

**Автономная некоммерческая общеобразовательная  
организация "Физтех-лицей"  
(АНОО «Физтех-лицей» им. П.Л. Капицы)**

## **XX научно-практическая конференция**

### **«Старт в инновации»**

# **Исследование силы трения и ее зависимости от различных окружающих факторов**

Выполнили:  
Томашук Мария,  
Морозова Елена,  
Цагадаев Эрдэни,  
8 класс

Руководитель:  
Клепиков Максим Сергеевич

Московская область, г.

Долгопрудный 2021 г.

## Содержание

Оглавление	2
Введение	3
Глава 1. Обзор литературы	4
1.1. История изучения силы трения	4-5
1.2. Виды сил трения	5-6
1.3. Зависимость силы трения от различных окружающих факторов	6-7
1.4. Коэффициент трения	7
1.5. Силы трения в природе и бытовой жизни	8-9
Глава 2. Описание экспериментальной работы	9-10
Заключение	10
Список литературы	10-11
Приложение	11

## Введение

В настоящее время в таком увлекательном предмете, как физика, мы часто сталкиваемся с вещами, которые простыми правилами очень трудно объяснить. Такие вещи также называют «феноменами». Раскрыть их причину, порой, очень трудно, и для этого нужно проводить целое научное исследование. С одним из таких научных феноменов мы хотим и провести исследование.

Слово «трение» довольно часто встречается нам в различных жизненных ситуациях. Это заставляет задуматься о теме «Что же такое трение?». В мире, в котором мы живем, невозможно существовать без трений. Например, движение наземных транспортных средств становится возможным только благодаря трению между колесами и дорогой. А если мы предположим, что эта сила внезапно исчезнет, то движущиеся машины не смогут остановиться, а те, которые стоят на месте, не смогут сдвинуться ни на миллиметр. Так если трение играет такую большую роль в нашей жизни, то от каких причин оно зависит, какие виды существуют, и какие способы его изменения существуют?

Цель: исследовать силы трения и проанализировать ее зависимости от различных окружающих факторов.

Задачи:

- 1) Исследовать историю появления сил трения;
- 2) Изучить виды сил трения и их экспериментальные определения;
- 3) Проанализировать зависимость силы трения от веса тела, площади соприкосновения и трущихся поверхностей;
- 4) Провести экспериментальные работы по определению коэффициента трения;
- 5) Узнать про силы трения в повседневной жизни и природе.

Методы исследования:

1. Анализ литературы, посвященной теме работы;
2. Проведения экспериментальных работ;
3. Изучение полученных результатов и вывод исследования.

## Глава 1. Обзор литературы

### 1.1 История изучения силы трения

Познание «природы трения» пришло к нам не само по себе. Этому исследованию предшествовали многочисленные исследования ученых-экспериментаторов на протяжении нескольких столетий. Не все знания можно было легко и просто укоренить, многие требовали многократных экспериментальных проверок и доказательств. Ученые-экспериментаторы изучали зависимость модуля силы трения от различных факторов: площади соприкосновения поверхностей, рода материала, нагрузки, неровностей поверхностей и шероховатостей на ней, а также относительной скорости движения тел.

Среди учёных, занимавшихся изучением данной темы, можно выделить имена: Леонардо да Винчи, Амонтон, Леонард Эйлер, Шарль Кулон. Но были еще рядовые труженики науки. Все ученые, участвовавшие в этих исследованиях, ставили опыты, в которых совершалась работа по преодолению силы трения. С именем Леонардо да Винчи, которого заслуженно называют гением Возрождения, связано открытие и изучение многих физических явлений, например: силы тяжести, давления жидкостей, силы трения и др.<sup>1</sup>

#### 1.1. Леонардо да Винчи

Леонардо да Винчи (1452–1519 гг.) – величайший итальянский художник, сделавший огромный вклад в искусство Высокого Возрождения, гениальный ученый, изобретатель, мыслитель, музыкант, ярчайший пример «универсального человека».

Шёл 1500 год. Великий итальянский художник, скульптор и ученый Леонардо да Винчи проводил странные опыты, которыми очень удивлял своих учеников.

Он волоком таскал по полу верёвку. В одних случаях она была плотно скручена, а в других – распутана во всю длину. Оказывается, ученого интересовал ответ на вопрос: зависит ли сила трения скольжения от величины площади соприкасающихся в движении тел? Механики того времени были глубоко убеждены, что чем больше площадь касания, тем больше сила трения. Их рассуждения сводились к тому, что чем больше таких точек, тем больше сила. Считалось очевидным, что на большей поверхности будет больше таких точек касания, поэтому сила трения должна зависеть от площади трущихся тел.

Леонардо да Винчи усомнился в таких объяснениях и стал проводить эксперименты самостоятельно. В результате он получил потрясающий вывод: сила трения скольжения не зависит от площади соприкасающихся тел. Между тем опытом, Леонардо да Винчи исследовал зависимость силы трения от материала, из которого изготовлены тела, от величины нагрузки на эти тела, от скорости скольжения и степени гладкости или шероховатости их поверхности.

Из его опытов следовало, что сила трения:

- 1) От величины нагрузки зависит (пропорционально ей).
- 2) От площади и от материала не зависит.
- 3) Зависит от шероховатости поверхности.
- 4) От скорости скольжения не зависит.

<sup>1</sup> <https://infourok.ru/nauchno-issledovatel'skaya-rabota-po-teme-sila-treniya-i-eyo-prakticheskoe-primeneniye-3628269.html>

## 1.2 Амонтон Гийом

Гийом Амонтон (1663—1705 гг.) — французский механик и физик, член Французской академии наук, один из пионеров трибологии.

Спустя два столетия французский ученый Амонтон в результате своих опытов получил свои ответы на те же пять вопросов. На первые три-ответы полностью совпадали с ответами Леонардо да Винчи; но на последние два вопроса ответы были полностью противоположными. Получалось, что Амонтон подтвердил неожиданный вывод Леонардо да Винчи о независимости силы трения от площади соприкасающихся тел. Но в одновременно с этим, он не согласился с ним в том, что сила трения не зависит от скорости скольжения. Он считал, что сила трения скольжения зависит от скорости, а с тем, что сила трения зависит от шероховатостей поверхностей, был не согласен.

В течение 18 и 19 веков насчитывалось около 30 исследований на зависимость силы трения от различных окружающих факторов. Авторы исследовательских работ сходились во мнении только в одном пункте: сила трения пропорциональна силе нормального давления, действующей на соприкасающиеся тела. А по остальным вопросам ответы у всех сильно отличались. Но даже у самых известных ученых экспериментальный факт продолжал вызывать недоумение: сила трения не зависит от площади трущихся тел.

## 1.3 Леонард Эйлер

Леонард Эйлер (1707-1783 гг.) — швейцарский математик и механик, внёсший фундаментальный вклад в развитие наук, один из величайших математиков в истории, автор более чем 850 работ по математическому анализу, дифференциальной геометрии, теории чисел, приближенным вычислениям, математической физике, баллистике и другим областям.

В середине 18 века действительный член Российской Академии наук Леонард Эйлер опубликовал свои ответы на эти же пять вопросов о трении. В четвертом пункте он согласился с Амонтоном, но на все остальные вопросы его ответы совпали с ответами Леонардо да Винчи.

## 1.4 Шарль де Кулон

Шарль де Кулон (1736 — 1806 гг.) — французский военный инженер и учёный-физик, исследователь электромагнитных и механических явлений, член Парижской Академии наук.

Во второй половине 18 века в связи с внедрением машин и механизмов в производство назрела острая необходимость в более глубоком изучении законов трения. В 1779 году выдающийся французский физик Шарль де Кулон занялся решением задачи о трении и посвятил этому два года. Ставил опыты на судостроительной верфи, в одном из портов Франции, где он нашел те практические производственные условия, в которых сила трения играла важную роль. В результате Кулон на все поставленные вопросы ответил – положительно.

Общая сила трения: в какой-то малой степени все же зависит от размеров поверхности трущихся тел, прямо пропорциональна силе нормального давления, зависит от материала соприкасающихся тел, зависит от скорости скольжения, зависит от степени гладкости трущихся поверхностей.

## 1.2. Виды сил трения и их экспериментальные определения

Сила трения — это сила, возникающая при соприкосновении двух тел и препятствующая их относительному движению. Причиной возникновения трения является шероховатость трущихся поверхностей и взаимодействие молекул этих поверхностей.<sup>2</sup>

Трение принято разделять на несколько видов:

- 1) граничное, т.е. когда в области контакта могут содержаться слои и участки различной природы (окисные плёнки, жидкость и т.д.) – наиболее распространенный случай при трении скольжения;
- 2) жидкостное (вязкое), возникающее при взаимодействии тел, разделенных слоем твёрдого тела (порошком графита), жидкости или газа различной толщины – как правило, встречается при трении качения, когда твердые тела погружены в жидкость, величина вязкого трения характеризуется вязкостью среды;
- 3) сухое, т.е. когда взаимодействующие твёрдые тела не разделены никакими дополнительными слоями – очень редко встречающийся на практике случай; характерная отличительная черта сухого трения – наличие значительной силы трения покоя;
- 4) смешанное, т.е. когда область контакта содержит участки сухого и жидкостного трения;
- 5) эластогидродинамическое (вязкоупругое), т.е. когда решающее значение имеет внутреннее трение в смазывающем материале; возникает при увеличении относительных скоростей перемещения.

<sup>2</sup> <https://eam.su/trenie-ego-vidy-trenie-skolzheniya-i-trenie-kacheniya-sila-i-koefficient-treniya-borba-s-iznosom-trushixsya-detalej.html>

**Трение покоя** — сила, которая возникает между двумя контактирующими телами и препятствует возникновению относительного движения; эту силу необходимо преодолеть для того, чтобы привести два контактирующих тела в движение друг относительно друга. Возникает при микроперемещениях (например, при деформации) контактирующих тел. Она действует в направлении, противоположном направлению возможного относительного движения.

**Трение качения** — момент сил, возникающий при качении одного из двух взаимодействующих тел относительно другого.

**Трение скольжения** — сила, которая возникает при поступательном перемещении одного из взаимодействующих тел относительно другого и действует на это тело в направлении, противоположном направлению скольжения.<sup>3</sup>



### 1.3. Зависимость силы трения от различных факторов

В повседневной жизни, мы постоянно сталкиваемся с действием силы трения: передвижение предметов, скольжение по льду, шлифовка поверхности, изнашивание поверхности тел. Какую же роль играет сила трения? От чего она зависит и изменяется? Такие вопросы мы задали, когда начали изучать тему исследовательской работы.

Трение представляет из себя сложный «комплекс» механических, электронных и химических явлений, т.е. имеет сложную природу, поэтому опыты с трением очень чувствительны и трудно воспроизводимы.

<sup>3</sup> <https://ru.wikipedia.org/wiki/Трение>

Зависимость силы трения от различных поверхностей <sup>4</sup>:

1) от материалов трущихся поверхностей, т.к. различается физическое состояние трущихся поверхностей (степень шероховатости, влажности);

2) от температуры поверхностей, т.к. при нагреве поверхностей, молекулы разогреваются, что ведет к повышению силы трения;

3) от относительной скорости скольжения одного тела по поверхности другого, т.к. чем больше скорость, тем нужно приложить большую силу;

4) от веса тела, т.к. при повышении веса тела, увеличивается сила реакции опоры(N), от которой зависит F(трения).

Сила трения не зависит:

1) от площади поверхности, т.к. никакое тело не является абсолютно ровным, сила трения не зависит от площади соприкосновения, и истинная площадь соприкосновения гораздо меньше наблюдаемой.

2) от давления, т.к. шероховатость поверхности не зависит от давления.

#### 1.4. Коэффициент трения

*Коэффициент трения* — основная характеристика трения как явления. Он определяется видом и состоянием поверхностей трущихся тел.

$\mu$  – коэффициент трения.

$$\mu = \frac{F_{\text{трения}}}{N}$$

Коэффициент трения - коэффициент пропорциональности, связывающий силу трения и силу реакции опоры. Коэффициент трения зависит от рода трущихся поверхностей и не зависит от площади соприкосновения.

#### 1.5. Силы трения в природе и быту

Значение силы трения в бытовой жизни сводится к тому, что мы можем ходить и ездить, предметы не выскальзывают у нас из рук, даже одежду мы носим благодаря трению, которое удерживает волокна в составе нитей, а нити в структуре тканей.

Но трение может играть и отрицательное значение: именно из-за него нагреваются и изнашиваются движущиеся части различных механизмов. В данных случаях его стараются уменьшить. Существует несколько способов уменьшения трения.

Один из них – введение смазки между трущимися поверхностями. Смазка уменьшает соприкосновение тел, и трутся не тела, а слои жидкости. А трение в жидкости намного меньше, чем сухое трение.

---

<sup>4</sup> [https://multiurok.ru/files/zavisimost-sily-trieniia-ot-razlichnykh-faktorov-kachiestva-povierkhnosti-massy-dvizhushchieghosia-tiela.html](https://multiurok.ru/files/zavisimost-sily-treniia-ot-razlichnykh-faktorov-kachiestva-povierkhnosti-massy-dvizhushchieghosia-tiela.html)

Примеры силы трения в природе:

- 1) можно писать на бумаге;
- 2) вещи, стоящие на столе, не улетают от малейшего порыва ветра;
- 3) одежда, которая висит на стуле или плечиках в шкафу;
- 4) можно водить компьютерной мышкой по коврику;
- 5) если случайно разлить подсолнечное масло на кухне, любой входящий человек будет скользить, т.к. уменьшится сила трения об пол;
- 6) ковер сильно уменьшает силу трения;
- 7) музыкальные инструменты.

### **Сила трения в технике**

Одним из способов уменьшить трение является применение шариковых и роликовых подшипников. Внутреннее кольцо подшипника одевается на вал какого-либо механизма, а наружное кольцо закрепляют в корпусе машины или станка; и когда вал начинает вращаться, то он не скользит, а катится на шариках или роликах между кольцами подшипника.

Так как мы знаем, что сила трения качения значительно меньше трения скольжения, вращающиеся части изнашиваются гораздо медленнее. Применяют также воздушную подушку, уменьшение площади соприкасающихся тел, а также шлифовку.

Например, чтобы уменьшить силу трения между льдом и коньками, коньки точат, делая поверхность соприкосновения меньше, а лед шлифуют, делая его максимально гладким. Так же уменьшают трение при резке чего-либо в бытовой жизни и на производстве, затачивая ножи как можно острее.

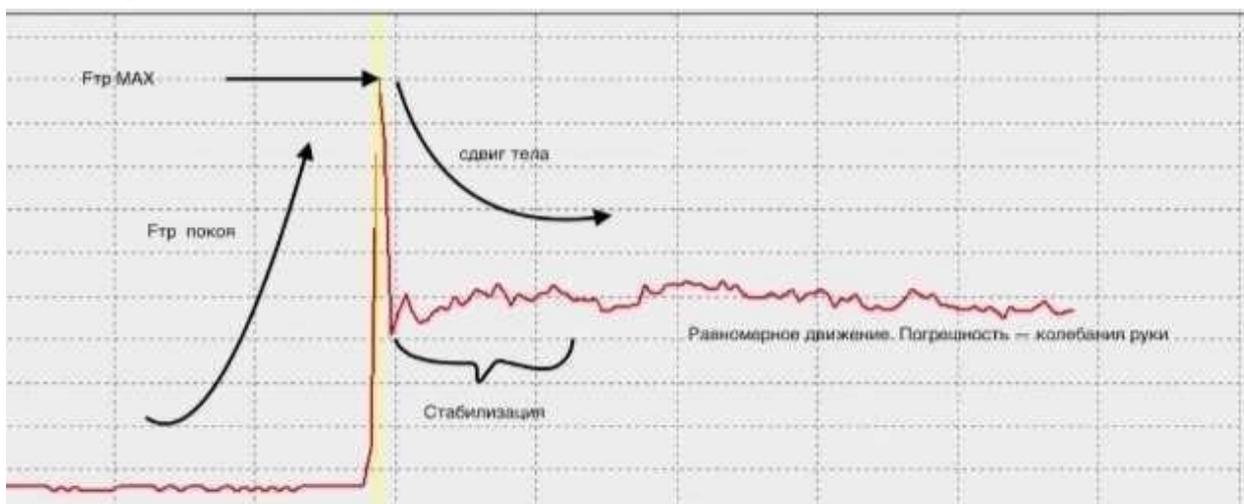
Роль силы трения в технике не всегда отрицательна. Т.е. например, когда мы заменяем силу трения скольжения трением качения, чтобы уменьшить взаимодействие трущихся поверхностей, то следует помнить, что если бы трение отсутствовало совсем, то колеса или шарики в подшипниках просто-напросто прокручивались бы, не приводя тело в движение.

Примеры силы трения в технике:

- 1) автомобиль может тормозить;
- 2) можно ездить на велосипеде;
- 3) любые смазанные детали работают лучше;
- 4) в шарикоподшипниках возникает сила трения качения;
- 5) механизмы для передачи или преобразования движения с помощью трения.

## Глава 2. Описание эксперимента

Мы провели экспериментальную работу, цель которой заключалась в проверке зависимости силы трения от различных факторов, а также построение графика после измерения экспериментальных данных. Сначала мы собрали несложную установку, в которую входил датчик силы, который измерял  $F$  трения, программа, которая рисует график зависимости  $F$  трения от времени, брусок, 3 груза, различные поверхности. Мы равномерно тащили брусок с помощью нити и датчика.



В зависимости от разных поверхностей у нас получались различные графики. В начале мы выбрали несколько разных поверхностей. В качестве опоры мы взяли дерево, лист бумаги, наждачную бумагу. А к бруску, который мы возили по этим поверхностям, мы прикрепляли специальную резинку, также просто возили брусок, который изготовлен из дерева. Чтобы максимально уменьшить погрешность, мы проводили каждый эксперимент 3 раза, а потом находили между результатами среднюю арифметическую.

№	Трущиеся поверхности	$F$ трения max (1)	$F$ трения max (2)	$F$ трения max (3)	среднее арифмети- ческое	N	$\mu$
1	дерево + дерево	2	2,06	2,06	2,04	4	0,51
2	резинка + дерево	1,79	1,75	1,88	1,806667	4	0,451667
3	дерево + наждачная бумага	2,47	2,37	2,35	2,396667	4	0,599167
4	резинка + наждачная бумага	3	3,1	3,39	3,163333	4	0,790833
5	дерево + лист	2,22	2,2	2,48	2,3	4	0,575
6	резинка + лист	2,79	2,24	2,33	2,453333	4	0,613333
7	метал + лист	2,54	2,34	3,17	2,683333	7,19	0,373204

Мы решили подтвердить факт, что  $F$  трения не зависит от  $S$  прикосновения. Мы взяли 2 бруска, которые изготовлены из одного материала, но разные по массе и размерам, а также по  $S$  соприкосновения. Результат  $F$  трения max у них почти одинаковый. Этим мы доказали, что  $F$  трения max не зависит от  $S$  соприкосновения.

N	$F_{тр\ max}$
0,5	3,03
1	3,06

## Заключение

Целью нашей исследовательской работы было изучение силы трения, проведение экспериментальной работы, в ходе которой определить коэффициент трения и узнать отчего он зависит.

Для начала, нами была проанализирована литература по изучаемой теме, которая помогла нам качественней изучить силу трения и все её особенности. В ходе изучения литературы были освоены новые термины, понятия и определения, такие как сила трения покоя, сила трения скольжения, сила трения качения, коэффициент трения и многие другие.

Основной частью нашего исследования было проведение экспериментальной работы, результаты и выводы которой полностью сошлись с теоретической частью. Графики, которые мы получили в ходе эксперимента, показывают зависимость коэффициента трения от вида трущихся материалов и их температуры, а также показывают, что сила трения не зависит от площади соприкосновения.

#### Список литературы

- 1) <http://ru.solverbook.com/spravochnik/koefficienty/koefficient-treniya/>

- 2) <https://eam.su/trenie-ego-vidy-trenie-skolzheniya-i-trenie-kacheniya-sila-i-koefficient-treniya-borba-s-iznosom-trushhixsya-detalej.html>
- 3) <https://nauka.club/fizika/sila-treniya.html>
- 4) <https://multiurok.ru/files/zavisimost-sily-treniia-ot-razlichnykh-faktorov-kachiestva-povierkhnosti-massy-dvizhushchieghosia-tiela.html>
- 5) <https://ru.wikipedia.org/wiki/Трение>
- 6) <https://infourok.ru/nauchno-issledovatel'skaya-rabota-po-teme-sila-treniya-i-eyo-prakticheskoe-primenenie-3628269.html>
- 7) <https://yandex.ru/turbo?text=https%3A%2F%2Fmeanders.ru%2Fsila-trenija.shtml>
- 8) <https://ronl.org/nauchnyye-raboty/fizika/382494/>

