

# ЭЛЕКТРОТЕХНИ КА

## МАГНИТНАЯ ЦЕПЬ

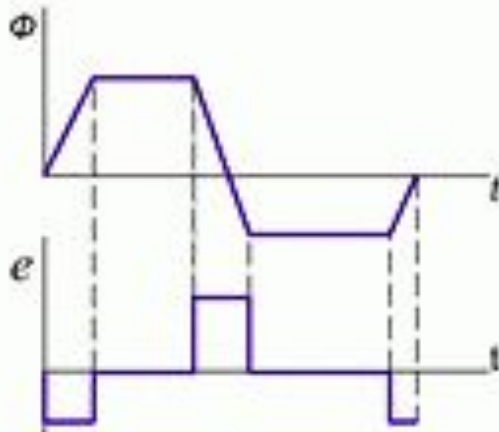
Преподаватель:  
Жерневская И. Е.

# Закон электромагнитной индукции

ЭДС, индуцируемая в проводнике при изменении магнитного потока, равна скорости изменения этого потока

$$e = -\frac{d\Phi}{dt}$$

• Знак  $-$  говорит о том, что ЭДС стремится ослабить причину, ее вызывающую

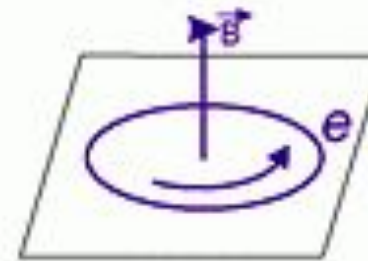


Зависимость ЭДС от изменения магнитного потока

ЭДС, наводимая в обмотке переменным магнитным полем

$$e = -\frac{d\Psi}{dt} = -\omega \frac{d\Phi}{dt}, \text{ где}$$

$\omega$  - число витков обмотки,  
 $\Psi$  - потокосцепление



Положительное направление наведенной ЭДС определяется по правилу правоходового винта.

ЭДС самоиндукции ЭДС, наводимая в контуре при изменении тока в этом же контуре  $\Psi = Li$ , где  $L$  индуктивность

$$e_L = -\frac{d\Psi}{dt} = -L \frac{di}{dt}$$

# Задача

Магнитный поток сквозь замкнутый контур убывает равномерно на  $3 \cdot 10^{-5}$  Вб за каждую микросекунду. Определить ЭДС индуктированную в контуре?

## Решение

При равномерном изменении магнитного поля ЭДС индукции можно определить по формуле  $e = -d\Phi / dt = -\Delta\Phi / \Delta t$ , где  $\Delta\Phi$  – приращение магнитного потока;  $\Delta t$  – приращение времени.

По условию  $\Delta\Phi = -3 \cdot 10^{-5}$  Вб;  $\Delta t = 10^{-6}$  с

и ЭДС  $e = -\Delta\Phi / \Delta t = -(-3 \cdot 10^{-5}) / 10^{-6} = 30$  В.

# Закон электромагнитной индукции

Постоянное магнитное поле может наводить в проводнике ЭДС при движении проводника относительно магнитного поля.

Величина ЭДС

$$e = BlV, \text{ где}$$

$B$  - магнитная индукция поля,

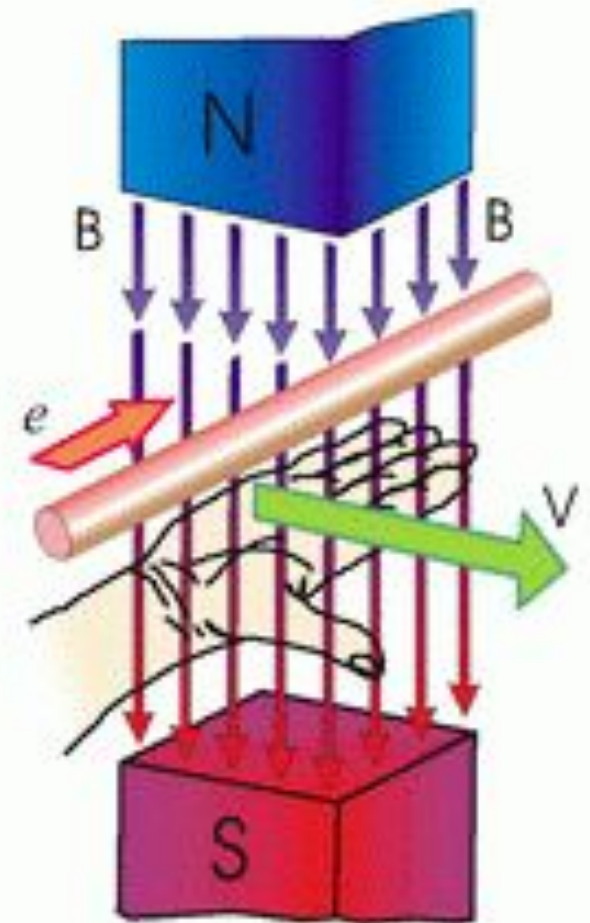
$l$  - активная длина

проводника,

$V$  - скорость перемещения

проводника.

Направление ЭДС

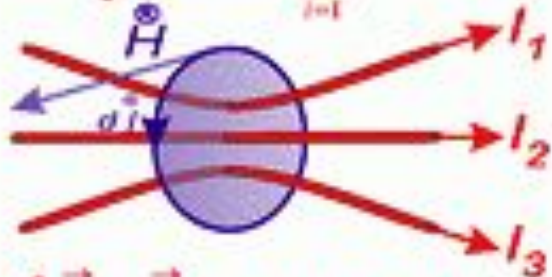


Правило правой руки.

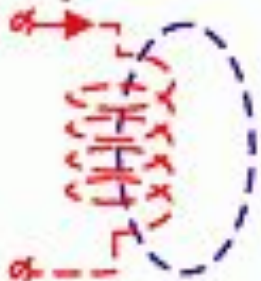
# Закон полного тока

Интервал от вектора напряженности магнитного поля вдоль любого замкнутого контура равен алгебраической сумме токов, охваченных этим контуром.

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum_{i=1}^n I_i$$

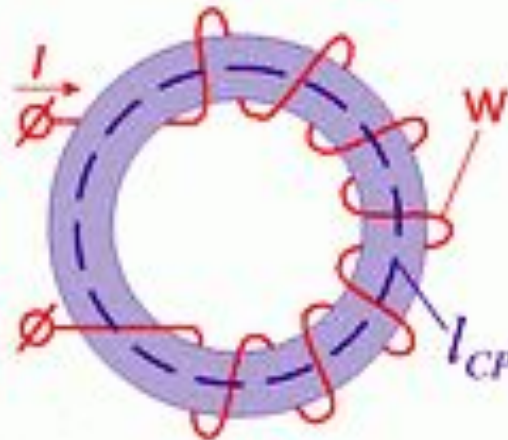


$$\oint \vec{H} d\vec{l} = I_1 + I_2 - I_3$$



Для обмотки

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = I\omega$$



Для однородной магнитной цепи

$$Hl_{CP} = I\omega,$$

где  $l_{CP}$  - длина средней силовой линии

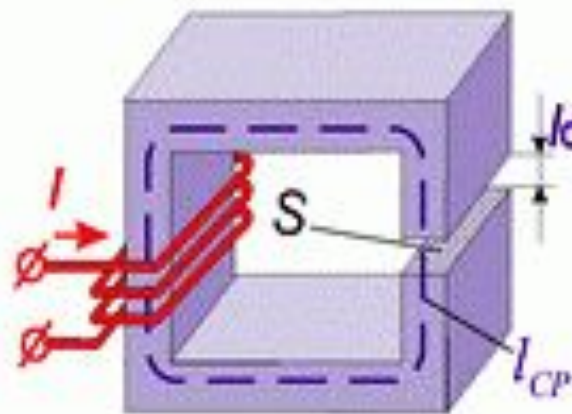
где  $I\omega$  - магнитодвижущая сила (МДС)

Для неоднородной магнитной цепи с воздушным зазором

$$I\omega = Hl + H\delta l\delta$$

где  $H$  - напряженность магнитного поля в сердечнике,

$H\delta$  - напряженность магнитного поля в зазоре



# Задача

Определить средние значения напряженности и магнитной индукции поля кольцевой катушки имеющей 1570 витков, если внутренний радиус катушки  $R_1 = 8$  см, внешний радиус  $R_2 = 12$  см, ток  $I = 4$  А; у материала магнитопровода можно принять  $\mu_r = 1$ .

## Решение

Определяем средний радиус магнитной линии:

$$R_{\text{ср}} = (R_1 + R_2) / 2 = (8 + 12) / 2 = 10 \text{ см.}$$

Напряженность магнитного поля в точках, расположенных на средней магнитной линии находим по формуле:

$$H_{\text{ср}} = \omega I / 2\pi R_{\text{ср}} = 4 \cdot 1570 / 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 = 10000 \text{ А/м.}$$

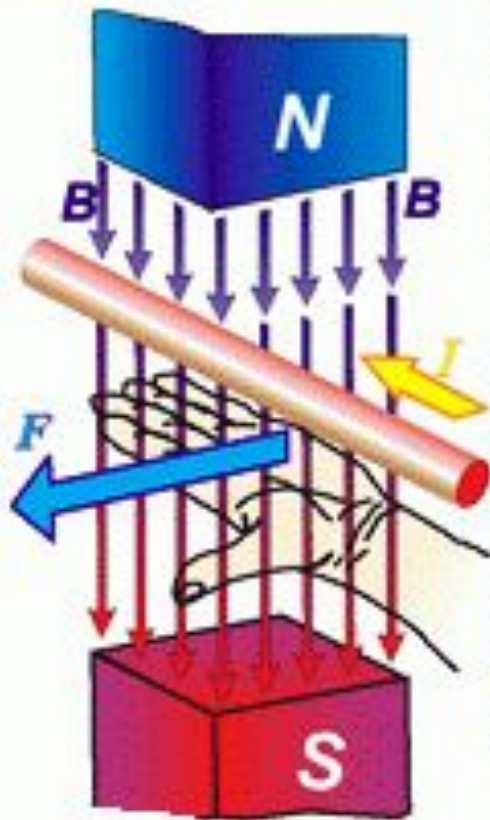
Магнитная индукция в этих же точках

$$B_{\text{ср}} = \mu_0 H_{\text{ср}} = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10^4 = 12,5 \cdot 10^{-3} \text{ Тл.}$$

# Механические силы в магнитном поле

В магнитном поле на проводники с током, на заряженные частицы, на ферромагнитные тела действуют механические силы.

На проводнике с током действуют механические силы  $F$ , направление которых зависит от направления тока.



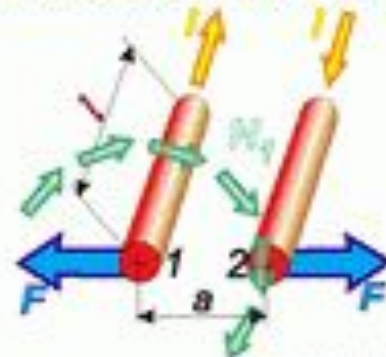
Направление силы определяется правилом левой руки.

Величина силы

$$F = BIL \text{ , где}$$

$l$  - активная длина проводника,  
 $I$  - ток в проводнике,  
 $B$  - магнитная индукция поля.

Два параллельных проводника с током

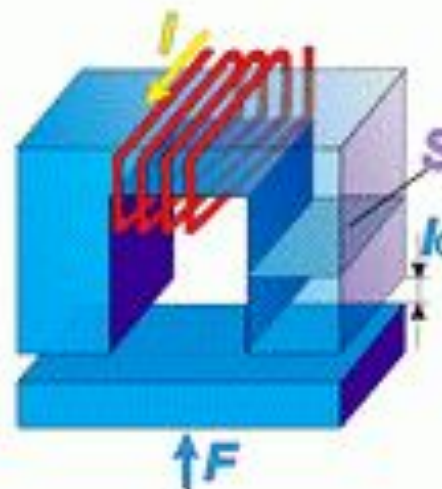


Подъемная сила электромагнита

$$F = \frac{B^2}{2\mu_0} S \text{ , где}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$$

$S$  - полное сечение воздушного зазора [м<sup>2</sup>],  
 $B$  - магнитная индукция поля [Т]

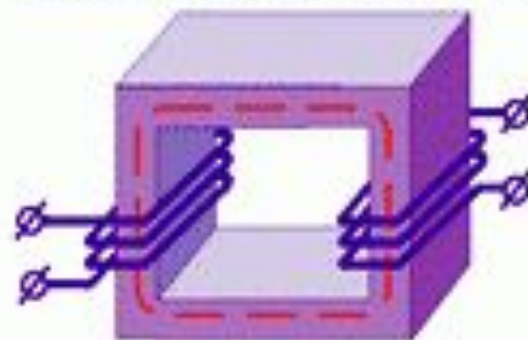


# Примеры магнитных цепей

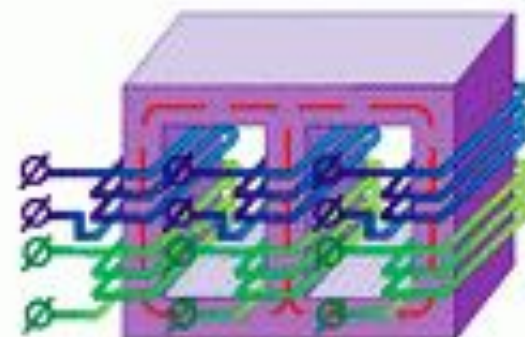
Однородная магнитная цепь



Катушка с тороидальным сердечником



Однофазный трансформатор

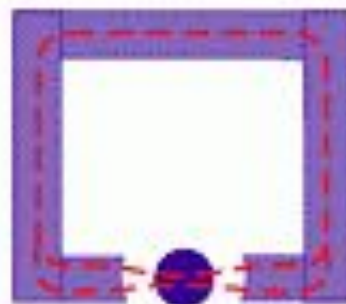


Трехфазный трансформатор

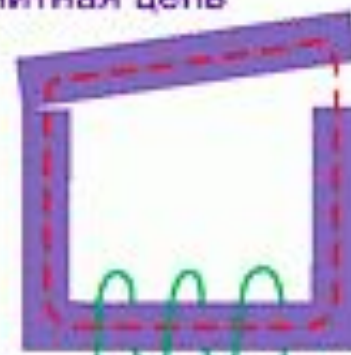
Неоднородная магнитная цепь



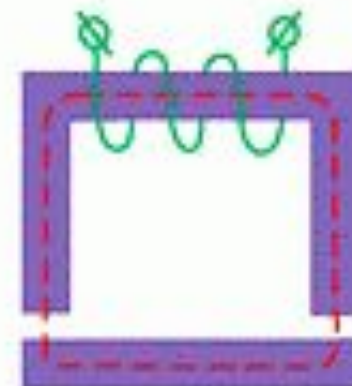
Машина постоянного тока



Магнитоэлектрический измерительный механизм



Электромагнитное реле



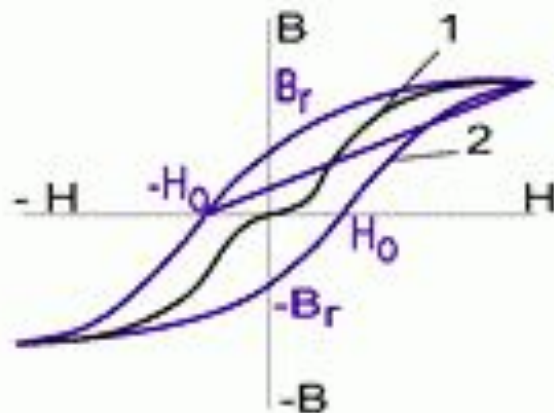
Подъемный электромагнит



# Сердечники электрических машин и аппаратов



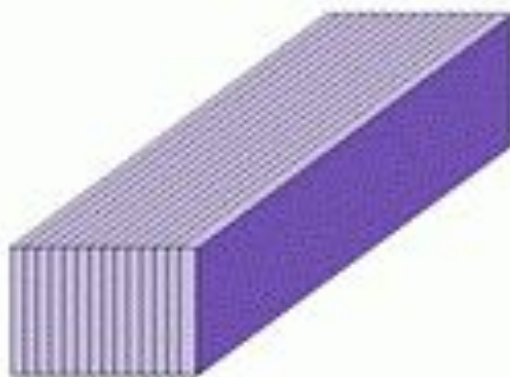
- 1- кривая намагничивания
- 2- зависимость магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля



- 1 - основная кривая намагничивания;
- 2 - петля гистерезиса.
- $B_r$  - остаточная магнитная индукция
- $H_0$  - коэрцитивная сила



- 1- петля гистерезиса магнитомягкого материала
- 2- петля гистерезиса магнитотвердого материала



Шихтованный магнитопровод из листовой стали



Шихтованный магнитопровод из ленточной стали