Магнитное поле, как мы уже знаем, создаётся не только электрическими токами, но и постоянными магнитами.

Намагничивание вещества. Постоянные магниты могут быть изготовлены лишь из сравнительно немногих веществ, но все вещества, помещённые в магнитное поле, намагничиваются, т. е. сами становятся источниками магнитного поля. В результате этого вектор магнитной индукции при наличии вещества отличается от вектора магнитной индукции в вакууме.

Гипотеза Ампера. Согласно гипотезе Ампера внутри молекул и атомов циркулируют элементарные электрические токи. (Теперь мы хорошо знаем, что эти токи образуются вследствие движения электронов в атомах.) Круговой ток создаёт магнитное поле. Если плоскости, в которых циркулируют эти токи, расположены беспорядочно по отношению друг к другу (рис. 1.36, а), то векторы магнитной индукции также имеют случайные направления, суммарный вектор равен нулю и никакими магнитными свойствами тело не обладает. В намагниченном состоянии элементарные токи в теле создают сонаправленные магнитные поля, следовательно, векторы индукции этих полей складываются. Можно представить, что суммарное поле элементарных токов эквивалентно магнитному полю тока, идущего по внешней поверхности вещества (рис. 1.36, б).

Причина, вследствие которой тела обладают магнитными свойствами, была установлена французским учёным Ампером. Сначала, под впечатлением от опытов Эрстеда, Ампер предположил, что магнетизм Земли вызван токами, проходящими внутри земного шара. Главный шаг был сделан: магнитные свойства тела можно объяснить циркулирующими внутри его токами. Далее Ампер пришёл к общему заключению: магнитные свойства любого тела определяются замкнутыми электрическими токами внутри его. Этот решающий шаг от возможности объяснения магнитных свойств тела токами к категорическому утверждению, что магнитные взаимодействия — это взаимодействия токов, — свидетельство большой научной смелости Ампера.

Гипотеза Ампера объясняет, почему магнитная стрелка и рамка (контур) с током в магнитном поле ведут себя одинаково (см. § 1). Стрелку можно рассматривать как совокупность маленьких контуров с током, ориентированных одинаково.

Ферромагнетиками называют вещества, которые создают наиболее сильные магнитные поля.

Магнитные поля создаются ферромагнетиками не только вследствие обращения электронов вокруг ядер, но и вследствие собственного вращения электронов.

Собственный вращательный момент (момент импульса) электрона называется спином.

Согласно простейшим представлениям электроны вращаются вокруг собственной оси и, обладая зарядом, создают магнитное поле наряду с полем, появляющимся за счёт их орбитального движения вокруг ядер.

В ферромагнетиках существуют области с параллельными ориентациями спинов, называемые доменами; размеры доменов порядка 0,5 мкм.

Параллельная ориентация спинов обеспечивает доменам минимум потенциальной энергии. Если ферромагнетик не намагничен, то ориентация доменов хаотична (рис. 1.37, а) и суммарное магнитное поле, создаваемое доменами, равно нулю. При включении внешнего магнитного поля домены ориентируются вдоль линий магнитной индукции этого поля (рис. 1.37, б) и индукция магнитного поля в ферромагнетиках увеличивается, становясь в тысячи и даже миллионы раз больше индукции внешнего поля.

Наряду с ферромагнетиками в природе существуют диа- и парамагнетики В диамагнетиках при внесении их в магнитное поле индукция магнитного поля в веществе уменьшается, а в парамагнетиках увеличивается, но существенно меньше, чем в ферромагнетиках.

У диамагнетиков магнитные поля электронов в отсутствие внешнего магнитного поля полностью скомпенсированы, однако при его включении эта компенсация нарушается. Вектор индукции орбитального магнитного поля оказывается направленным против вектора индукции внешнего поля.

У парамагнетиков магнитные поля электронов в атоме не полностью скомпенсированы. Атомы представляют собой маленькие постоянные магниты, которые во внешнем магнитном поле ориентируются так, что их магнитное поле усиливает внешнее поле.

Температура Кюри. При температурах, больших некоторой определённой для данного ферромагнетика температуры, его ферромагнитные свойства исчезают.

Температуру, при которой ферромагнитные свойства исчезают, называют точкой Кюри по имени открывшего данное явление французского учёного.

Если достаточно сильно нагреть намагниченный гвоздь, то он потеряет способность притягивать к себе железные предметы. Точка Кюри для железа 753 °С, для никеля 365 °С, а для кобальта 1000 °С. Существуют ферромагнитные сплавы, у которых точка Кюри меньше 100 °С.

Первые детальные исследования магнитных свойств ферромагнетиков были выполнены выдающимся русским физиком А. Г. Столетовым (1839—1896).

Ферромагнетики и их применение. Хотя ферромагнитных тел в природе не много, именно благодаря их магнитным свойствам они получили наибольшее практическое применение. Железный или стальной сердечник в катушке во много раз усиливает создаваемое ею магнитное поле, не увеличивая силу тока в катушке. Это экономит электроэнергию. Сердечники трансформаторов, генераторов, электродвигателей и т. д. изготовляют из ферромагнетиков.

При выключении внешнего магнитного поля ферромагнетик остаётся намагниченным, т. е. создаёт магнитное поле в окружающем пространстве. Это объясняется тем, что домены не возвращаются в прежнее положение и их ориентация частично сохраняется. Благодаря этому существуют постоянные магниты.

Постоянные магниты находят широкое применение в электроизмерительных приборах, громкоговорителях и телефонах, звукозаписывающих аппаратах, магнитных компасах и т. д.

Большое применение получили ферриты — ферромагнитные материалы, не проводящие электрического тока. Они представляют собой химические соединения оксидов железа с оксидами других веществ. Один из известных ферромагнитных материалов — магнитный железняк — является ферритом.

Магнитная запись информации. Из ферромагнетиков изготовляют магнитные ленты и тонкие магнитные плёнки. Магнитные ленты ранее широко использовались для звукозаписи в магнитофонах и для видеозаписи в видеомагнитофонах.

Магнитная лента представляет собой гибкую основу из полихлорвинила или других веществ. На неё наносится рабочий слой в виде магнитного лака, состоящего из очень мелких игольчатых частиц железа или другого ферромагнетика и связующих веществ.

Запись звука производят на ленту с помощью электромагнита, магнитное поле которого изменяется в такт со звуковыми колебаниями. При движении ленты вблизи магнитной головки различные участки плёнки намагничиваются. Схема магнитной индукционной головки показана на рисунке 1.38, где 1 — сердечник электромагнита; 2 — магнитная лента; 3 — рабочий зазор; 4 — обмотка электромагнита.

При воспроизведении звука наблюдается обратный процесс: намагниченная лента возбуждает в магнитной головке электрические сигналы, которые после усиления поступают на динамик магнитофона.

Тонкие магнитные плёнки состоят из слоя ферромагнитного материала толщиной от 0,03 до 10 мкм. Их применяют в запоминающих устройствах электронно-вычислительных машин (ЭВМ). Магнитные плёнки предназначены для записи, хранения и воспроизведения информации. Их наносят на тонкий алюминиевый диск или барабан. Информацию записывают и воспроизводят примерно так же, как и в обычном магнитофоне.

Развитие технологии магнитной записи привело к появлению магнитных микроголовок, позволяющих создавать немыслимую ранее плотность магнитной записи. На ферромагнитном жёстком диске диаметром меньше 8 см хранится до нескольких терабайт (1012 байт) информации. Считывание и запись информации на таком диске осуществляются с помощью микроголовки, расположенной на специальном устройстве, позволяющем перемещаться вдоль радиуса диска (рис. 1.39). Сам диск вращается с огромной скоростью, и головка плавает над ним в потоке воздуха, что предотвращает возможность механического повреждения диска.