

Реализация проектной деятельности
в школе.
Создание демонстрационной модели
опыта Резерфорда

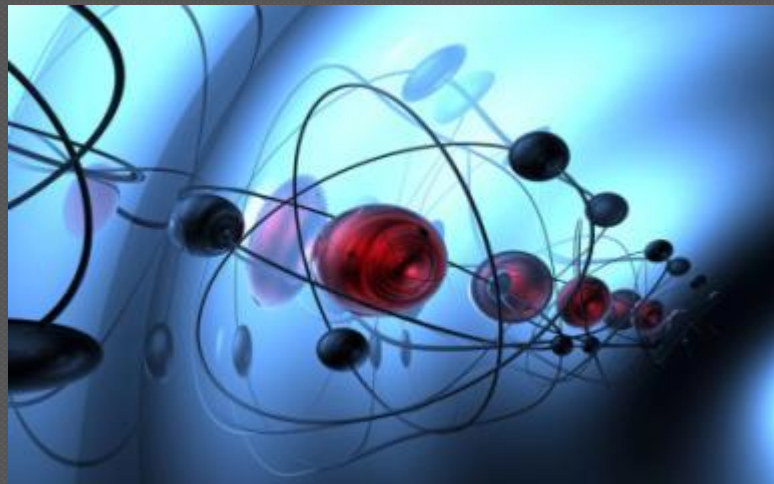
Смирнова Ольга Владимировна
МОУ СОШ №10 г. Рыбинск
Учитель физики

Введение

Явления, происходящие в микромире нельзя увидеть невооруженным глазом, и крайне трудно организовать эксперимент на уровне частиц. На уроках физики некоторые такие эксперименты можно визуализировать с помощью демонстрационной модели.

Проблема

Процессы, происходящие в микромире, сложно представить и изучить ввиду их малых размеров. Для демонстрации законов микромира нужна физическая модель.



Гипотеза

Природу явлений, происходящих в микромире можно объяснить на основе закономерностей в окружающем нас макромире.

Цель

Цель:

Создать механическую модель и с ее помощью продемонстрировать явления, происходящие в микромире.

Задачи:

1. Собрать сведения об опыте Резерфорда и предложенной им модели строения атома.
2. Продумать ситуацию, в которой явления, происходящие с заметными невооруженным взглядом физическими объектами, будут основываться на математической модели, схожей с математической моделью опыта Резерфорда, и на её основе спроектировать демонстрационную модель.
3. Выполнить расчеты для создания демонстрационной модели, демонстрирующей опыт Резерфорда.
4. Изготовить демонстрационную модель
5. Провести эксперименты с созданной демонстрационной моделью

Актуальность

Для совершенствования современных нанотехнологий, позволяющих создать методы производства и применения продуктов с заданной атомной структурой путём контролируемого манипулирования отдельными атомами и молекулами, необходимо иметь четкое представление о строении атома и понимать связь законов микро- и макромира.

Исследование

Объект исследования:

теоретическое обоснование опыта Резерфорда

Предмет исследования:

установление закономерностей, действующих на атомном уровне, схожих с закономерностями макромира.

Методы исследования:

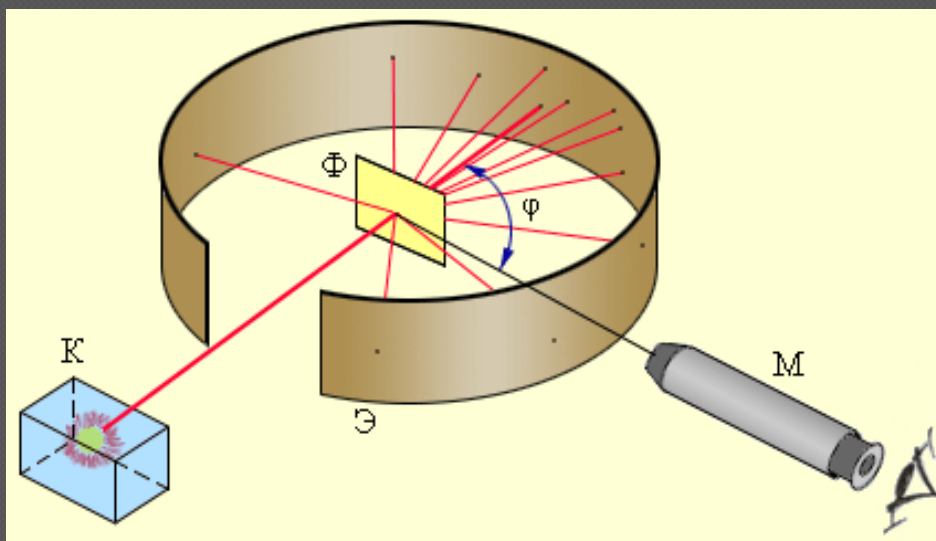
1. Поиск и изучение информации об опыте Резерфорда и его модели атома
2. Анализ закономерностей опыта Резерфорда
3. Моделирование демонстрационной модели опыта Резерфорда, построение теоретического обоснования.
4. Физический эксперимент
5. Обобщение результатов эксперимента

Итоговый продукт проекта:

демонстрационная модель опыта Резерфорда

Опыт Резерфорда

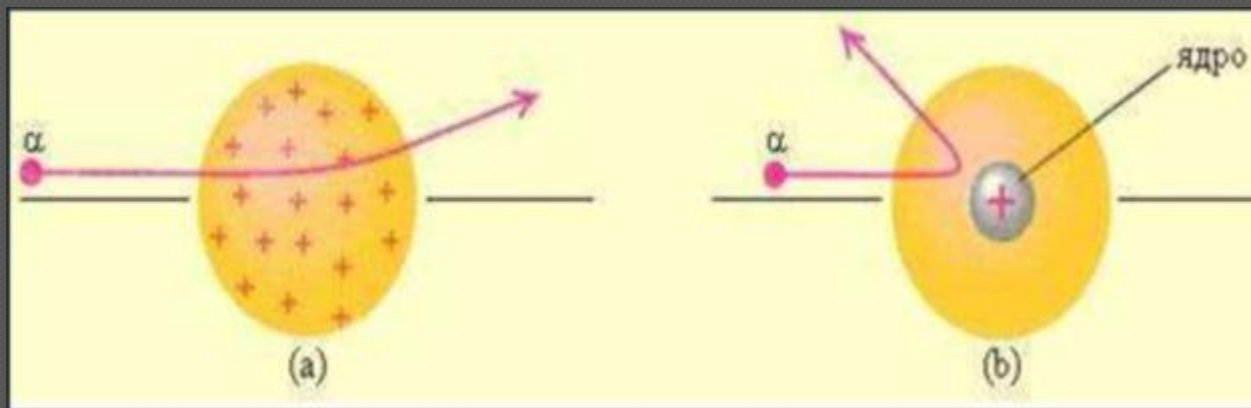
В этом опыте α -частицы, испускаемые радиоактивным источником, пропускались через тонкие пленки золота. При прохождении через пленку α -частицы отклонялись от первоначального направления на различные углы. Рассеянные α -частицы попадали на экран, покрытый сернистым цинком, и вызывали вспышки (сцинтилляции). Наблюдая за этими сцинтилляциями в микроскоп, можно было определить, насколько изменяется траектория движения частиц при прохождении слоя металла.



Результаты Эксперимента

Большинство α -частиц отклонялось от первоначального направления движения на незначительные углы. Но некоторые частицы отклонялись довольно значительно, и, в редких случаях (примерно 1 на 20 000), α -частицы меняли направление движения почти на противоположное. Рассеяние α -частиц происходит в результате взаимодействия их с положительным зарядом атома.

Существовавшая в те годы модель атома Томсона, согласно которой положительный заряд был распределен равномерно по всему объему атома, была не в состоянии объяснить результаты экспериментов по рассеянию α -частиц.

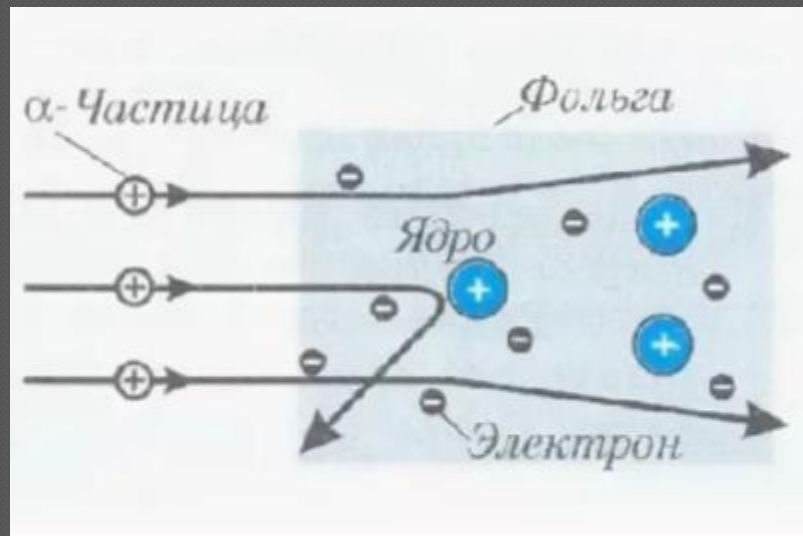


а – модель Томсона
б – модель Резерфорда

Объяснение результатов

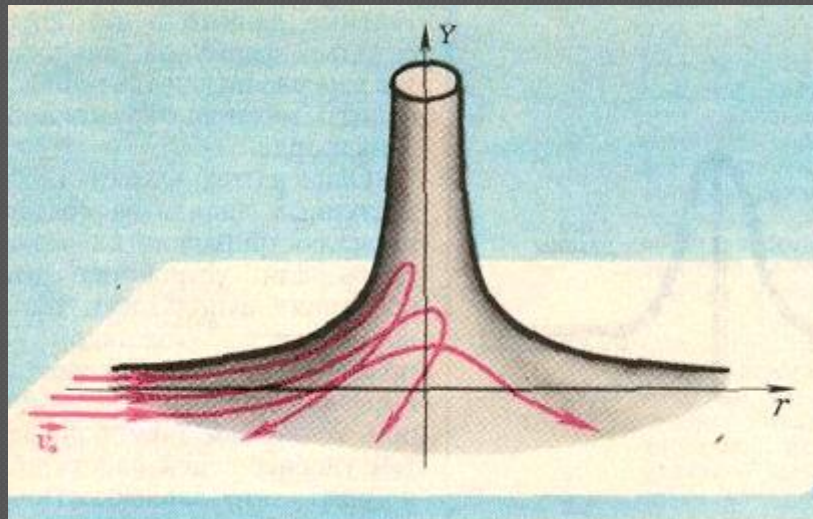
Рассеяние на большие углы Резерфорд объяснил тем, что положительный заряд сосредоточен в очень небольшой (по сравнению с размером атома) области внутри атома. Этот положительный заряд — ядро атома — создает сильное электростатическое поле, и на α -частицу, попадающую в поле ядра, действует кулоновская сила отталкивания.

Резерфорд сделал теоретический расчет количественного распределения числа частиц по разным углам рассеяния. Его расчеты дали прекрасное согласование с результатами эксперимента.



Демонстрационная модель

Создадим демонстрационную модель, в которой α -частицы заменены небольшими шариками. Шарик, которому сообщают скорость в горизонтальном направлении, катятся по горизонтальной плоскости, «взбираются» на горку определенного профиля, а затем скатываются с нее вновь на горизонтальную плоскость. Профиль горки должен быть таким, чтобы потенциальная энергия шариков изменялась по тому же закону, что и потенциальная энергия α -частиц положительного заряда атомного ядра.



Демонстрационная модель

Потенциальная энергия положительного заряда q , находящегося на расстоянии r от неподвижного заряда q_0 определяется по формуле:

$$W = k \frac{qq_0}{r},$$

где k — коэффициент пропорциональности.

Поэтому пик должен представлять собой гиперболоид вращения $y = \frac{A}{r}$, где A — некоторая постоянная величина. Потенциальная энергия шарика, поднятого над землей считается по формуле:

$$E = mgh,$$

где m — масса шарика,

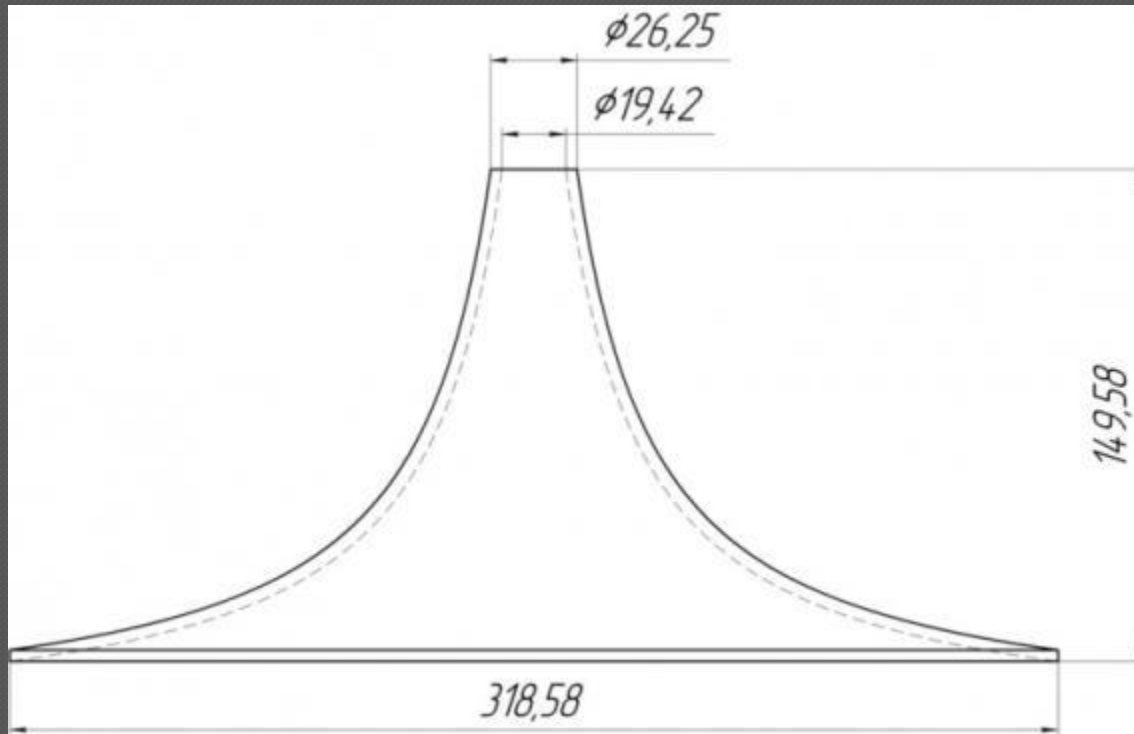
g — ускорение свободного падения,

h — высота, определяемая профилем гиперболоида.

Поэтому потенциальная энергия шарика изменяется по тому же закону, что и потенциальная энергия α -частиц положительного заряда атомного ядра.

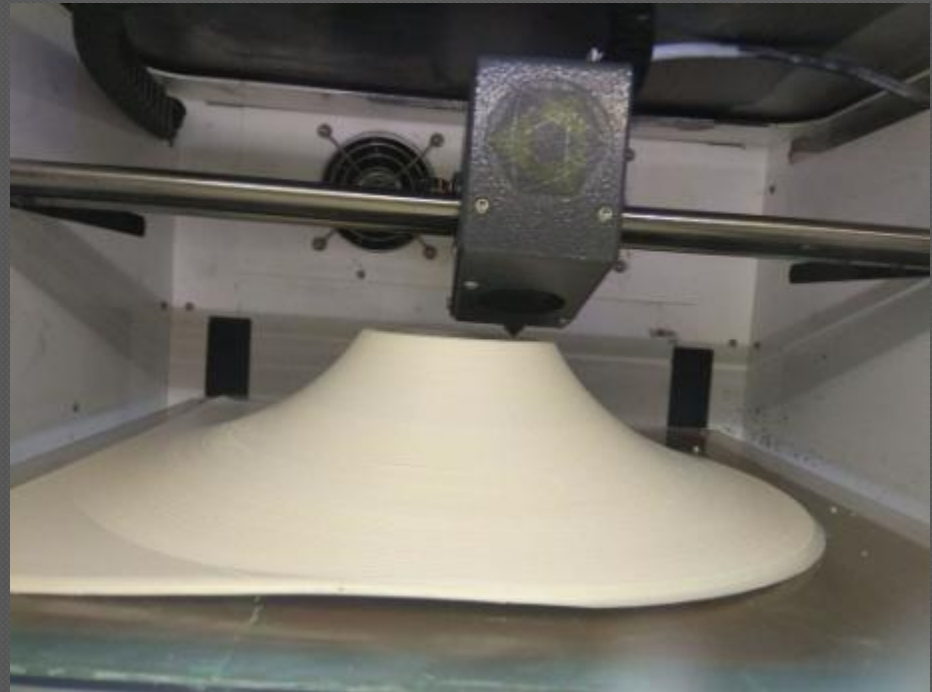
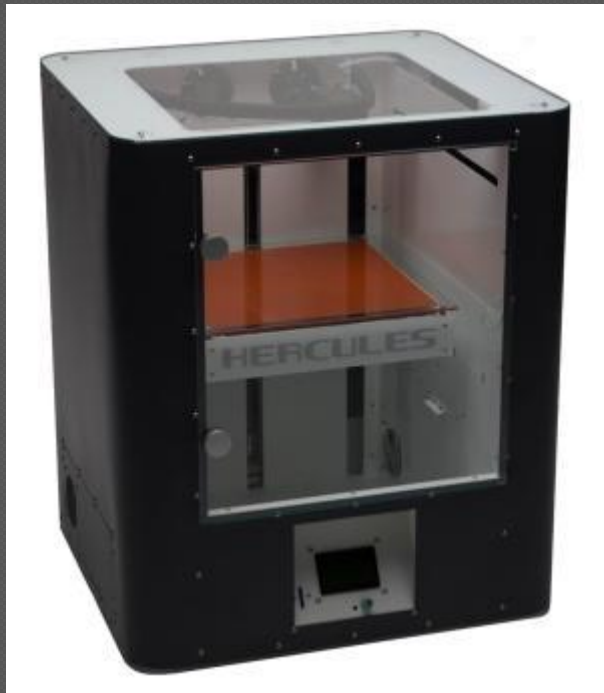
Создание модели

Созданная мной модель представляет собой гиперболоид вращения $y = \frac{1}{r}$



Создание модели

Модель была создана на 3D-принтере Hercules Strong



Демонстрационная модель

Движение шариков в этой демонстрационной модели аналогично движению α -частиц в кулоновском поле атомного ядра. По одинаковому закону изменяется потенциальная энергия в зависимости от расстояния до рассеивающего центра (оси гиперboloида). Одинаковой будет и зависимость минимального расстояния между частицей и рассеивающим центром от так называемого прицельного расстояния (расстояния от рассеивающего центра до первоначального направления движения частицы).

Имея потенциальный пик такой формы, можно на опыте изучить зависимость угла рассеяния β от прицельного расстояния d и начальной энергии шариков. Зависимость β от d определяется законом взаимодействия частицы с рассеивающим центром и в данном случае определяется профилем пика.



Проведение эксперимента

Пусковая установка

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

E_k - кинетическая энергия

m - масса тела

v - скорость движения тела

$$E_n = mgh$$

E_n - потенциальная энергия тела,

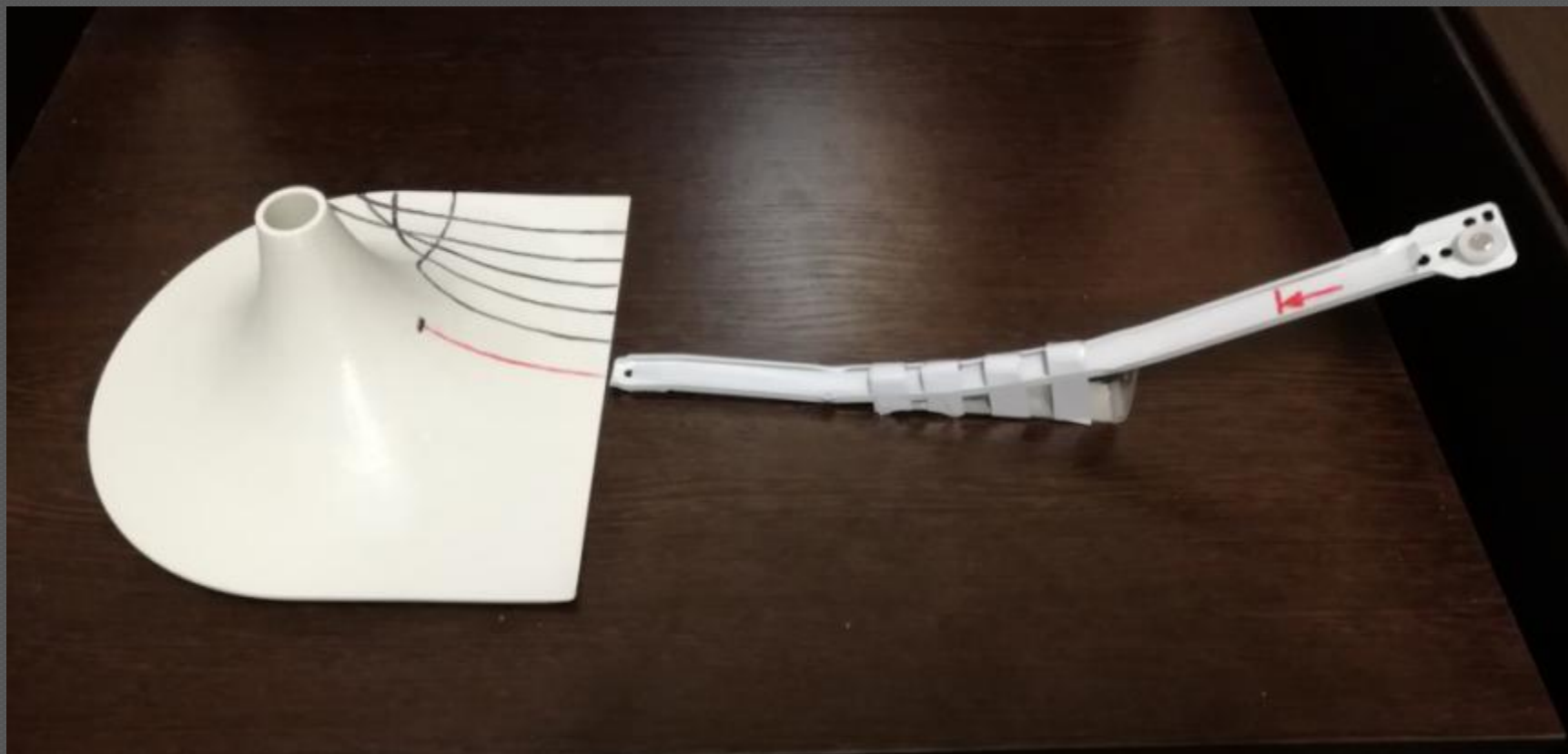
Поднятого над землей

g - ускорение свободного падения

h - высота



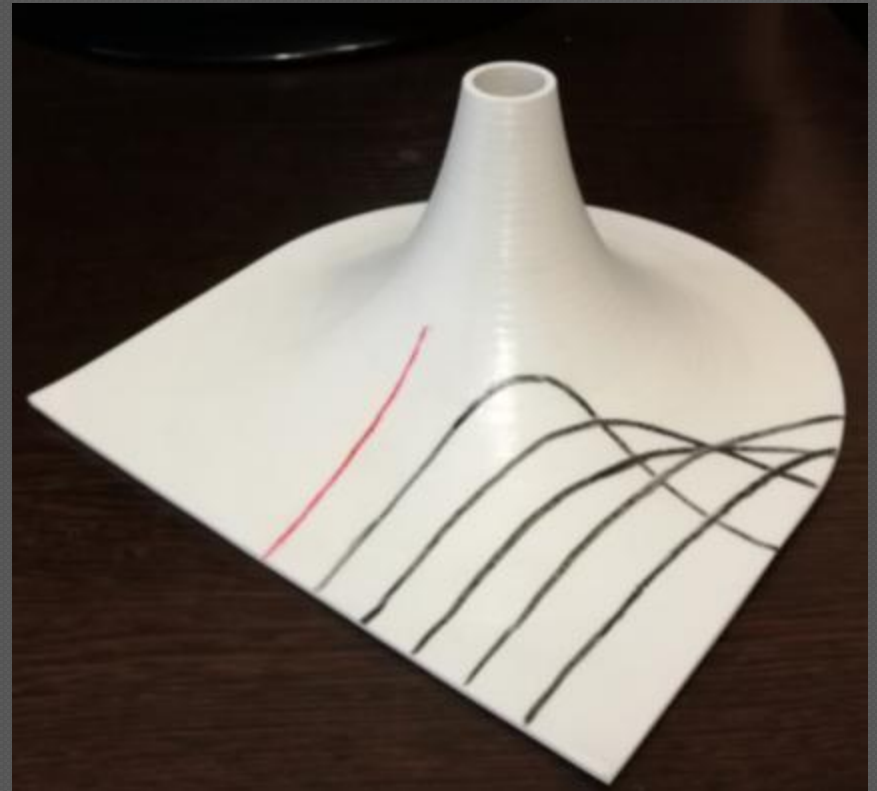
Проведение эксперимента



Модель вместе с пусковой установкой

Результаты эксперимента

В ходе эксперимента шарикам, имитирующим движение α -частицы, придавалась начальная скорость, имеющая одинаковое направление. Однако траектория их движения зависела от того, насколько близко шарики перемещались относительно потенциального пика модели, имитирующего положительно заряженное ядро атома.



Результаты эксперимента

- Шарики, катящиеся достаточно далеко от потенциального пика, аналогично α -частицам, пролетающим между ядрами, практически не изменяли свою траекторию.
- Угол отклонения от первоначально траектории шарика увеличивается с приближением к потенциальному пику. Движение этих шариков демонстрирует движение α -частиц, попадающих в силовое поле атома ядра и отталкивающихся, так как они имеют положительный заряд, как и ядро атома. Чем ближе к ядру стремится пролететь α -частица, тем сильнее кулоновское взаимодействие с ядром, и тем больше ее отклонение от первоначальной траектории.
- Шарики, начальная скорость которых направлена на потенциальный пик, отлетают в противоположную сторону. Они демонстрируют движение α -частиц, направление движения которых пришлось на ядро.



Выводы

- Моя гипотеза подтвердилась. Природу явлений, происходящих в микромире можно объяснить на основе закономерностей в окружающем нас макромире. Это позволило создать демонстрационную модель опыта Резерфорда и продемонстрировать движение α -частиц в силовом поле ядра атома на примере движения шариков в потенциальном поле силы тяжести.
- Эксперименты подтвердили работоспособность демонстрационной модели.
- Данная модель может применяться на уроках физики при объяснении опыта Резерфорда и строения атома.