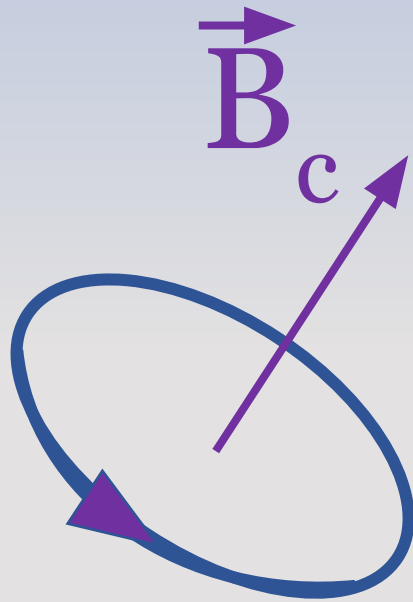


# Магнитное поле в веществе



$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}_c$$

 $\vec{B}$ 

Магнитная индукция в среде

 $\vec{B}_c$ 

Магнитная индукция собственного поля

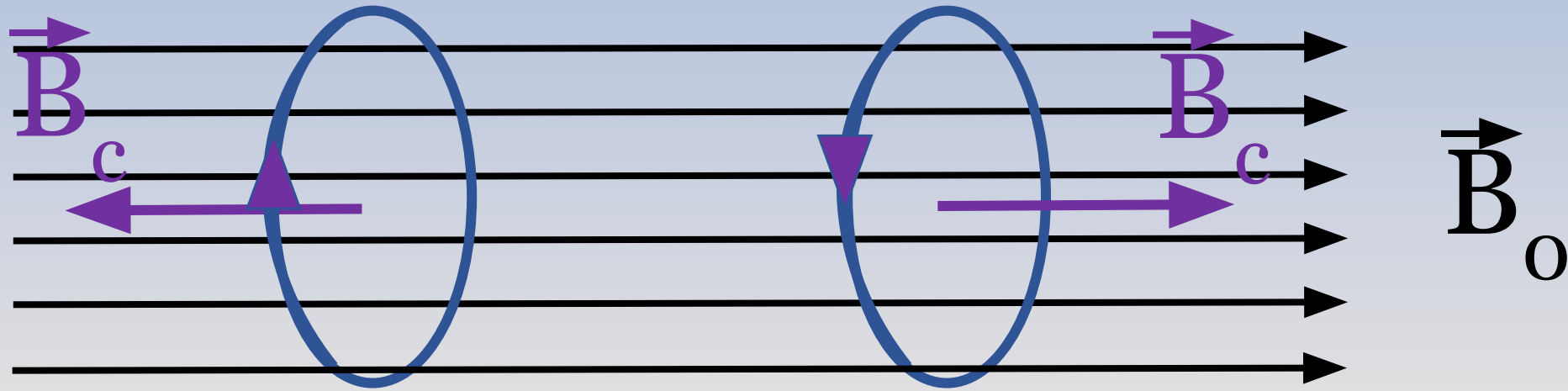
 $\vec{B}_0$ 

Индукция внешнего магнитного поля в той же точке пространства в отсутствии среды ( в вакууме)

$$\vec{B}_c = \chi \vec{B}_0$$

$\chi$  (ХИ)

Магнитная  
восприимчивость  
среды



Вектор собственной магнитной индукции среды может быть как сонаправлен с вектором магнитной индукции внешнего поля, так и противоположен ему

# Три основных класса веществ, с отличающимися магнитными свойствами

Диамагнетики

$$\vec{B}_c \uparrow \downarrow \vec{B}_o$$

Парамагнетики

$$\vec{B}_c \uparrow \uparrow \vec{B}_o$$

Ферромагнетики

$$\vec{B}_c \uparrow \uparrow \vec{B}_o$$

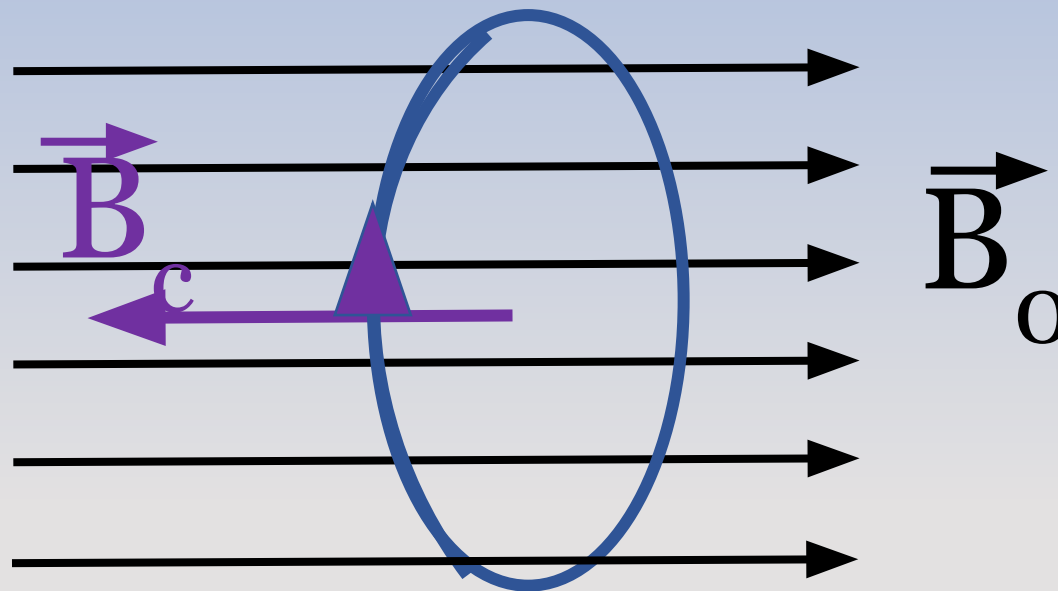
# Диамагнетики

$$\vec{B}_c \uparrow \downarrow \vec{B}_0$$

$$B_c \ll B_0$$

$$\chi < 0$$

$$|\chi| \ll 1$$





# Диамангнетики



Многие газы

( водород, гелий, азот, двуокись углерода),

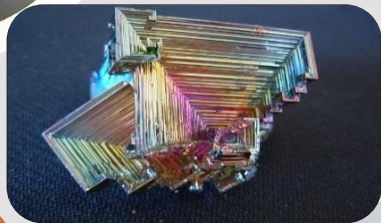


плазма,



металлы ( золото, серебро, медь, висмут),

стекло, вода, соль, резина, алмаз, дерево, пластик



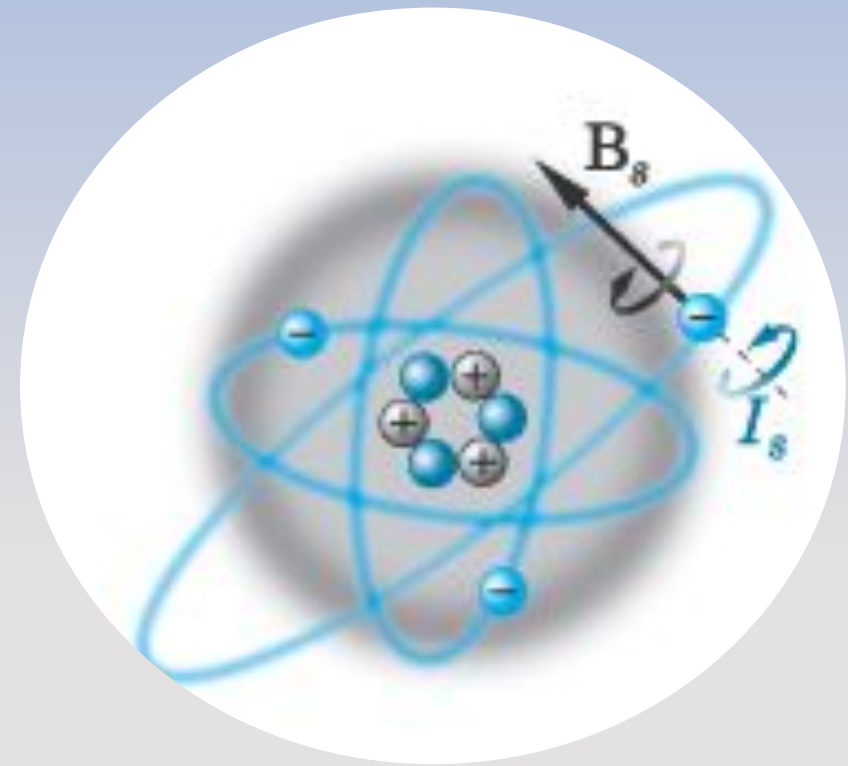
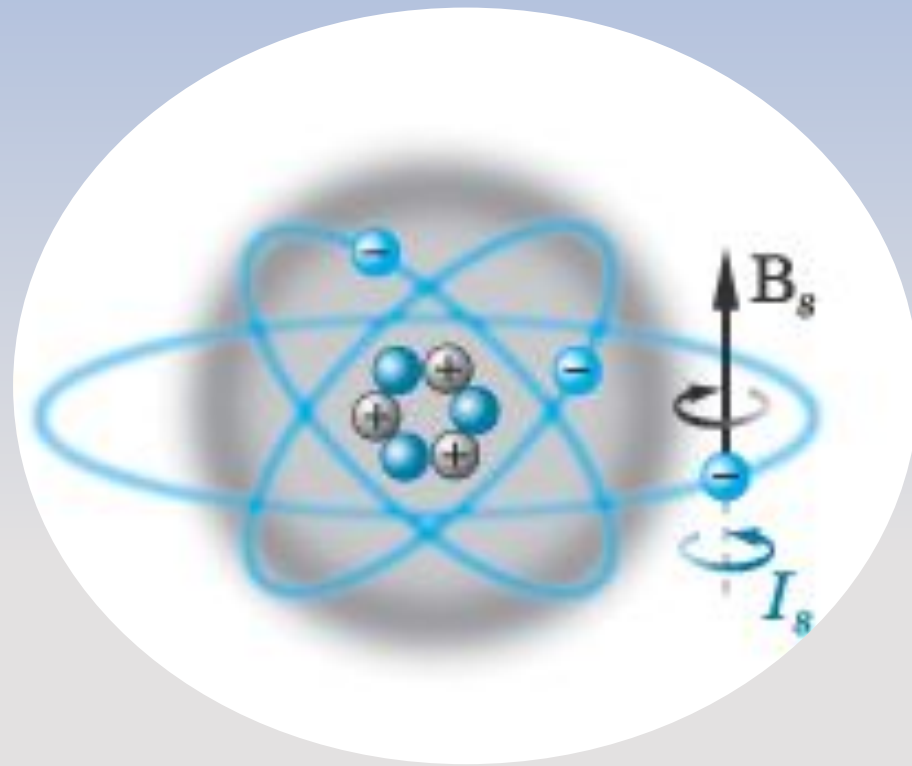
# Парамагнетики

$$\vec{B}_c \uparrow\uparrow \vec{B}_o$$

$$\vec{B}_c < \vec{B}_o$$

$$\chi > 0$$

$$|\chi| \approx 1$$







# Парамагнетики



Кислород,  
алюминий, платина,  
уран, щелочные и  
щёлочноземельные



## металлы



### I A Щелочные металлы

Li 3 6.941	Na 11 22.990	K 19 39.098
Rb 37 85.468	Cs 55 132.90	Fr 87 223

### II A Щелочноземельные металлы (Ca - Ra)

Be 4 9.012	Mg 12 24.305	Ca 20 40.078
Sr 38 87.62	Ba 56 137.33	Ra 88 226

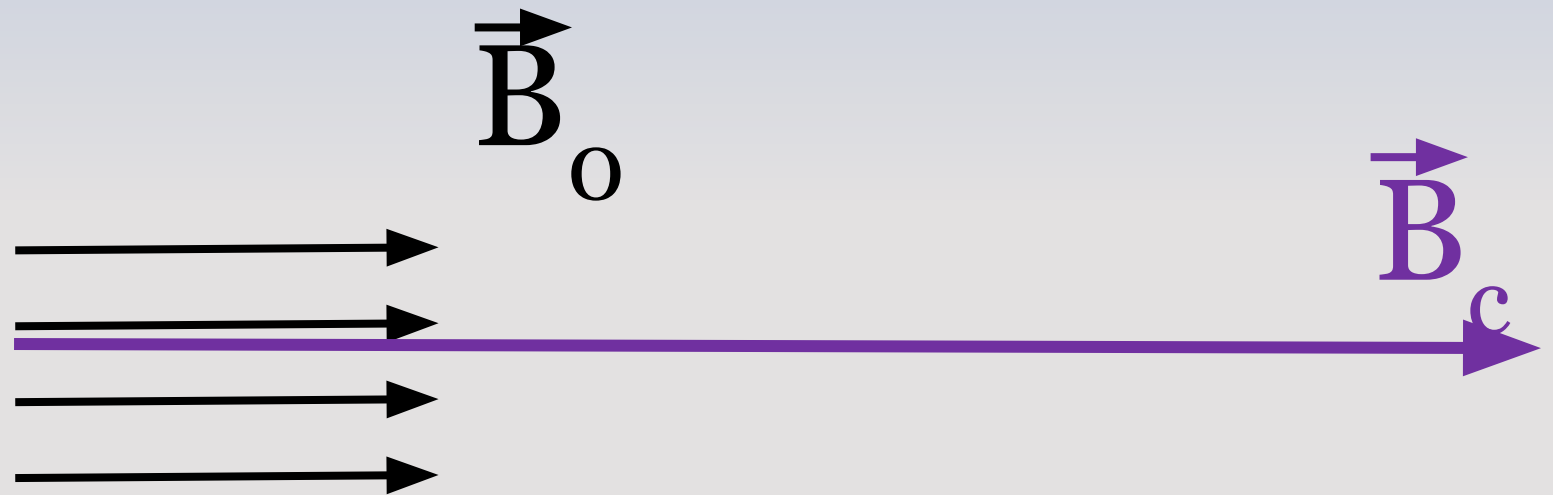
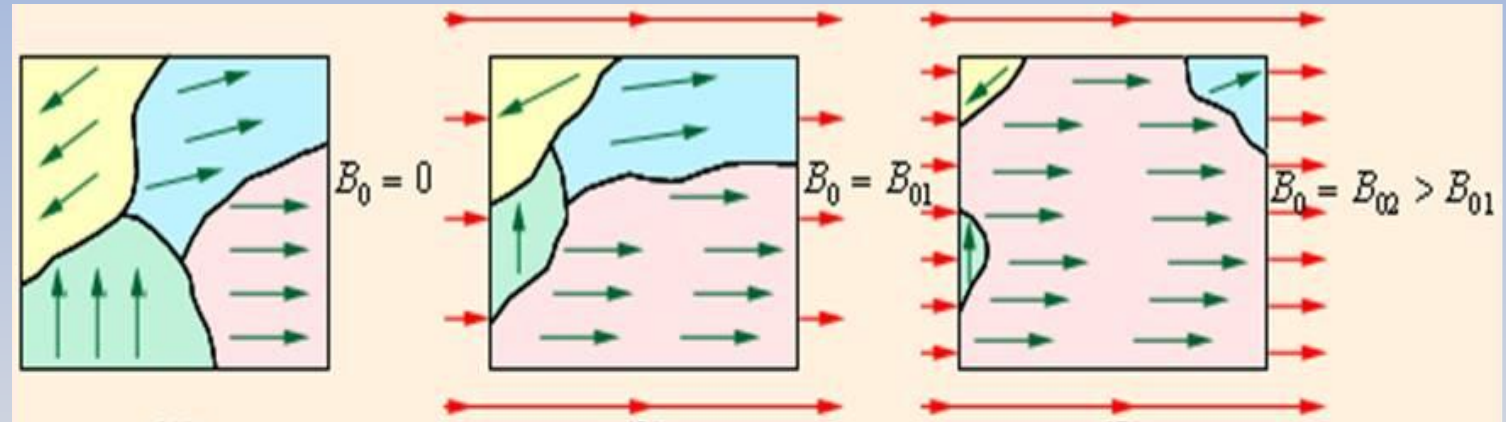


# Ферромагнетики

$$\vec{B}_c \uparrow \uparrow \vec{B}_0$$
$$\vec{B}_c \gg \vec{B}_0$$

$$\chi > 0$$

$$|\chi| \gg 1$$

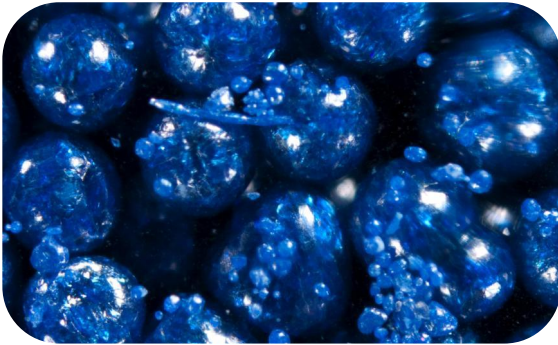


# Ферромагнетики

Железо, кобальт,  
никель, их сплавы,  
редкоземельные элементы

21  
**Sc**  
Scandium  
44.956

39  
**Y**  
Yttrium  
88.906



57  
**La**  
Lanthanum  
138.905

58  
**Ce**  
Cerium  
140.116

59  
**Pr**  
Praseodymium  
140.908

60  
**Nd**  
Neodymium  
144.242

61  
**Pm**  
Promethium  
[145]

62  
**Sm**  
Samarium  
150.36

63  
**Eu**  
Europium  
151.964

64  
**Gd**  
Gadolinium  
157.25

65  
**Tb**  
Terbium  
158.925

66  
**Dy**  
Dysprosium  
162.500

67  
**Ho**  
Holmium  
164.930

68  
**Er**  
Erbium  
167.259

69  
**Tm**  
Thulium  
168.934

70  
**Yb**  
Ytterbium  
173.045

# Магнитная проницаемость среды

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

Магнитная проницаемость среды – физическая величина, показывающая, во сколько раз индукция магнитного поля в однородной среде отличается от магнитной индукции внешнего поля ( намагничивающего) поля в вакууме

# Магнитная проницаемость среды

$$\vec{B}_c = \chi \vec{B}_0 \qquad \vec{B} = \vec{B}_0 + \chi \vec{B}_0$$

$$\vec{B} = (1 + \chi) \vec{B}_0$$

$$\mu = (1 + \chi)$$

$$\vec{B} = \mu \vec{B}_0$$

$$\vec{B} = (1 + \chi) \vec{B}_0$$

Диамагнетики

$$\chi < 0 \quad |\chi| \ll 1 \quad \mu \leq 1$$

Для золота  $\mu = 0,999961$

Парамагнетики

$$\chi > 0 \quad |\chi| \approx 1 \quad \mu \geq 1$$

Для платины  $\mu = 1,00025$

Ферромагнетики

$$\chi > 0 \quad |\chi| \gg 1 \quad \mu \geq 1$$

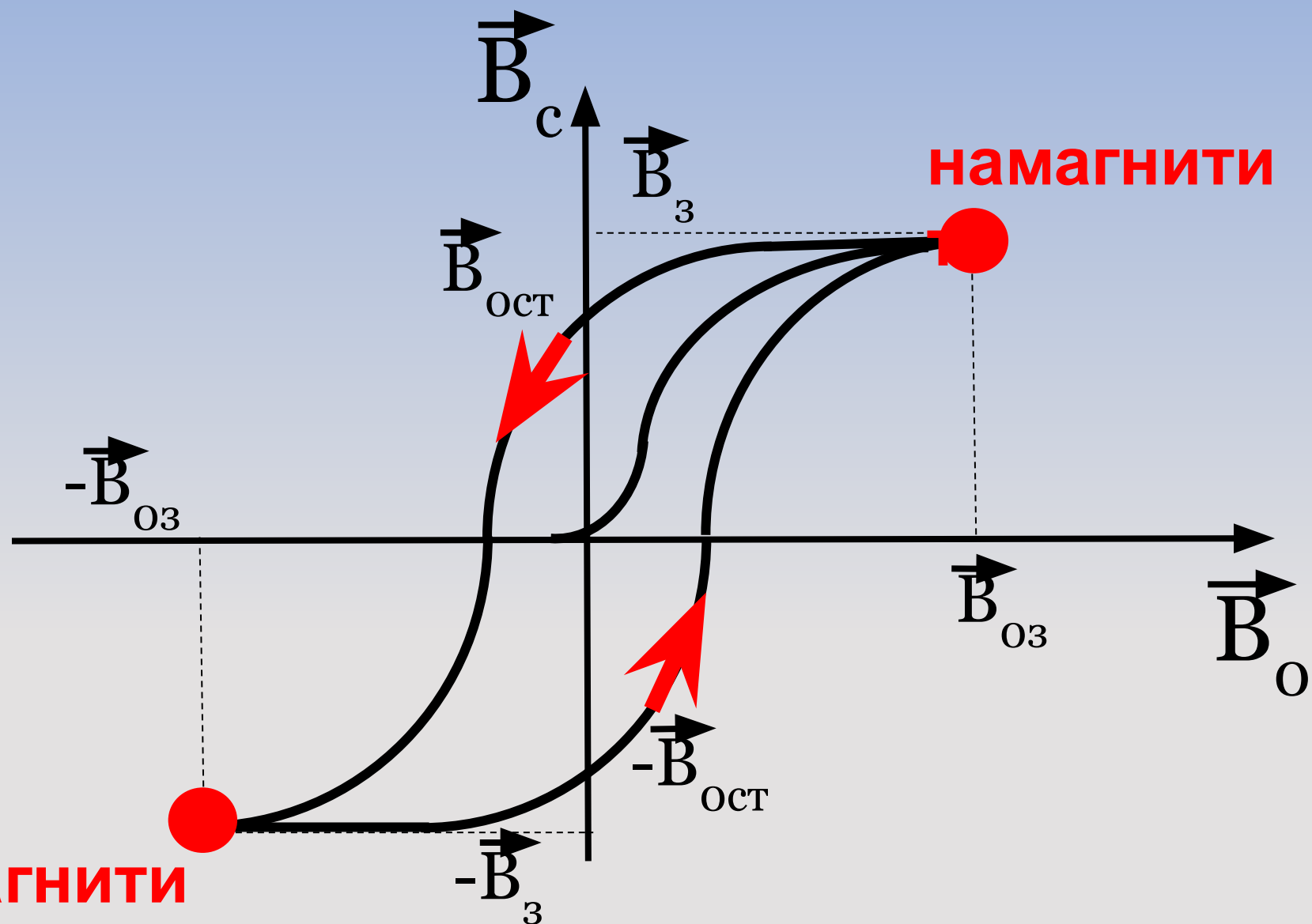
Для чистого железа  $\mu = 10^4$

**Остаточная намагниченность** –  
собственная магнитная  
индукция в  
ферромагнетике в отсутствие  
внешнего магнитного поля



# Петля гистерезиса

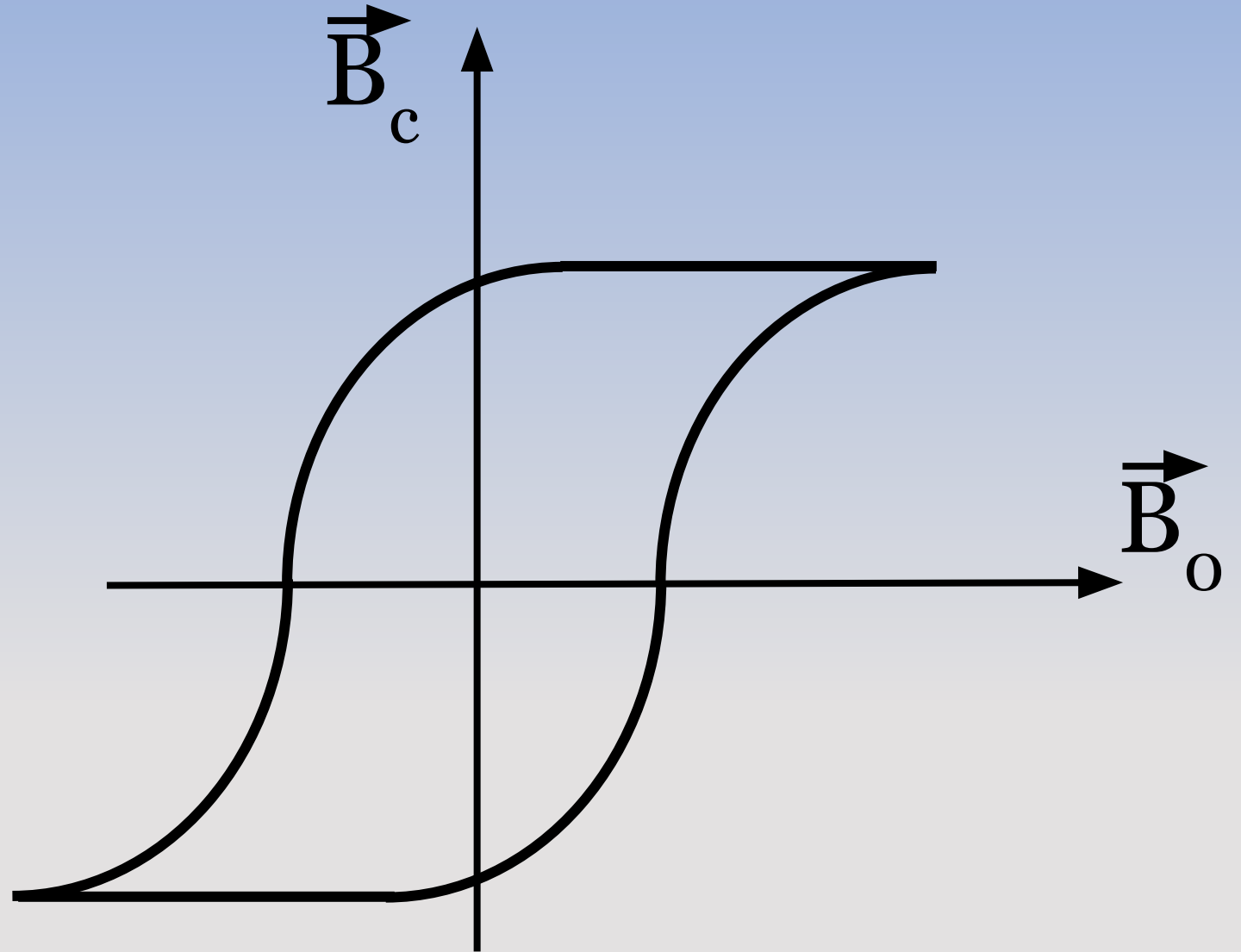
**Коэрцитивная**  
(задерживающая)  
сила – магнитная  
индукция внешнего  
поля, необходимая  
для  
размагничивания  
образца.



# Ферромагнетики

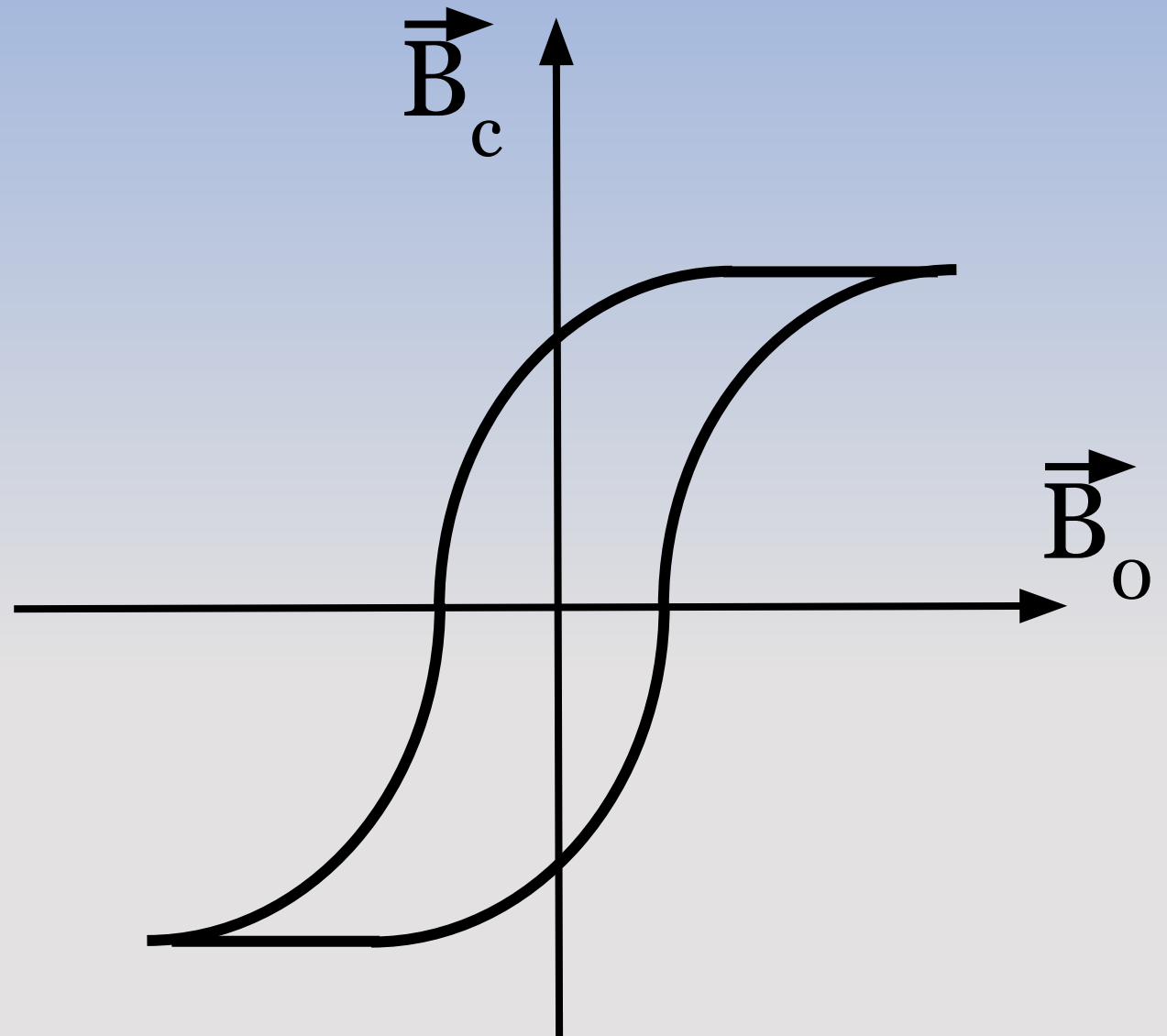
**Магнитожесткие** –  
широкая петля  
гистерезиса  
(постоянные магниты)

**Чем шире петля, тем  
труднее  
размагнитить  
образец**



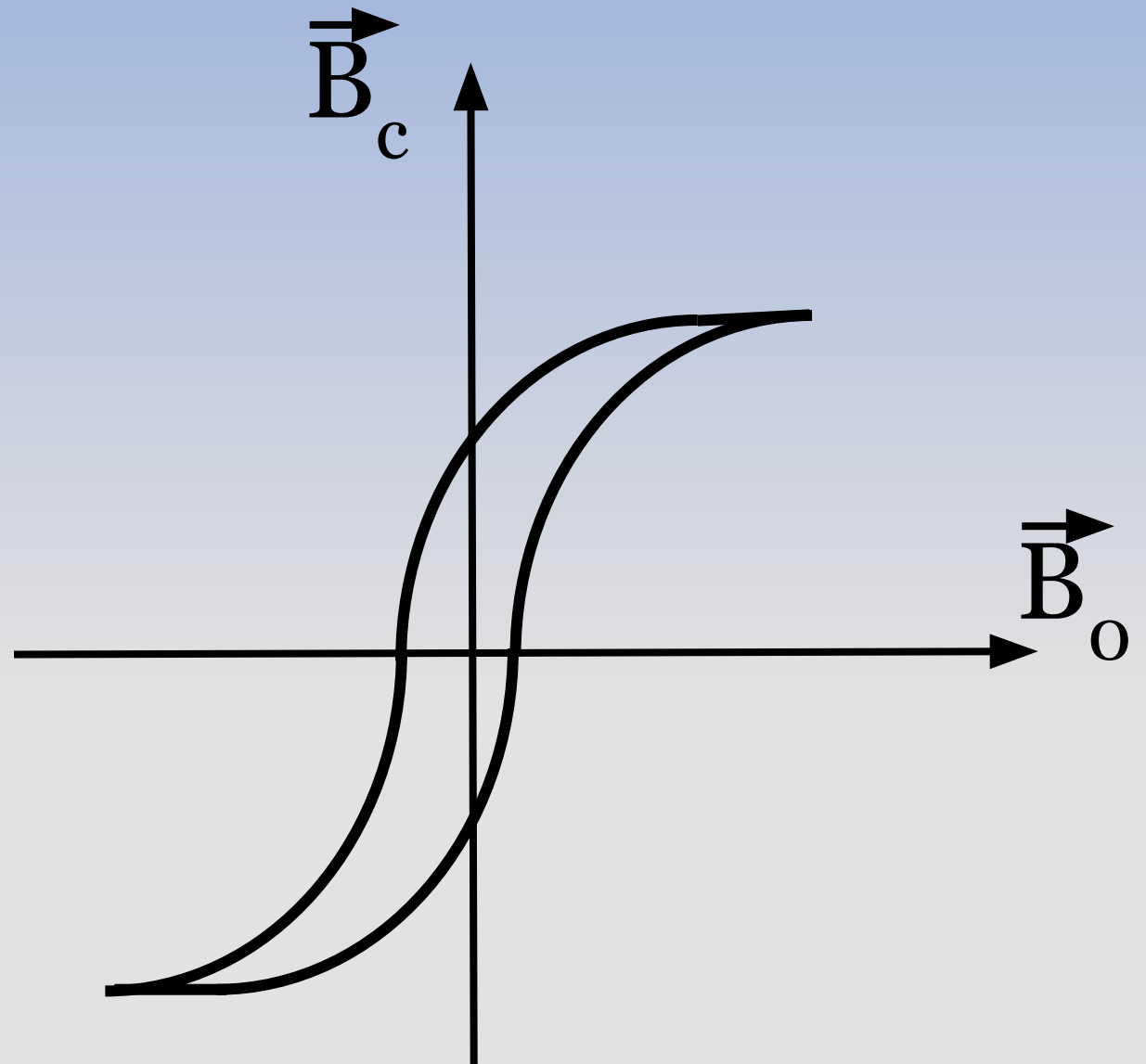
# Ферромагнетики

**Магнитожесткие** – узкая петля гистерезиса (магнитная лента, кредитные карточки, элементы памяти компьютеров)



# Ферромагнетики

**Магнитомягкие** -  
узкая петля  
гистерезиса  
(трансформаторы,  
электродвигатели)



# Ферромагнетики

**Температура Кюри** – критическая температура, выше которой происходит переход вещества из ферромагнитного состояния в парамагнитное



**Пьер Кюри** в 1894 г. (Франция)

$T_K = 768^{\circ}\text{C}$  для железа

$T_K = 365^{\circ}\text{C}$  для никеля

$T_K = 1000^{\circ}\text{C}$  для кобальта

**+ механическое воздействие (удар)**