



Удивительная жидкость

И. А. МЕДКОВ



В этой статье будет рассказано о некоторых свойствах необычного вещества — ферромагнитной жидкости — и о простых экспериментах с ней.

Если с твердыми магнитами человечество знакомо с древнейших времен, то ферромагнитные жидкости, то есть коллоидные растворы твердых ферромагнетиков, были получены лишь в 60-х годах нашего века. Сейчас эти новые вещества уже достаточно изучены и даже находят некоторое практическое применение.

Давайте и мы «познакомимся» с ферромагнитной жидкостью и ее свойствами.

Как приготовить ферромагнитную жидкость

Прежде всего вам понадобятся касторовое масло (его можно купить в аптеке) и гидрат окиси железа $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (он есть в школьном кабинете химии).

Автор этой статьи Илья Медков — ученик 10 класса 204-й московской школы.

В фарфоровую ступку налейте 10–15 г масла и смешайте его с измельченным ферромагнетиком до образования жидкости, похожей на густую сметану. Приготовленную смесь растирайте в ступке в течение 10–15 минут.

То, что у вас получилось, не есть настоящий коллоидный раствор, так как частицы неоднородны и их размеры гораздо больше, чем 10^{-6} – 10^{-9} м. (Для получения действительно коллоидных растворов необходимы сложные аппараты, например вибромельница для измельчения частиц и центрифуга для последующего разделения их по размерам.) Однако для изучения характерных свойств ферромагнитных жидкостей данная смесь вполне подойдет.

В наших опытах в качестве источника магнитного поля мы использовали школьный демонстрационный электромагнит с обмоткой из 2400 витков. Питался он от сети переменного тока с напряжением 220 В через диодный мост (годятся любые диоды с максимальным током, боль-

шим 0,5 А). Самое важное — выбор магнитопровода (сердечника электромагнита). Чтобы получить достаточно однородное магнитное поле, площадь сечения магнитопровода должна быть не меньше 8—10 см². Его можно изготовить самим, набрав из тонких, хорошо изолированных друг от друга пластин, или можно воспользоваться съемным сердечником школьного демонстрационного трансформатора.

Приготовив ферромагнитную жидкость и собрав электромагнит, можете приступать к экспериментам.

Опыты и наблюдения

1. Поместите 30—40 г жидкости в мелкую чашку (обязательно из немагнитного материала!), поставьте чашку на торец магнитопровода и включите поле. Вы будете наблюдать поднятие жидкости в центре (в наших опытах оно составляло около 5 мм). Если смесь недостаточно хорошо перемешана или слишком велико содержание ферромагнитного порошка, получится «еж», такой, как на рисунке 1.

2. Тщательно перемешайте жидкость после предыдущего опыта. Если у вас получился «еж», приготовьте новую порцию смеси, с большим содержанием масла. Снова поставьте чашку на торец магнитопровода, возьмите палочку из немагнитного материала и при включенном магнитном поле нарисуйте ею какой-нибудь узор на поверхности жидкости (рис. 2,а). Подождите несколько секунд и выключите поле. Поверхность жидкости разгладится, и на ней будет еле виден контур нанесенного вами рисунка (рис. 2,б). Затем повторно включите поле — рисунок появится снова (рис. 2,в). Опыт можно проделать несколько раз, включая и выключая магнитное поле.

На рисунке 2 изображены фотографии, полученные нами во время опыта. Одно и то же изображение нам удавалось «восстанавливать» 5—6 раз, при этом четкость рисунка практически не уменьшалась (хотя интервалы между включениями поля достигали 20 и более минут).



Рис. 1



Рис. 2, а.



Рис. 2, б.

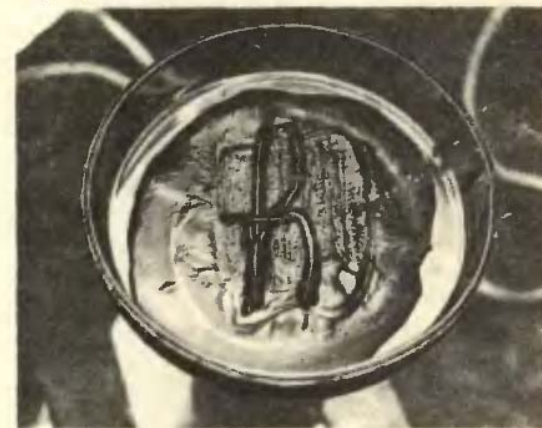


Рис. 2, в.

3. Для этого опыта вам понадобится очень сильное магнитное поле. Можно воспользоваться тем же электромагнитом, но на торец магнитопровода поставить конус. Возле острия конуса магнитное поле будет наиболее сильным. Если капнуть на острие капельку жидкости и затем включить поле, жидкость мгновенно изменит цвет, став оранжевой или ярко-красной (в зависимости от ее состава).

Эксперименты закончены. Теперь подумаем, почему и как происходят эти удивительные явления.

В первом опыте мы видели, что жидкость поднимается в центре сечения магнитопровода. Этот эффект известен под названием магнитостатического и заключается в увеличении давления жидкости в области сильного поля.

Способность «запоминать» свойственна многим магнитным материалам. Так и магнитная жидкость, однажды приняв форму, при которой ее энергия минимальна, снова «вспоминает» свое состояние при включении поля.

Другие опыты и наблюдения постарайтесь объяснить сами.

Возможное практическое применение

Придумано много остроумных конструкций, использующих ферромагнитные жидкости. Вот некоторые из них.

В высококачественных громкоговорителях в зазор между катушкой

электромагнита и его сердечником можно залить магнитную жидкость. Это позволит значительно улучшить характеристики динамиков.

На основе этой удивительной жидкости можно создать специальный насос. Он представляет собой трубку из гибкого материала, помещенную вместе с электромагнитом в камеру с жидкостью. При включении электромагнита жидкость пульсирует, возникает деформация эластичной трубки, и находящееся в ней вещество перекачивается в нужном направлении. Это несколько напоминает работу пищевода человека, отсюда и название: перистальтический насос. Такой насос можно использовать, например, для подачи топлива на космических кораблях.

Ферромагнитные жидкости можно применять также в магнитожидкостных уплотнителях подшипников турбин, в качестве теплоносителя в тепловых машинах и т. д.

Заключение

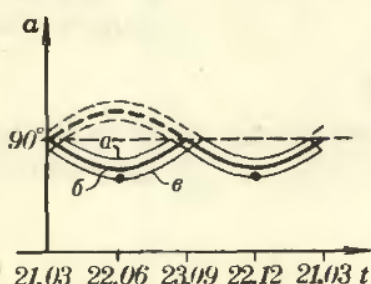
Эксперименты с ферромагнитными жидкостями очень интересны. Если вам понравились наши опыты, вы сможете продолжить их или придумать новые. Так, в популярных книгах по химии можно найти рецепт приготовления пирофорного железа. Это настолько мелкий порошок, что он самопроизвольно загорается на воздухе (поэтому будьте с ним осторожны!). Ферромагнитные жидкости, содержащие пирофорное железо, обладают очень интересными свойствами.

Катастрофа на экваторе

(Начало см. на с. 13)

Три графика на рисунке, выражающие высоту кульминации Солнца как функцию времени (даты) для трех точек около экватора, объясняют, в чем дело. Все три функции близки друг к другу и имеют два минимума (22 июня и 22 декабря)

ря), но лишь для одной из них (линия б — точка на экваторе) значения функции в этих точках одинаковы; для точки в южном полушарии



(линия v) наименьшее значение достигается в первом минимуме (22 июня), для точки в северном (линия a) — во втором (22 декабря). Пунктирные линии показывают, что все три графика получены из обычных синусоидальных кривых отражением относительно прямой $\alpha = 90^\circ$ той их части, которая лежит выше этой прямой (ведь по определению Солнце не может подняться выше точки зенита, для которой $\alpha = 90^\circ$).

Н. Н. Михайленко