверхнос ть
1,6	2,6	3,6	
0,5	0,9	1,4	По линейке

Определить

2

3

Поверхнос  
ть

предельную силу трения

Вес тела  $P,$   
 $Н$  ПОКОЯ.

1,6

2,6

3,6

Сила  
трения  
скольжени

0,5

0,9

1,4

По  
линейке

Максимальная  
сила трения  
покоя 1 Н.

*Мы рассмотрели виды сил в механике и в заключение можно составить обобщающую таблицу. В этой таблице систематизированы сведения о силах в механике.*

Название силы	Природа взаимодействия	Формула для расчета силы	Зависимость или от расстояния или относительной скорости	Зависит ли сила от массы взаимодействующих тел	Как направлена сила	Сохраняет ли сила свое значение при переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую	Каковы условия применимости формулы
Сила тяготения	Гравитационная	$F_T = G \frac{mM}{R^2}$	Является функцией расстояния между взаимодействующими телами	Прямо пропорциональна массам взаимодействующих тел	Вдоль прямой, соединяющей взаимодействующие тела	Сохраняет, так как расстояние $R$ не изменяется	Материальные точки или сферически симметричные шары
Сила упругости	Электромагнитная	$F_x = -kx$	Является функцией расстояния (зависит от деформации)	Не зависит	Противоположно направлению перемещения частиц при деформации	Сохраняет, так как деформация $x$ не изменяется	Достаточно малая величина деформации $x$
Сила трения: а) сухого б) жидкого	Электромагнитная	$F_{тр} = \mu N$ $F_{сопр} = \alpha v_{отн}$ $F_{сопр} = \beta v_{отн}^2$	Является функцией скорости относительного движения $\vec{v}_{отн}$	Не зависит	Противоположно направлению вектора скорости $\vec{v}_{отн}$	Сохраняет, так как модуль относительной скорости $\vec{v}_{отн}$ не изменяется	Формула $F_{тр} = \mu N$ выполняется приближенно, так как сила сухого трения зависит от скорости. При жидком трении до определенной скорости выполняется формула $F_{сопр} = \alpha v_{отн}$ и затем $F_{сопр} = \beta v_{отн}^2$