

**ФЕРОМАГНИТНАЯ ЖИДКОСТЬ**  
*Національний технічний університет*  
*«Харьковский политехнический институт»*  
**Ст. Д.В. Шулежко**  
**Рук. доц. И.В. Галуцак**

Ферромагнитная жидкость (от латинского ferrum — железо) — жидкость, сильно поляризуемая в присутствии магнитного поля. Ученые называют эту структуру «неустойчивостью Розенцвейга».

Магнитные жидкости представляют собой более чем одно состояние материи, коллоидные дисперсии магнитных материалов (ферромагнетиков: магнетита, ферритов) с частицами размером от 5 нанометров до 10 микрометров, стабилизированные в полярной (водной или спиртовой) и неполярной (углеводороды и силиконы) средах с помощью поверхностно-активных веществ или полимеров. Они сохраняют устойчивость в течение двух-пяти лет и обладают при этом хорошей текучестью в сочетании с магнитными свойствами. Для обеспечения устойчивости такой жидкости, как уже упоминалось, ферромагнитные частицы связываются с поверхностно-активным веществом (ПАВ), которое образует защитную оболочку вокруг частиц и препятствует их слипанию из-за Ван-дер-Ваальсовых или магнитных сил.

ПАВ препятствуют слипанию частиц, мешая им создать слишком тяжелые группировки элементарных образований, которые не смогут удерживаться во взвешенном состоянии за счет броуновского движения. Обычно в качестве ПАВ используют олеиновую кислоту, гидроксид тетраметиламмония, полиакриловую кислоту, полиакрилат натрия, лимонную кислоту, соевый лецитин.

Именно Рональд Розенцвейг впервые наблюдал это явление еще в шестидесятых годах прошлого столетия в лабораториях Массачусетского технологического института США, а затем и описал его в своей научной статье "Ferrohydrodynamics".

К ферромагнетикам кроме основного их представителя – железа, от которого и происходит название ферромагнетизм, относятся, например, кобальт, никель, гадолиний, их сплавы и соединения. Частицы вещества ферромагнитной жидкости размерами настолько малы, что примерно в десятки раз тоньше человеческого волоса. Такие мик-

роскопические показатели величины позволяют им равномерно распределяться в растворителе с помощью теплового движения. Аналогичным образом ионы в водных растворах парамагнитных солей (например, водный раствор сульфата меди(II) или хлорида марганца(II)) придают раствору парамагнитные свойства.

Магнитоуправляемость магнитной жидкости позволяет удерживать её в нужном месте устройства под действием магнитного поля. До поры, пока нет внешнего воздействия, жидкость спокойна, напоминая собою зеркало. Но стоит только поднести к этому «зеркалу» направленное магнитное поле, как оно оживает, приобретая необычные формы, изменяющиеся под воздействием поля. Формы феррожидкости меняются в зависимости от силы и направленности воздействия магнитного поля. 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.

Можно различать ферромагнитные и магнитореологические жидкости. Разница между ними в размере частиц. Частицы в ферромагнитной жидкости это в основном наночастицы, находящиеся во взвешенном состоянии из-за броуновского движения и не оседающие в нормальных условиях. Частицы в магнитореологической жидкости в основном микрометрового размера (на 1—3 порядка больше); они 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. При наложении магнитного поля, магнитореологическая жидкость может изменять предел текучести, в зависимости от ее физико-химического состава от 0 до 50-100 кПа.

Одной из областей применения магнитных жидкостей является их использование в качестве магнитных смазок. Магнитная жидкость на основе масла по сравнению с тем же маслом снижает трение на 20% эффективнее. Под воздействием электромагнита, контролируемого компьютером, подвеска может мгновенно стать более жесткой или более мягкой благодаря феррожидкости. Помимо Ferrogi, подобные

разработки уже давно нашли применение в автомобилях Audi, Cadillac, BMW и других. Также магнитная жидкость нашла широкое применение в медицине.

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. 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. Все процедуры при этом существенно упрощаются.

Огромный интерес для исследователей представляет возможность очистки сточных вод от нефтепродуктов с помощью магнитных жидкостей.

Магнитная жидкость обладает еще одним удивительным, поистине уникальным свойством. В ней, как и в любой жидкости, плавают тела менее плотные и тонут тела более плотные, чем она сама. Но если приложить к ней магнитное поле, то утонувшие тела начинают всплывать. Причем чем сильнее поле, тем более тяжелые тела поднимаются на поверхность. Если воздействовать магнитным полем на ферромагнитную жидкость с разной восприимчивостью (например, из-за температурного градиента) возникает неоднородная магнитная объемная сила, что приводит к форме теплопередачи называемой термомагнитная конвекция. Такая форма теплопередачи может использоваться там, где не годится обычная конвекция, например, в микроустройствах или в условиях пониженной гравитации.

*Список литературы:*

1. <http://www.sciencedebate2008.com/ferrofluid/>
2. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B5%D1%80%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F\\_%D0%B6%D0%B8%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B5%D1%80%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B6%D0%B8%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C)
3. [http://www.topauthor.ru/ferrogidkost\\_chno\\_eto\\_takoe\\_celb.html](http://www.topauthor.ru/ferrogidkost_chno_eto_takoe_celb.html)
4. <https://www.nkj.ru/archive/articles/4971/>
5. <https://xn----7sbalhlldtlnbt6bgj4oub.xn--p1ai/>

## ТЕПЛОВАЯ СМЕРТЬ ВСЕЛЕННОЙ

*Национальный технический университет  
"Харьковский политехнический институт"*

*Ст. С. Широков*

*Рук.: доц. Т.И. Храмова, ст. пр.С.С. Кривонос*

*"Вся вселенная достигнет теплового равновесия в будущем в срок, который не бесконечно удален"*  
(Артур Эддингтон, 1935 г.)

Одним из фундаментальных вопросов вселенной, является вопрос ее конца. Сотни лет человечество старалось найти ответ на заданный вопрос. Одним из ответов на этот вопрос была теория "Тепловой смерти вселенной" выдвинутая Р.Клаузиусом в 1865 году. Суть ее состоит в том, что вселенная в будущем войдет в состояние термодинамического равновесия, то есть в состояние с максимальной энтропией. При состоянии "тепловой смерти" все изменения полностью прекратятся, а Вселенная застынет навеки. Однако она продолжит свое существования в виде полностью "мертвого" без звездного холодного мира, лишённого любых процессов.

Сам Клаузиус пришел к такому выводу после формулирования второго закона термодинамики. Он описывает его так: "Теплота не может переходить самопроизвольно от более холодного тела к более тёплому.

Энтропия – это тепловая энергия, которая в результате перехода от более нагретого тела к менее нагретому телу теряет способность осуществлять полезную работу.

Второй закон термодинамики представляет собой, что теплота и работа, являющиеся, по определению, формами передачи энергии, неравноценны. Если работа (**A**) может непосредственно переходить в теплоту и при этом изменяется состояние одного тела, то количество теплоты (**Q**) таким свойством не обладает. Подвод тепла приводит лишь к увеличению внутренней энергии системы, т. е. к увеличению её параметров, таких как температура, давление, объём и другое. Сразу после предъявления теории миру, на Клаузиуса сразу обрушилась критика со стороны как известных ученых, так и различных философов.

Оказывается второй закон термодинамики неверен или просто