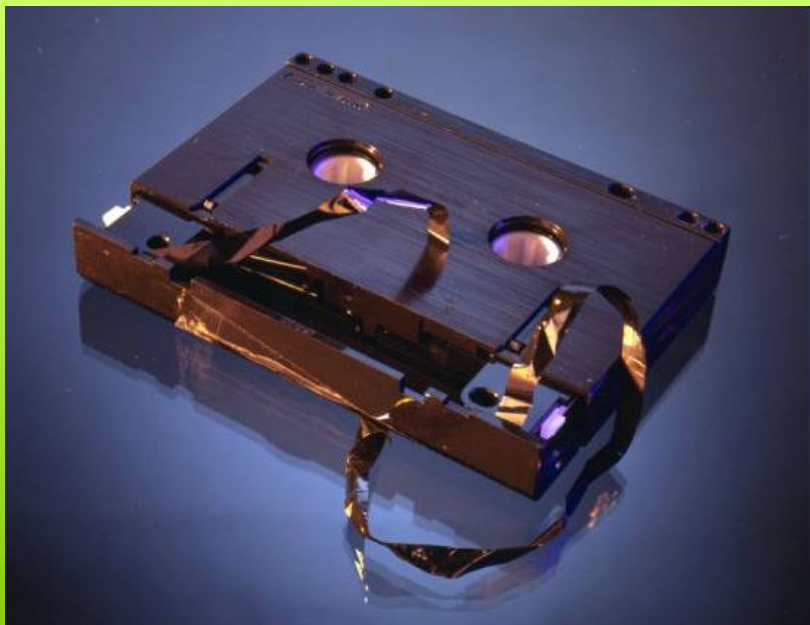


# Магнитные свойства вещества

11 класс



Экспериментальные исследования показали, что все вещества в большей или меньшей степени обладают магнитными свойствами. Индукция магнитного поля, создаваемого электрическими токами в веществе, отличается от индукции магнитного поля, создаваемого теми же токами в вакууме.

Физическая величина, показывающая, во сколько раз индукция магнитного поля в однородной среде отличается по модулю от индукции магнитного поля в вакууме, называется ***магнитной проницаемостью***:

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

$B$  – в однородной среде

$B_0$  – в вакууме

# Вещества

Диамагнетики

Парамагнетики

$$\mu < 1$$

$$\mu > 1$$

**Ферромагнетики**

$$\mu \gg 1$$

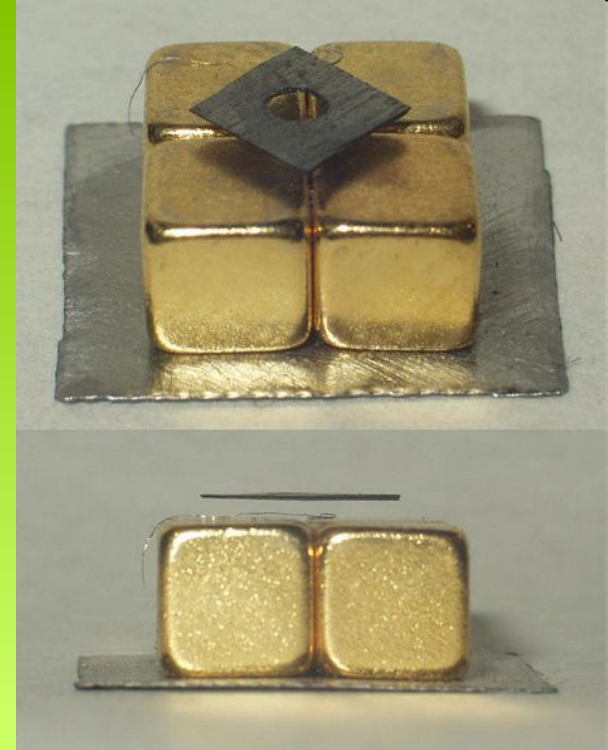
Вещества, способные сильно намагничиваться в магнитном поле

Широкое применение в технике получили керамические ферромагнитные материалы – ферриты.

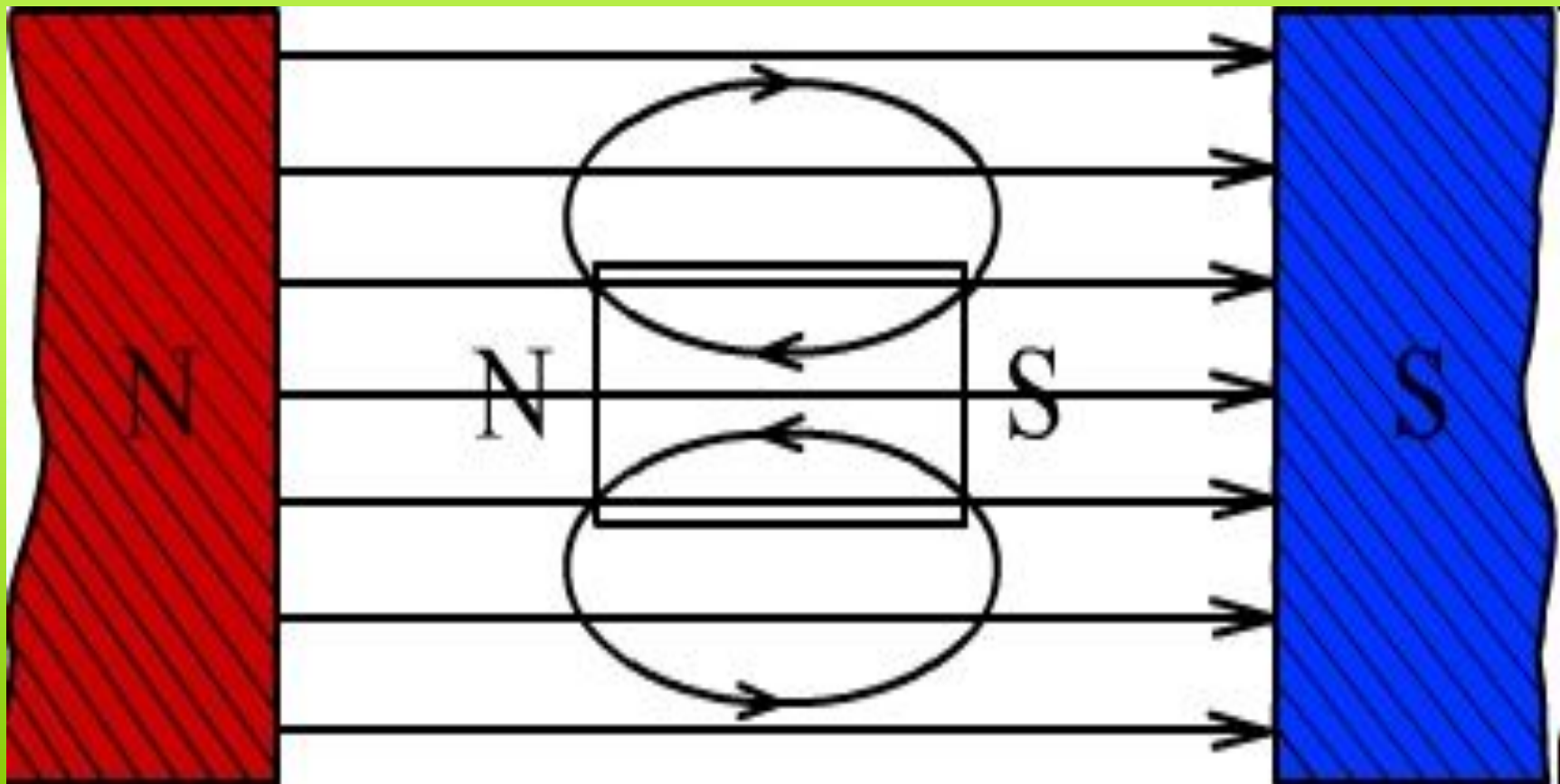
**Слабо-магнитные вещества**

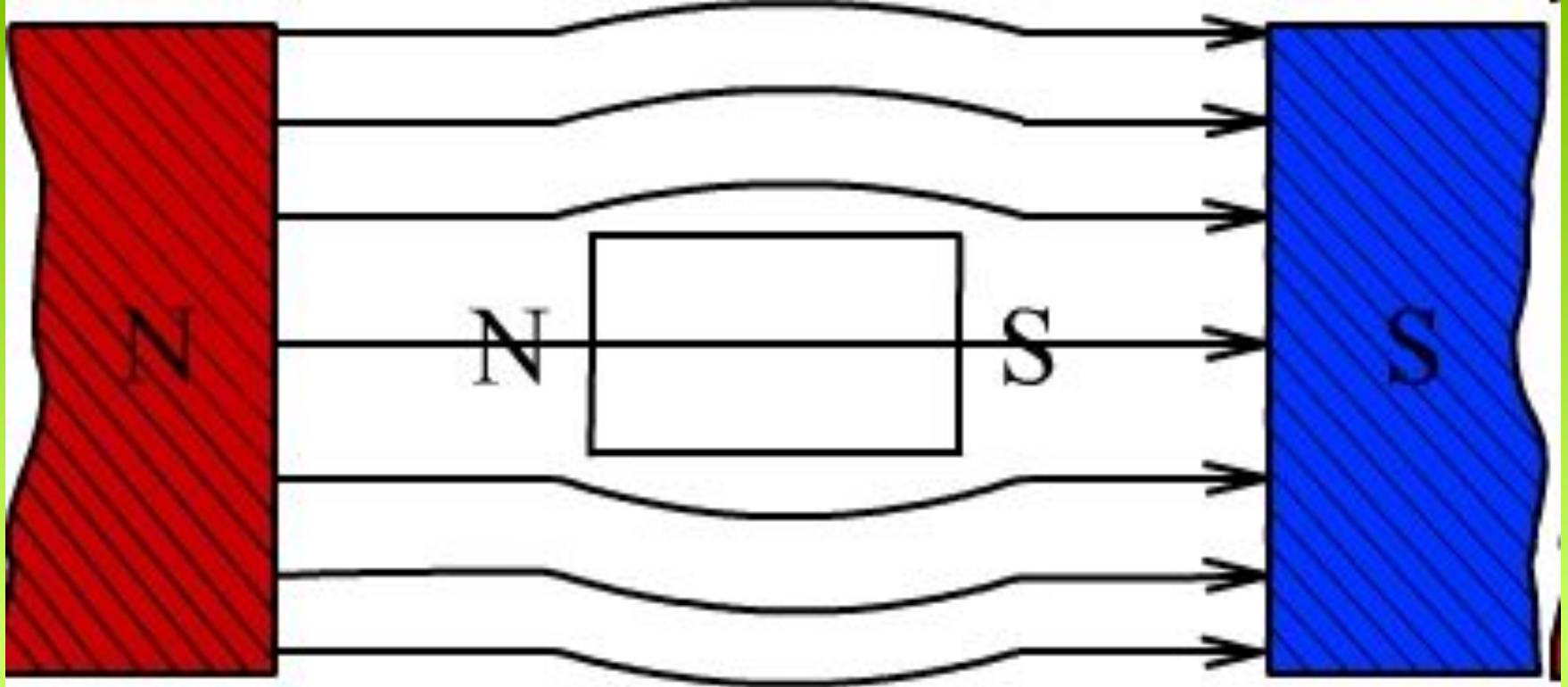
# Диамагнетики

- вода, висмут, медь, золото, сера, ртуть, хлор, инертные газы и практически все органические соединения.
- Если стержень из диамагнетика подвесить в вакууме в однородном магнитном поле, то в положении равновесия он установится перпендикулярно линиям магнитной индукции



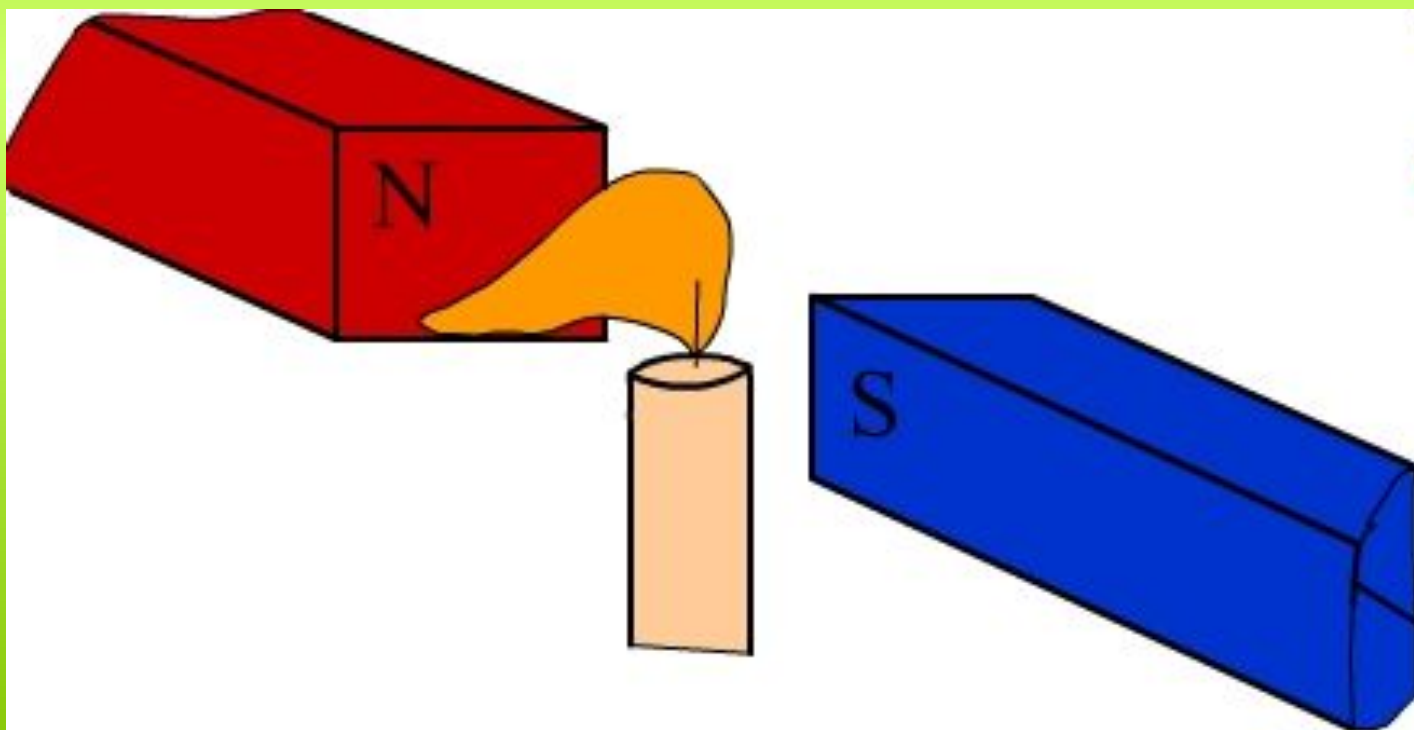
Диамagnetик в магнитном поле намагничивается таким образом, что на том его конце, где входят линии внешнего поля, образуется северный полюс, а с противоположной стороны — южный





- Магнитное поле внутри диамагнитных веществ несколько слабее, чем снаружи. Внешнее поле вблизи диамагнетика искажается; силовые линии поля как бы выталкиваются из диамагнитного тела.

- Если диамагнетик поднести к определенному полюсу магнита, то он будет отталкиваться. Например, так как продуктами сгорания свечи являются диамагнитные частицы, то пламя свечи в магнитном поле будет отклоняться

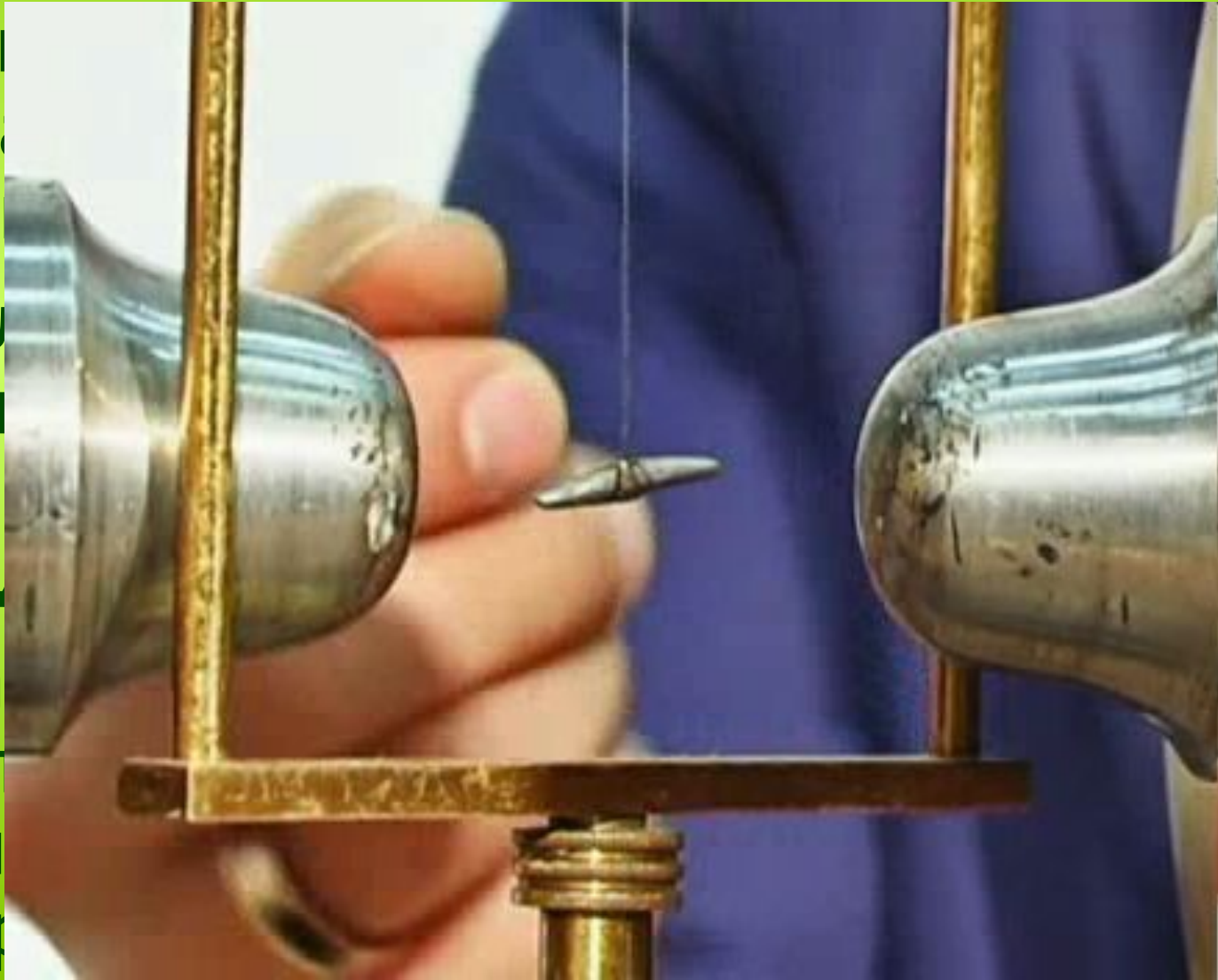




# Парамагнетики



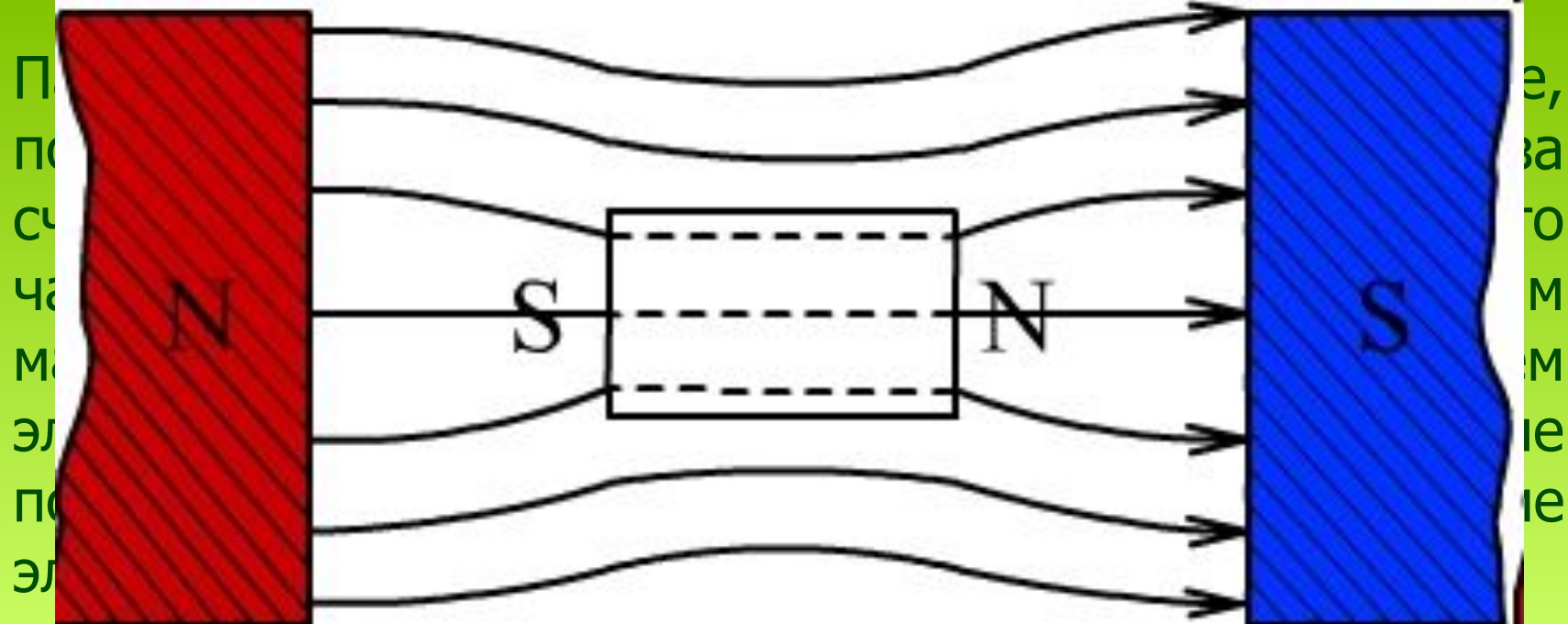
- алл
- пл
- ни
- Есл
- в
- то
- инд
- Па
- ост
- вы
- тер



весить  
поле,  
нитной

имеют  
после  
я, они





- При намагничивании парамагнетика его молекулярные токи располагаются так, что общее магнитное поле частиц оказывается направленным вдоль внешнего поля, намагничивающего парамагнетик. Действительно, каждая частица парамагнетика является элементарным магнитиком. Внешнее магнитное поле заставляет северные полюсы частиц поворачиваться в направлении внешнего поля. Магнитное поле, созданное парамагнетиком, усиливает, хотя и незначительно внешнее магнитное поле, поэтому индукция  $B$  результирующего поля больше магнитной индукции  $B_0$  поля при отсутствии парамагнетика

# Ферромагнетики



- кристаллическое железо, никель, кобальт, многие сплавы этих элементов между собой и с другими ферромагнитными соединениями, а также сплавы и соединения хрома и марганца с ферромагнитными элементами
- Намагниченность в ферромагнетиках сохраняется и после выключения внешнего поля.

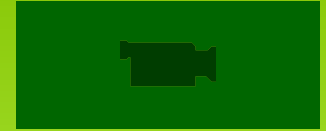
- Ферромагнетики во внешнем магнитном поле намагничиваются подобно парамагнетикам, они создают собственное магнитное поле. **Это вещества, которые имеют самостоятельно намагниченные области (домены — от франц. domaine - владение).** Понятие домена было введено П. Вейсом в 1907 г. Вейс представлял домены в виде небольших «колоний» атомов, в пределах которых магнитные моменты всех атомов в силу каких-то причин вынуждены сохранять одинаковую ориентацию, так что каждый домен намагничен до насыщения. Отдельный домен может иметь линейные размеры порядка 0,01 мм и соответственно объем порядка  $10^{-6}$  мм<sup>3</sup>. Домены разделены так называемыми блоховскими стенками, толщина которых не превышает 1000 атомных размеров. Такие стенки представляют собой «переходные слои», в которых происходит изменение направления намагниченности доменов.

# Пьер Эрнест Вейс (1865 — 1940) - французский физик

В 1907 высказал гипотезу о существовании в ферромагнетиках внутреннего взаимодействия, приводящего к самопроизвольной намагниченности, развил феноменологическую теорию Ферромагнетизма, теоретически предсказал и экспериментально изучил аномалию теплоёмкости и магнитокалорический эффект у ферромагнетиков и открыл закон температурной зависимости восприимчивости ферромагнетиков выше точки Кюри (Кюри - Вейса закон). В 1911 пришёл к выводу о существовании магнитного момента атома, который он назвал Магнетоном. Сконструировал мощные электромагниты и ряд приборов для магнитных и электрических измерений.



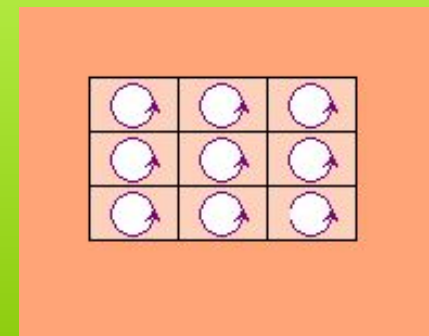
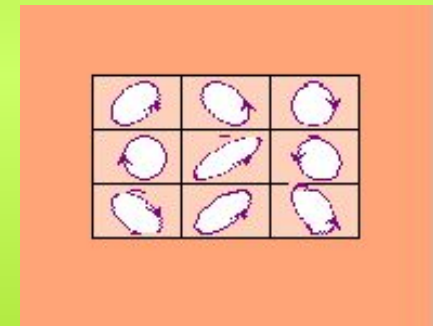
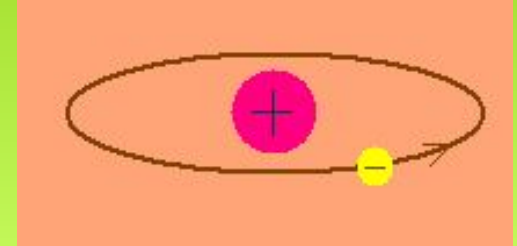
# Гипотеза Ампера



- Магнетизм Земли вызван токами внутри



- Магнитные свойства любого тела определяются замкнутыми токами внутри него.
- М.П. в веществе создают электроны за счёт орбитального движения (диа-, пара-) и из-за собственного «вращения» (ферро-)

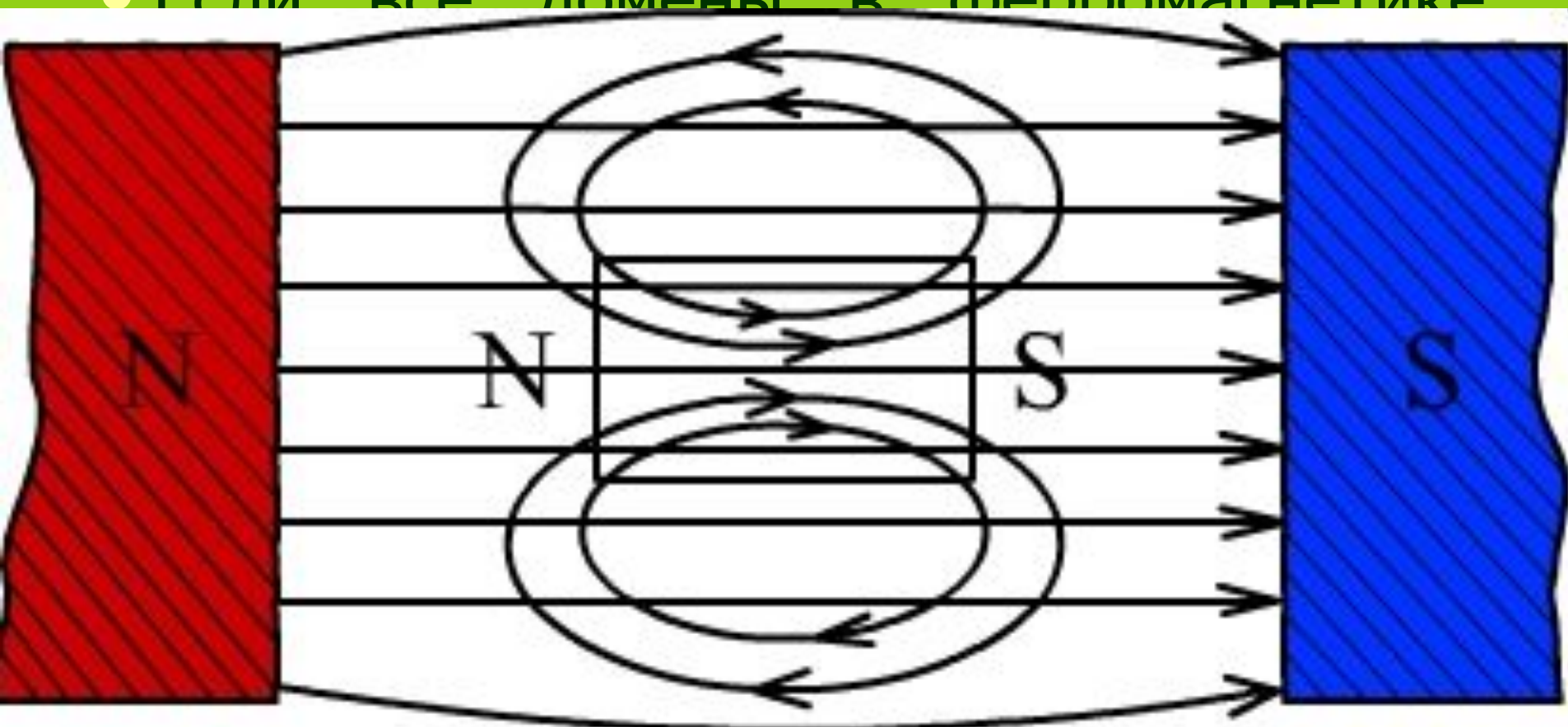


- В ненамагниченном веществе оси доменов ориентированы хаотично. Общий магнитный эффект весьма мал или равен нулю (Рис. б) Когда же все домены ориентируются в одном направлении, то вещество намагничивается, имея полюсы возле концов (Рис. в).



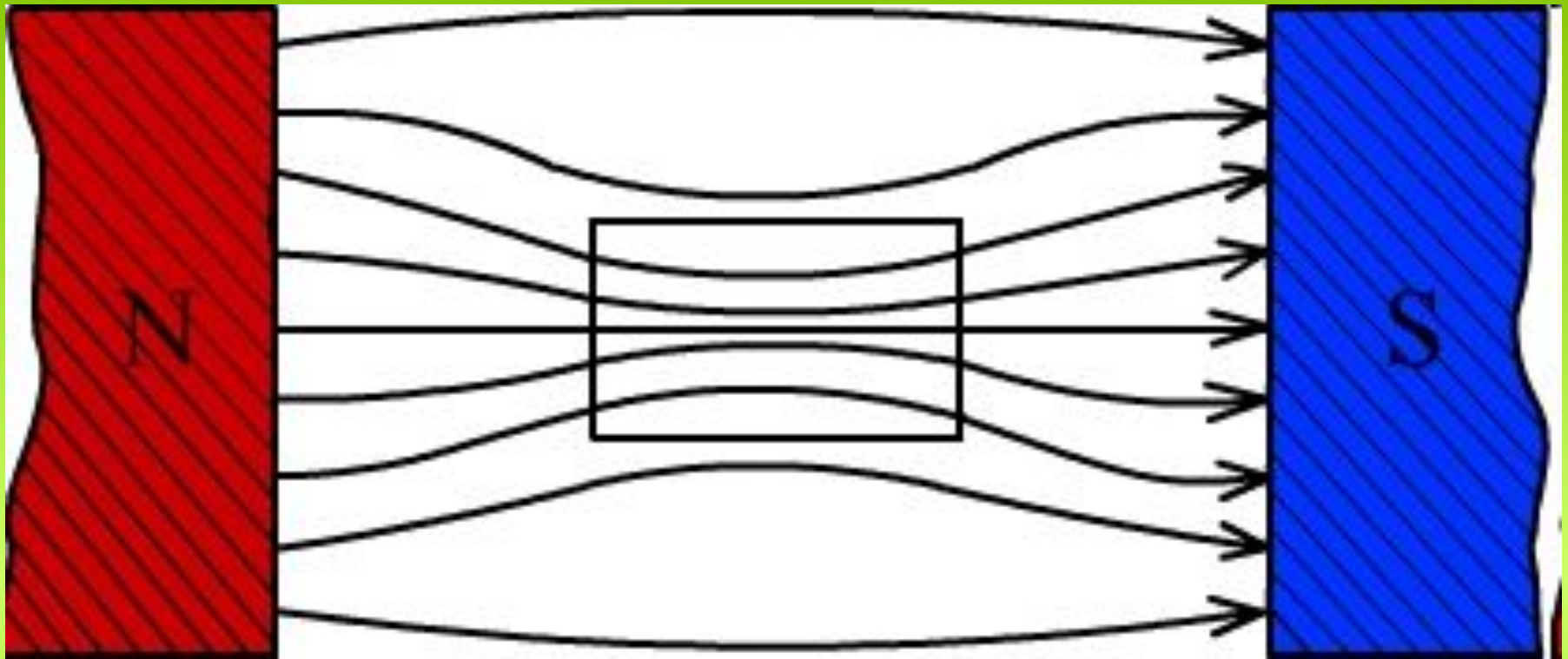


- Если все домены в ферромагнетике



русский ученый А. Г. Столетов

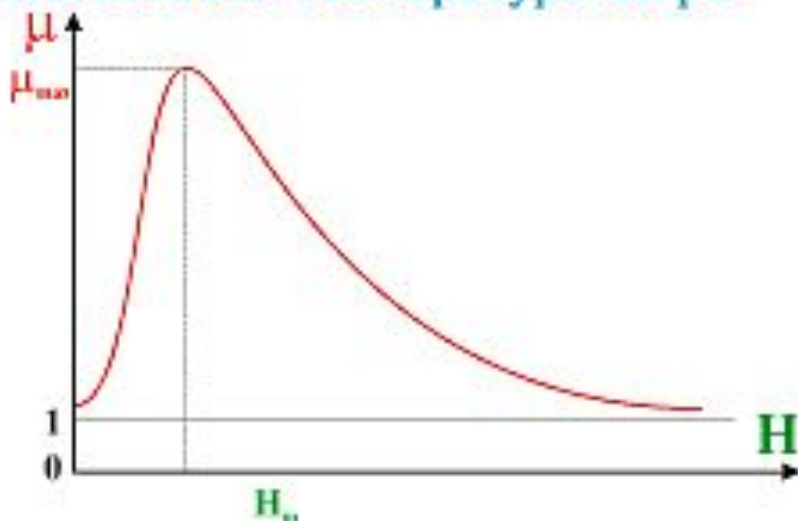
- Магнитное поле внутри ферромагнитных веществ во много раз сильнее, чем в парамагнетиках



- Внешнее поле вокруг ферромагнетика оказывается значительно более искаженным, чем в случае парамагнетика, и имеет такой вид, как если бы его силовые линии оказались втянутыми и ферромагнетик

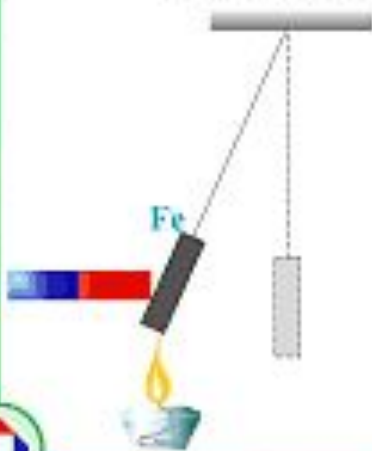
МАГНЕТИЗМ

Магнитная проницаемость ферромагнетиков Температура Кюри



Зависимости магнитной проницаемости  $\mu$  ферромагнетика от напряженности магнитного поля  $H$

Если ферромагнетик нагревать, то он превратится по магнитным свойствам в парамагнетик

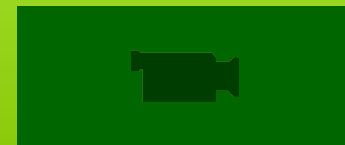


Температура Кюри

Железо (99% Fe)	780 °C
Никель (Ni)	350 °C
Кобальт (Co)	1150 °C
Пермаллой (Fe - 16%, Ni - 78%, Mo - 3,8%)	550 °C

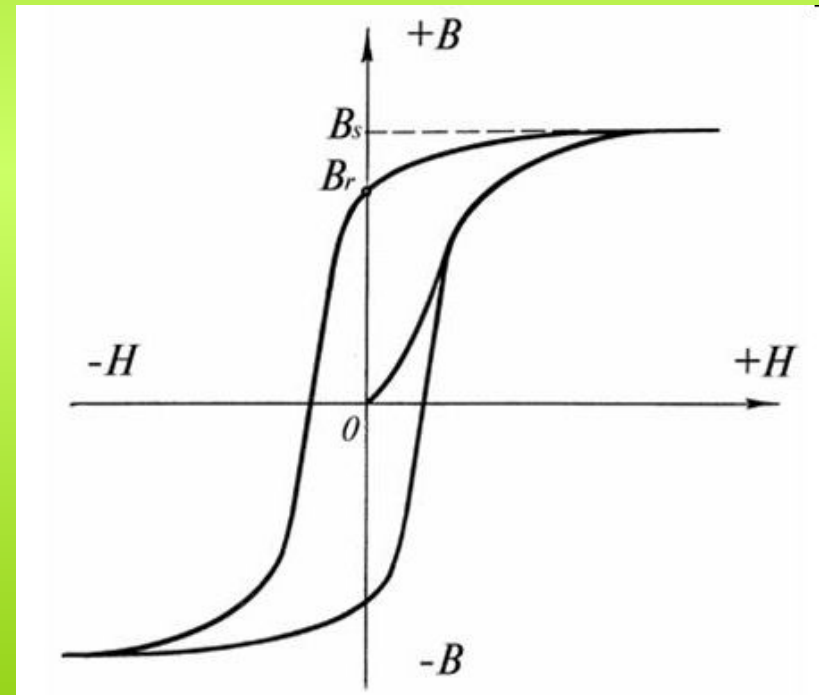
# Температура Кюри

температура, при которой ферромагнетики теряют свои магнитные свойства и ведут себя как парамагнетики.



**Магнитный гистерезис — явление зависимости вектора намагничивания и вектора напряженности магнитного поля в веществе не только от приложенного внешнего поля, но и от предыстории данного образца.**

- Магнитный гистерезис обычно проявляется в ферромагнетиках — Fe, Co, Ni и сплавах на их основе. Именно магнитным гистерезисом объясняется существование постоянных магнитов.



# Домашнее задание:

- § 6.1 – 6.6