

# Творческая работа по теме:

"Сила трения"

# Содержание

- Трение
  - Виды сил трения
  - Закон Амонтона-Кулона
- Закон Амонтона-Кулона с учетом адгезии
  - От чего зависит сила трения?
- Трение в механизмах и машинах
  - Интересные факты

# История изучения трения



Первое исследование законов трения принадлежит знаменитому итальянскому ученому и художнику **Леонардо да Винчи (15 век):**

сила трения, возникающая при контакте тела поверхностью другого тела, пропорциональна силе прижатия, направлена против направления движения и не зависит от площади контакта соприкасающихся поверхностей.

**Трѐние** — процесс взаимодействия твѐрдых тел при их относительном движении (смещении) либо при движении твѐрдого тела в газообразной или жидкой среде. По-другому называется *фрикционным взаимодействием* (англ. *friction*). Изучением процессов трения занимается раздел физики, который называется механикой фрикционного взаимодействия, или трибологией (tribology).

# Виды сил трения

При наличии относительного движения двух контактирующих тел силы трения, возникающие при их взаимодействии, можно подразделить на:

**1 Трение скольжения** — сила, возникающая при поступательном перемещении одного из контактирующих/взаимодействующих тел относительно другого и действующая на это тело в направлении, противоположном направлению скольжения;



**2 Трение качения — момент сил,  
возникающий при качении  
одного из двух  
контактирующих/взаимодействущ  
их тел относительно другого и  
противодействующий вращению  
движущегося тела**



# Что выгоднее: качение или скольжение?



При отсутствии относительного движения двух контактирующих тел и наличии сил, стремящихся осуществить такое движение, в ряде ситуаций возникает

**трение покоя** — сила, возникающая между двумя контактирующими телами и препятствующая возникновению относительного движения. Эту силу необходимо преодолеть для того, чтобы привести два контактирующих тела в движение друг относительно друга. Она действует в направлении, противоположном направлению возможного движения.





# Направление силы трения



## По физике взаимодействия трение принято разделять на:

**Сухое**, когда взаимодействующие твёрдые тела не разделены никакими дополнительными слоями/смазками — очень редко встречающийся на практике случай. Характерная отличительная черта сухого трения — наличие значительной силы трения покоя.

жидкостное (вязкое), при взаимодействии тел, разделённых слоем твёрдого тела (порошком графита), жидкости или газа (смазки) различной толщины — как правило, встречается при трении качения, когда твёрдые тела погружены в жидкость.

**Смешанное**, когда область контакта содержит участки сухого и жидкостного трения;

**Граничное**, когда в области контакта могут содержаться слои и участки различной природы (окисные плёнки, жидкость и т. д.) — наиболее распространённый случай при трении скольжения.

# Закон Амонтона-Кулона

**Основная статья:** Закон Кулона  
(механика)

Не путать с законом Кулона!

Основной характеристикой трения является **коэффициент трения  $\mu$** , который определяется материалами, из которых изготовлены поверхности взаимодействующих тел: сила трения  **$F$**  и нормальная нагрузка  $N_{normal}$  связаны неравенством

$$|F| \leq \mu N_{normal},$$

обращающимся в равенство только при наличии относительного движения. Это соотношение называется законом Амонтона-Кулона.

## Закон Амонтона-Кулона с учетом адгезии

Для большинства пар материалов значение коэффициента трения  $\mu$  не превышает 1 и находится в диапазоне 0,1 — 0,5. Если коэффициент трения превышает 1 ( $\mu > 1$ ), это означает, что между контактирующими телами имеется сила адгезии  $N_{adhesion}$  и формула расчета коэффициента трения меняется

$$\mu = \frac{F}{N_{normal} + N_{adhesion}}$$

# Трение в механизмах и машинах

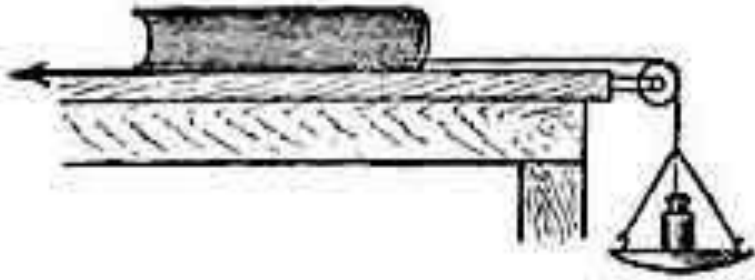
**В большинстве традиционных механизмов** (ДВС, автомобили, зубчатые шестерни и пр.) для уменьшения силы трения используются различные натуральные и синтетические масла и смазки.

В современных механизмах для этой цели используется также напыление покрытий (тонких плёнок) на детали. С миниатюризацией механизмов и созданием микроэлектромеханических систем (МЭМС) и нано-электро-механических-систем (НЭМС) величина трения по сравнению с действующими в механизме силами увеличивается и становится весьма значи

$$(\mu \geq 1)$$

, и при этом не может быть уменьшена с помощью обычных смазок, что вызывает значительный теоретический и практический интерес инженеров и учёных к данной области. Для решения проблемы трения создаются новые методы его снижения в рамках трибологии и науки о поверхности (англ.).

# От чего зависит сила трения покоя?



Чем тяжелее книга, лежащая на столе, чем сильнее она прижимается к столу, тем труднее её сдвинуть.

**Сила трения зависит от силы давления тела на поверхность.**

# Ещё от чего зависит эта сила?

**Сдвинуть книгу по гладко отполированному столу легче, чем по шершавому.  
Поэтому сила трения покоя зависит также и от материала соприкасающихся поверхностей.  
Санки, полозья которых обиты железом, сдвинуть легче, чем санки с необитыми полозьями:  
трение железа о снег меньше, чем трение дерева о снег.**

**Ходить по деревянному полу можно увереннее, чем по каменному: трение покоя между подошвами ботинок и деревянным полом больше, чем между теми же подошвами и каменными плитами, и ноги меньше скользят.**

**При одном и том же давлении между соприкасающимися поверхностями трение покоя будет разным для разных пар материалов.**



# Для разных материалов коэффициент трения разный.

Так, для металла по дереву он равен  $1/2$ .

Значит, для того чтобы сдвинуть на деревянном столе стальную плитку весом в 2 килограмма,

нужно потянуть её с силой в 1 килограмм.

Коэффициент трения стали по льду равен 0,027.

Чтобы сдвинуть ту же плитку по гладкому льду, требуется всего 54 грамма.

Зная коэффициенты трения и пользуясь формулой  $F_{тр} = kN$ , инженеры могут заранее рассчитать силу тяги, необходимую для приведения в движение различных механизмов и машин.

- Оказывается, быстроте передвижения он во многом обязан покрывающей тело **жировой смазке**, которая значительно уменьшает трение о воду.
- истории трение качения “победило” трение скольжения, человечество изобрело колесный транспорт. Но замена санок колесами еще не была полной победой над трением – ведь колесо насажено на ось.



**Во всех машинах есть одна общая черта: в любой из них что-нибудь обязательно вращается. И везде есть неразлучная пара – ось и её подпорка – подшипник.**

---

**В 19 веке на улицах можно было встретить забавный транспорт! Человек, ехавший на таком велосипеде - самокате, двигался, отталкиваясь ногами!**



# Как устроен шариковый подшипник?

Эти кольца - **обоймы** имеют на обращенных друг к другу поверхностях выточенные канавки. Между обойм находятся **стальные шарики**. При кручении подшипника шарики катятся по канавкам в обоймах.

Чем лучше отполированы поверхности дорожек и шариков, тем меньше трение.

Чтобы шарики не сбегались в одну кучу, их разделяет **сепаратор**. Сепараторы обычно делаются пластиковые, стальные или бронзовые.

## Интересные факты

На первый взгляд, трение - "**вредное**" явление, человек вынужден его всячески уменьшать. Однако, если бы не оно, человек, например, не мог бы и с места сдвинуться - скольжение на гололёде яркое тому доказательство.

# Это интересно!

Увеличение силы сопротивления движению при росте скорости приводит к установившемуся равномерному движению тела **при падении с большой высоты** в жидкости или газе (например, в атмосфере). Так парашютист до раскрытия парашюта может приобрести скорость всего лишь до 50 м/с, а капли дождя, в зависимости от их размеров, достигают скоростей от 2 до 7 м/с.





**Самый низкий коэффициент трения для твёрдого тела (0,02) имеет известный вам тефлон.**

**У каждого современного человека есть на кухне кастрюли и сковородки с антипригарным тефлоновым покрытием.**

**Конечно, коммерческое название «тефлон» удобнее, чем его настоящее имя политетрафторэтилен. Тефлон – дитя химии 20 века. Будучи, в отличие от графита и молибденита, великолепным изолятором, тефлон начал свою карьеру в электротехнической промышленности, затем в медицине и в бытовой технике. Тефлон обладает самым низким коэффициентом трения из всех известных твердых веществ. Поэтому он и находит широкое применение в твердосмазочных материалах.**







**Точно известно, что такой способ применялся австралийцами, а также индейцами Южной Америки.**

**При этом способе добычи огня зачастую один человек сменял другого, но вращение не прекращалось, пока не добивались успеха.**

**Можно получать огонь, нанося по  
твердому камню удары каким-нибудь  
металлическим предметом, например,  
ножом. Такое устройство по извлечению  
огня существовало с древних времен  
и позднее стало называться "огниво".  
Вполне вероятно, что высекание огня с  
помощью двух камней было  
древнейшим способом  
его получения, хотя получение  
огненных искр при обработке каменных  
орудий труда  
древний человек оценил и использовал  
далеко не сразу.**

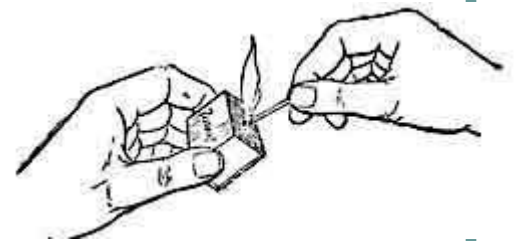




**А первые спички были изобретены в 1830 году 19-летним французским химиком Шарлем Сориа. Это были фосфорные спички. Эти спички загорались даже от взаимного трения в коробке и при трении о любую твёрдую поверхность, например, подошву сапога. Эти спички не имели запаха, но были вредны для здоровья, так как белый фосфор очень ядовит.**

**В 1855 году шведский химик Лундстрем начал использовать для производства спичек безвредный красный фосфор. Такие спички легко зажигались о заранее приготовленную поверхность и практически не самовоспламенялись. Первые «шведские спички» Лундстрема дошедшую практически до наших дней.**

**По назначению различают спички, зажигающиеся в обычных условиях, влагоупорные (рассчитанные на зажигание после хранения во влажных условиях, например в тропиках), ветровые (зажигающиеся на ветру) и др.**



**Зажигалка** – это тоже устройство для извлечения огня.

Принцип действия основан на самовозгорании пирефорных сплавов, например, **при трении.**



**В современной зажигалке** воспламенение горючего производится под действием искры, получающейся от сгорания мельчайшей частицы «кремня», срезанной зубчатым колесиком - кресалом.

**Гидрокостюмы**, которые специально разрабатываются для подводной охоты и фридайвинга, выпускаются со сверхгладким покрытием с внешней стороны для уменьшения потерь на трение при скольжении в воде.





Если у движущегося поезда одновременно открыть **все окна**, то обтекание его воздухом настолько **ухудшится**, что сила сопротивления движению возрастет примерно **на четверть**.



**В спорте сопротивление набегающего потока воздуха далеко не всегда зло. Вспомним о коварных, захватывающих' дух ударах «сухой лист» в футболе или знаменитых крученых подачах в волейболе и теннисе. Все эти виртуозные приемы основаны на сложных аэродинамических эффектах и были бы совершенно невозможны в пустоте.**





В спорте сопротивление **набегающего потока воздуха** далеко не всегда зло. Вспомним о коварных, захватывающих дух ударах «сухой лист» в футболе или знаменитых крученых подачах в волейболе и теннисе. Все эти виртуозные приемы основаны на сложных аэродинамических эффектах и были бы совершенно **невозможны в пустоте.**

- А что можно сказать о метании спортивных снарядов? Атлет, перенесенный на Луну, способен метнуть ядро раз в шесть дальше, чем на Земле. Иное дело спортивное копье: уподобившись планеру, оно унеслось бы в рекордном броске спортсмена за стометровую отметку! На Луне нет атмосферы, зато сила тяжести ослаблена в шесть с половиной раз. На Марсе сила тяжести в два раза меньше земной, а атмосфера сильно разрежена. Кто стал бы победителем в метании копья в заочных соревнованиях землян с представителями этих небесных светил?





Теперь о прыжках в длину. Прыжку предшествуют мощный разбег и толчок, которые **зависят от силы трения** между подошвой спортсмена и беговой дорожкой. Эта сила на Луне меньше в 6,5 раз, т. е. ровно во столько, во сколько, благодаря ослабленной силе тяжести, должна возрасти при данной скорости разбега длина прыжка. Меньшая сила тяжести, давая лунному прыгуну одно преимущество, тут же лишает его другого, не менее важного.

Появление пластиков с различными **фрикционными свойствами** позволило в одних случаях создать беговые дорожки, футбольные поля и корты с искусственными покрытиями, а с другой решить еще более сложную задачу: заменить скользкий снег на горнолыжных трассах и трамплинах. Для этого наиболее целесообразно использовать материалы, имеющие не только **низкий коэффициент трения**, но и **рифленую поверхность**.



# Трение в природе

