ГБОУ «Академическая гимназия №56»,

Петроградский район г. Санкт- Петербург

**Учебно-исследовательская работа**

**Получение ферромагнитной жидкости и изучение ее свойств**

ВЫПОЛНИЛ: СУВОРОВ АРСЕНИЙ

ученик 10 «И» класса

ГБОУ «Академическая гимназия №56», СПб

РУКОВОДИТЕЛИ: ФЕДЮКИНА ЛЮДМИЛА ПАВЛОВНА,

учитель высшей категории, ЛОБАНОВА ЮЛИЯ ОЛЕГОВНА, учитель высшей категории

г. Санкт- Петербург

2023

**Содержание**

Введение……………………………………………………………………..5

Глава I

1.1 История открытия Ферромагнитной жидкости …………………………5

1.2 Структура магнитной жидкости ее основные характеристики…………6

1.3 Методы изготовления феррожидкостей………………………………….7

1.4 Области применения феррожидкостей……………………….…………..8

Глава II Экспериментальная часть

2.1 Методика получение Ферромагнитной жидкости в лабораторных условиях……………………………………………………………………………….11

2.2 изучение свойств электромагнитной жидкости………….………………13

2.3 Изучение свойств полученной ферромагнитной жидкости……………..15

Заключение и выводы………….………………………………………………18

Список литературы…………………………………………….…..…………..19

**Актуальность темы.**

Ферромагнитная жидкость – это уникальный технологический искусственно синтезированный материал, обладающий жидкотекучими и магнитоуправляемыми свойствами с широкими перспективами применения в технике, медицине, экологии.

Ферромагнитная жидкость обладает всеми преимуществами жидкого материала – малым коэффициентом трения в контакте с твердым телом, возможностью проникать в микрообъемы, способностью смачивать практически любые поверхности и др.

В то же время, магнитоуправляемость магнитной жидкости позволяет удерживать её в нужном месте устройства под действием магнитного поля.

Для магнитных жидкостей придумали множество полезных применений: для уплотнения валов и поршней, для «вечной» смазки, для сбора нефти, разлитой на воде, для обогащения полезных ископаемых, для лечения и диагностики многих болезней и даже для прямого превращения тепловой энергии в механическую.

Мне стало интересно узнать, как же все это происходит. И я решил написать исследовательскую работу, а так же провести несколько увлекательных и наглядных опытов посвященных этой очень интересной теме.

**Проблема:**

Несмотря на широкие перспективы применения магнитной жидкости, мы недостаточно знаем о способах её получения и магнитных свойствах.

**Цель:**Получить в лаборатории ферромагнитную жидкость, исследовать её свойства и области применение

**Задачи:**

1. Изучить теоретический материал о магнитных жидкостях и их свойствах в неорганической химии

2. Получить магнитную жидкость в школьной лаборатории

3. Исследовать магнитные свойства полученной жидкости в разных средах

4. Проанализировать поведение ферромагнитной жидкости

**Гипотеза:** Ферромагнитная жидкость сохраняет свои свойства в разных средах и может применяться для очистки воды от нефти

**Объект исследования:**

Ферромагнитная жидкость, изготовленная в лабораторных условиях.

**Предмет исследования:**

Свойства ферромагнитной жидкости в разных средах.

**Методы исследования:**

1) Работа с источниками.

2) Эксперименты и наблюдения.

3) Анализ полученных результатов

**Введение**

Нанохимия магнитных материалов – одно из наиболее активно развиваемых направлений современной нанонауки. Магнитные наноматериалы, к которым относятся и магнитные жидкости, обладают огромным потенциалом и несут в себе если не технологическую революцию, то множество важных фундаментальных открытий и перспективных технологических применений.

Ферромагнитная жидкость (от латинского *ferrum* – железо) – жидкость, сильно поляризующаяся в присутствии магнитного поля.

Ферромагнитные жидкости состоят из частиц нанометровых размеров (обычный размер 10 нм и меньше) материала, содержащего железо, взвешенных в несущей жидкости. Они достаточно малы, чтобы тепловое движение распределило их равномерно по несущей жидкости, чтобы они давали вклад в реакцию жидкости в целом на магнитное поле.

Поэтому основные технологии получения ферромагнитных жидкостей и применение их в различных областях науки и техники, биологии и медицины, экологии являются, безусловно актуальными. И представляют большой интерес для специалистов. Перспективы применения ферромагнитной жидкости неисчерпаемы.

**1.1 История открытия Ферромагнитной жидкости**

Магнитные жидкости были почти одновременно синтезированы в США и России в середине 60-х годов двадцатого века. Первые магнитные жидкости были получены американцем Соломоном Стивеном Пайпеллом, в результате механического измельчения частиц магнетита в шаровых мельницах. Он запатентовал своё изобретение в 1963-м и в 1965 году.

 Измельчение проводили в присутствии поверхностно-активного вещества в течение 1000 часов.  Магнетитовая пудра смешивалась с жидкой основой (керосином) и ПАВ (олеиновой кислотой), содержание которого составляло 10 – 20 % объёма основы. Разовая загрузка магнетита в жидкую фазу не превышала 0,2 кг/л. Такое соотношение между магнетитом и поверхностно-активным веществом создавало благоприятные условия для получения мономолекулярного защитного слоя на каждой частице, средний размер которой в конечном продукте составлял около 10 нм. Р. Кайзер усовершенствовал описанный процесс и получил магнитные жидкости на воде, органических основах   и эфирах.

В СССР родоначальником магнитожидкостных технологий был Дмитрий Васильевич Орлов. В 1965 году по инициативе профессора Орлова и под его руководством начались работы по созданию магнитных жидкостей и герметизирующих устройств на их основе.

В настоящее время магнитные жидкости активно изучают в большинстве развитых стран мира.

**1.2 Структура магнитной жидкости ее основные характеристики**

Ферромагнитные жидкость (от латинского ferrum - железо) - жидкость, сильно поляризующаяся в присутствии магнитного поля. Ферромагнитные жидкости состоят из частиц нанометровых размеров (обычный размер 10 нм и меньше) материала, содержащего железо, взвешенных в несущей жидкости. Они достаточно малы, чтобы тепловое движение распределило их равномерно по несущей жидкости, чтобы они давали вклад в реакцию жидкости в целом на магнитное поле.

Ферромагнитные жидкости – это коллоидные растворы – вещества, обладающие свойствами более чем одного состояния материи. В данном случае два состояния – это твёрдый металл и жидкость, в которой он содержится. Эта способность изменять состояние под воздействием магнитного поля позволяет использовать ферромагнитные жидкости в качестве уплотнителей, смазки, а также может открыть другие применения в будущих наноэлектромеханических системах.

Ферромагнитные жидкости не проявляют ферромагнитных свойств, поскольку не сохраняют остаточной намагниченности после исчезновения внешнего магнитного поля. Ферромагнитные жидкости являются парамагнетиками и их часто называют «суперпарамагнетиками» из-за высокой магнитной восприимчивости.

**Магнитные свойства феррожидкостей**

Под воздействием довольно сильного вертикально направленного магнитного поля поверхность жидкости с парамагнитными свойствами самопроизвольно формирует регулярную структуру из складок. Этот эффект известен как «нестабильность в нормально направленном поле». Формирование складок увеличивает свободную энергию поверхности и гравитационную энергию жидкости, но уменьшает энергию магнитного поля. Такая конфигурация возникает только при превышении критического значения магнитного поля, когда уменьшение его энергии превосходит вклад от увеличения свободной энергии поверхности и гравитационной энергии жидкости. У ферромагнитных жидкостей очень высокая магнитная восприимчивость, и для критического магнитного поля, чтобы возникли складки на поверхности, может быть достаточно маленького стержневого магнита.

**1.3 Методы изготовления феррожидкостей**

Способы получения коллоидных систем магнитных жидкостей можно разделить на методы диспергирования и методы конденсации. Методы диспергирования заключаются в измельчении грубых частиц твердых тел до коллоидных размеров. Конденсационные методы основаны на соединении отдельных молекул или ионов растворенного вещества в агрегаты коллоидных размеров. Для того чтобы создать устойчивость подобной жидкости, необходимо связать ферромагнитные частицы с ПАВ (поверхностно-активным веществом) - оно создает так называемую защитную оболочку вокруг частиц, что не допускает их слипания, благодаря Ван-дер-Ваальсовым или магнитным силам.

**1.4 Области применения феррожидкостей**

Ферромагнитные жидкости не проявляют ферромагнитных свойств, поскольку не сохраняют остаточной намагниченности после исчезновения внешнего магнитного поля. Ферромагнитные жидкости являются парамагнетиками и их часто называют «суперпарамагнетиками» из-за высокой магнитной восприимчивости.Ферромагнитная жидкость способна снижать трение. Нанесенная на поверхность достаточно сильного магнита, например, неодимового, она позволяет магниту скользить по гладкой поверхности с минимальным сопротивлением.

Ferrari использует магнитореологические жидкости в некоторых моделях машин для улучшения возможностей подвески. Под воздействием электромагнита, контролируемого компьютером, подвеска может мгновенно стать более жесткой или более мягкой. Помимо Ferrari, подобные разработки уже давно нашли применение в автомобилях Audi, Cadillac, BMW и других.

NASA проводило эксперименты по использованию ферромагнитной жидкости в замкнутом кольце как основу для системы стабилизации космического корабля в пространстве. Магнитное поле воздействует на ферромагнитную жидкость в кольце, изменяя момент импульса и влияя на вращение корабля.

Ведется много экспериментов по использованию ферромагнитных жидкостей для удаления опухолей. Сильный магнит, расположенный рядом со звуковой катушкой, которая выделяет тепло, притягивает холодную жидкость сильнее, чем горячую, увлекая горячую жидкость от катушки к кулеру. Это эффективный метод охлаждения, который не требует дополнительных затрат энергии.

Применение магнитной жидкости для уплотнения вращающихся валов позволяют существенно увеличить ресурс механизмов и снизить уровень шума. В некоторых механизмах применение магнитожидкостных уплотнителей не имеют альтернативы, так-как имеют абсолютную герметичность. Утечки через магнитножидкостные уплотнения полностью исключены. Наиболее широко ее применяют для уплотнения и герметизации зазоров между движущимися частями машин.

Одной из областей применения магнитных жидкостей является их использование в качестве магнитных смазок. В чем преимущества магнитных жидкостей по сравнению с традиционными смазками? МЖ на основе масла по сравнению с тем же маслом снижает трение на 20% эффективнее.

Трение минимально, поскольку основой МЖ является масло, а размер содержащихся в ней твердых частиц на несколько порядков меньше шероховатостей идеально отполированных трущихся деталей. Дополнительным преимуществом использования МЖ в качестве смазок заключается в том, что магнитные жидкости, удерживаемые магнитным полем, не будут вытекать из агрегата. Кроме того, магнитные жидкости будут препятствовать попаданию, например, в подшипники посторонних немагнитных частиц, т.к. МЖ под воздействием магнитного поля выталкивают немагнитные материалы.

«Ferrari» использует ферромагнитные жидкости в некоторых моделях машин для улучшения возможностей подвески. Под воздействием электромагнита, контролируемого компьютером, подвеска мгновенно может стать более твердой или более мягкой.

Противоопухолевые препараты, к примеру, вредны для здоровых клеток. Но если их смешать с магнитной жидкостью и ввести в кровь, а у опухоли расположить магнит, магнитная жидкость, а вместе с ней и лекарство, сосредоточиваются у пораженного участка, не нанося вреда всему организму. Также можно перемещать в организме ферменты.

Магнитные коллоиды можно применять в качестве контрастного средства при рентгеноскопии. Обычно при рентгеноскопической диагностике желудочно-кишечного тракта пользуются кашицей на основе сернокислого бария. Если учесть, что коллоидные ферритовые частицы активно поглощают рентгеновские лучи, то можно говорить об использовании магнитных жидкостей в качестве рентгеноконтрастных веществ для диагностики полых органов. Bce процедуры при этом существенно упрощаются. Кроме того, известны предложения о применении МЖ в качестве управляемого рентгеноконтрастного вещества для исследования скорости движения крови.

Магнитные жидкости могут использоваться в хирургии. Если расположить постоянный магнит в том месте, где хирург должен делать разрез, то пробка из магнитной жидкости, введенной шприцем в вену или артерию, будет перекрывать ток крови после разреза.

Магнитоуправляемые частицы магнетита используются для лечения рака. Этот метод лечения (**гипертермия**) основан на том, что под действием переменного магнитного поля частицы магнетита разогреваются, подавляя рост раковых клеток*.*

В экологии огромный интерес для исследователей представляет возможность очистки сточных вод от нефтепродуктов с помощью магнитных жидкостей. В основе процесса лежит принцип омагничивания нефтепродуктов путем добавления магнитной жидкости в сточные воды и последующего отделения омагниченных нефтепродуктов специальными магнитными системами.

Магнитную жидкость можно применять для сбора различных нефтепродуктов на поверхности морей, океанов, озер. Часто случается так, что человек не в состоянии предотвратить загрязнение нефтепродуктами поверхности воды, например, при аварии танкера с нефтью, когда громадное пятно покрывает многие квадратные километры моря, загрязняя все вокруг. Очистка воды от таких загрязнений – дело очень трудное, долгое и не всегда выполнимое. Но и здесь помогает магнитная жидкость. На разлившееся пятно с вертолета разбрызгивают небольшое количество магнитной жидкости, которая быстро растворяется в нефтяном пятне, затем в воду погружают сильные магниты, и пятно начинает стягиваться в точку, здесь же его откачивают насосы. Вода вновь становится чисто

**2.1 Методика получение Ферромагнитной жидкости в лабораторных условиях**

Для получения ферромагнитной жидкости в лаборатории существует основные два этапа: первый − получение высокодисперсных частиц магнетика; второй − стабилизация частиц магнетика жидкости- с использованием диспергирующего вещества, которое обеспечивает устойчивость магнитной жидкости. В качестве диспергирующих веществ могут быть использованы различные поверхностно-активные вещества (ПАВ

Это создает так называемую защитную оболочку вокруг частиц, и не допускает их слипания, благодаря Ван-дер-Ваальсовым или магнитным силам.

Чтобы обволакивать частицы в ферромагнитной жидкости используются следующие ПАВ:

Олеиновая кислота **C₁₇H₃₃COOH**

Гидроксид тетраметиламмония (**CH₃)₄NOH**

Полиакриловая кислота **(C₂H₃COOH)n, (CH₂-CH-COOH)n**

Лимонная кислота C₆H₈O₇, HOOC-CH₂-C(OH)COOH-CH₂COOH

ПАВ препятствуют слипанию частиц, мешая им образовать слишком тяжелые кластеры, которые не смогут удерживаться во взвешенном состоянии за счет броуновского движения. В идеальной ферромагнитной жидкости магнитные частицы не оседают даже в очень сильном магнитном или гравитационном поле. Молекулы ПАВ имеют полярную «головку» и неполярный «хвост» (или наоборот); один из концов адсорбируется к частице, а другой прикрепляется к молекулам жидкости-носителя, образуя, соответственно, обычную или обратную мицеллу вокруг частицы. В результате пространственные эффекты препятствуют слипанию частиц. Полиакриловая, лимонная кислоты и их соли формируют на поверхности частиц двойной электрический слой в результате адсорбции полианионов, что приводит к возникновению кулоновских сил отталкивания между частицами, повышающей стабильность жидкости на водной основе.

**Реактивы и оборудование для проведения эксперимента**

**Реактивы:**

* Соли двух- и трѐхвалентного железа (хлориды FeCl2, FeCl3 или сернокислые FeSO4, Fe2(SO4)3).
* Аммиачная вода 25%-ной концентрации (нашатырный спирт).
* Натриевая соль олеиновой кислоты (олеиновое мыло) в качестве ПАВ или моющие средства с низким пенообразованием
* Дистиллированная вода

**Оборудование:**

* Электронные весы
* Колбы объемом 250 мл.
* Химический стакан.
* Фильтровальная бумага
* Воронка
* Сильный электромагнит
* Электроплитка
* Фарфоровый стаканчики на 150–200 мл.
* Термометр с диапазоном измерения температуры до 100°С.
* Индикаторная бумага

**2.2 Методика проведения эксперимента:**

Способ получение ферромагнитной жидкости.

* В колбу наливаем 250 мл дистиллированной воды при слабом нагреве и легком помешивании высыпаем 12 г хлорида железа (III) и 6 г семиводного кристаллогидрата сульфата железа(II)
* Фильтруем полученную смесь для получения прозрачного раствора коньячного цвета
* В чистую колбу, предварительно промыв еѐ дистиллированной водой осторожно приливаем 65мл аммиачной воды
* В колбу с аммиачной водой. при интенсивном встряхивании, прибавляем отфильтрованный раствор смеси соединений железа. Происходит реакция и цвет раствора изменяется на черный. Затем доливаем немного дистиллированной воды и ставим колбу с образовавшейся смесью на постоянный сильный магнит на полчаса.
* Через полчаса, осторожно, придерживая магнит у дна, сливаем воду с поверхности. После промывания приливаем еще дистиллированной воды. Колбу снова ставим на магнит еще на полчаса, повторяем до тех пор, пока универсальная индикаторная бумага не покажет значения pH раствора 7.5–8.5 (злёная окраска) затем фильтруем раствор.
* Взвешиваем 3.75 граммов хозяйственного мыла (72%) и смешиваем его с полученным отфильтрованным раствором. (можно также взять другой ПАВ, например)
* Полученную смесь помещаем в фарфоровый стакан и, хорошо перемешиваем, нагревая на электрической плитке в течение часа при температуре не выше 80°С
* Полученную кашеобразную массу чёрного цвета охлаждаем до
* комнатной температуры. Затем доливаем 25 – 35 мл дистиллированной воды и тщательно размешиваем получившуюся коллоидную систему.
* Полученную массу отстаиваем в прохладном месте без яркого освещения в течение 2 3 дней
* Полученную магнитную жидкость помещаем в химический стакан и поднесём снаружи магнит, проверяя жидкость на содержание посторонних частиц
* Хранить водную магнитную жидкость в светонепроницаемой таре в прохладном месте

**Реакция получения феррофлюида**

FeSO4\*7H2O + 2FeCl3\*6H2O + 8NH3\*H2O = Fe3O4 + NH4Cl + (NH4)2SO4 + 20H2O

**2.3 Изучение свойств полученной ферромагнитной жидкости**

2.3.1. Изучение физических свойств

Опыт №1 «Определение физических свойств магнитных жидкостей: внешний вид, цвет, запах, консистенция».

Результаты представлены в таблице 1.

|  |  |
| --- | --- |
| Смесь | Внешний вид (цвет, запах, консистенция) |
| Смесь с добавлением моющего средства хозяйственного мыла | Жидкая, неоднородная (с отдельными частицами), черная жидкость с запахом хозяйственного мыла |
| Стандартный образец феррожидкости | Жидкая, однородная, тёмно-коричневая жидкость, с техническим запахом |

**Вывод:**

полученные нами магнитные жидкости имеют разные физические свойства.

2.3.2. Изучение магнитных свойств

**Опыт №1**. След магнитной жидкости. Переливались полученные смеси в разные пробирки, и подносился магнит. При движении магнита, смеси поднимались вслед за магнитом, оставляя след на стенках пробирки.

Результат: смесь с добавлением хозяйственного мыла оставляла черный неоднородный след (оставались частицы) на стекле, а смесь стандартная однородный, коричневый след.

**Опыт №2**. Получение шипов на поверхности магнитной жидкости. Для получения известных «ежей» переливалась магнитная жидкость в чашку Петри, и подносился магнит.

Результат: смесь заметно вспучивалась, но не покрывалась шипами в отличие от стандартной, которая покрывалась шипами

**Опыт №3**

Проверить реакцию ферромагнитной жидкости на магнит в различных средах, и сравнивать свойства жидкости, произведенной самостоятельно со свойствами контрольной жидкости (имеющийся в школьной лаборатории).

Опыт проводился в разных средах: в воде, в 96% спирте, в растительном масле и без среды.

Сначала проверим свойства чистой жидкости (без среды). При поднесении магнита к жидкости:

- полученная жидкость собирается в каплю,

- стандартная ферримагнитная жидкость покрывается своеобразными "шипами".

В воде свойства и моей и школьной жидкости аналогичные. В спирте тоже.

Также, когда мы наливаем жидкость в пятно нефти на воде, и затем подносим магнит, нефть концентрируется вместе с жидкостью

Таблица 1. Изучение ферромагнетика в различных средах

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Среда | Свойства ферромагнетика |
| 1 | Водная с большой концентрацией ферромагнетика | Жидкость очень хорошо «тянется» за магнитом |
| 2 | Водная с малой концентрацией ферромагнетика | Свойства выражены слабее, чем в предыдущем случае, след на стенках стекла остается менее заметным |
| 3 | Спирт этиловый 96% р-р | Свойства проявляются, частицы собираются в сгусток, который с помощью магнита легко перемещается в объеме пробирки. |
| 4 | Нефтяное разлитое пятно | Свойства проявляются, жидкость «тянется» за магнитом, собираясь в концентрированное пятно |
| 5 | Подсолнечное масло |  |

В результате исследования свойств стандартная жидкость показала лучшие результаты, но обе жидкости сохраняют свои магнитные свойства.

**Опыт №4** Намагничивание фильтрованной бумаги.

Брались кусочки фильтрованной бумаги, пропитывались изготовленной смесью и стандартной, высушивалась.

Результаты: при поднесении магнита, бумага, пропитанная стандартной смесью «подпрыгивала» и «прилипала» к магниту. Бумага, пропитанная смесью с добавлением хозяйственного мыла, проявляла такие же свойства, но при более близком контакте к магниту. Следовательно, частицы магнитной фазы, заполнив поры бумаги, придали более слабые магнитные свойства.

**Заключение**

В результате проведённой работы я получил ферромагнитную жидкость и провёл наблюдения за изменениями, которые получает ферромагнитная жидкость под действием магнитного поля.

Я узнал, что ферромагнитная жидкость обладает удивительными свойствами и уже сейчас широко применяется в различных областях науки, техники, медицины, и может иметь еще большее применение в будущем.

Я бы хотел проверить, действительно ли под воздействием довольно сильного вертикально направленного магнитного поля поверхность жидкости с парамагнитными свойствами самопроизвольно формирует регулярную структуру из складок.

**Выводы**

На основе анализа научной литературы и проведенной опытно экспериментальной работы было установлено, что:

• вопросами изучения ферромагнитной жидкости начали активно заниматься только последние 30 лет, хоть и была она открыта еще в середине ХХ века;

• феррромагнитную жидкость можно приготовить в лабораторных условиях школы;

• при создании ферромагнитной жидкости в лаборатории можно использовать длительное отстаивание, хотя магнитные свойства после этого выражаются слабее, чем от центрифугирования;

• магнитные свойства ферромагнетита сохраняются в разных средах, но среда влияет на силу намагничивания;

• на опыте проверена сохранность магнитных свойств в течении недели

также проверили возможность использования ферромагнитной жидкости в операциях.

**Список литературы:**

1. Брук Э.Т., Фертман В.Е. «Ёж» в стакане. Магнитные материалы: от твёрдого тела к жидкости. - Минск, Вышейшая школа, 1983.
2. Авдеев М.В., Аксенов В.Л. Малоугловое рассеяние нейтронов в структурных исследованиях магнитных жидкостей /УФН. – 2010.- Т. 180.- С. 1009-1034.
3. Материал из Википедии – свободной энциклопедии. Категория: магнетизм. [Электронный ресурс] http://ru.wikipedia.org/wiki/Ферромагнитная\_жидкость