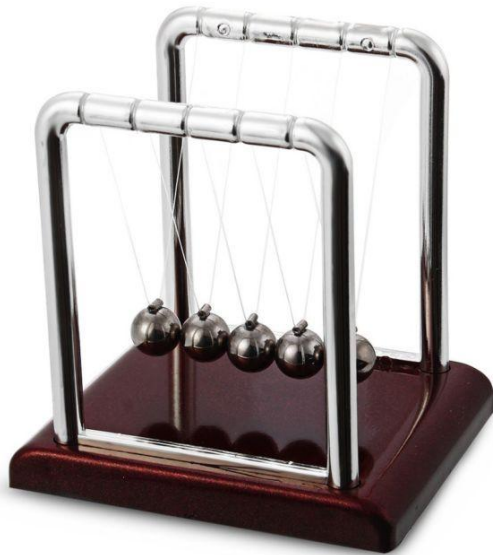


Колыбель Ньютона

*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



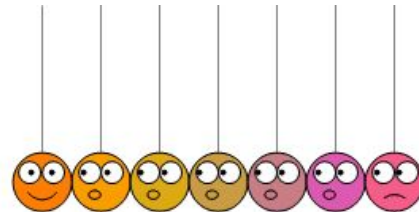
Стальные шарики



Нитки

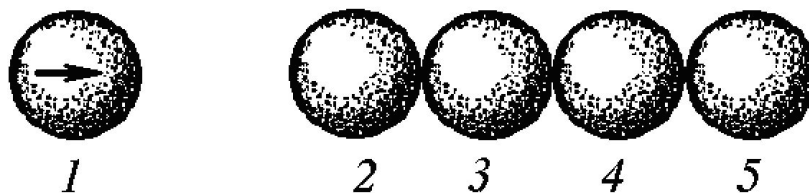
Опора
(два штатива)





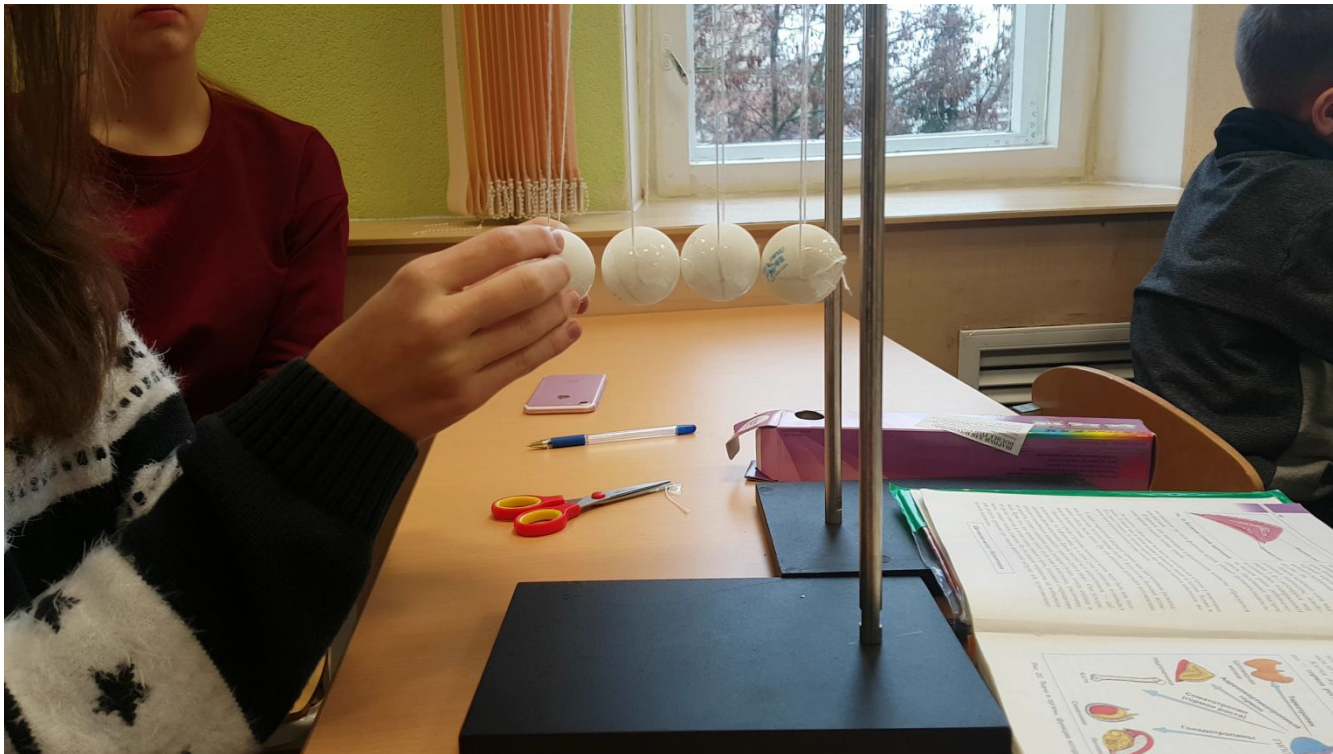
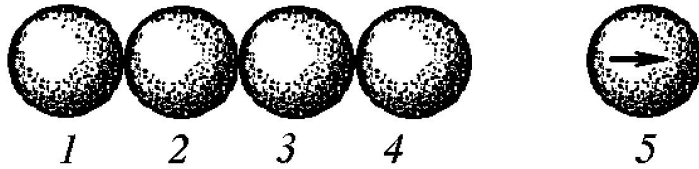
Ход работы:

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 .

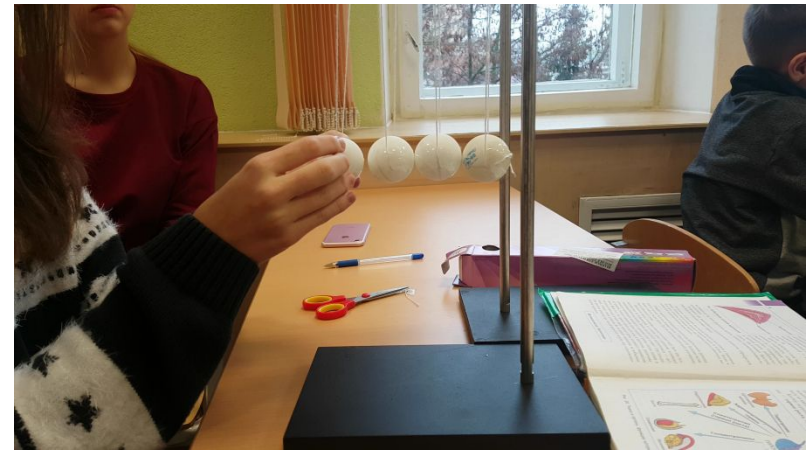
Этот процесс будет повторяться с **каждым** **впереди** **находящимся** **шаром**. В конце концов **последний шар** отскочит со скоростью v , а все прочие шары останутся в состоянии покоя.



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



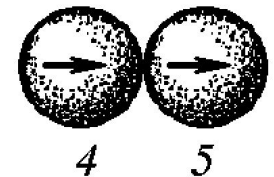
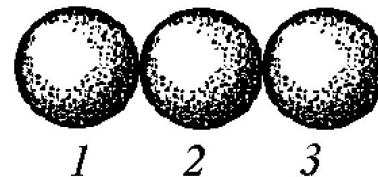
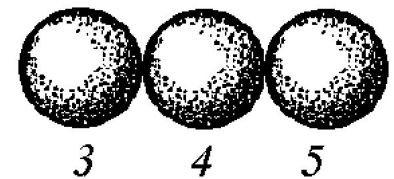
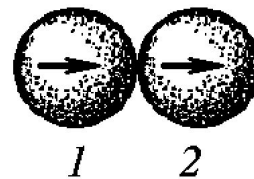
отклонение одного
стального шарика



отклонение одного
шарика для пин-понга

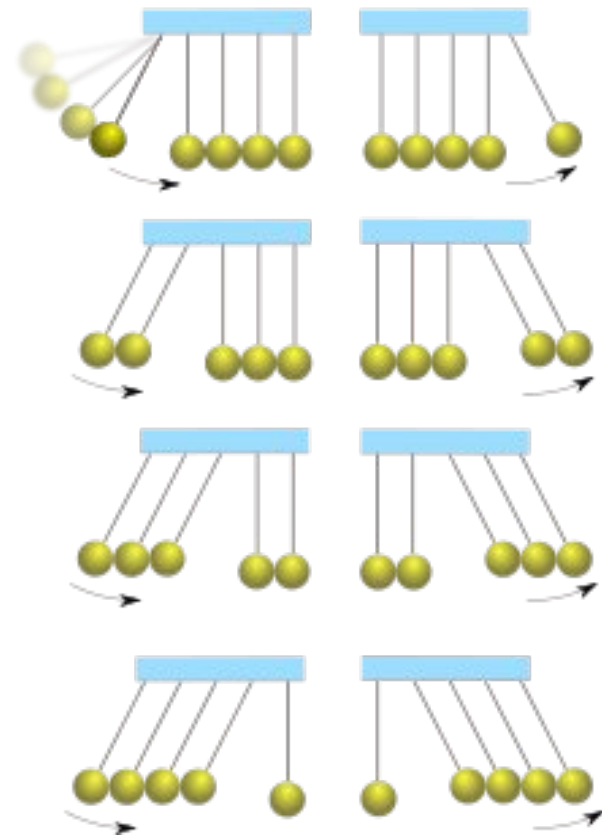
Изучение колебаний 2 - х и более шаров

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

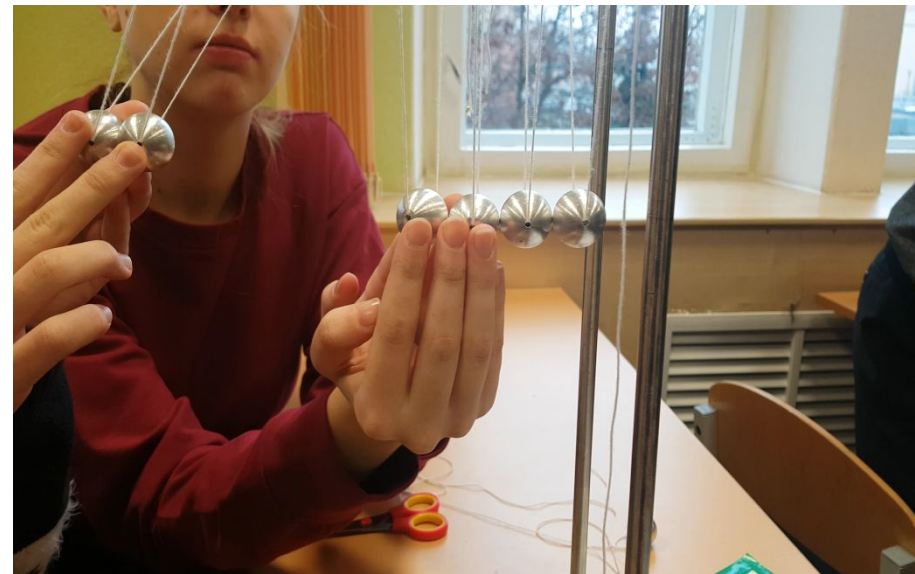
Шар 2 ударяет шар 3. В результате этого шар 2 останавливается, а шар 3 приобретает скорость v , однако, шар 2 сразу же подвергся удару со стороны шара 1 и снова приобретает прежнюю скорость v . Т. о. шар 1 придет в состояние покоя, а шары 2 и 3 будут двигаться вместе со скоростью v . Затем остановится 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**:

$$\begin{aligned} p_1 + p_2 &= p'_1 + p'_2; \\ E_{K1} + E_{K2} &= E'_{K1} + E'_{K2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_1 v_1 &= m_1 v'_1 + m_1 v'_2; \\ \frac{m_1 v_1^2}{2} &= \frac{m_1 v'^2_1}{2} + \frac{m_2 v'^2_2}{2} \end{aligned}$$

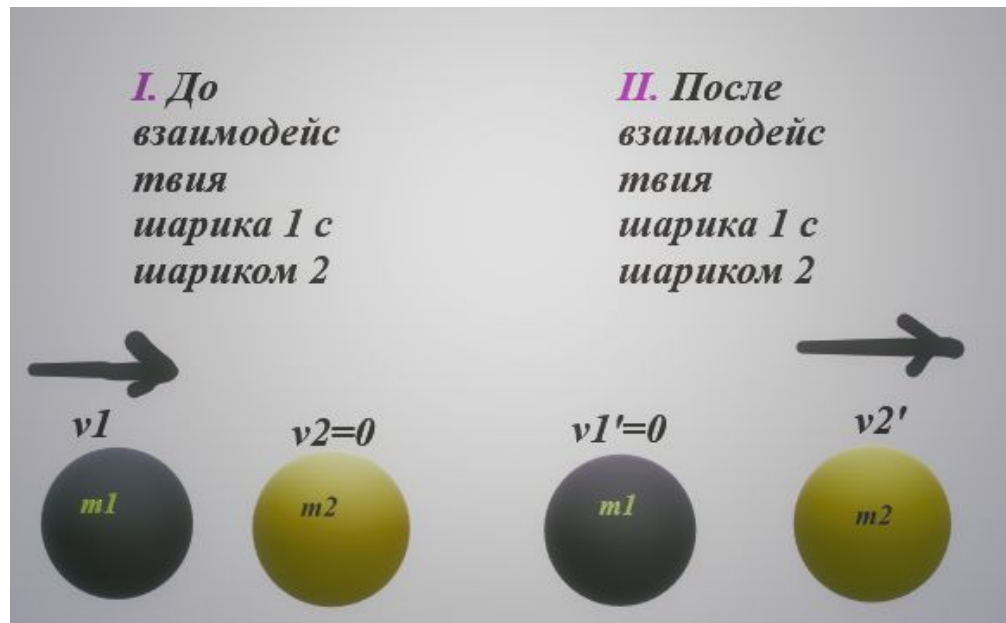
2) После несложных математических преобразований выразим скорости первого и второго шариков после взаимодействия:

$$v'_1 = \frac{(m_1 - m_2) \cdot v_1}{m_1 + m_2}$$

$$v'_2 = \frac{2m_1 \cdot v_1}{m_1 + m_2}$$

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

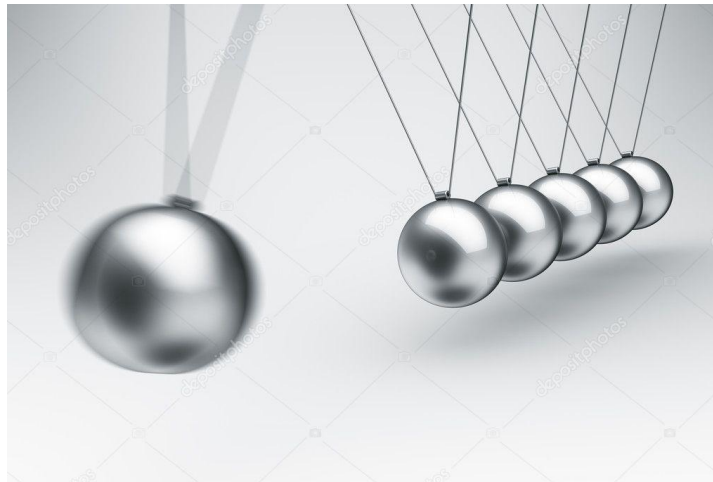
Первый шар будет двигаться в первоначальном направлении, если:

$$m_1 \boxtimes m_2$$

Первый шар отскочит в противоположном направлении, если:

$$m_2 \boxtimes m_1$$

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!!!

