

## Получение и свойства магнитной жидкости

### Введение

Магнитная жидкость - жидкость, притягиваемая магнитом, то есть реагирующая на магнитное поле.

Магнитная жидкость представляет собой коллоидный раствор мельчайших частиц магнитного материала (обычно магнетита  $Fe_3O_4$  или феррита), то есть устойчивую и неосаждающуюся с течением времени взвесь твёрдых частиц в жидкости.

Размеры частиц варьируются в пределах от 5 нм до 10 мкм. Для предотвращения агломерации частиц используют поверхностно-активные вещества (ПАВ). Молекулы ПАВ «изолируют» частички магнетита друг от друга, не давая им соединяться в крупные элементы, более подверженные оседанию на дно сосуда. В роли базовой жидкости могут использоваться вода, керосин, технические масла и различные типы органических жидкостей. Выбор определенной базовой жидкости обусловлен желаемым набором физических свойств конечного продукта, таких как: вязкость, плотность, теплопроводность, термостойкость и др.



Проведенный (мною и, помогавшим мне, учителем по химии) эксперимент состоит, собственно, из получения магнитной жидкости и демонстрации её завораживающих и удивительных свойств. Опыт не претендует на звание «Открытие года» - новизны в нем нет. Меня поразило видео на страничке НаноЗнайки в контакте: [http://vkontakte.ru/video40280136\\_113733737#pages/0](http://vkontakte.ru/video40280136_113733737#pages/0), [http://vkontakte.ru/video40280136\\_113733947](http://vkontakte.ru/video40280136_113733947) Я решил попытаться воспроизвести данный эксперимент, воспользовавшись, уже полученными другими исследователями, данными.

**Цель постановки опыта** проста: убедиться в возможности создания магнитной жидкости, а главное сделать эту жидкость своими руками; посмотреть свойства полученной жидкости, т.е. руководствовался девизом: «лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать». Предложив учителю провести данный эксперимент, я вызвал неподдельный интерес с её стороны. Так мы приступили к работе, которая с перерывами на обед и сон заняла у нас 3 дня (первые два дня по 6-7 часов плодотворной работы). Наконец на третий день мы позвали учеников, сдающих ЕГЭ по химии (2 человека +) и все вместе посмотрели на результат нашего творения. Впоследствии, эксперимент был продемонстрирован всему классу, и вызвал всеобщее удивление и восторг.

Перспективы применения магнитной жидкости неисчерпаемы. Данный продукт может служить и в качестве заменителя элементов гидравлической техники, и для преобразования энергии колебательного движения в электрическую, и для уничтожения раковых клеток (разогревом в переменном магнитном поле). Также возможно применение для очистки сточных вод в качестве сорбента; выделения углеводородов из нефтешламов; в автомобилестроении.

## Описание эксперимента

### Изготовление магнитной жидкости химическим путём

Для проведения опыта нам понадобится следующее оборудование и химическая посуда:

- Весы с набором разновесов
- Две колбы (с круглым, плоским дном)
- Химический стакан
- Фильтровальная бумага и воронка
- Сильный магнит
- Небольшая электроплитка
- Фарфоровый стакан (150-200 мл)
- Термометр с диапазоном измерения температур до 100 градусов по Цельсию
- Индикаторная бумага

А также следующие реагенты:

- Соли двух- и трехвалентного железа (хлорные и серноокислые)
- Нашатырный спирт (аммиачная вода 10%-ой концентрации)
- Моющее средство «Fairy»
- Дистиллированная вода

Краткое изложение методики. Цифры приведены в расчёте на 10 граммов магнетита в магнитной жидкости:

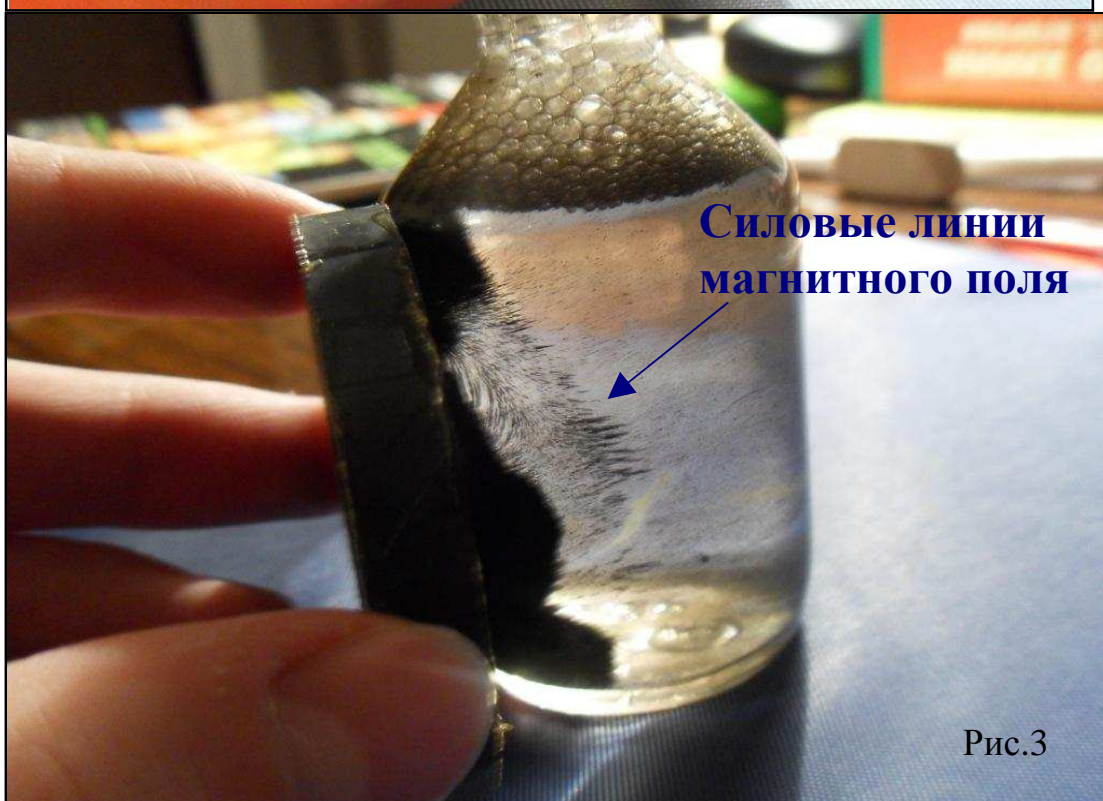
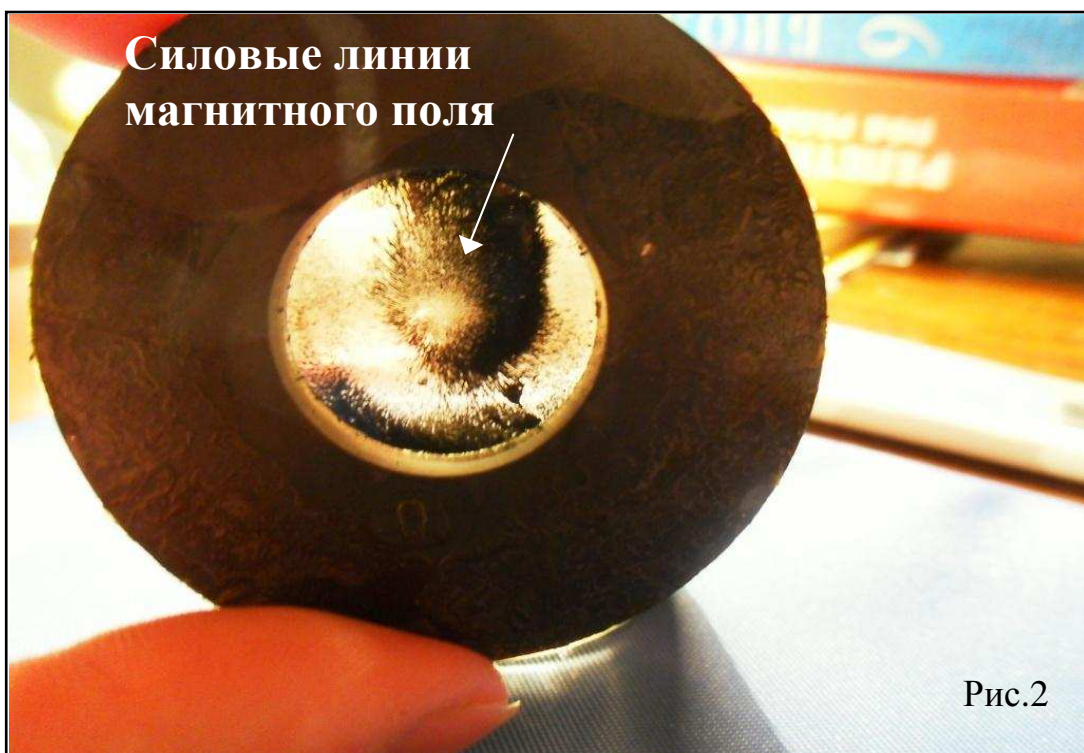
1) В 500 мл дистиллированной воды растворим 24 г.  $\text{FeCl}_3$  и 12 г.  $\text{FeSO}_4$  (при слабом подогреве и несильном помешивании).

- 2) Полученный раствор отфильтруем через фильтровальную бумагу в другую колбу для отделения от механических примесей.
- 3) В первую колбу (сначала промоем её водой) заливаем 150 мл аммиачной воды (работу проводить под тягой или на свежем воздухе).
- 4) Очень осторожно тонкой струей вливаем из второй колбы отфильтрованный раствор в первую колбу с аммиачной водой. Необходимо ее интенсивно взбалтывать. Коричнево-оранжевый раствор мгновенно превращается в суспензию черного цвета.
- 5) Доливаем к получившемуся раствору немного воды и ставим колбу (банку) с образовавшейся смесью на магнит на полчаса.
- 6) После выпадения частиц магнетита на дно колбы (под действием сил магнитного поля), осторожно сливаем около двух третей раствора в канализацию, придерживая осадок магнитом. Снова заливаем воду в таком же количестве, и хорошо взбалтываем раствор. Опять ставим колбу на магнит. Повторяем операцию, пока pH сливного раствора не станет равной 7,5-8,5 (нежно-зеленая окраска индикаторной бумаги фирмы «Лаксма»).
- 7) После того как последний промывной раствор на 2/3 слит, загущенную суспензию отфильтруем через бумажный фильтр.
- 8) Полученный на воронке осадок смешаем с заранее отмеренным количеством «Fairu» (7,5 г.) в фарфоровом стакане (чашке).
- 9) Смесью прогреем до 80 градусов в течение часа, хорошо перемешивая.
- 10) Охладим полученную смесь до комнатной температуры. Добавим 50-60 мл дистиллированной воды и тщательно размешаем.
- 11) Разведенную в воде смесь поставим ещё раз на магнит на несколько часов, после чего магнитная жидкость готова.

## Результаты

Можно считать, проведение эксперимента успешным. Поставленных результатов (получение магнитной жидкости с последующим изучением) мы добились. Процесс проведения опыта заснят на видео, но в связи с размером файла сюда прикрепить я его не смог. Проведение опыта можно посмотреть, скачав видеофайл на сайте нанометр по адресу: <http://www.nanometer.ru/fp/2010/03/05/12677899287066.html> (размер: 41,50 МБ)

Извиняюсь, если качество видео или более того качество самого опыта оставляет желать лучшего. Знаменитые эксперименты с «магнитным ежом» мы проводить не стали, ограничились добавлением маленькой части жидкости в воду и просмотром её свойств. Действительно, если поднести магнит к сосуду с магнитной жидкостью, та потянется к магниту. Интересно наблюдать, за тем как образуются силовые линии магнитного поля: частицы магнетита выстраиваются в упорядоченные линии. (Смотри Рис.2, Рис.3) Очень похоже на опыт с железными опилками.



Я также постарался определить размеры частиц, магнитной жидкости. Перелив часть жидкости в воду, тщательно взбаламутил эту смесь, добиваясь равномерного распределения частиц в объеме сосуда. Потом оставил сосуд в покое и начал смотреть, что происходит. Время оседания частиц (процесс, обусловленный, конечно же, силой тяжести) напрямую зависит от их радиуса (а если точнее, время связано обратной пропорциональностью с квадратом радиуса). Изучая данные таблицы 1, представленной в теоретических задачах этой олимпиады для школьников, можно сказать, что размеры частиц полученной жидкости составляют примерно 500 нм, а некоторых и того меньше (за редким исключением «непослушных» частиц, которые осаждались быстрее 2 суток)

Таблица 1. Времена оседания песчинок в сосуде емкостью 1 л с высотой столба жидкости 10 см в зависимости от радиуса песчинок

Радиус песчинок	0.5 мм	50 микрон	5 микрон	0.5 микрона	50 нм	5 нм
Время оседания	150 мс	15 с	25 мин	42 ч	около 6 месяцев	48 лет

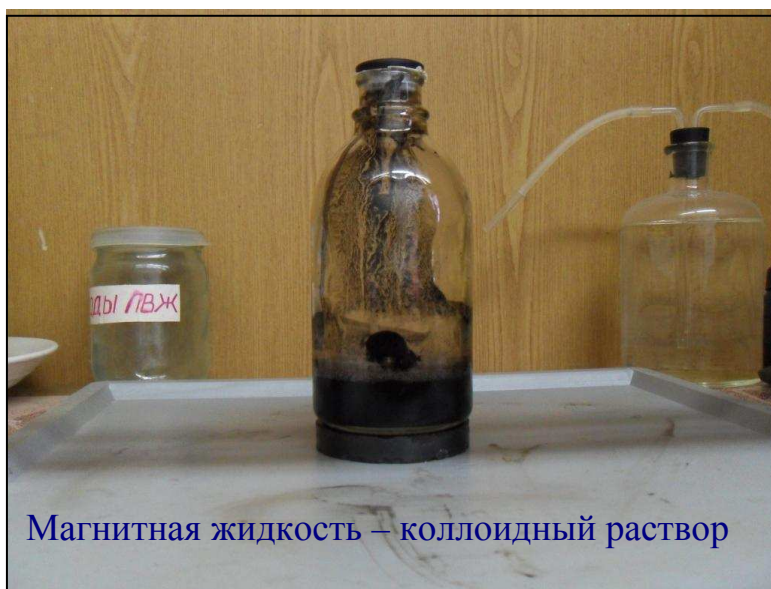


Рис.4

Магнитная жидкость (готовый продукт) представляет собой взвесь частиц, не осаждающихся с течением времени.

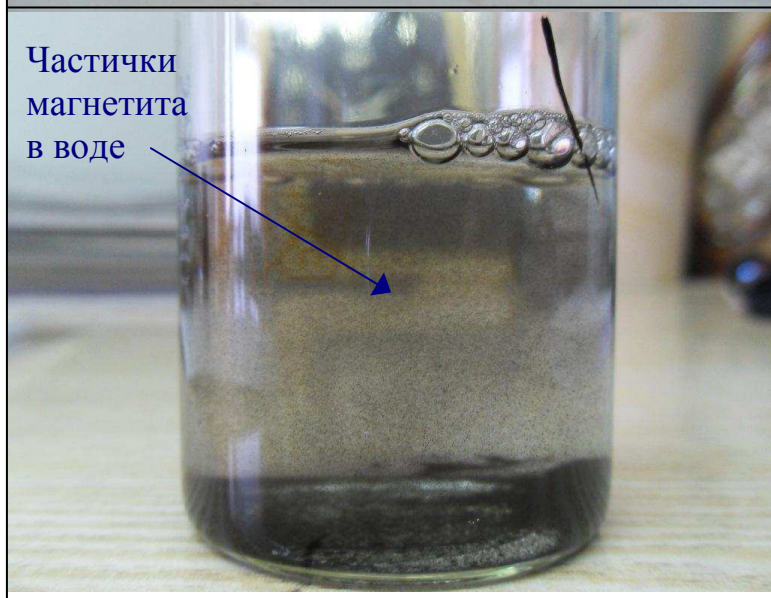


Рис.5

Если на сосуд, в объеме которого равномерно распределены частички магнетита, не оказывать внешнее воздействие магнитным полем, то частички долгое время остаются во взвешенном состоянии.

Объяснить это можно тем, что на наноуровне Сила трения (Сила Стокса) на два порядка больше (даже не учитывая Архимедову силу), чем гравитационная сила притяжения к Земле. Сильно также и взаимное влияние частиц друг на друга, обусловленное силой притяжения и силой Кулона.

## Заключение

Список использованных источников:

- [http://vkontakte.ru/video40280136\\_113733737#pages/0](http://vkontakte.ru/video40280136_113733737#pages/0)
- [http://vkontakte.ru/video40280136\\_113733947](http://vkontakte.ru/video40280136_113733947)
- [http://wsyachina.narod.ru/technology/magnetic\\_liquid.html](http://wsyachina.narod.ru/technology/magnetic_liquid.html)

Также ссылка расположения видео - собственное описание эксперимента (то самое, которое здесь не уместилось):

- <http://www.nanometer.ru/fp/2010/03/05/12677899287066.html> (размер: 41,50 МБ)

Над проектом работал: Норкин Максим Владимирович

Краткая информация:

Ученик 11А класса МОУ «СОШ №60» г. Набережные Челны. Любимые предметы в школе: химия, физика, математика.

В опыте опирался на помощь и подсказки своего школьного учителя по химии - Алеевой Гаили Ильгизаровны.

Интерес к химии появился благодаря репетитору - Филипповой Светлане Петровне.

Эксперимент проводился в школьной лаборантской, на имевшемся в школе оборудовании.