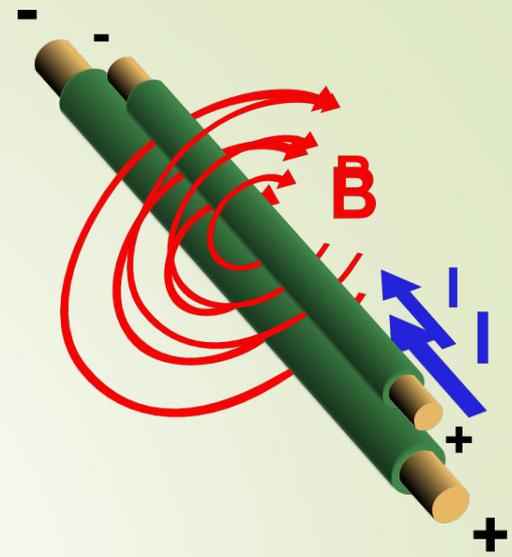


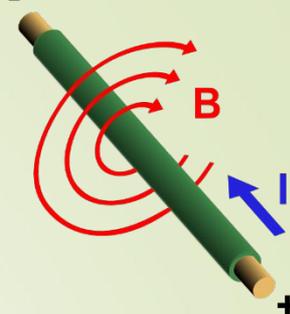
Гистерезис. Применение ферромагнитных материалов.



Магнитная проницаемость среды

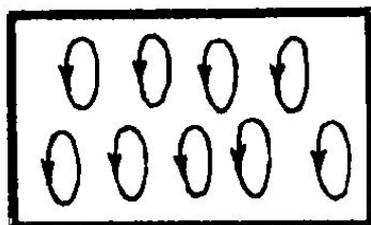
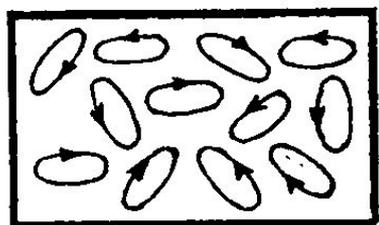
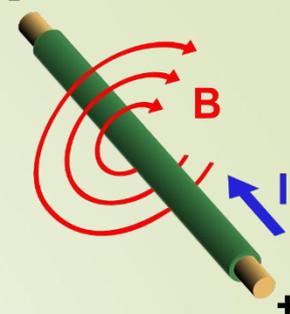
Магнитная проницаемость — это величина, которая характеризует электрические свойства данного вещества.

Она зависит от состояния вещества (и от условий окружающей среды, таких как например температура и давление) и от его рода.



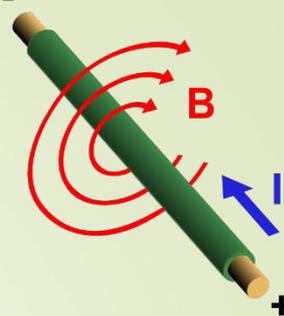
$$\mu = \frac{B}{B_0}$$

Гипотеза Ампера



Тела обладают магнитными свойствами вследствие того, что внутри молекул и атомов циркулируют элементарные магнитные поля.

Классификация веществ по их магнитным свойствам

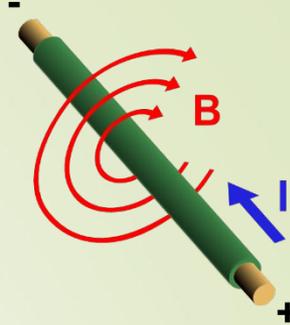


• Диамагнетики

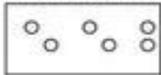
• Парамагнетики

• Проводники

Диамagnetики

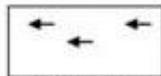


До действия поля



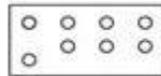
Спин-орбитальные моменты взаимно-скомпенсированы, объект не магнитен

Во время действия поля



Спин-орбитальные моменты противоположны направлению поля

После действия поля



Спин-орбитальные моменты возвращаются в первоначальное состояние

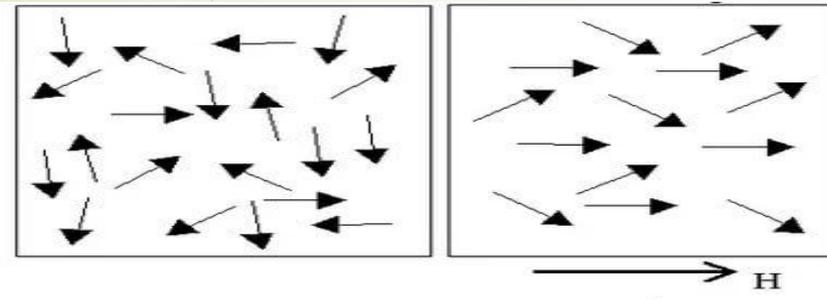
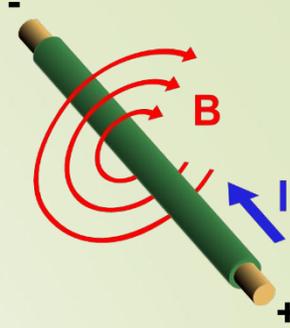
Кремний, железо, германий, бор, медь, серебро, золото, цинк, ртуть, галлий, водород, азот, вода.

Диамagnetики — вещества, намагничивающиеся против направления внешнего магнитного поля.

$$\mu < 1$$

К диамagnetикам относятся инертные газы, азот, водород, кремний, фосфор, висмут, цинк, медь, золото, серебро, а также многие другие, как органические, так и неорганические, соединения. Человек в магнитном поле ведет себя как диамagnetик.

Парамагнетики



алюминий



магний

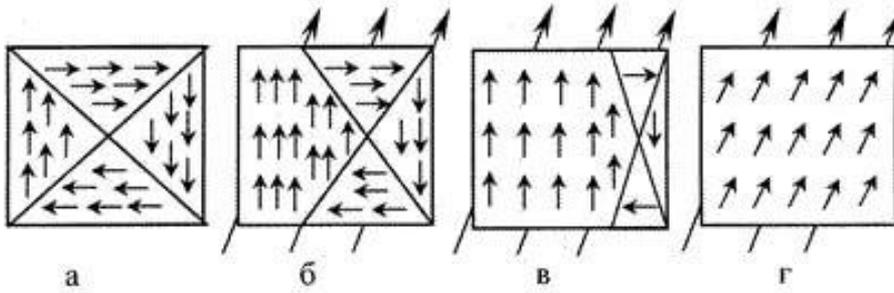
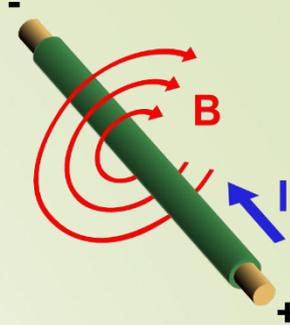


титан

Парамагнетики — вещества, которые намагничиваются во внешнем магнитном поле в направлении внешнего магнитного поля ($J \uparrow \uparrow H$) и имеют положительную магнитную восприимчивость. Парамагнетики относятся к слабомагнитным веществам, магнитная проницаемость незначительно отличается от единицы

$$\mu < 1$$

Проводники



Железо



Никель

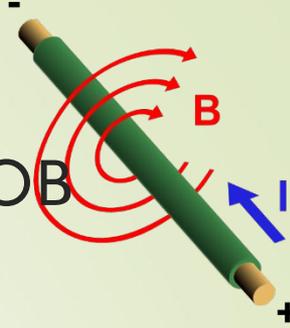


Кобальт

Проводники —
вещество, которое
при температуре
ниже точки
температуры
плавления,
способно обладать
намагниченностью в
отсутствие
внешнего
магнитного поля.

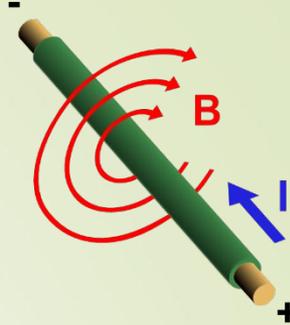
$$\mu \gg 1$$

Свойства ферромагнетиков



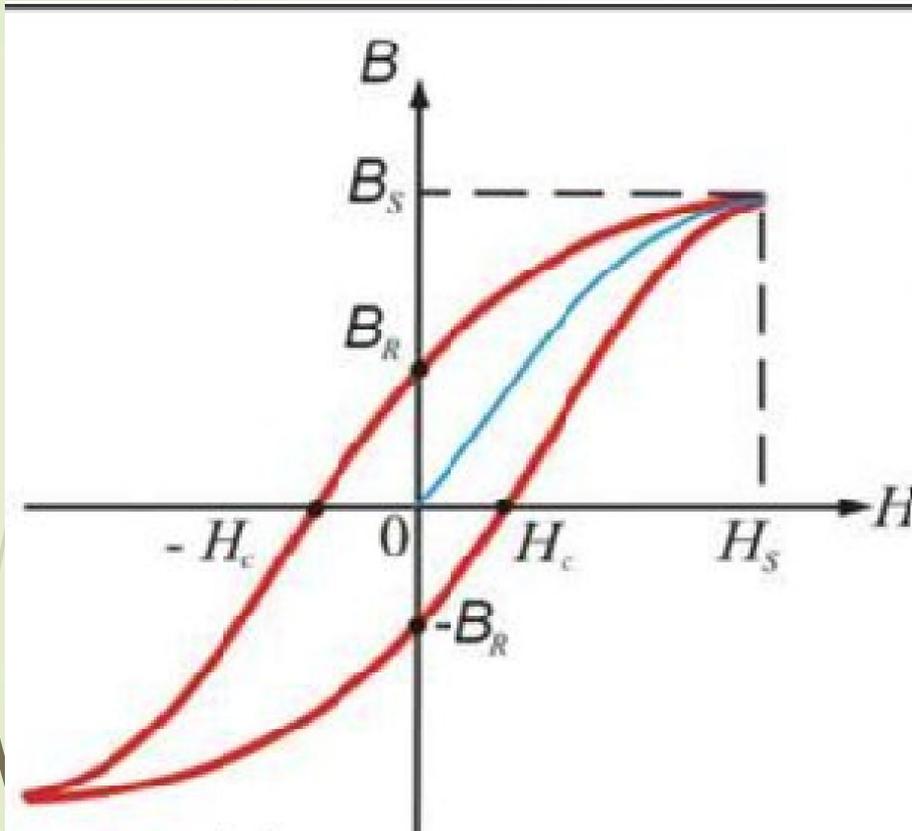
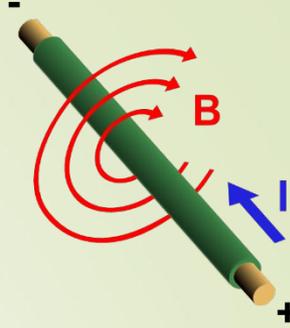
- Магнитная восприимчивость ферромагнетиков положительна и значительно больше единицы.
- При не слишком высоких температурах ферромагнетики обладают самопроизвольной (спонтанной) намагниченностью, которая сильно изменяется под влиянием внешних воздействий.
- Для ферромагнетиков характерно явление гистерезиса.
- Ферромагнетики притягиваются магнитом.

Магнитным гистерезисом

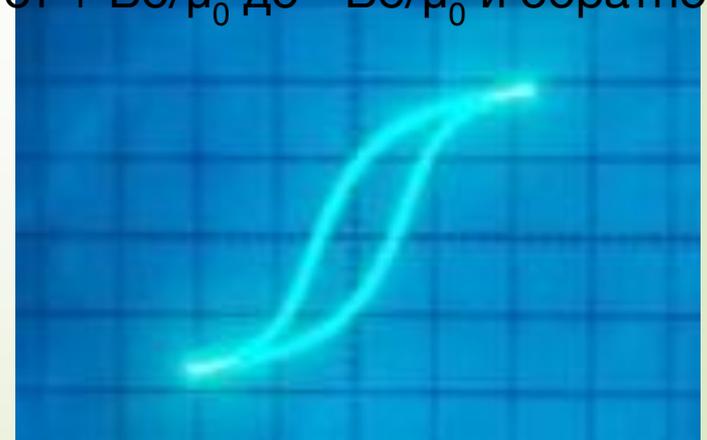


- (От греческого «hysteresis» — отставание следствия от его причины) ферромагнетика называется отставание изменения величины намагниченности ферромагнитного вещества от изменения внешнего магнитного поля, в котором находится вещество.

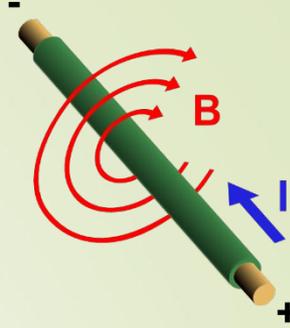
Петля гистерезиса



Петлей гистерезиса называется кривая зависимости изменения величины намагниченности ферромагнитного тела, помещенного во внешнее магнитное поле, от изменения напряжения этого поля от $+B_0/\mu_0$ до $-B_0/\mu_0$ и обратно.



Задача №1



- По графику (рис.96) определить магнитную проницаемость стали при индукции B_0 намагничивающего поля 0,4 и 1,2 мТл.

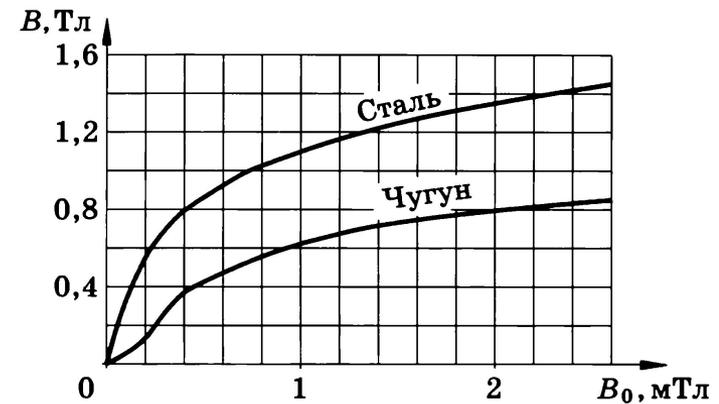
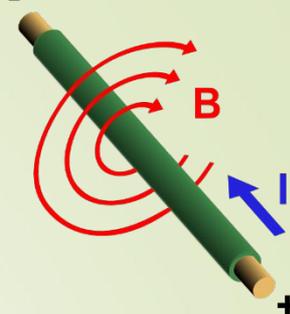


Рис. 96

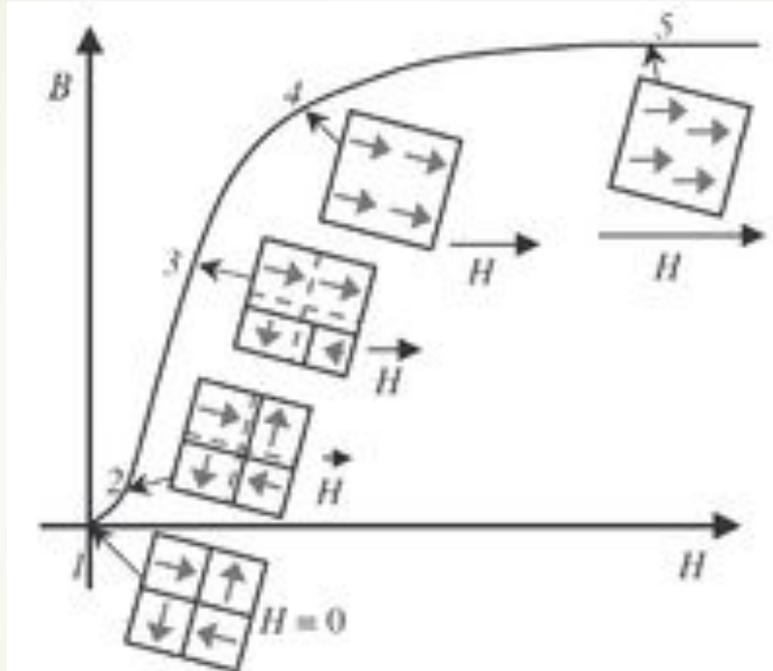
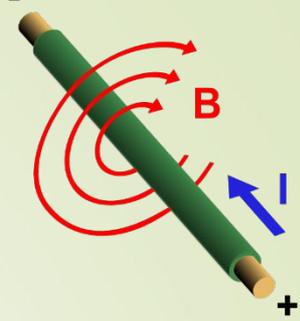


Магнитомягкие материалы характеризуются малыми значениями магнитной проницаемостью, индукцией насыщения, малой коэрцитивной силой (не более 4 кА/м) и, следовательно, узкой петлей гистерезиса.

Магнитотвердые материалы, напротив, имеют большую коэрцитивную силу, высокие значения объемной плотности энергии, малую магнитную проницаемость.



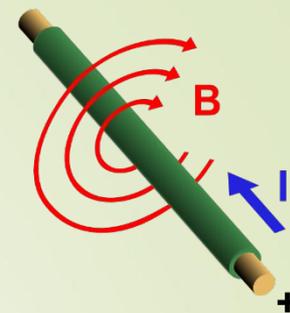
Домен



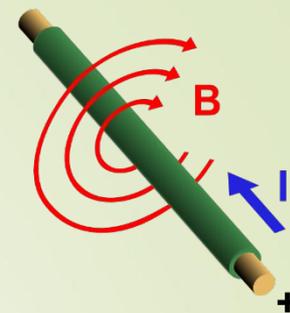
Перемагничивание четырёхдоменной частицы во внешнем поле. По осям отложены напряженность внешнего магнитного поля H и магнитная индукция B

Точка Кюри

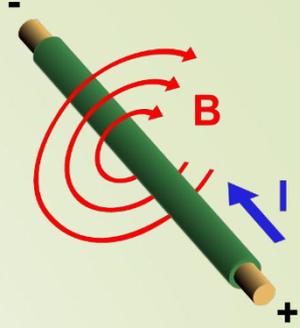
ТОЧКА КЮРИ — температура, выше которой ферромагнитные вещества превращаются в электрические.



Эффект Мейснера



Эффект Мейснера - полное вытеснение магнитного поля из объёма проводника при его переходе в сверхпроводящее состояние. Впервые явление наблюдалось в 1933 году немецкими физиками Мейснером и Оксенфельдом.



Магнит левитирует над
охлаждённым жидким
азотом сверхпроводником