

# Колыбель Ньютона

*Подготовила: команда гимназии  
№ 29*



## ***Условие задачи:***



Колебания в «колыбели Ньютона» будут постепенно затухать, пока шары не остановятся.

## ***Цель задания:***

исследовать скорость затухания в зависимости от существенных параметров:

- число шариков,
- материал шариков,
- расположение шариков.

# Оборудование:



Шарики для Пинг-понга



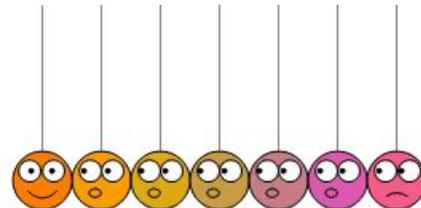
Стальные шарики



Нитки

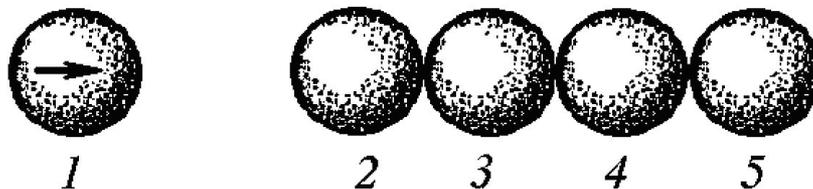
Опора  
(два штатива)





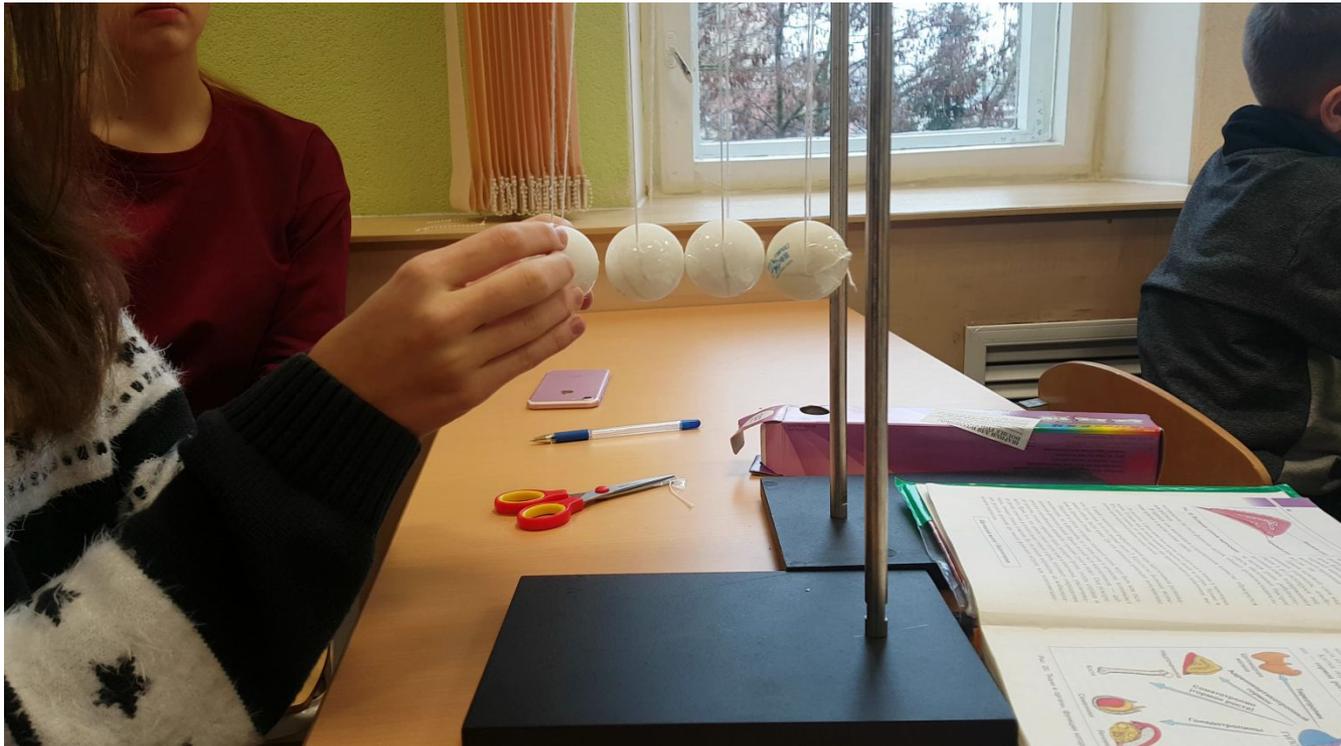
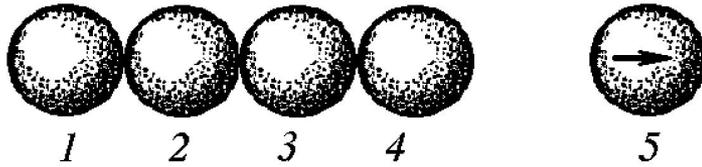
## Ход работы:

Рассмотрим ряд соприкасающихся одинаковых **абсолютно упругих шаров**, центры которых расположены вдоль одной и той же прямой линии. Шары подвешены на нитях. Отклоним в сторону **шар 1**. Ударившись о **шар 2** со скоростью  $v$ , он передаст ему эту скорость, а сам остановится.



С **шаром 2** произойдет то же самое - при ударе о **шар 3** он остановится, а **шар 3** придет в движение со скоростью  $v$ .

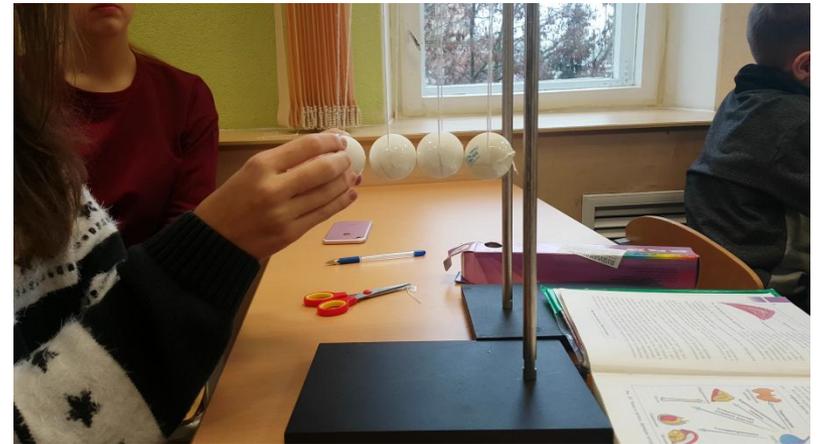
Этот процесс будет повторяться с **каждым** **впереди** **находящимся** **шаром**. В конце концов **последний шар** отскочит со скоростью  $v$ , а все прочие шары останутся в состоянии покоя.



# Колебания системы при отклонении одного шарика (шарики изготовлены из различных материалов)



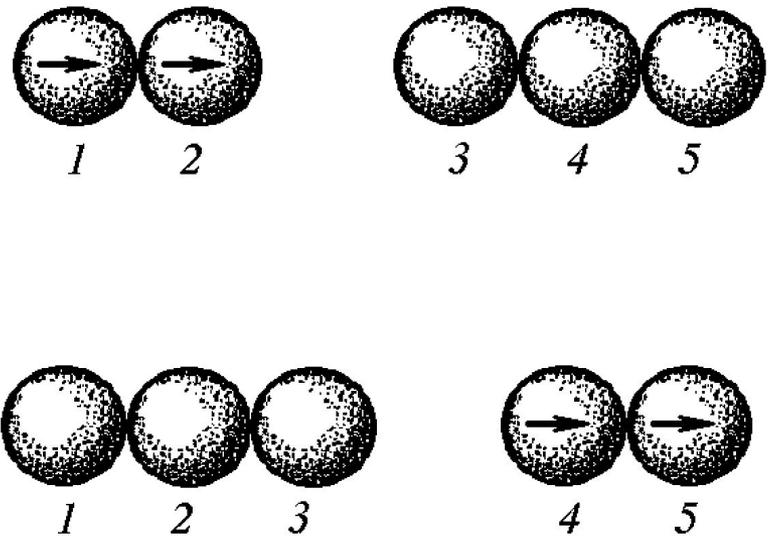
отклонение одного  
стального шарика



отклонение одного  
шарика для пин-понга

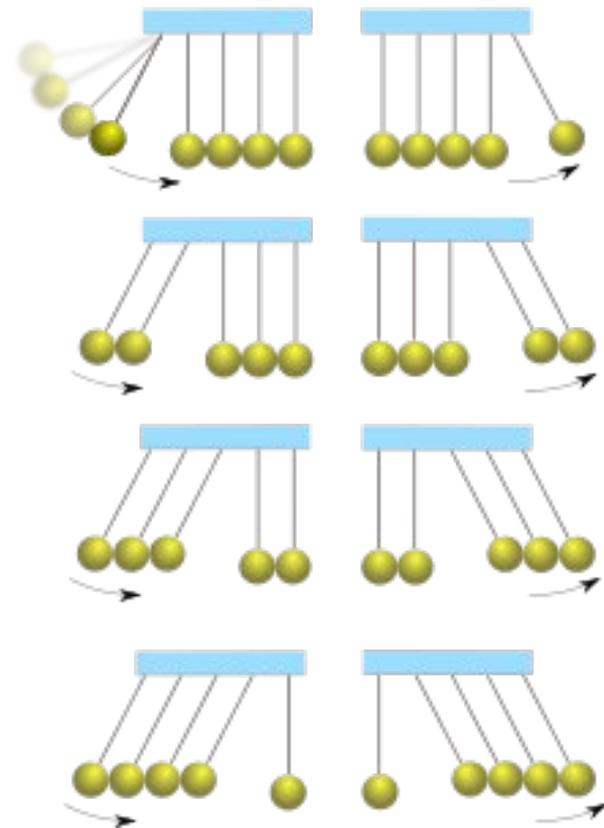
# Изучение колебаний 2 - х и более шаров

Рассмотрим отклонение **двух шариков**. При возвращении в нижнее положение они приобретут одну и ту же скорость  $v$  и, двигаясь с такой же скоростью, ударят впереди находящийся шар. В результате удара отскочат два последних шара со скоростью  $v$ , а все остальные шары останутся в покое.



# Изучение колебаний 2 - х и более шаров

Шар 2 ударяет шар 3. В результате этого шар 2 останавливается, а шар 3 приобретает скорость  $v$ , однако, шар 2 сразу же подвергся удару со стороны шара 1 и снова приобретает прежнюю скорость  $v$ . Т. о. шар 1 придет в состояние покоя, а шары 2 и 3 будут двигаться вместе со скоростью  $v$ . Затем остановится шар 2, но начнут двигаться шары 3 и 4 и т.д. В конце концов скорость  $v$  приобретут два последних шара, а все остальные шары придут в состояние покоя.



# Колебания 2 -х шариков (различный материал)



отклонение 2-х  
деревянных шариков



отклонение 2-х  
стальных шариков

# Колебания 3 -х шариков (различный материал)



отклонение 3-х деревянных шариков

Вместо двух можно отклонить 3,4 и т.д.шара, сообщив им одну и ту же скорость. После удара отскочит такое же количество шаров., остальные же шары останутся неподвижными.

# Решение задачи (общий случай):

1) Скорости шаров после столкновения легко найти из **законов сохранения импульса** тела и **энергии**:

$$p_1 + p_2 = p_1' + p_2';$$
$$E_{K1} + E_{K2} = E_{K1}' + E_{K2}'$$

$$m_1 v_1 = m_1 v_1' + m_2 v_2';$$
$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2}$$

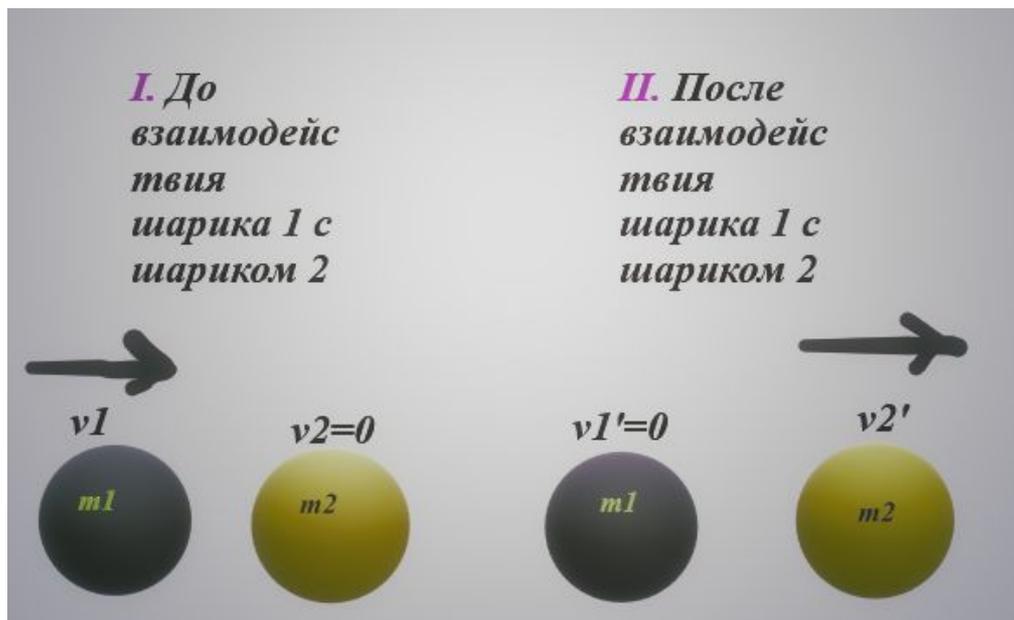
2) После несложных математических преобразований выразим скорости первого и второго шариков после взаимодействия:

$$v_1' = \frac{(m_1 - m_2) \cdot v_1}{m_1 + m_2}$$

$$v_2' = \frac{2m_1 \cdot v_1}{m_1 + m_2}$$

## Решение задачи (частный случай, «колыбель Ньютона»):

При условии, что **2 шарик** находился в **состоянии покоя**, и **массы шариков одинаковы**, то после подстановки в формулы для скоростей после взаимодействия имеем:



$$\begin{aligned} v_1' &= 0; \\ v_2' &= v_1. \end{aligned}$$

# Расчеты скоростей налетающего шарика и отклонившегося (массы шариков одинаковы)

Система из 7 деревянных шаров, отклонился 1 шарик

№	$\Delta t_1, c$	$\Delta t_2, c$	$v_1, m/c$	$v_2, m/c$
1	0,04	0,036	3,75	3,33
2	0,048	0,036	3,125	3,33
3	0,037	0,027	4,05	4,44
4	0,047	0,032	3,19	3,75
5	0,047	0,037	4,19	3,24

$l$  - примерная длина дуги, которую описывает шарик при своем движении (1 - до соударения, 2 - после соударения)

$$l_1 \approx 15 \text{ см}$$

$$l_2 \approx 12 \text{ см}$$

$$m_1 = m_2$$

**Вывод:** скорости после взаимодействия шариков практически одинаковые; неточности связаны с неустойчивостью конструкции.

# Решение задачи: если массы шариков различны

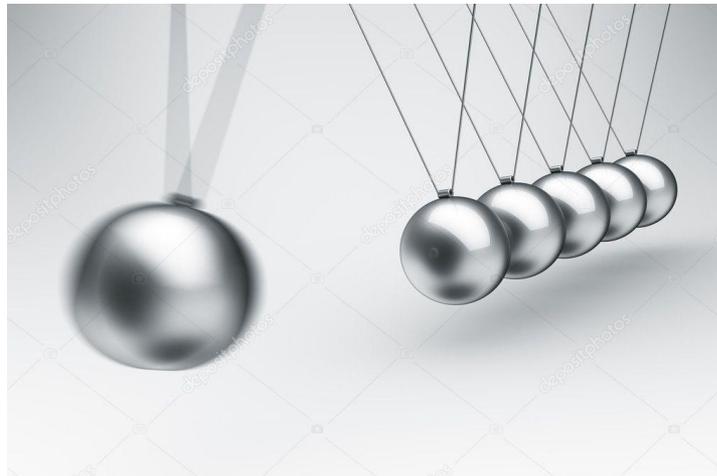
**Первый шар** будет двигаться в **первоначальном направлении**, если:

$$m_1 \quad \square \quad m_2$$

**Первый шар** **отскочит** в **противоположном направлении**, если:

$$m_2 \quad \square \quad m_1$$

**Следует отметить**, что шары, изготовленные из более «мягких» материалов при соударении «сплющиваются» и кинетическая энергия частично переходит в другие виды энергии (связанные с упругими деформациями), тепло.



Если бы не было потерь механической энергии вследствие работы сил трения и упругости, то колебания продолжались бы вечно, но они затухают, так как в реальных механических системах всегда действуют диссипативные силы.

# Выводы:



1. В ходе конструирования модели маятника и демонстрации эксперимента возник ряд трудностей, связанной с устойчивостью и хрупкостью модели. Именно поэтому колебания резко затухали, так как было сложно выставить шарики в одну линию. Но, несмотря на трудности, маятник Ньютона продемонстрировал передачу импульса и энергии от одного крайнего шарика к другому.
2. Если бы не было затрат энергии и препятствий таких как трение, маятник мог бы стать вечным двигателем. Но в природе это невозможно и колебания шаров постепенно затухают.
3. Данное явление возможно наблюдать лишь при абсолютно упругом ударе и выполнении ряда таких условий как:
  - а) расположение шариков вдоль одной линии (центры должны совпадать);
  - б) равные массы шариков
  - в) материал шариков не должен быть мягким, эластичным и т.д.
4. По ходу работы можно было заметить, что отклонение шарика после соударения будет тем выше, чем больше угол при начальных условиях мы задаем, т.к. в момент удара скорость будет выше, чем при малых углах отклонения.

# Практическое применение:

1. Данный маятник можно демонстрировать на уроках физики при изучении таких физических разделов, как «Механические колебания», «Законы сохранения в механике».
  2. Декоративная модель шаров Ньютона пользуется неизменной популярностью уже многие годы. Конструкцию можно применять для релаксации, в психотерапии, а также для подсчета времени. Мерное колебание, монотонное постукивание шаров и их блеск способствуют расслаблению. Это отличное средство для нервной системы, наблюдается несколько типов влияния:
    - успокаивает нервы;
    - снимает стресс;
    - помогает привести мысли в порядок;
    - отвлекает от проблем;
    - расслабляет;
- концентрирует внимание.

**Спасибо за внимание!!!**

