

Исследование явления левитации

Логинова Анастасия Сергеевна

9 класс, МАОУ Лицей № 38 Нижнего Новгорода, Научное объединение «Школа юного исследователя» АНО ДО «Академ клуб», ИПФ РАН

Научный руководитель: Хабарова Т.А., лаборант-исследователь ИПФ РАН

Исследованы различные виды левитации: левитация с помощью постоянных магнитов, левитация с помощью сверхпроводников, а также электромагнитная левитация. Произведены различные расчёты, позволяющие определить зависимости и характеристики магнитной левитации от используемых материалов. Вычислены параметры, при которых левитация возможна: магнитное поле, сила взаимодействия магнитов, длительность эффекта и граничные условия. Построены графики зависимостей. Осуществлено теоретическое исследование, проектирование, математическое моделирование, изготовление и отладка установки магнитного надвеса, позволяющего удерживать в подвешенном состоянии магнитный диск диаметром 20 мм и весом 20 г.

Проблема исследования заключается в том, что на данный момент магнитная левитация начинает активно появляться в разных сферах нашей жизни. Популярность обретают более износостойкие магнитные подшипники, вертикальные ветрогенераторы, основанные на магнитной левитации, и магнитопланы (или же Маглев). Последние являются примером перспективного развития транспортных систем и сфер быстрых поездов. И хоть все вышеперечисленные изобретения очень быстро внедряются в наш обычный порядок вещей, для нас более возможно встретить магнитную левитацию в различных сувенирах и элементах декора. К сожалению, они обладают высокой ценой, хрупки, недолговечны и «малозадачны», а о конструировании таких систем в домашних условиях сейчас известно мало, особенно об их перегрузочных параметрах.

Цель – исследование различных видов левитации, конструирование и сборка системы магнитного надвеса.

Актуальность выполненной работы заключается в том, что человечество интересовалось явлением левитации с давних времен. Раньше это казалось невозможным, но сейчас ученые доказали, что существует даже несколько способов для достижения этой цели. Использование левитации открывает перед человечеством широкие перспективы для создания новых технологий и внедрения их в жизнь. Поэтому создание системы для магнитной левитации и установки «левитрон» является актуальным.

Эффект левитации достигался тремя способами.

1. Левитация с помощью постоянных магнитов

В этом случае использовались два постоянных кольцевых ферритовых магнита Y30, один размером 55 мм х 9 мм с отверстием 22 мм, и второй - 85 мм х 9 мм с отверстием 34 мм. Первый упомянутый магнит располагается над вторым, при этом в систему включен стержень, чтобы не наблюдалось перевертывание верхнего магнита.

Здесь была изучена зависимость величины зазора между двумя магнитами от массы верхнего. Для изменения массы были сделаны «грузики», каждый весил 5 грамм. Зависимость исследовалась от 0 до 50 грамм с шагом в 5 соответственно.

Пронаблюдали функцию силы отталкивания и притяжения от расстояния между магнитами. Для этого использовались высокоточные весы с дискретностью 0,0001 г в качестве динамометра.

2. Сверхпроводниковая/квантовая левитация

Магнитная левитация по данной технологии также известна как метод Мейснера. Эффект парения достигается путем размещения магнита над сверхпроводником. Магнит будет продолжать левитировать до тех пор, пока внешние условия не изменятся и сверхпроводник не потеряет свою сверхпроводимость. В работе использовались два ВТСП (высокотемпературный сверхпроводник) разных размеров, которые были предоставлены нам ИФМ РАН. Они являются сверхпроводниками 2-ого рода составом иттрий-барий-медь.

Нужный эффект левитации достигался путем «вдавливания» магнита. При таком действии в сверхпроводнике начинали циркулировать абрикосовские вихри. Поскольку вихри Абрикосова порождают магнитное поле, то в данном эксперименте мы планировали зафиксировать время регистрации магнитного поля. Его мы регистрировали с помощью датчика магнитного поля, когда оно исчезало, вихри переставали существовать, время замеряли с помощью секундомера. Длительность удержания – 16 минут.

Изучены были и другие факторы, которые также влияли на исследуемый эффект. Например, в системе левитации на сверхпроводимости, также как и в электростатической, имеется

ограниченность в массе подвешиваемого тела. Для малого сверхпроводника максимальная масса – 81,188 г, для большого – 122,979 г.

3. Электромагнитная левитация

Данная технология подъема объекта над поверхностью подразумевает применение электромагнитных полей, создаваемых магнитными катушками и постоянно регулируемых при помощи датчиков, таких как датчик Холла, способствующий подаче и прерыванию питания на электрический магнит. Это происходит с периодичностью в доли секунды, поэтому для человеческого глаза будет казаться, что объект неподвижно левитирует в пространстве, хотя на самом деле он совершает очень быстрые колебания.

Именно с помощью данного метода была создана установка «левитрон». Она собиралась по примеру чертежа (рис. 1 и 2). В нее входят: 12 неодимовых магнитов, 4 катушки индуктивности, 2 датчика Холла и еще один неодимовый магнит, который будет располагаться сверху. В саму схему будет входить плата Arduino UNO, драйвер L298n, источник питания, операционные усилители LM-324 Op-amp, катушки индуктивности, потенциометры и макетная плата.

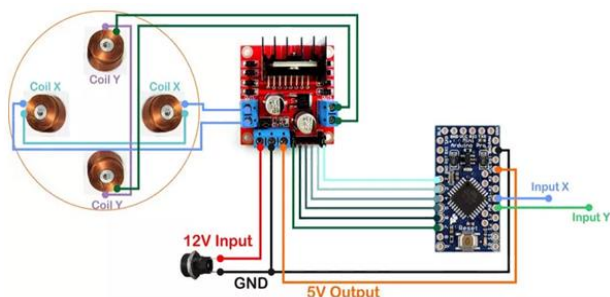


Рис. 1. Схема «левитрона» (Источник: <https://arduinoplus.ru/arduino-levitaciya/>)

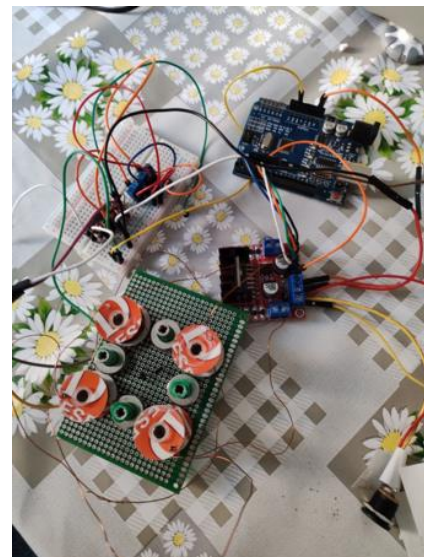


Рис. 2. Левитрон

Мы пронаблюдали для данного случая функцию силы отталкивания и притяжения от расстояния между разными парами магнитов (тем же способом, что и в случае с ферритовыми магнитами) (рис. 3).

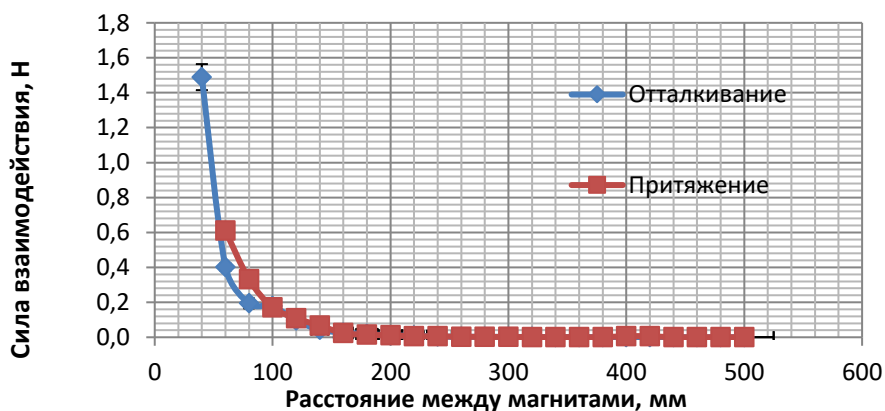


Рис. 3. Сила взаимодействия неодимовых магнитов разного диаметра

Был произведен расчет магнитного поля для каждого используемого в установке «левитрон» магнита в точках с различной удаленностью. Вычисление происходило тремя способами (рис. 4). Первое из них основывалось на законе Био-Савара-Лапласа.

Второй расчет был произведен с помощью программы ELCUT по уравнению Пуассона для плоскопараллельных задач и осесимметричного варианта.

Третий способ – датчики Холла. Вычисления происходили через модуль KY – 024 и скетч на Arduino UNO.

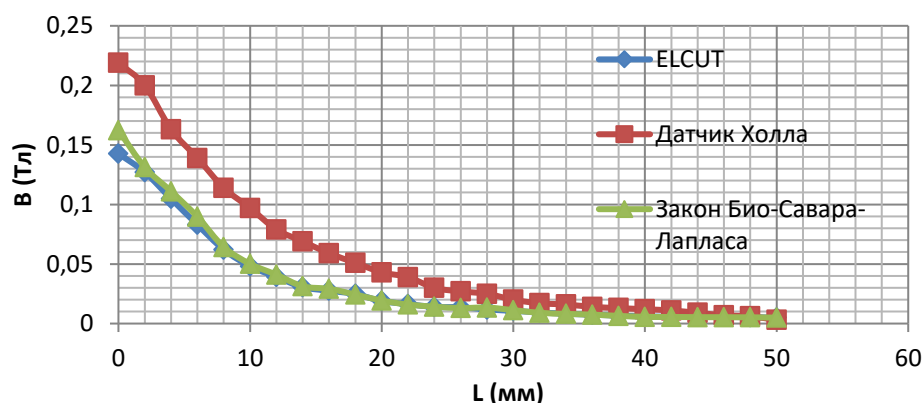


Рис. 4. Расчет магнитного поля для системы из двух неодимовых магнитов

Данные эксперименты были произведены для того, чтобы выяснить критическую массу, которую можно подвесить в разных конструкциях, а также её зависимость от различных параметров (магнитного поля, расстояния и т.д.). Также каждый опыт моделировался в программе ELCUT, где производился теоретический расчет данных, упомянутых в работе, которые также помогают выявить перегрузочные способности нашей системы. Еще эти модели могут являться наглядным представлением установки, ее составляющих и их качеств. Данные, полученные теоретически и экспериментально позволят решать задачи, связанные с проектированием надвесов, например, для создания элементов декора.

В исследовательской работе осуществлено теоретическое исследование, проектирование, математическое моделирование, изготовление и отладка установки магнитного надвеса, а также изучение других видов магнитной левитации. Работа была проделана, прежде всего, для самостоятельного изучения и знакомства с эффектом магнитной левитации, а также для применения выявленных данных в рамках инженерной задачи (та же реализация проекта левитирующей платформы), так как на данный момент в сети Интернет нет подробного объяснения конструирования «левитрона» с точными граничными и перегрузочными способностями системы. Созданная установка позволяет удерживать в подвешенном положении магнитный диск диаметром 20 миллиметров и весом 20 грамм. Данный надвес может использоваться в качестве демонстрационного экспоната в ходе учебного процесса или выставках.

В дальнейшем планируется заменить драйвер, датчики Холла и некоторые другие элементы, сделать макет для данной конструкции, повысить значение удерживаемой массы и доработать систему для возможности использовать ее в качестве элемента декора.

Литература

1. Абрикосов А.А. О магнитных свойствах сверхпроводников второй группы // ЖЭТФ, 1957. Т. 32. С. 1442.
2. Мартыненко Ю.Г. О проблемах левитации тел в силовых полях. Статья Соросовского Образовательного журнала, 1996. – С. 1 – 8.
3. Вонсовский С.В. Магнетизм. Магнитные свойства диа-, пара, ферро-, антиферро-, и ферримагнетиков. – М.: Наука, гл. ред. физ.-матем. лит. 1971. – 1032 с.