**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СФЕРИЧЕСКИХ МАГНИТОВ**

Маслов Д.Д.

*МАОУ “Лицей №38”, Нижний Новгород, Россия*

*Davers2004@gmail.com*

Перед началом данного исследования рассматривалось движение космических объектов. Было замечено, что движение двух магнитных шариков похоже на него. Известно, что в космическом пространстве большинством процессов управляет гравитация, но это не мешает моделировать явления, используя магнитное взаимодействие. В процессе исследования было замечено, что при столкновении магнитных шариков начинается их быстрое сцепленное вращение. При этом ось вращения прецессирует, а само вращение всегда оканчивается резким торможением. Цель работы – это исследование параметров имеющейся системы скатывания и взаимодействия магнитных шариков.
Задачи исследования: изучить взаимодействие сферических магнитов на расстоянии друг от друга, проанализировать само движение сферических магнитов в эксперименте. Предметом исследования являются сферические магниты. Объект исследования – сцепленное вращение магнитных шариков.

Чтобы визуализировать поле, была собрана установка, состоящая из «экрана» и светодиодной подсветки. Сам экран представляет собой 2 толстых оконных стекла, между которыми размещена магнитная жидкость. Система загерметизирована. На краях «экрана» прикреплена миллиметровая бумага. В итоге был сделан вывод о том, что намагниченность магнитов - диаметральная.

Далее использовались линейка, нитки и видеокамера частотой записи 240 Гц. Узнали, что в отсутствие горизонтальных сил, кроме магнитной, соответственное расположение полюсов используемых магнитов формируется, когда расстояние достигает 33-34 сантиметров, видимое смещение из вертикального положения происходит на расстоянии 23-24 сантиметра, а активное сближение замечено на 16-17 сантиметрах.

Главная часть работы заключалась в исследовании вращения шаров. Для её выполнения были выбраны 3 пары магнитов: две пары одинаковых по массе, размерам и намагниченности, и одна пара разных. Использовалась видеокамера с частотой съемки: 960 кадров/с. Камера была зафиксирована и снимала видеоматериал, отражающий вращение магнитов, скатывающихся с одинаковой высоты на гладкую поверхность по немагнитным желобам.

Была сделана раскадровка видеозаписи, на которой происходило сцепленное вращение магнитов. Сравнивались кадры и отмечалось возвращение шариков в исходное положение. Считая количество кадров за полный оборот, находилась его длительность.

Для осуществления фиксируемого взаимодействия шарики маркировались разными цветами, скатывались с одной высоты и ориентировались при скатывании так, чтобы вращение происходило вокруг оси, проходящей через противоположные полюса магнита.

В процессе исследования было замечено, что ось вращения шариков, которая проходит через их центры прецессирует.

Значения углов прецессии шариков были найдены с помощью функции adobe Photoshop по поиску угла.

В результате были составлены таблицы и графики зависимости частоты вращения от времени для шариков разного диаметра. На графиках видно, что **у**гол в процессе вращения сначала уменьшается. После этого увеличивается до момента достижения своего максимума, после чего происходит остановка вращения.

Кривые на графиках схожи, в особенности на последних 4 секундах, где наблюдается быстрое увеличение угла прецессии. Между углом прецессии и частотой вращения также может иметься некая связь. Это подкрепляется тем фактом, что начало и конец вращения сопровождаются резким возрастанием или падением каждого значения.

В процессе проведения экспериментов также было замечено, что поверхность шариков после проведения множественных экспериментов становится более тёплой, чем перед ними. Было решено выяснить на сколько нагревается поверхность магнитов в среднем при скатывании и вращении. Для этого эксперимент без перерывов многократно повторялся, а температура поверхности магнитов фиксировалась тепловизором. В итоге были получены данные по изменению температуры с количеством итераций. Выяснили, что при проведении единичного эксперимента, средняя температура поверхности шариков изменяется на$ 0.03℃$. Так как нагревание при трении магнита об стекло и воздух пренебрежимо мало, делаем предположение, что оно происходит из-за вихревых токов, протекающих в магнитах в процессе эксперимента.

В результате выполнения работы узнали, что расстояние ориентации полюсов – 32см, небольшого смещения – 22см, а активного сближения – 16см. Выяснили, что сила между магнитами обратно пропорциональна расстоянию между ними в четвёртой степени. Вычислили начальные параметры системы. Узнали, что в первую половину секунды частота и скорость обратно пропорциональны корню четвёртой степени от времени, что далее зависимость является линейной. Получили данные о том, что частота вращения магнитов зависит от их размеров. Вычислили погрешности измерений полученных значений. Пришли к выводу об электромагнитной природе нагревания магнитов.
Дальнейшее развитие работы будет направлено на выявление причины резкого торможения магнитов в первые 0.5с вращения, проведение эксперимента без трения об поверхность стекла на диамагнитной подушке из пиролитического графита.