

Автономная некоммерческая общеобразовательная организа-
ция "Физтех-лицей"
(АНОО «Физтех-лицей» им. П.Л. Капицы)

XX научно-практическая конферен- ция

«Старт в инновации»

Зависимость магнитодвижущей силы от силы тока

Выполнили:

Головатская Дарья,
Власюк Элина,
8А класс

Руководитель:

Сеитов Индрей Иванович

Московская область, г. Долгопрудный

2021 г.

Оглавление

Введение	3
Основная часть	
<i>Электромагниты</i>	4
<i>Создание электромагнита из подручных материалов</i>	5
<i>Экспериментальное исследование зависимости магнитодвижущей силы от силы тока</i>	6
<i>Расчет возможности создания эффективной тормозной системы на основе проведенных экспериментов</i>	7
Заключение.....	8
Список литературы.....	9
Приложения.....	10

Введение

Наша работа в этом году началась с просмотра одного необычного ролика на YouTube, в котором рассматривался процесс магнитной левитации. Меня очень заинтересовало это явление и я предложила своей подруге Эле выполнить работу по этой теме. Нам стало интересно, можно ли создать эффект магнитной левитации с помощью электромагнита и выяснить как будет зависеть его магнитодвижущая сила от силы тока.

В настоящее время электромагниты используются во многих областях нашей жизни и мы уверены, что сможем предложить новые способы их применения, например для создания эффективных систем торможения. Мы считаем, что это обуславливает **актуальность** проведенной нами работы.

Мы выдвинули **гипотезу**: магнитодвижущая сила непосредственно зависит от силы тока и это может быть применено для создания тормозных систем.

Поставили **цель**: изучить зависимость магнитодвижущей силы от силы тока и на ее основе предложить вариант эффективной системы торможения. Для достижения поставленной цели были сформулированы **задачи**:

1. Изучить, что такое электромагнит.
2. Собрать электромагнит из подручных средств.
3. Провести эксперимент с использованием электромагнита для выявления зависимости магнитодвижущей силы от силы тока.
4. Провести эксперимент с использованием электромагнита для наблюдения явления левитации и нахождения зависимости силы отталкивания от силы тока.
5. Предложить принципиальную схему эффективного торможения на основе полученных данных.

Затем мы приступили к выполнению работы. Мы изучили различную литературу по данной теме; собрали электромагнит из металлического анкерного болта (диаметр 12мм) и катушки с эмалированным медным проводом (диаметр 0,4 мм, длина 170 м); провели эксперименты с использованием электромагнита для выявления зависимости магнитодвижущей силы от силы тока и наблюдения левитации; на основе проведенных экспериментов мы рассчитали возможность создания системы торможения для посадки истребителей на палубу авианосца. В результате проделанной работы мы сделали выводы, подтверждающие выдвинутую нами гипотезу.

В своей работе мы использовали следующие **методы исследования**:

- Анализ материалов, взятых из Интернета и печатных источников.
- Экспериментальные исследования зависимости магнитодвижущей силы от силы тока.
- Анализ и расчеты варианта системы эффективного торможения на основе проведенного исследования.

Основная часть

Электромагниты

Магниты

Наверное, каждый из нас хоть раз в жизни задавался вопросом: Что такое магнит? И почему он притягивает к себе только предметы из определенного материала, а другие - нет? Итак, для начала стоит узнать, что такое магнит. Если говорить упрощенно, то магнит - это, как правило, твёрдое тело с собственным магнитным полем, притягивающее или отталкивающее другие тела. А точнее говоря: магнит - это объект, сделанный из определенного материала, создающего магнитное поле. А магнитное поле есть особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между движущимися электрически заряженными частицами. Простейшим магнитом считается электрон, хотя магнитными свойствами также обладают другие элементарные частицы (протон, нейтрон и т.д.).

Каждый магнит имеет северный и южный полюс (Рис.1). Северный полюс одного магнита всегда притягивается к южному полюсу другого и наоборот. А вот одноименные полюса, наоборот, отталкиваются. Если вы возьмете магнит и разломите его на два кусочка, каждый кусочек опять будет иметь северный и южный полюс. Если вы вновь разломите получившийся кусочек на две части, каждая часть опять будет иметь северный и южный полюс. Вы можете продолжать так до бесконечности и неважно, насколько малы будут образовавшиеся кусочки магнитов – каждый кусочек всегда будет иметь северный и южный полюс. Невозможно добиться, чтобы образовался магнитный монополюс ("моно" означает один, монополюс – один полюс), то есть магнит с одним полюсом. [2]

Учёные начали изучать свойства магнитов лишь в средние века. Так, француз Петр Перегрин в 13 веке открыл полюса магнита, условно обозначенные как северный, из которого выходят силовые линии магнитного поля, и южный, в который эти линии входят. Полюса магнита невозможно разделить, однако благодаря им существует два вида магнитного взаимодействия – притяжение и отталкивание. В 16 веке Уильям Гилберт заявил, что сама Земля является магнитом. Наконец, в 19 веке Г.Х. Эрстед доказал наличие взаимодействия между электрическим током и магнитом, что открыло новую веху в развитии учения о магнетизме и электричестве. Позже его труды были продолжены Ампером, Фарадеем, Кельвином, Максвеллом, благодаря которым мы получили современное представление об электромагнитном взаимодействии – одной из пяти фундаментальных сил природы.[1]

Без магнитов невозможна жизнь, поскольку именно магнитное поле Земли защищает нас от солнечной радиации. Человек не смог бы путешествовать и они применяются повсюду – в носимых гаджетах, всевозможных датчиках, бытовых приборах, узлах транспортных средств, и даже в банкнотах и банковских картах.

Магниты принято делить на виды: постоянные магниты, временные магниты, электромагниты. Постоянные магниты, называемые магнитной рудой, образуются, когда руда, содержащая железо или окиси железа, охлаждается и намагничивается за счет земного магнетизма. Постоянные магниты обладают магнитным полем даже при отсутствии элек-

трического тока. Временные магниты — это магниты, которые действуют как постоянные магниты только тогда, когда находятся в сильном магнитном поле, и теряют свой магнетизм, когда магнитное поле исчезает. Электромагниты представляют собой металлический сердечник с индукционной катушкой, по которой проходит электрический ток.

Как же магнит притягивает к себе те или иные предметы? Начнем по порядку. Магниты состоят из миллионов молекул, объединенных в группы, которые называются доменами. Каждый домен — маленький магнитик, он имеет свой южный и северный полюс и свое магнитное поле. В обычном железе тоже имеются домены, но они повернуты в разных направлениях, из-за этого силы магнитного притяжения от каждого из этих доменов взаимно компенсируют друг друга, поэтому обычное железо не проявляет магнитных свойств. А в постоянных магнитах, они выстроены в одном направлении, поэтому их силы магнитного притяжения складываются, образуя постоянный магнит.[2]

Электромагниты

Кроме постоянных магнитов есть электромагниты, которые имеют огромное преимущество: их можно выключить, отключив электроэнергию. Такие магниты запускают турбины, двигатели, дрели, игрушки и многое другое. Электромагнитом называют прибор, который приобретает свойства магнита при прохождении через него электрического тока[4].

Электромагниты представляют собой металлический сердечник с индукционной катушкой, по которой проходит электрический ток.

Энергия W магнитного поля катушки с индуктивностью L , создаваемого током I , равна

$$W = \frac{L * I^2}{2}$$

Энергия магнитного поля показывает, какую работу затратил электрический ток в проводнике (катушке индуктивности) на создание этого магнитного поля. Естественно эта энергия будет напрямую зависеть от индуктивности проводника, вокруг которого магнитное поле создается. [5]

Магнитодвижущая сила

Магнитодвижущая сила (МДС) — физическая величина, характеризующая способность электрических токов создавать магнитные потоки. Используется при расчётах магнитных цепей; является аналогом ЭДС в электрических цепях.

Величина измеряется в амперах (СИ) или же в гилбертах (СГС), причём $1 \text{ А} = \frac{4\pi}{10} \text{ Гб} \approx 1,257 \text{ Гб}$. На практике для обозначения единицы МДС часто используется термин «ампервиток», численно равный единице в СИ.

Магнитодвижущая сила F в катушке или электромагните вычисляется по формуле

$$F = w * I$$

где w — количество витков в обмотке, I — ток в проводнике.[3]

Создание электромагнита из подручных материалов

Изучив теоретическую литературу, мы приступили к практической части.

Сначала нам предстояло собрать свой электромагнит. Для его создания нам понадобился сердечник (для него мы взяли металлический анкерный болт диаметром 12 мм) и

катушка с намотанной медной проволокой диаметром 0,4 мм, длиной 170 м, (примерное количество витков 2000), лабораторный блок питания ELEMENT PSN-305D с максимальным напряжением 30 V и максимальной силой тока 5A.

Мы вставили сердечник в катушку с намотанной проволокой, т.к. диаметр проволоки слишком маленький, а нам нужно было измерять сопротивление и подавать напряжение на нее, мы для удобства припаяли к ее концам кусочки проволоки большего диаметра. Следующим шагом мы измерили сопротивление при помощи мультиметра, поставленного в режим омметра (Рис.2). Оно оказалось равным 23,6 Ом. Затем мы подсоединили наше устройство к лабораторному блоку питания. Наш электромагнит был готов, осталось только проверить его работоспособность. При выключенном блоке питания наш электромагнит ничего не магнитил, но как только мы включили устройство и установили минимальное напряжение, наш электромагнит заработал и стал притягивать металлические предметы. Можно было приступить к проведению экспериментов.

Экспериментальное исследование зависимости магнитодвижущей силы от силы тока

Первый эксперимент заключался в следующем:

мы взяли электромагнит, лабораторный источник питания, железную гайку и ручные весы для взвешивания ВБ-10, до 10 кг с ценой деления 0.1 кг. Гайку зацепили за крючок весов и поднесли к электромагниту. Меняя силу тока в обмотке электромагнита, мы замеряли какое усилие надо для того, чтобы гайку оторвать от сердечника магнита (Рис. 3-8). Показания занесены в Таблицу 1. Силу мы рассчитали как $F = \text{Показания весов} * 10 \text{ Н/кг}$. На основе данных таблицы мы нарисовали график зависимости силы притяжения металлической гайки к электромагниту от напряжения на обмотке (Рис.9).

Второй эксперимент состоял в определении зависимости высоты подъема неодимового магнита от силы тока.

Для опыта мы взяли электромагнит, лабораторный источник питания, неодимовый магнит в форме кольца массой 50 грамм, карандаш с нанесенными делениями по 1 см. Неодимовый магнит свободно надевался на карандаш. Мы зафиксировали карандаш с надетым магнитом вертикально к торцу сердечника электромагнита. Меняя напряжение, мы отмечали высоту подъема неодимового магнита (Рис.10-15). Полученные в результате эксперимента данные мы занесли в Таблицу 2. На основе данных таблицы был построен график зависимости высоты подъема неодимового магнита от напряжения (Рис.16).

Основываясь на данных этого эксперимента можно сделать вывод, что магнитное поле сильно убывает по мере отдаления неодимового магнита от электромагнита.

Необходимая потребляемая мощность ($N=U*I$) на удержание массы 50 грамм: от 3.67 Вт до 30.33 Вт.

Расчет возможности создания эффективной тормозной системы на основе проведенных экспериментов

На основе проведенных нами экспериментов мы решили, что неплохой областью применения электромагнита может быть система торможения. Проанализировав информацию о системах торможения в различных видах транспорта мы выяснили, что в настоящее время наибольшей доработки требует система торможения самолетов-истребителей совершающих посадку на палубу авианосца. В настоящее время она представляет из себя трос, который натянут на высоте 10-15 см от взлетно-посадочной полосы, тормозных барабанов и гидравлических систем, которые регулируют силу натяжения троса и препятствуют его разрыву. Мы предполагаем, что данную систему торможения может улучшить использование электромагнитов, которые смогут сделать систему торможения более эффективной.

Расчеты для торможения палубного истребителя:

Мы приняли массу самолета 30 тонн. Чтобы получить нужную силу нам понадобится схема из электромагнитов: NS-SN-NS-SN-...-NS, которая работает по принципу пружины. Чтобы обеспечить эффективную систему торможения, вначале необходимо, чтобы сила была меньше и по мере сброса скорости самолета увеличивалась. Рассчитаем мощность в самом начале процесса торможения. В качестве отправной точки возьмем данные полученные нами в эксперименте с неодимовым магнитом:

0.05 кг – 3.67 Вт, тогда для 30000 кг – X Вт, где $X = 30000 \text{ кг} * 3.67 \text{ Вт} / 0.05 \text{ кг} = 2202 \text{ кВт}$

Это достаточно большая потребляемая мощность, поэтому вместе с электромагнитами нужно использовать еще и гидравлическую систему, которая позволит снизить потребляемую мощность, а система из электромагнитов даст эффективность торможения, в том числе по расстоянию, которое необходимо для посадки самолета.

Заключение

В ходе проделанной работы мы выяснили что из себя представляет электромагнит, собрали его из подручных материалов, провели эксперименты, показывающие зависимость магнитодвижущей силы от силы тока и на их основе предложили вариант эффективной системы торможения, то есть поставленная цель была достигнута.

Все задачи также были успешно решены в ходе работы:

- Мы изучили теоретический материал и выяснили, что из себя представляет электромагнит.
- Нам удалось собрать рабочий образец электромагнита из подручных материалов.
- Мы провели эксперименты с использованием электромагнита для выявления зависимости магнитодвижущей силы от силы тока и наблюдения явления левитации с нахождением зависимости силы отталкивания от силы тока.
- Предложили схему эффективного торможения на основе полученных в результате проведенных экспериментов данных.

В результате проделанной работы мы подтвердили гипотезу о том, что магнитодвижущая сила непосредственно зависит от силы тока и это может быть применено для создания тормозных систем самолетов истребителей совершающих посадку на палубу авианосца.

Список литературы:

1. А. С. Краткий справочник по физике. – 2-е изд., перераб и доп. – М.: Высшая школа, 1976
2. Г. С. Ландсберг. Элементарный учебник физики. Том 2. М., Наука, 1976
3. Савельев И. В. Курс общей физики: Учеб. пособие. В 3-х т. Т. 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. – 3-е изд., испр. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988
4. <https://yandex.ru/turbo/ruselectronic.com/s/magnetic-field/>
5. <http://www.sxemotehnika.ru/energiya-magnitnogo-polya>.

Рис.1

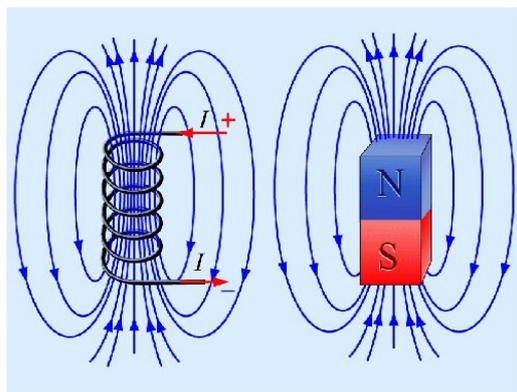


Рис.2

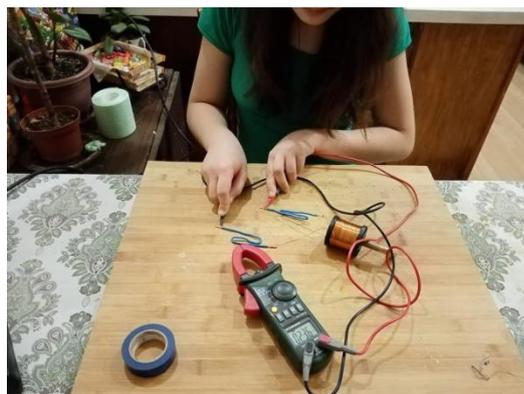


Рис.3-8

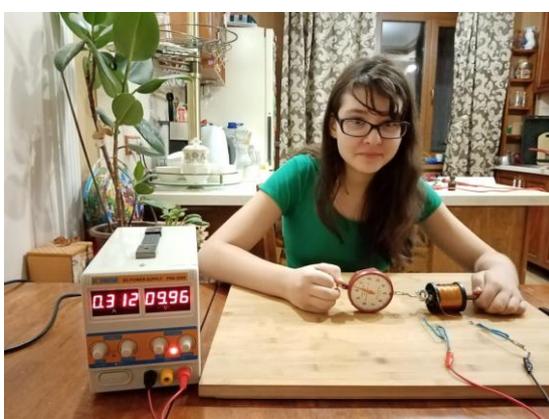
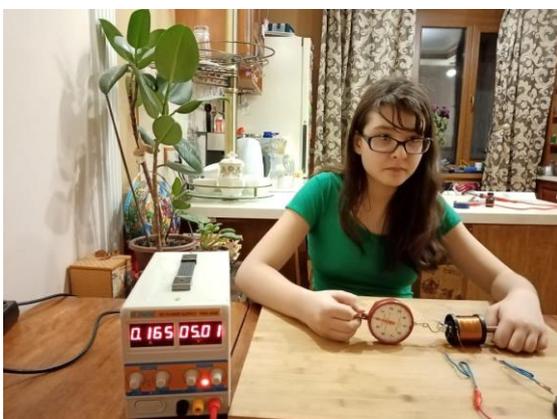


Таблица 1

Напряжение, <i>B</i>	Сила тока, <i>A</i>	Показания весов, <i>кг</i>	Сила = Показания весов * 10Н/кг, <i>H</i>
5	0,165	0,2	2
10	0,312	0,5	5
15	0,456	1,0	10
20	0,608	1,4	14
25	0,762	1,8	18
30	0,936	2,0	20

Рис. 9



Рис.10-15





Таблица 2

<i>Напряжение, В</i>	<i>Сила тока, А</i>	<i>Высота, см</i>
5	0,180	0
10	0,367	1,5
15	0,537	2,5
20	0,712	3,0
25	0,869	3,2
30	1,011	3,3

Рис.16

