



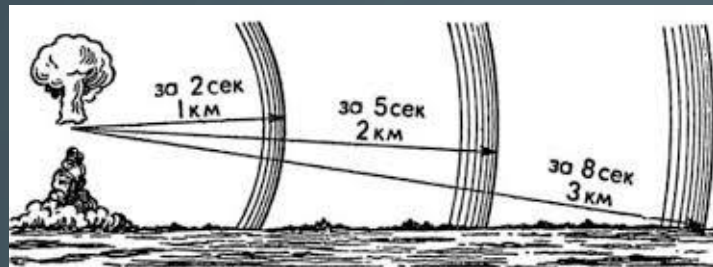
# ЦЕПНАЯ МЕХАНИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ

УЧАСТНИКИ ПРОЕКТА:

- ДИМА БЕРЁЗА,
- САША ГЕРАСЬКИН,
- САША ЕГОРОВ,
- ЛЁША ДОРОЖКИН

ГБОУ ШКОЛА №17, 3 «Н», 2026 ГОД

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ: Е.А.СОБОЛЕВА



## АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ



Цепные процессы широко распространены в природе и технике. Их изучение позволяет глубже понять механизмы передачи энергии, взаимодействия тел и закономерности движения. Практическое моделирование таких процессов способствует формированию логического мышления, исследовательских навыков, наглядному усвоению теоретических законов и делает изучение физики более увлекательным!





## Цель работы

- Смоделировать цепную реакцию и исследовать процессы передачи импульса и энергии между взаимодействующими телами.

## Задачи работы

- сконструировать установку, состоящую из последовательности взаимодействующих элементов;
- изучить передачу движения по цепочке тел;
- исследовать влияние массы, скорости и расстояния между объектами на ход реакции;
- объяснить наблюдаемые явления с точки зрения законов физики.

## Методы исследования

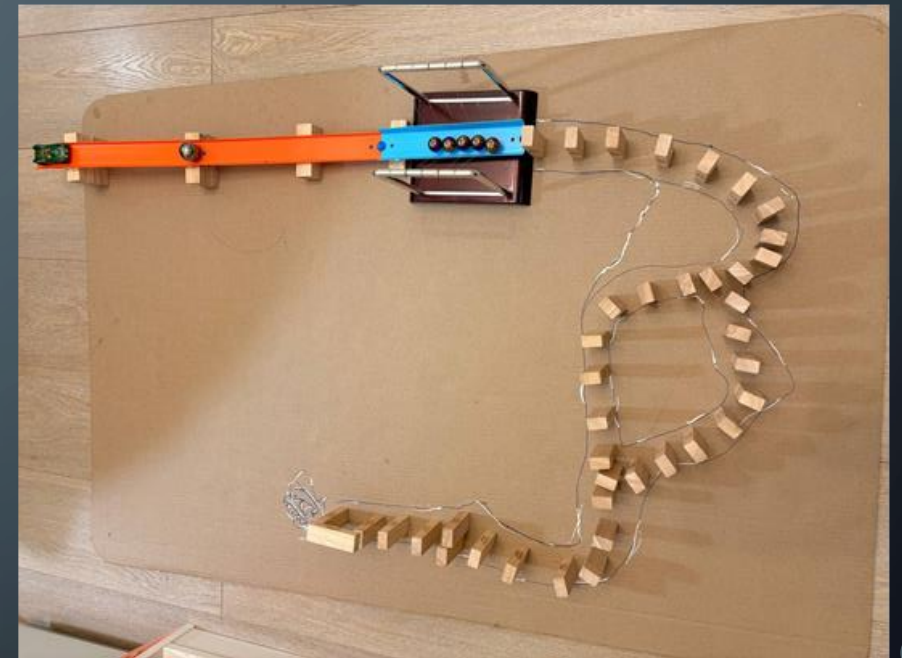
- Наблюдение за движением тел;
- Экспериментальное моделирование (создание и запуск цепной реакции);
- Сравнение результатов при изменении условий (массы, расстояния, скорости);
- Описание физических процессов;
- Анализ полученных данных.

# Описание экспериментальной установки

Сконструированная нами цепная реакция – это последовательность взаимодействующих элементов:

1. Игрушечная машинка помещалась на наклонную плоскость (горку) и начинала движение под действием силы тяжести.
2. Скатываясь, машинка приобретала скорость и внизу совершала лобовое столкновение с мячиком.
3. Мячик, получив импульс, начинал движение и сталкивался с крайним шариком маятника Ньютона.
4. В маятнике происходила передача импульса через систему шариков: отклонялся крайний противоположный шарик.
5. Этот шарик воздействовал на конструкцию из Дженги, приводя её в движение и вызывая падение элементов.

Так, наблюдалась последовательная передача энергии и импульса от одного элемента системы к другому.



# Теоретическая основа

В основе проведённого исследования лежат законы механики, сформулированные Исааком Ньютоном:

**Второй закон Ньютона** устанавливает связь между силой, массой и ускорением тела: чем больше приложенная сила, тем больше ускорение, однако при увеличении массы ускорение уменьшается. *В нашей установке это проявляется при скатывании машинки с горки: сила тяжести сообщает ей ускорение.*

**Третий закон Ньютона** описывает взаимодействие тел: при любом взаимодействии силы, с которыми тела действуют друг на друга, равны по модулю и противоположны по направлению. *Закон проявляется при всех столкновениях в цепочке: когда машинка толкает мячик, а мячик — элементы маятника, тела действуют друг на друга с равными по модулю и противоположными силами.*

Важным понятием является «**импульс тела**», который определяется произведением массы на скорость. Именно за счёт передачи импульса происходит «передача движения» по всей цепочке.

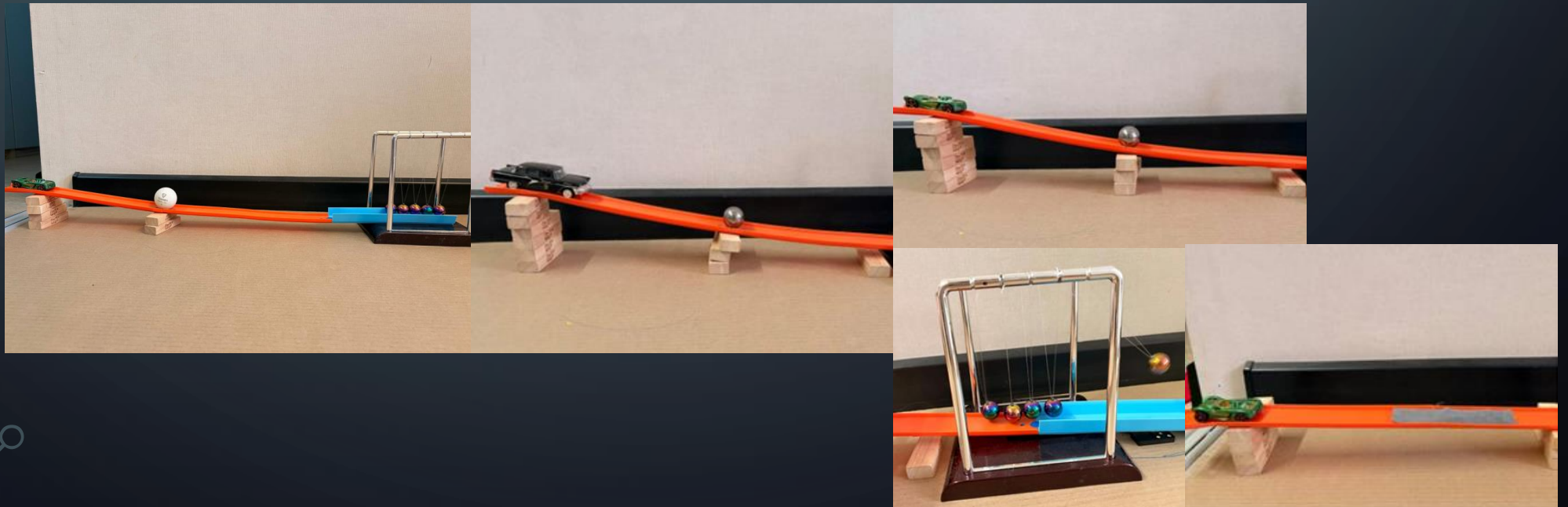
**Закон сохранения импульса** гласит: суммарный импульс группы тел остается неизменным, если на них не влияют внешние силы. При ударах или взаимодействиях сколько движения «было» до, столько «останется» и после, даже если тела поменяются скоростями или массой.

Особое значение имеют **лобовые столкновения**, при которых направление движения тел совпадает с линией удара. В таких столкновениях передача импульса происходит наиболее эффективно, что хорошо наблюдается в работе маятника Ньютона.

# Экспериментальная часть

В рамках работы проводились следующие эксперименты:

- Изменение высоты горки и исследование влияния на скорость машинки;
- Изучение влияния массы: использование машинок и мячиков разной массы для сравнения передачи импульса;
- Исследование столкновений: наблюдение лобовых столкновений шариков разной массы;
- Изучение трения: анализ замедления движения машинки на различных поверхностях;
- Изменение расстояния: определение максимального расстояния между элементами Дженги для сохранения непрерывности реакции;
- Анализ работы маятника Ньютона при разных начальных условиях;
- Исследование устойчивости конструкции «Дженги» при различных воздействиях.



# Наблюдения

В ходе экспериментов наблюдалось, что:

- увеличение высоты горки приводит к росту скорости машинки;
- скорость движения тела влияет на величину его импульса;
- импульс зависит также от массы взаимодействующих тел: чем больше масса, тем больше его импульс, и наоборот (это изучалось на примере машинок и шариков);
- при лобовых столкновениях передача импульса происходит наиболее полно;
- маятник Ньютона демонстрирует сохранение импульса и частично - энергии;
- часть энергии теряется из-за трения;
- устойчивость всей цепочки зависит от точности расположения элементов.



## Таблица экспериментальных наблюдений (1)

Параметр	Условие эксперимента	Наблюдение
Высота горки	Низкая	Машинка движется медленно, мячик сдвигается на небольшое расстояние
Высота горки	Средняя	Скорость больше, но цепная реакция проходит частично
Высота горки	Высокая	Скорость высокая, вся цепь срабатывает
Масса мячика	Маленькая	Цепная реакция останавливается
Масса мячика	Большая	Вся цепочка срабатывает
Размер и масса плашек	Маленькие и большие	Плашки падают неравномерно или не падают
Размер и масса плашек	Одинаковые	Последовательное падение
Расстояние (Дженга)	Малое	Плашки падают неравномерно
Расстояние (Дженга)	Оптимальное	Последовательное падение
Расстояние (Дженга)	Большое	Реакция прерывается

## Таблица экспериментальных наблюдений (2)

Параметр	Условие эксперимента	Наблюдение
Расположение элементов Дженги	Ровное, последовательное	Импульс сильнее, цепная реакция эффективнее
Расположение элементов Дженги	Неровное	Импульс слабее, цепная реакция проходит частично
Столкновение шариков	Прямое	Импульс больше, цепная реакция эффективнее
Столкновение шариков	Косое	Импульс меньше, цепная реакция неполная
Запуск маятника	Сильный импульс	Импульс конечного шарика тоже сильный
Запуск маятника	Слабый импульс	Импульс конечного шарика тоже слабый
Запуск Дженги	Сильный импульс	Плашки падают неравномерно
Запуск Дженги	Слабый импульс	Цепная реакция полная
Поверхность горки	Гладкая	Машинка едет быстро
Поверхность горки	Негладкая	Машинка едет медленнее, импульс меньше

# Роль ИМПУЛЬСА

- 1) Машинка скатывается с горки. Когда машинка едет вниз, у неё появляется импульс: чем тяжелее машинка, тем больше  $m$  (масса), чем круче горка, тем больше  $v$  (скорость). тяжёлая и быстрая машинка имеет самый большой импульс.
- 2) Столкновение с мячиком (лобовой удар). Машинка ударяет мячик и передаёт ему импульс. Если машинка лёгкая или медленная – мячик почти не движется, если машинка тяжёлая или быстрая - мячик улетает далеко. **Это и есть передача импульса.**
- 3) Мячик запускает маятник Ньютона. Здесь важно соотношение масс: лёгкий мячик - слабый удар - маятник почти не работает. Более тяжёлый мячик лучше передаёт импульс. Но если мячик слишком тяжёлый, часть энергии теряется при ударе!
- 4) Маятник Ньютона показывает почти идеальный случай: первый шарик останавливается, последний шарик получает почти весь импульс. Это пример почти упругого лобового столкновения.
- 5) Маятник передает импульс дальше. Последний шарик ударяет плашки: если импульса достаточно- они падают, если импульса не хватает - ничего не происходит.

В ходе эксперимента сделан вывод, что **успешное протекание цепной физической реакции определяется передачей импульса** от одного тела к другому.

Импульс тела зависит от его массы и скорости, что подтверждается формулой ( $p = mv$ ).

Эксперимент показал, что увеличение массы или скорости движущегося тела приводит к увеличению его импульса и более эффективной передаче движения следующим элементам цепи.

Также было установлено, что для поддержания непрерывности цепной реакции необходимо, чтобы на каждом этапе передавался **достаточный импульс**. Потери энергии, возникающие из-за трения и неупругих столкновений, могут привести к остановке всей системы.

# Роль РАССТОЯНИЯ

Расстояние между элементами — один из ключевых факторов, от которого зависит, сработает цепная реакция или остановится.

Разберём это на примере дорожки из Дженги.

Если расстояние слишком маленькое,

- при ударе они падают почти одновременно,
- энергия передаётся быстро, но иногда возникает «завал кучей», и часть движения гасится.
- Результат: реакция есть, но может быть менее управляемой.

Если расстояние оптимальное, плашки расположены на небольшом расстоянии:

- каждая плашка успевает разогнаться перед ударом следующей
- импульс передаётся последовательно и эффективно
- вся цепочка падает красиво и полностью.

Если расстояние слишком большое, плашки стоят далеко друг от друга:

- падающая плашка не достаёт до следующей
- или передаёт слишком слабый импульс
- цепная реакция прерывается.

Итак, если расстояние маленькое — импульс передаётся, но часть энергии теряется при «скупенности». Если расстояние большое — импульс может не дойти до следующего элемента.

Расстояние между элементами цепи должно быть оптимальным: слишком малое — приводит к потерям энергии при взаимодействии, а слишком большое — к разрыву цепной реакции из-за недостаточной передачи импульса. На примере конструкции из Дженги показано, что эффективность цепной реакции определяется не только величиной импульса, но и геометрией расположения элементов.

## Результаты: факторы, влияющие на цепную реакцию

- Величина импульса ( $p = mv$ ): чем больше импульс начального и промежуточных тел, тем выше вероятность успешной передачи движения по всей цепочке;
- Скорость начального элемента: увеличение высоты наклонной плоскости повышает скорость машинки и усиливает запуск реакции;
- Соотношение масс тел: эффективная передача импульса достигается при согласовании масс взаимодействующих объектов;
- Расстояние между элементами: оптимальное расстояние обеспечивает последовательную передачу движения; чрезмерное или недостаточное расстояние приводит к потерям энергии или разрыву цепи;
- Характер столкновений: при лобовых столкновениях передача импульса происходит наиболее полно, тогда как косые удары снижают эффективность;
- Потери энергии: трение, деформации и другие неупругие процессы уменьшают энергию системы и могут остановить реакцию;
- Точность установки: корректное расположение элементов является необходимым условием непрерывности цепной реакции.

Итак, для успешного функционирования всей системы необходимо соблюдение баланса параметров: массы, скорости, расстояния между элементами и геометрии установки. Даже незначительные отклонения в расположении объектов могли приводить к нарушению непрерывности процесса.

# Выводы

В результате проведённого исследования мы:

- успешно смоделировали цепную физическую реакцию;
- на практике подтвердили действие второго и третьего законов Ньютона, а также закона сохранения импульса;
- изучили процесс передачи импульса и особенности лобовых столкновений;
- установили влияние массы, скорости, расстояния и условий взаимодействия на эффективность передачи движения;
- убедились в важности точности экспериментальной установки.

Проведённая работа позволила наглядно продемонстрировать основные законы механики и показала эффективность экспериментального подхода в изучении физики.

Полученные выводы могут быть использованы при дальнейшем изучении динамики систем, а также при создании более сложных моделей, включающих различные типы взаимодействий и условия движения.