

# ФЕРРОМАГНИТНЫЕ ЖИДКОСТИ

Исполнитель:  
Измоденова Дарья Игоревна  
Ученица 11 «А»  
МБОУ СОШ №151



# Введение

Все мы привыкли к тому, что магнитными свойствами обладают только твердые тела. А возможно ли создать жидкий магнит? Оказывается, возможно. Жидким магнитом можно назвать ферромагнитную жидкость, которая способна проявлять магнитные свойства, находясь в магнитном поле.



Цели -получить магнитную жидкость, узнав как можно больше о ней, какие свойства и особенности присутствуют в этой жидкости, в каких областях она применяется

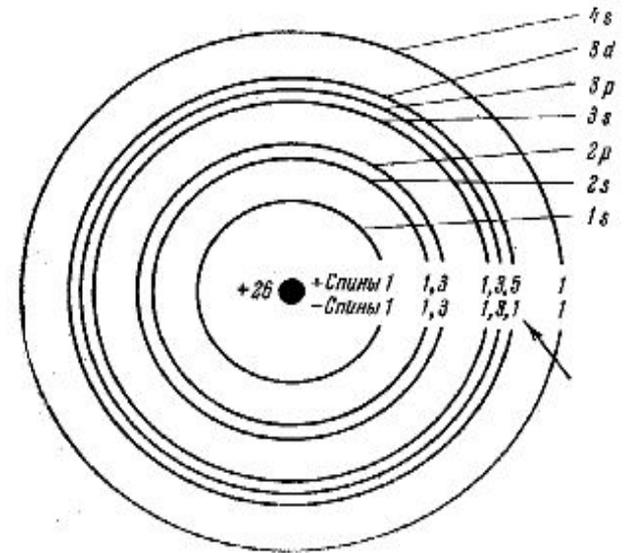
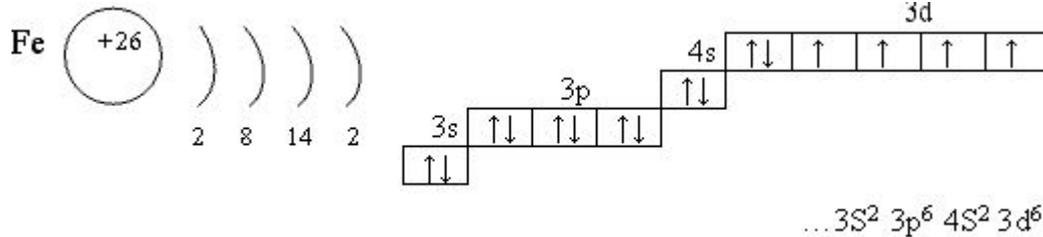
## Задачи:

- 1)анализ научной литературы и интернет-ресурсов о предмете исследования;
- 2)получение магнитной жидкости в условиях школьной лаборатории;
- 3)выявление проводимости магнитной жидкости под влиянием внешнего магнитного поля;
- 4)рассмотрение свойств магнитной жидкости;
- 5)оценка результатов практической деятельности.

# Почему железо обладает магнитными свойствами

- Электронная формула атома железа:

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$



Расположение слоев и спин атома железа

Элемент	Диаметр атома	Диаметр незаполненного слоя d, А	Отношение a/d	Примечание
Марганец	2,52	1,71	1,47	Не ферромагнитен
Железо	2,50	1,53	1,47	Ферромагнитен
Никель	2,50	1,27	1,97	Ферромагнитен
Платина	2,77	2,25	1,23	Не ферромагнитен
Гадолиний	3,35	1,08	3,10	Ферромагнитен

Таблица «Отношение диаметра атома в кристаллической решетке к диаметру незаполненного слоя»

***ЧТО ТАКОЕ МАГНИТНАЯ  
ЖИДКОСТЬ?***

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



Ферромагнитные жидкости представляют собой коллоидные системы, состоящие из ферромагнитных частиц находящихся во взвешенном состоянии в несущей жидкости

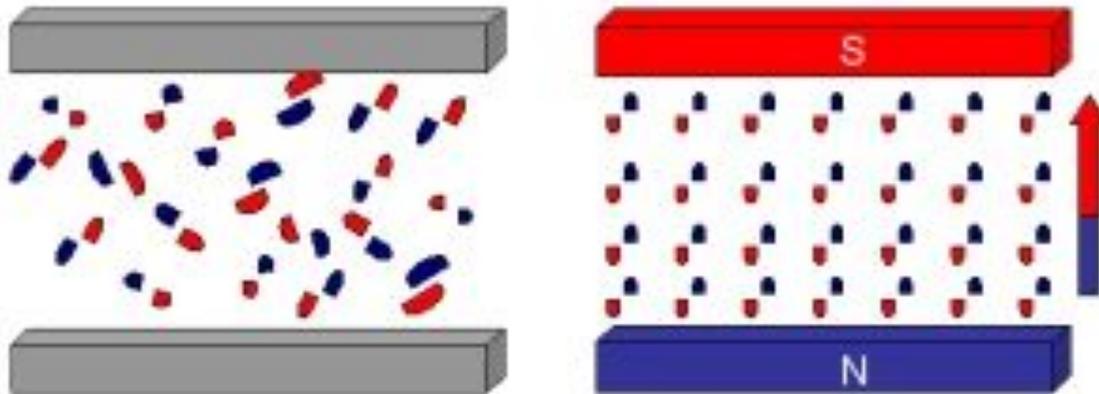


Рис. 1. Положение магнитных частиц в жидкости-носителе: а) в отсутствии магнитного поля, б) при воздействии магнитного поля

Ферромагнитные жидкости обладают свойствами более чем одного состояния материи. В данном случае два состояния это твердый металл и жидкость, в которой он содержится .



# Вещества сходные по свойствам с ферромагнитной жидкостью

- Магнитореологическая жидкость
- Парамагнетики

# Магнитореологическая жидкость

Разница между ферромагнитной жидкостью и магнитореологической жидкостью в размере частиц. Частицы этой жидкости слишком тяжелы, чтобы броуновское движение поддерживало их во взвешенном состоянии, и поэтому со временем оседают из-за естественной разности в плотности частиц и несущей жидкости.

# Парамагнетики

- **Парамагнетики** — вещества, которые намагничиваются во внешнем магнитном поле в направлении внешнего магнитного поля. Парамагнетики относятся к слабомагнитным веществам.
- Атомы парамагнетика обладают собственными магнитными моментами, которые под действием внешних полей ориентируются по полю и тем самым создают результирующее поле, превышающее внешнее.
- К парамагнетикам относятся и хлорное железо ( $\text{FeCl}_2$ ), которое используется для приготовления ферромагнитной жидкости.



# История развития магнитных жидкостей

- Около 50 лет назад была запатентована оригинальная конструкция механической муфты (рис 1)
- Изобретение магнитожидкостных герметизаторов (рис 2)
- Американская компания «Ferrofluidics Corporation» 1968г.(рис 3)



Рис1. Механическая муфта



Рис2.  
магнитожидкостный герметизатор



Рис3.  
Полупроводник

# НЕСТАБИЛЬНОСТЬ В НОРМАЛЬНО НАПРАВЛЕННОМ ПОЛЕ

Под воздействием довольно сильного вертикально направленного магнитного поля поверхность жидкости с парамагнитными свойствами самопроизвольно формирует регулярную структуру из складок



# Поверхностно-активные вещества

Чтобы обволакивать частицы в ферромагнитной жидкости используются, следующие ПАВ:

- олеиновая кислота, (см. рис.)
- тетраметиловый гидроксид аммония,
- полиакриловая кислота,
- полиакрилат натрия,
- лимонная кислота,
- соевый лецитин.

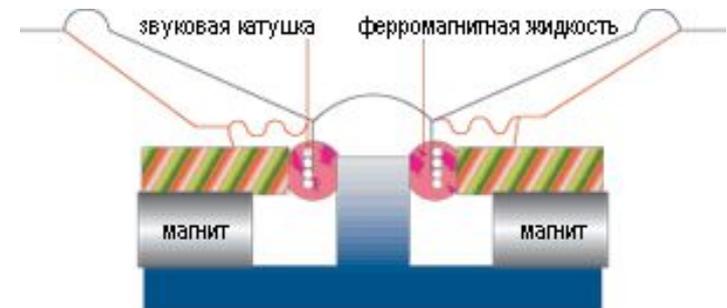


ПАВ препятствуют слипанию частиц, мешая им образовать слишком тяжелые кластеры, которые не смогут удерживаться во взвешенном состоянии за счет броуновского движения.

# Применение магнитной жидкости

# Электронные устройства

1. Используются во многих динамиках для высоких частот, для отвода тепла от звуковой катушки.
2. Для создания жидких уплотнительных устройств вокруг вращающихся осей в жёстких дисках.

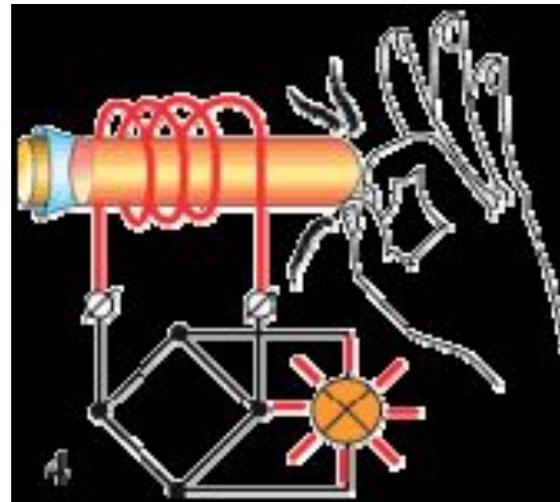


# Преобразование энергии колебательного движения в кинетическую

Устройство, представляющее собой катушку, внутри которой находится ампула с магнитной жидкостью.

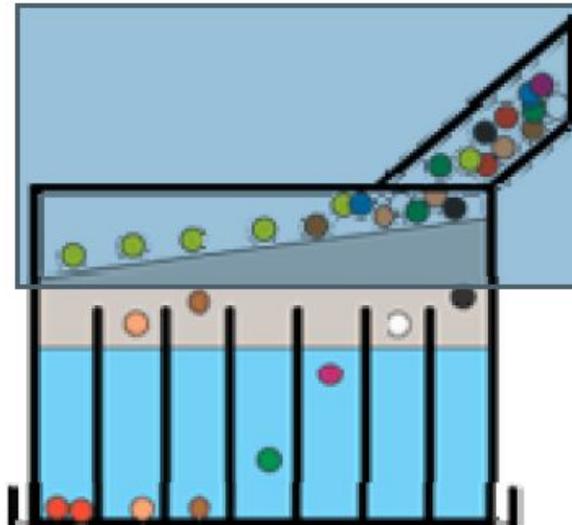
Малейший толчок или изменение наклона приводит к перетеканию жидкости, а значит, и к изменению магнитного потока.

Подобное устройство может снабжать энергией миниатюрный радиоприёмник или электронные часы.



# Магнитная сепарация руд

Явление плавления тяжелых тел под действием неоднородного магнитного поля, погруженных в магнитную жидкость, позволило использовать магнитные жидкости в горно-обогатительных процессах



Процесс  
сепарации  
руд

# Машиностроение

Ферромагнитная жидкость способна снижать трение.

Ferrari использует ферромагнитные жидкости в некоторых моделях машин для улучшения возможностей подвески.



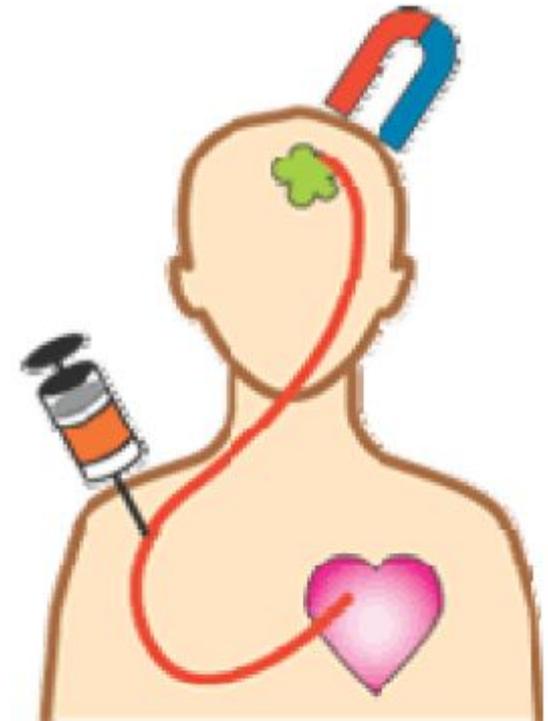
# Оборонная промышленность

ВВС США внедрили радиопоглощающее покрытие на основе ферромагнитной жидкости. Снижая отражение электромагнитных волн, оно помогает уменьшить эффективную площадь рассеяния самолета.



# Медицина

В настоящее время ведется много экспериментов по использованию ферромагнитных жидкостей для удаления и диагностики опухолей. Ферромагнитная жидкость вводится в опухоль и подвергается воздействию быстро меняющегося магнитного поля, и выделяющееся от трения тепло может разрушить опухоль.



Практическая часть.  
Приготовление магнитной  
жидкости

Для изготовления ферромагнитной жидкости мне понадобился следующий химический инвентарь:

- Аптечные весы с набором разновесов.
- Две колбы (с круглым или плоским дном).
- Химический стакан.
- Фильтровальную бумагу и воронку.
- Достаточно сильный магнит, желательно кольцевой (из динамика).
- Небольшую (лабораторную) электроплитку.
- Фарфоровый стаканчик на 150–200 мл.
- Термометр с диапазоном измерения температуры до 100°C.
- Индикаторную бумагу.
- Настольная центрифуга (на 4000 об/мин) была заменена на старый кухонный комбайн.

И реагенты, которые имелись в кабинете химии

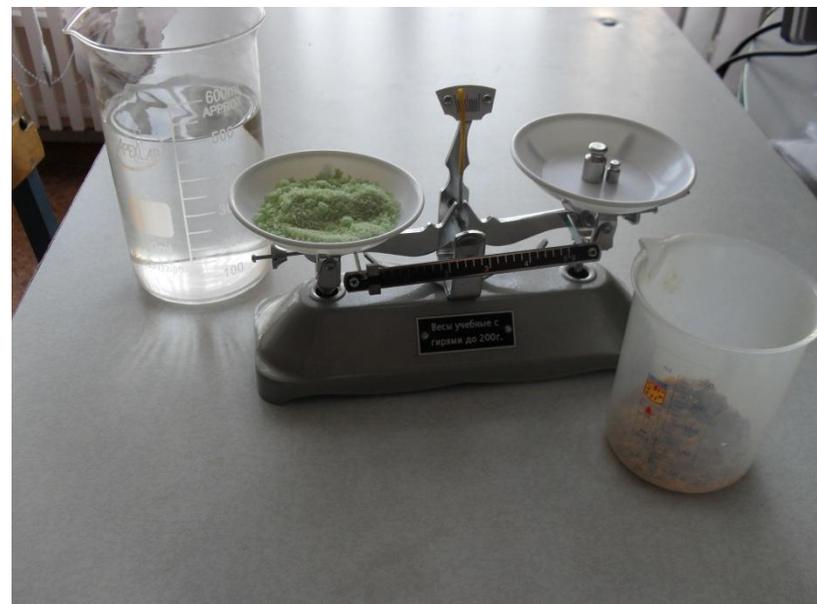
- Хлорные соли двух- и трёхвалентного железа .
- Аммиачная вода 25%-ной концентрации (нашатырный спирт).
- Средство для мытья посуды Fairy, как ПАВ
- Дистиллированная вода.



1) В 500 мл дистиллированной воды, при несильном помешивании и подогреве, я растворила 24 грамма хлорида железа (III) и 12 граммов сульфата железа (II) серноокислого железа



Шаг 1



Шаг 2

- 1) Взаимодействие хлорида железа (III) с водой
- $\text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{FeOHCl}_2 + \text{HCl}$  (I стадия)
- 2) Взаимодействие хлорида железа (II) с водой
- $\text{FeCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe(OH)}_2 + 2\text{HCl}$  (II стадия)
- 3) Взаимодействие сульфата железа (II) с водой
- $\text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{FeOH}^+ + \text{HSO}_4^-$



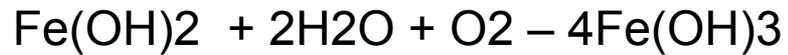
Шаг 3



Шаг 4

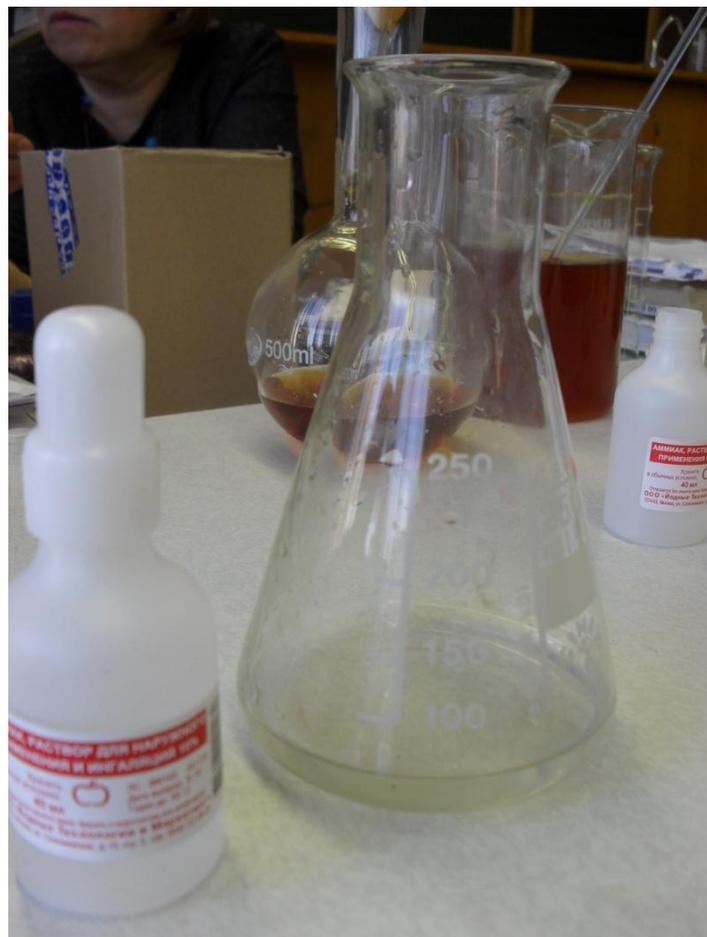
2) Полученный раствор отфильтровала на воронке в другую колбу через фильтровальную бумагу, для отделения механических примесей.

Гидроксид железа окисляется в присутствии воздуха до гидроксида железа (III)



Шаг 5

3) В первую колбу, предварительно промыв её водой, залила 120 мл аммиачной воды .



Шаг 6

4) Очень осторожно, тонкой струёй из второй колбы я вливала отфильтрованный раствор в первую, содержащую аммиачную воду, при этом интенсивно взбалтывая. И мгновенно коричневато-оранжевый раствор мгновенно превратится в суспензию чёрного цвета. В колбу я долила немного дистиллированной воды и поставила на постоянный магнит на полчаса.



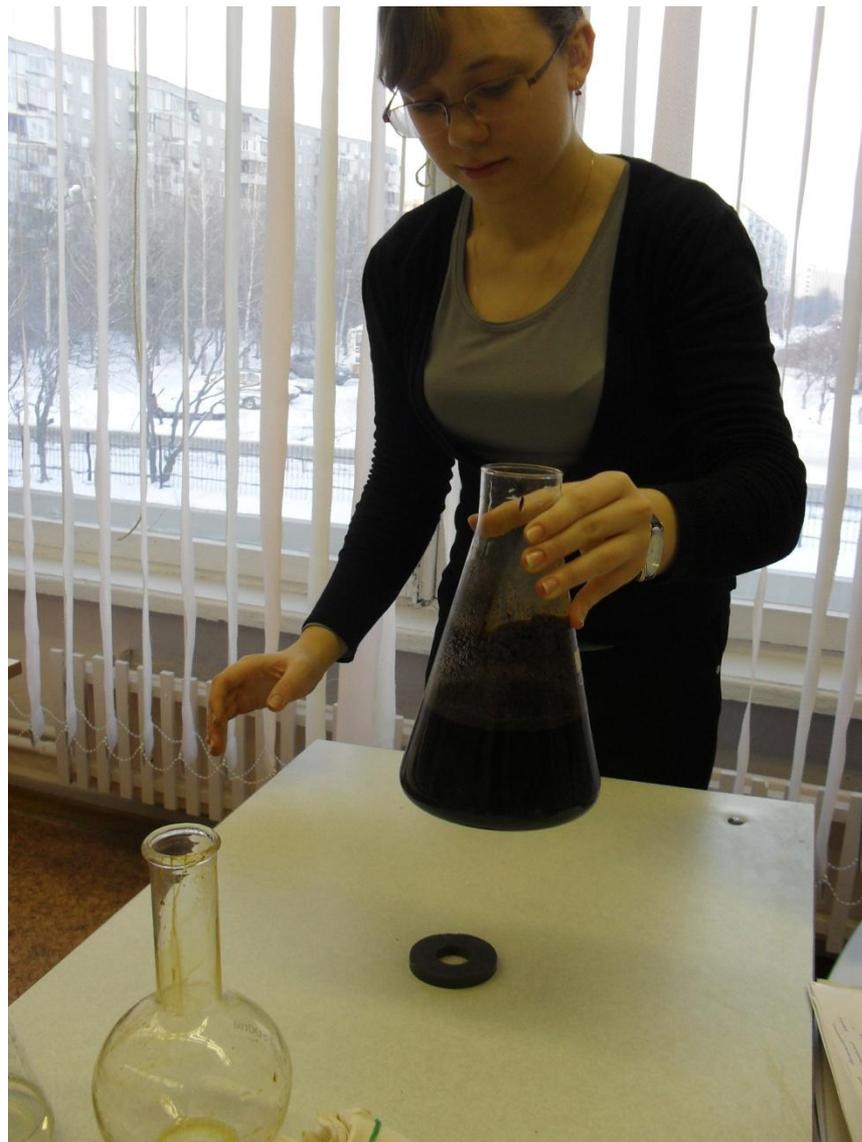
Шаг 7

Реакция взаимодействия гидроксида железа(III) с раствором аммиака:  
$$\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{NH}_4[\text{Fe}(\text{OH})_4]$$

5) После того, как образовавшиеся частицы магнетита под действием сил магнитного поля выпали на дно колбы, осторожно слила около  $2/3$  раствора в канализацию, удерживая при этом осадок магнитом, и снова залила в колбу дистиллированную воду. Хорошенько её взболтала и опять поставила на магнит. Операцию повторяла до тех пор, пока **pH** раствора не достигла 7.5–8.5. Это нежно-зелёная окраска индикаторной бумаги «Лахема» при смачивании её промывным раствором.



Шкала pH раствора



Шаг 8

6) После того, как последней промывной раствор был слит на 2/3, загущённую суспензия была отфильтрована через бумажный фильтр на воронке, а полученный осадок чёрного цвета смешан с 7.5 грамма натриевой соли олеиновой кислоты.



Шаг 9



Шаг 10



Шаг 11



Шаг 12



Шаг 13

7) Затем я поместила смесь в фарфоровый стаканчик и прогрела до  $80^{\circ}\text{C}$  на электрической плитке, хорошо перемешивая, в течение часа.



Шаг 14

8) Полученную «патоку» чёрного цвета была охлаждена до комнатной температуры. К полученной суспензии я долила 50 мл дистиллированной воды и тщательно размешала получившуюся коллоидную систему.



Шаг 15

9) Ферромагнитная жидкость готова!



Шаг 16

# Силовые линии



# Выводы

- Ферромагнитные жидкости представляют собой необычный вид материи, которая может присутствовать в двух состояниях жидком и твердом.
- Магнитная жидкость «управляется» в помощью магнита
- Ферромагнитные жидкости очень полезны и применяются во многих отраслях