

# Тема 18

**Понятие о диа-, пара- и ферромагнетиках. Доменная структура ферромагнетиков. Магнитный гистерезис. Работы А.Г. Столетова. Точка Кюри. Магнитные материалы и их применение**

# ОГЛАВЛЕНИЕ

18.1 Понятие о диа-, пара- и ферромагнетиках.

Доменная структура магнетиков

18.2. Магнитный гистерезис. Работы А.Г.

Столетова. Точка Кюри

18.3. Магнитные материалы и их применение

## 18.1. Понятие о диа-, пара- и ферромагнетиках. Доменная структура магнетиков

Все магнитные материалы в зависимости от значения магнитной проницаемости делятся на три типа:

1. Если  $\mu < 1$  (магнитное поле в магнетиках меньше, чем внешнее поле), вещество называется диамагнетиком.
2. Если  $\mu > 1$  (поле внутри вещества усиливается незначительно), вещество называется парамагнетиком.
3. Если  $\mu \gg 1$  (поле внутри вещества значительно усиливается по отношению к внешнему полю), вещество относится к ферромагнетикам.

$$\mu = \begin{cases} \mu < 1, & \text{- диа-} & \text{графит, Вi} \\ \mu > 1, & \text{- пара-} & \text{Cu, Mn, Mg, O}_2, \text{ N}_2 \\ \mu \gg 1, & \text{- ферро-} & \text{Fe, Co, Ni} \end{cases}$$

Вследствие вращения электрона вокруг ядра, ему можно приписать магнитный момент, который называется орбитальным. Поскольку в состав атома входит не один электрон, а некоторое количество, то суммарный орбитальный магнитный момент будет равен векторной сумме орбитальных моментов всех электронов атома.

Как известно, электрон обладает спином. Вследствие этого, каждый электрон обладает и спиновым магнитным моментом, который также необходимо приплюсовать к орбитальному магнитному моменту. Следовательно, полный магнитный момент атома (молекулы) вещества складывается из суммы всех орбитальных и спиновых магнитных моментов электронов, а также магнитного момента ядра.

Возможны варианты, когда полный магнитный момент атома либо равен нулю, либо отличен от нуля.

Что происходит, когда атом вещества попадает во внешнее магнитное поле? Магнитные моменты электронов, входящих в состав атома, начинают взаимодействовать с внешним магнитным полем. Результатом этого взаимодействия становится прецессия (явление вращения оси) электронных орбит вокруг направления внешнего магнитного поля.

1. Если собственный магнитный момент был равен нулю, то в результате суперпозиции внешнего магнитного поля и наведенного магнитного поля, возникшего в результате прецессии электронных орбит, и имеющего противоположное направление по отношению к внешнему полю, результирующее поле будет ослабевать, данное вещество является диамагнетиком.

2. Собственные магнитные моменты (орбитальные и спиновые) атомов, ионов или молекул ориентируются вдоль направления внешнего магнитного поля, в результате чего магнитная индукция в среде усиливается. В этом случае вещество относят к парамагнетикам.

3. В ферромагнетиках происходит значительное увеличение магнитного поля, что объясняется следующими причинами. В ферромагнетиках магнитные моменты соседних атомов могут взаимодействовать друг с другом, в результате чего их магнитные моменты оказываются сонаправленными. Этот процесс захватывает множество атомов в некоторой области ферромагнетика, для которой устанавливается общий вектор магнитного момента.

Область ферромагнетика с общим направлением магнитного момента называется домен.

Размеры домена в различных ферромагнетиках различны, они колеблются от долей микрона до сотен микрон.

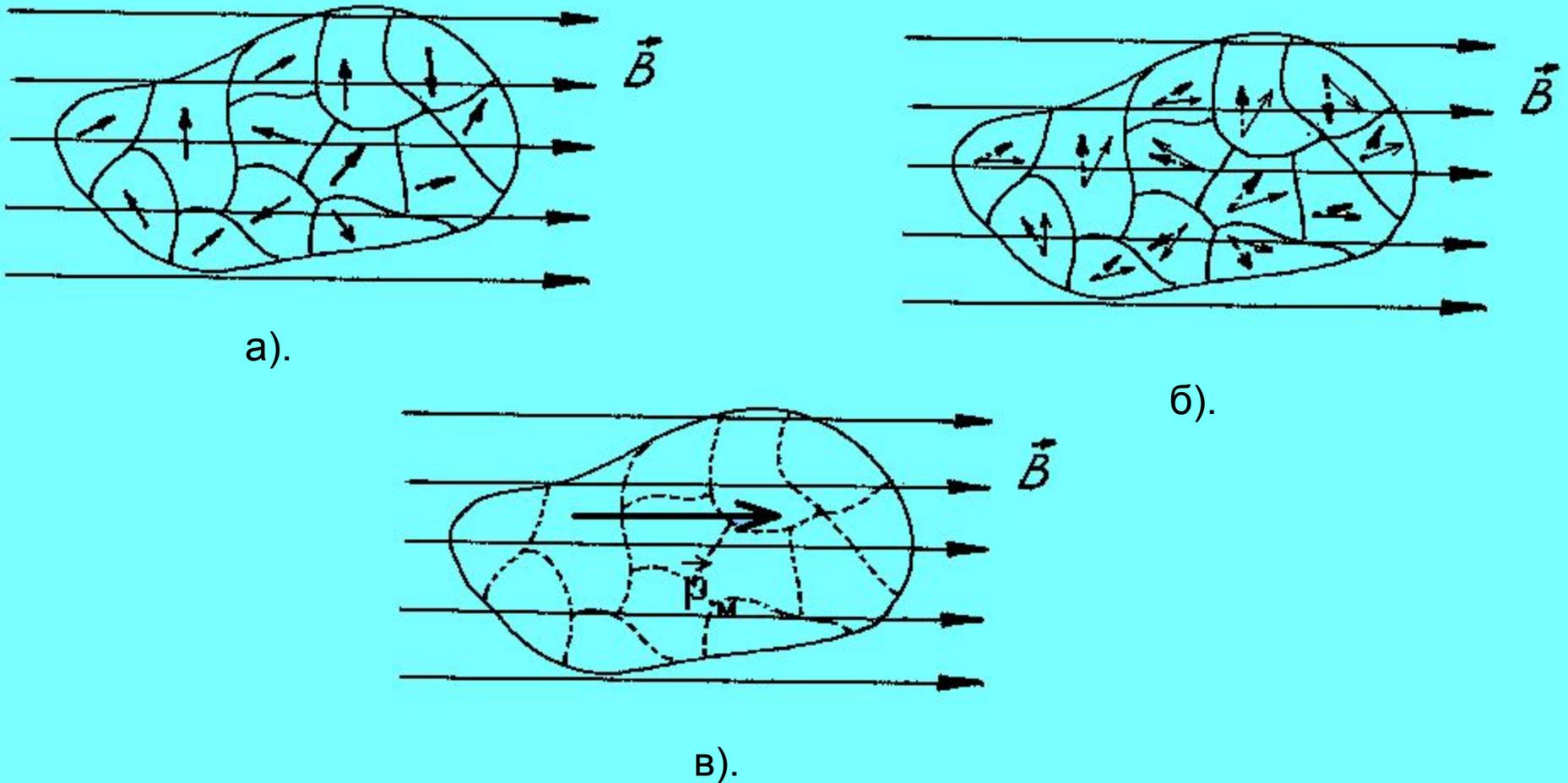


Рис.18.1.

## 18.2. Магнитный гистерезис. Работы А.Г.Столетова. Точка Кюри

Гистерезис означает запаздывание.

Столетов изучал свойства ферромагнетиков, в частности, процесс их намагничивания.

Процесс намагничивания можно схематически изобразить так:

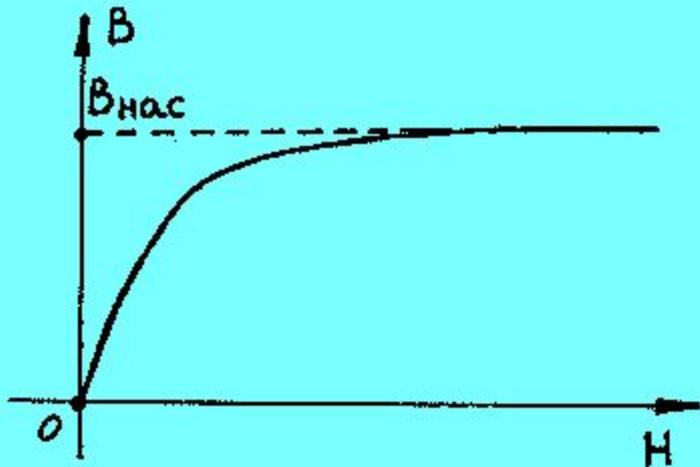


Рис.18.2.

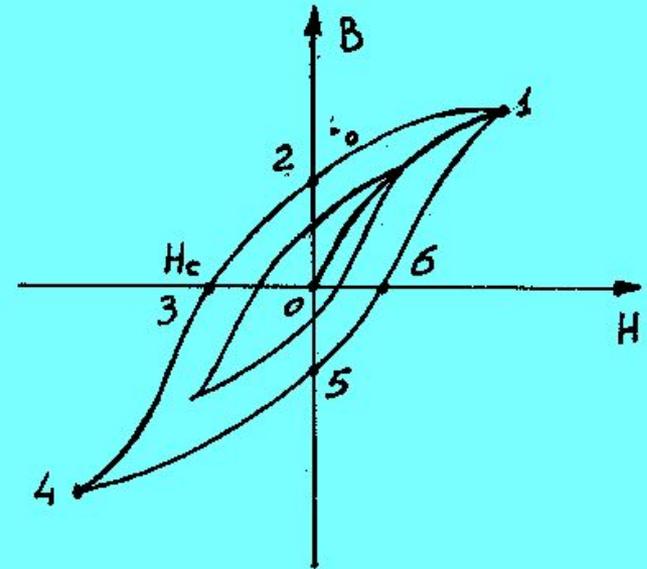


Рис.18.3.

$$B = f(H)$$

Если напряженность магнитного поля равна нулю, вещество не вернется в прежнее состояние. Ордината  $B_0$  — остаточная намагниченность.

Остаточная намагниченность  $B_0$  — значение магнитной индукции вещества в отсутствие внешнего магнитного поля.

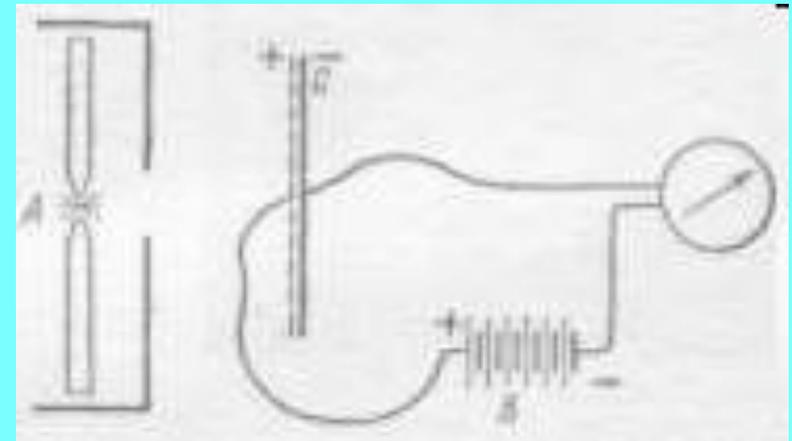
С помощью коммутатора меняли направление тока в соленоиде. Увеличим ток соленоида в противоположном направлении. При некотором значении напряженности магнитного поля вещество размагнитится полностью.

Коэрцитивная сила  $H_c$  — это сила, при которой вещество полностью размагнитится.

Изменение индукции внутреннего поля все время запаздывает в отношении индукции внешнего поля.

Ферромагнетик— такой материал, который обладает “памятью”. Все процессы зависят от того, что было с ним раньше.

Установка Столетова представляла собой металлическую пластинку С, которая освещалась через сетку лучами от электрической дуги А. Пластинка и сетка были включены в цепь, содержащую гальваническую батарею В и гальванометр. Если на сетку подавалось положительное напряжение, а на пластинку – отрицательное, то при освещении последней по цепи протекал ток. Используя рассмотренный метод исследования, Столетов установил ряд важных закономерностей. Так, он показал, что фототок имеет место только в том случае, если на освещаемую пластинку подается отрицательный потенциал; что величина тока пропорциональна световому потоку, падающему на пластину; что существует ток насыщения; что для получения фототока нужно осветить прибор ультрафиолетовыми лучами, и т. д.



## Опыт 18.1 Точка Кюри

### Оборудование:

1. Магнит постоянный.
2. Шуруп или гвоздь железный на нихромовой проволоке.
3. Штатив универсальный.
4. Горелка газовая.
5. Осветитель для теневой проекции.

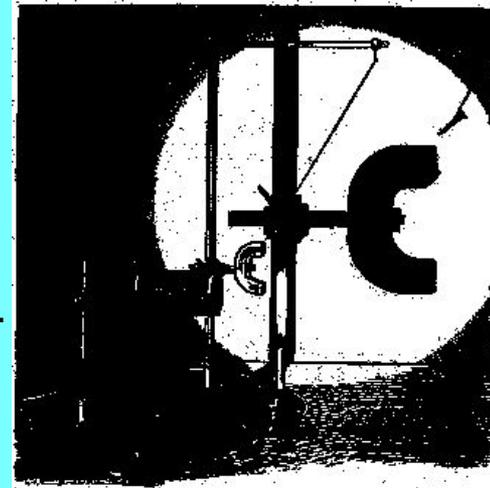


Рис.18.4.

### Ход работы:

1. Подвесим шуруп на нити вблизи постоянного магнита. Шуруп намагнитится и притянется к стержню. Будем нагревать пластину. По мере прогревания домены разрушаются. Пластина размагничивается. Угол отклонения нити от вертикали уменьшается. При переходе через температуру Кюри пластинка становится практически не намагниченной. 2. Уберем факел. При остывании пластинка вновь приобрела свойства ферромагнетика, намагнитилась и притянулась к стержню электромагнита.

**Выводы:** когда температура шурупа достигнет точки Кюри, он потеряет свои ферромагнитные свойства, перестанет притягиваться и отпадет от магнита: проволока, на которой он подвешен, займет вертикальное положение.

## 18.3. Магнитные материалы и их применение

- слабые электромагниты используются в электромагнитных реле,
- магнитная очистка воды,
- устройства из ферромагнетиков применяют в вычислительной технике для записи, хранения и считывания информации.
- сильные электромагниты для поднятия грузов.

В ЭВМ вся информация хранится в виде двоичного кода, то есть в виде комбинации нулей и единиц. Ферромагнетик может быть либо намагничен, либо — нет. Этим состояниям вещества соответствует значение бита информации. Таким образом, если создать в магнитном материале последовательность намагниченных и ненамагниченных зон, то он будет полностью отображать заложенную в него информацию, которую впоследствии можно неоднократно считывать и изменять.

На различных этапах создания ЭВМ в качестве запоминающих устройств (ЗУ) применялись магнитные барабаны, магнитные ленты, магнитные диски. Одним из современных ЗУ является ЗУ на цилиндрических магнитных доменах (ЦМД). В них в качестве магнитоактивной среды используется феррит - гранатовая пленка, в которой вектор намагниченности направлен перпендикулярно поверхности пленки (рис. 18.5).

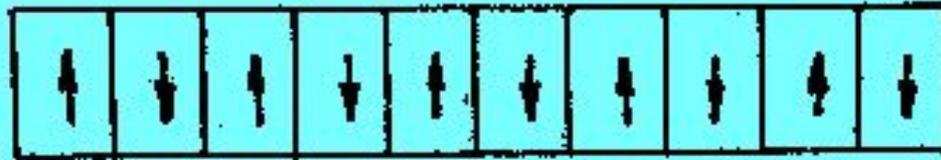


Рис.18.5.

Для считывания информации используют эффект Фарадея. Он заключается в том, что при прохождении поляризованного света через магнитоактивную среду плоскость поляризации света поворачивается, причем направление угла поворота зависит от направления намагниченности пленки. Тогда в системе поляризатор – анализатор получается контрастная картина, в которой областям пленки с различными направлениями намагниченности соответствуют различные значения интенсивности прошедшего через эту систему светового потока. Применение фотоприемника позволяет преобразовать световой сигнал в электрический.

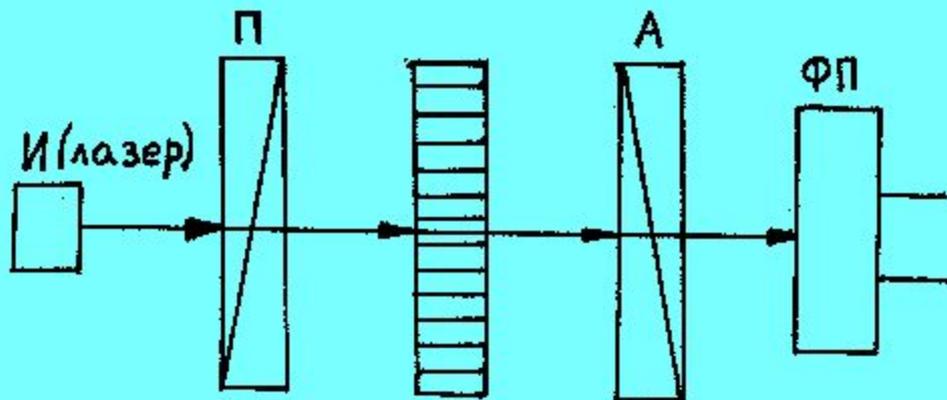


Рис.18.6.