

Магнит

Магнит [от греч. Μαγνήτις (λίθος), буквально – камень из г. Магнесия], природное или искусственное тело или техническое устройство, обладающее способностью создавать постоянное или переменное магнитное поле. Из-за наличия электронов все окружающие нас тела обладают способностью намагничиваться и проявляют сильно или слабо выраженные магнитные свойства. Тела, изготовленные из магнитотвёрдых материалов (обладающих большой магнитной восприимчивостью, а также заметными величинами остаточной намагниченности и коэрцитивной силы), создающие собственное магнитное поле (после снятия внешнего намагничивающего поля), сохраняющееся в течение длительного времени (до 50 лет и более) в определённом интервале температур и внешних магнитных полей, – принято называть постоянными магнитами. Вещества, обладающие намагниченностью только в присутствии внешнего магнитного поля («временный» магнит) или не сохраняющие данное состояние длительное время либо под действием даже слабых изменений температуры или внешнего магнитного поля относят к магнитомягким материалам.

Магнитные поля могут создаваться не только постоянными магнитами, но и протекающими электрическими токами, поэтому магнитами также называют электромагнитные, сверхпроводящие, а также импульсные источники магнитного поля (соленоиды). При этом импульсные магниты могут использовать разные источники энергии (электрическую, химическую и др.) и быть многоразовыми – использоваться многократно для научных или военных целей (электромагнитные пушки, стреляющие до 200 км) или одноразовыми – разрушаться после 1-го импульса. Максимальная величина магнитного поля в искусственных импульсных магнитах ограничена пондеромоторными силами и на практике лежит в диапазоне от долей Гс до 28 МГс ($2,8 \cdot 10^3$ Тл) в зависимости от величины внутреннего диаметра соленоида и времени импульса. Причём величина искусственного магнитного поля, которое на данный момент может создать многоразовый импульсный магнит, ограничена сверху прочностью нити из полимерного материала «зайлон» (выдерживает нагрузку на растяжение до $6 \cdot 10^6$ Па), которая используется для бандажа соленоида.

Размеры магнитов могут существенно различаться. Известным каждому из нас магнитом гигантских размеров является Земля (открытие впервые опубликовано в 6-и томном трактате «О магните, магнитных телах и большом магните – Земле» У. Гильбертом в 1600). Однако если средняя величина магнитного поля Земли (геомагнитного поля) составляет 0,5 Э ($0,5 \cdot 10^{-4}$ Тл), то такие природные магниты, как компактные и быстро вращающиеся

астрономические объекты (белые карлики, нейтронные звёзды и чёрные дыры), могут создавать поля до 10^8 Тл.

К одним из самых маленьких искусственно созданных магнитов относятся, например, магнитные наночастицы, или один бит информации в устройстве магнитной записи, с характерным размером несколько нанометров. Самые большие магниты весят десятки тонн и применяются для ускорения и фокусировки пучков заряженных частиц в коллайдерах, синхротронах, а также высокополевого томографии (7 Тл).

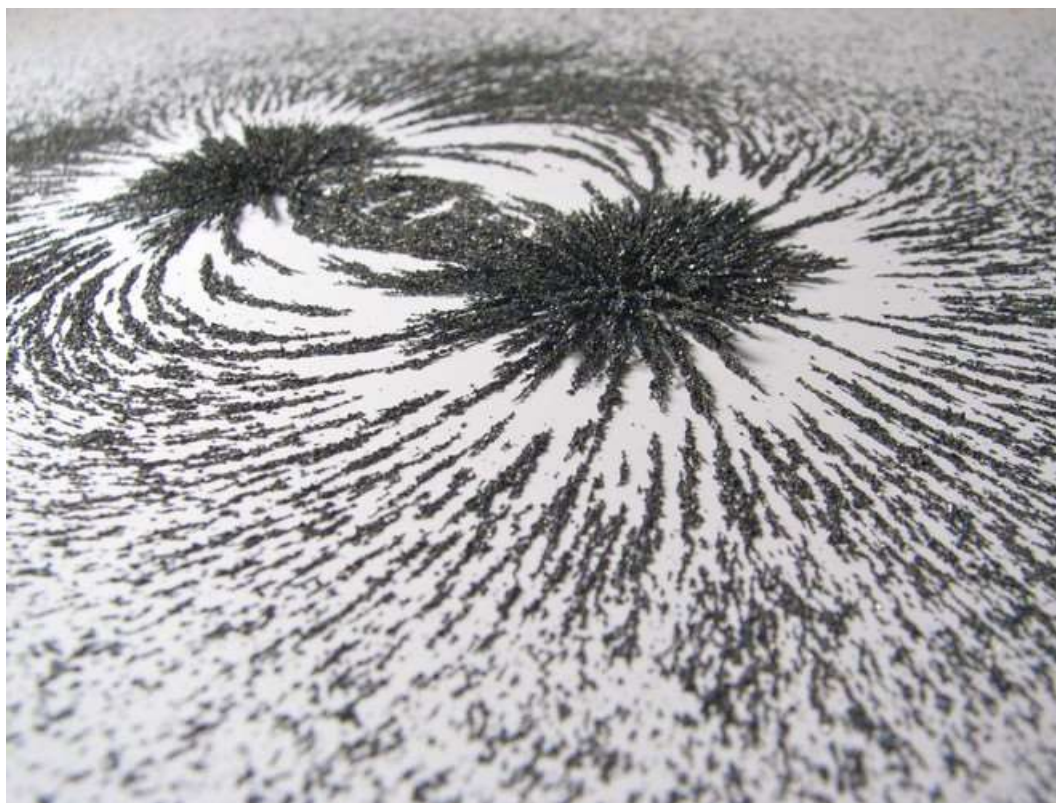


Рис. 1. Железные опилки, расположенные по силовым линиям магнитного поля. Windell Oskay / flickr.com. CC BY 2.0

Распределение силовых линий магнитного поля постоянного магнита представлено на рис 1. При этом на поверхности магнита формируются южный (S) и северный (N) магнитные полюса. Силовые линии направлены от полюса N к S. Производятся также многополюсные постоянные магниты. В любых магнитах одноимённые полюса отталкиваются, а разноимённые притягиваются. В таком природном магните, как Земля, магнитные полюса находятся в постоянном движении, а иногда даже происходит их инверсия (при этом географические полюса – Северный и Южный – остаются неизменными). В настоящее время северный магнитный полюс Земли смещается в сторону РФ (от канадской Арктики в сторону Сибири) со скоростью 40–55 км в год.

В течение примерно 25 столетий люди использовали и продолжают использовать постоянные магниты на основе оксидов, как наиболее дешёвые и устойчивые к коррозии; так, первыми природными магнитами были куски

магнетита (оксида железа FeOFe_2O_3), и до сих пор ферриты, оксиды бария $\text{BaO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ и стронция $\text{SrO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ занимают 85 % (в весовом выражении) и 35 % (в ценовом выражении) мирового рынка постоянных магнитов.

В настоящее время магниты производятся в объёмах сотен тысяч тонн. Одними из наиболее сильных – с максимальным энергетическим произведением $(BH)_{\text{max}}$ до 54 МГсЭ – являются редкоземельные постоянные магниты марки NdFeB. В каждом современном мобильном телефоне встроено по 3 магнита данной марки. Магниты широко используются в электромашинах, магнитных сепараторах, магнитных редукторах, магнитных муфтах и т. д.

Само название «магнит» происходит от греческого $\mu\alpha\upsilon\nu\eta\tau\iota\varsigma$ или от Μαυνήτις λίθος , буквально – камень из Магнесии-на-Меандре, и, по преданиям, связано либо с именем греческого пастуха Магнеса, гвозди на подошвах ботинок которого прилипали к намагниченной руде, либо с наименованием македонского племени магнетов, происходящего от Магнета – сына Зевса и Фии.



Рис. 2. Намагниченный кусок железной руды. Фото: Phil Degginger / Alamy / legion-media.ru

Предположительно, первый природный постоянный магнит [естественно намагниченный ударом молнии кусок оксида железа FeOFe_2O_3 или Fe_3O_4 (природная железная руда магнетита, содержащая включения маггемита $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$; рис. 2.)] использовался в первых компасах на судах ещё в 6 в. до н. э.

Первое применение магнитов в медицинских целях восходит к Гиппократу (около 460 до н. э. – около 370 до н. э.), который использовал оксиды железа (магнетит и гематит) для остановки кровотечения.



Рис. 3. Магнитный компас в форме ложки, который использовался в Китае в начале нашей эры.

В доколумбовой Америке, Шумере, Древней Греции и Китае магниты использовались в культовых целях. На рисунках представлены первые магнитные компасы, например в форме ложки (рис. 3) – использовался в Китае в начале нашей эры, а также компас английских моряков (рис. 4).



Рис. 4. Э. Кальпепер. Компас морской. Лондон (Великобритания). Первая четверть 18 в.

Первыми искусственными постоянными магнитами были стальные иглы, намагниченные в поле Земли за счёт процесса термомагнитного намагничивания при закаливании (эффект открыт китайским учёным Цзэн Гунляном в 1064), которые при плавании в воде ориентируются в магнитном поле Земли. Данный шаг привёл к изобретению навигационного компаса, который был описан Шэнь Ко около 1088 г.



Рис. 5. Овальный магнит Петруса Перегринуса. Иллюстрация из книги: Пьер де Марикур. Petri Peregrini Maricurtensis De magnete, seu, Rota perpetui motus, libellus. 1558. Библиотека и архивы Смитсоновского института, Вашингтон.

Через два столетия, в 1269 г., Петрус Перегринус представил своё изобретение – овальный магнит, установленный внутри деревянной коробки (рис. 4). Инструмент также помещался в чашу с водой, чтобы определить азимут Солнца.

В 1820 г. А.-М. Ампер изобрёл соленоид для усиления, магнитного действия проводника с током, открытого Х. Эрстедом, а первый электромагнит был изобретён У. Стёрдженем (1825). Ф. Биттер в 1933 г. сконструировал электромагнит для создания сильного (до 10 Тл) стационарного магнитного поля (т. н. катушка, или магнит Биттера). В 1923 г. П. Л. Капица выдвинул идею генерации импульсного магнитного поля и реализовал её, получив импульсные магнитные поля до 50 Тл. Существенный вклад в развитие учения о магнитах и магнетизме внесли Ж.-Б. Био, Ф. Савар, П.-С. Лаплас, Х. А. Лоренц, Дж. К. Максвелл, М. Фарадей, В. Э. Вебер, Э. Х. Ленц, Ж. Б. Л. Фуко, Дж. Генри, Н. Тесла, П. Кюри, Л. Неель, М. Планк, Н. Бор и многие другие.

Научные исследования в области квантовой механики показали наличие собственного механического момента у электрона приводит к возникновению спинового (собственного) магнитного момента. Спиновый магнитный момент электрона в магнитном поле может иметь только две, равные и противоположно направленные, проекции на направление поля H , которые равны по модулю магнетону Бора: $\mu_B = \hbar e / 2mc$. Спиновые и орбитальные магнитные моменты электронов и создают суммарные магнитные моменты

атомов и молекул, что обуславливает возникновение намагниченности у магнитов и других магнитных материалов.

Тишин Александр Метталинович

Библиография:

- Coey J. M. D. Magnetism and magnetic materials. – Cambridge : Cambridge University Press, 2010.
- Физические исследования в сверхсильных магнитных / Г. В. Борисков, А. И. Быков, М. И. Долотенко [и др.] // Успехи физических наук. – 2011. – Т. 181, № 4. – С. 441–447.
- Параметры спечённых магнитов NdFeB, поставляемых ООО «Полимагнит» // АМТ&С.