

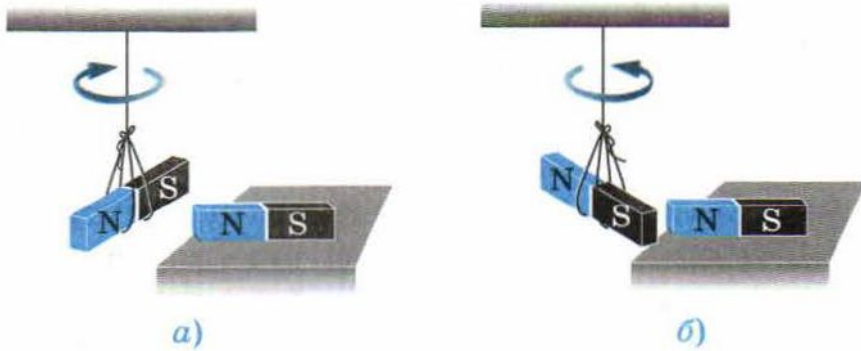
# Магнетизм.

## Переменный ток

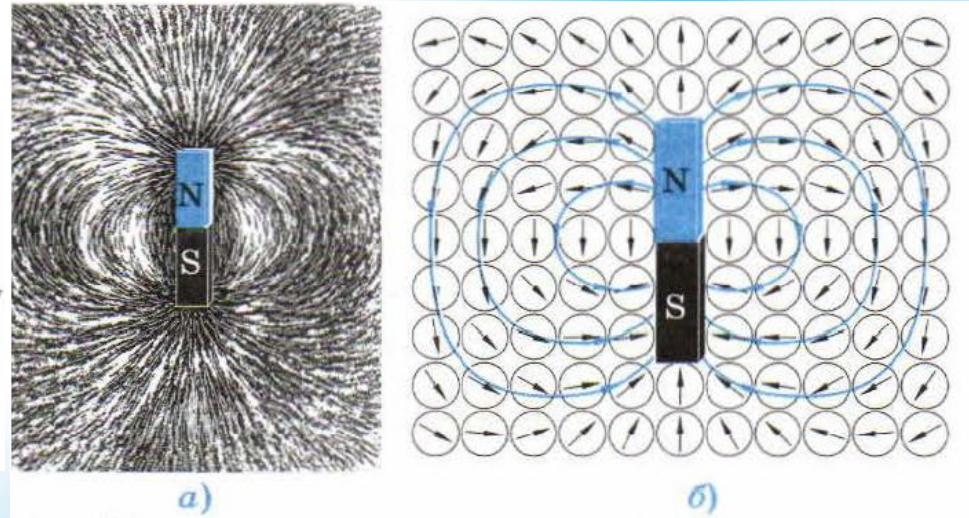
**Содержание:**

- 1) Магнитное поле. Линии магнитной индукции. Вектор магнитной индукции.**
- 2) Действие магнитного поля на проводник с током. Закон Ампера**
- 3) Действие магнитного поля на движущиеся заряженные частицы**
- 4) Магнитный поток. Энергия магнитного поля тока.**
- 5) Электромагнитная индукция. Закон Фарадея.**
- 6) Векторные диаграммы для описания переменных токов и напряжений.**
- 7) Резистор в цепи переменного тока**
- 8) Конденсатор в цепи переменного тока**
- 9) Катушка индуктивности в цепи переменного тока.**

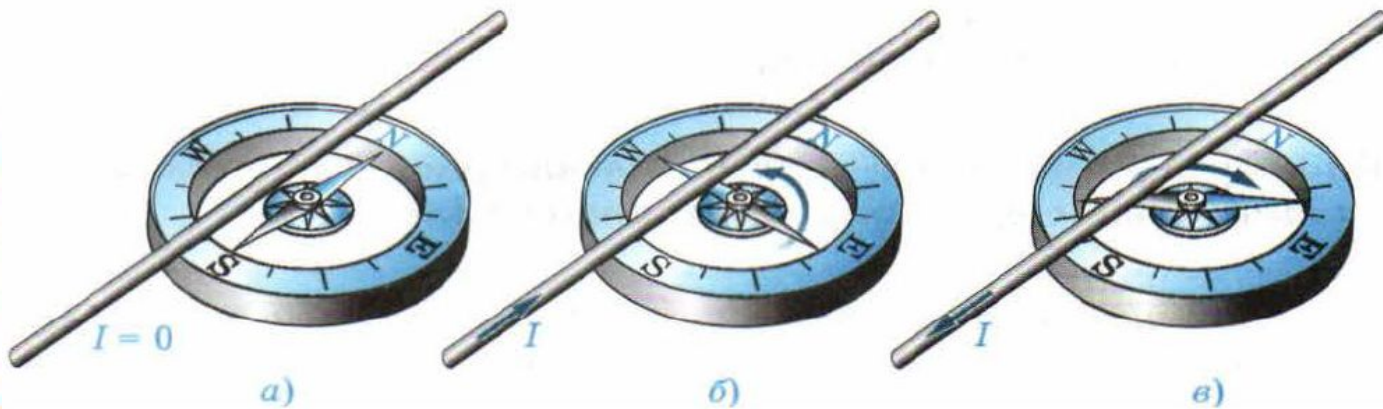
# Магнитное поле



*Взаимодействие полюсов магнитов:  
а) отталкивание одноимённых полюсов;  
б) притяжение разноимённых полюсов*

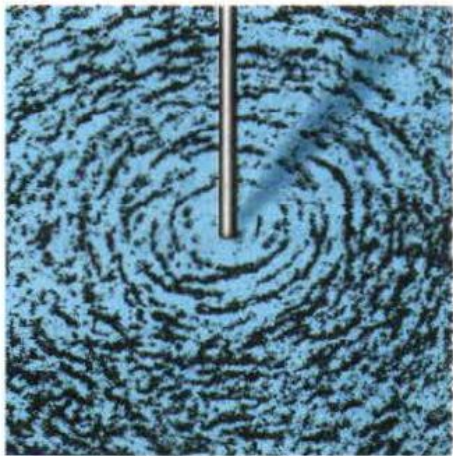


*Магнитное поле постоянного магнита:  
а) железные опилки в поле постоянного магнита;  
б) магнитные стрелки в поле постоянного магнита*

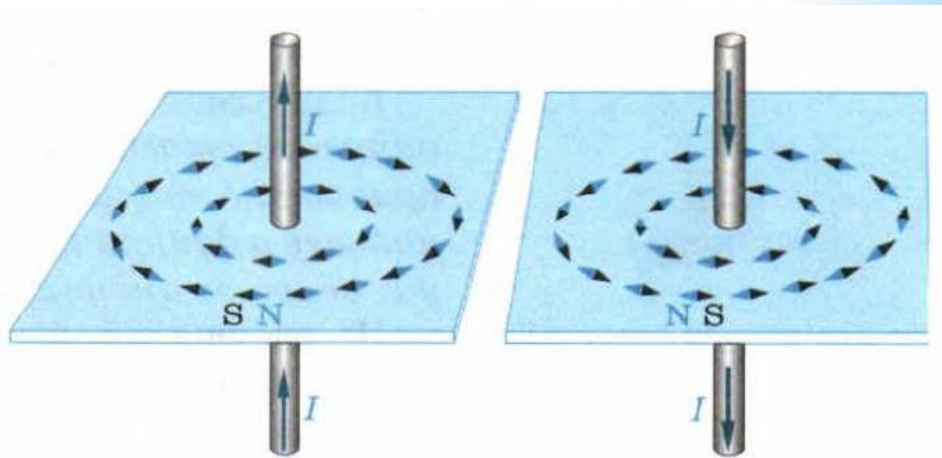


*Опыт Эрстеда явился прямым доказательством взаимосвязи электричества и магнетизма: электрический ток оказывает магнитное действие.*

# Вектор магнитной индукции



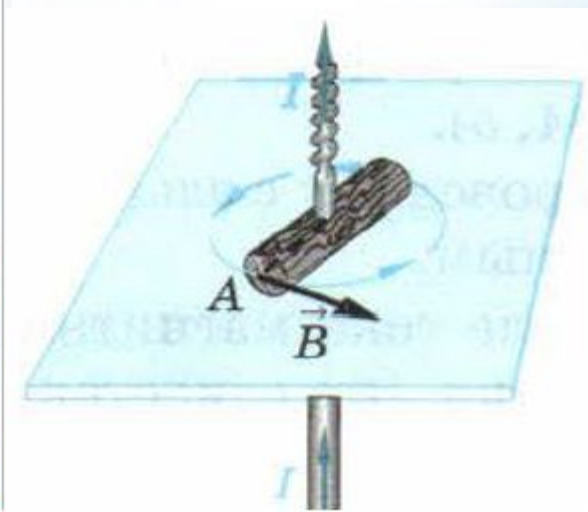
а)



б)

▲ 34

Магнитное действие проводника с током в перпендикулярной плоскости:  
а) на железные опилки;  
б) на магнитные стрелки



**Индукция магнитного поля  $B$  - векторная физическая величина, характеризующая магнитное поле.**

**Единица магнитной индукции - тесла (1 Тл):  
 $1 \text{ Тл} = 1 \text{ Н}/(\text{А} \cdot \text{м})$ .**

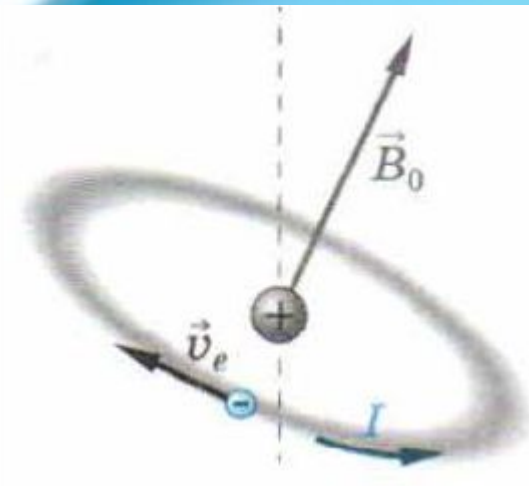
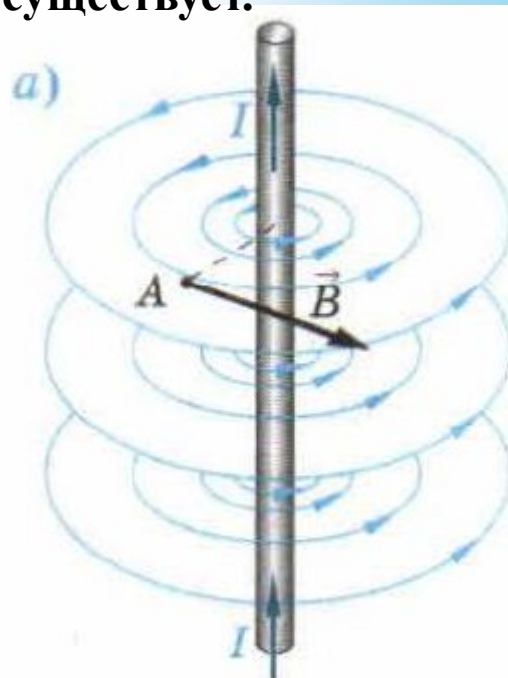
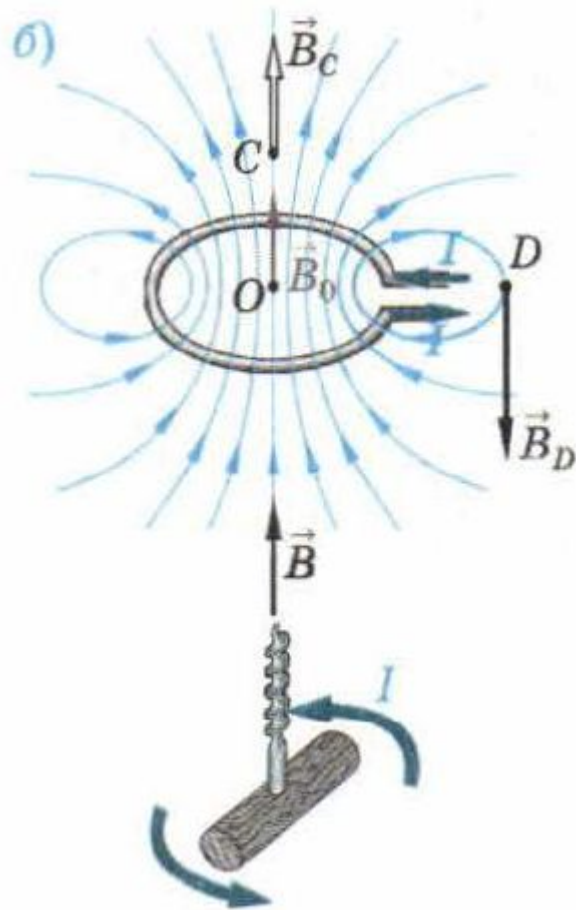
**Определение направления вектора индукции :  
по правилу буравчика;**

# Линии магнитной индукции.

*Линии магнитной индукции* - линии, касательные к которым в каждой точке совпадают с направлением вектора магнитной индукции в этой точке.

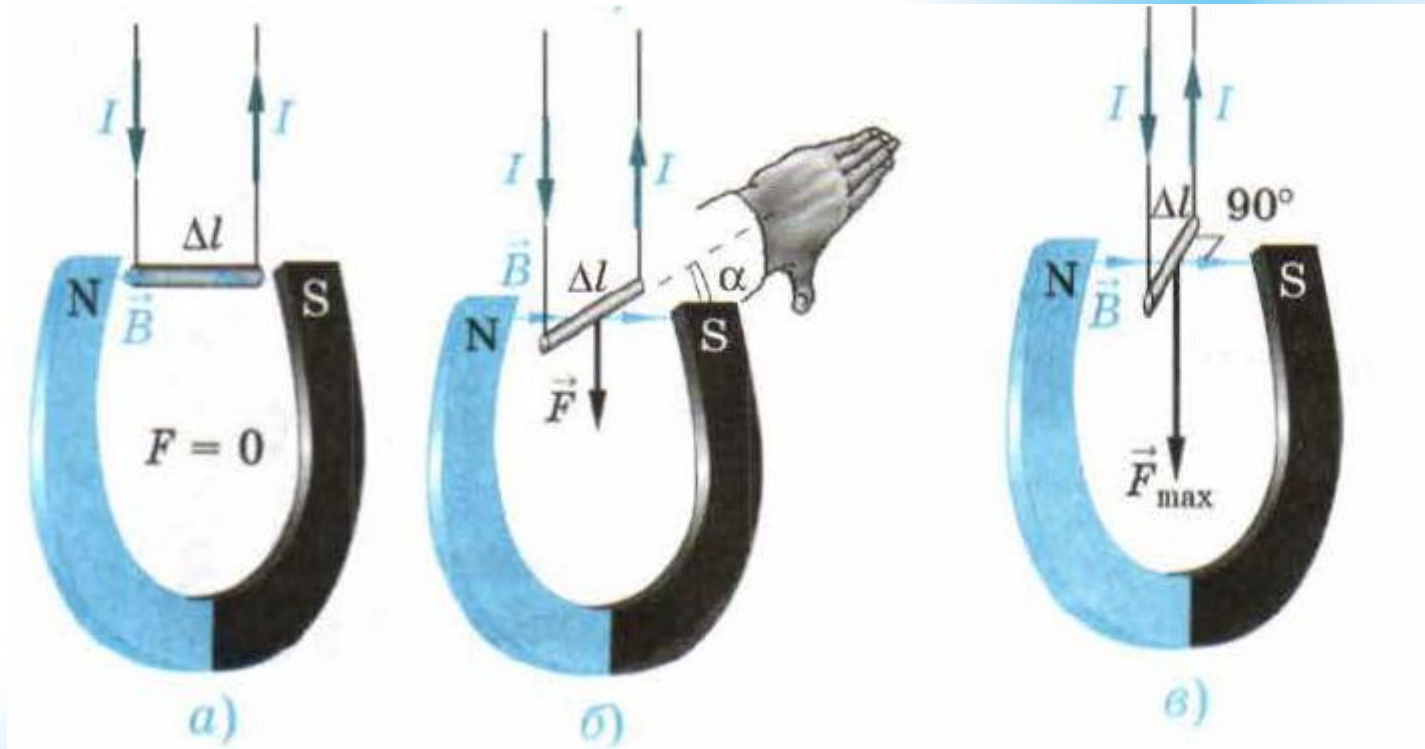
**Линии магнитной индукции замкнуты:**

они не имеют начала и конца, т. е. .. Магнитное поле является вихревым. Это означает, что магнитное поле (в отличие от электрического) не имеет источников: магнитных зарядов (подобных электрическим) не существует.



Плоскость орбиты электрона в атоме.  $B_0$  - индукция собственного магнитного поля, созданного орбитальным током  $I$

# Действие магнитного поля на проводник с током. Закон Ампера

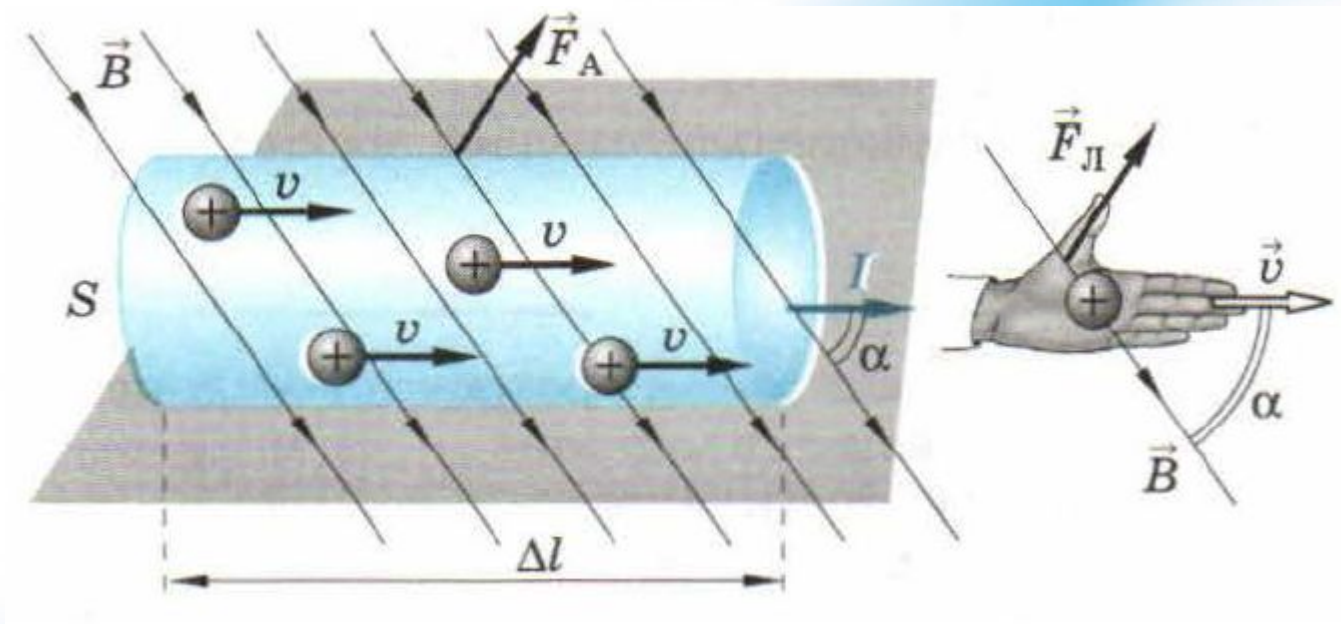


## Закон Ампера

Сила, с которой магнитное поле действует на помещённый в него отрезок проводника с током, равна произведению силы тока, модуля вектора магнитной индукции, длины отрезка проводника и синуса угла между направлениями тока и магнитной индукции:

$$F_A = IB\Delta l \sin \alpha.$$

# Действие магнитного поля на движущиеся заряженные частицы

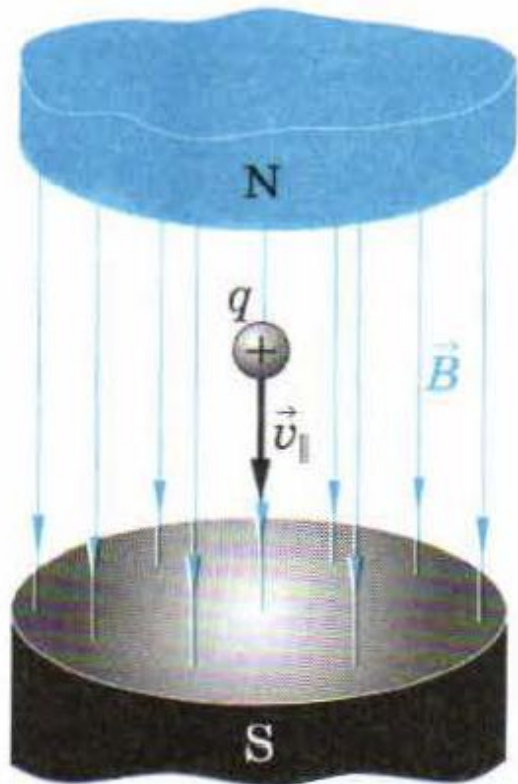


*Сила Лоренца - сила, действующая на движущуюся заряженную частицу со стороны магнитного поля:*

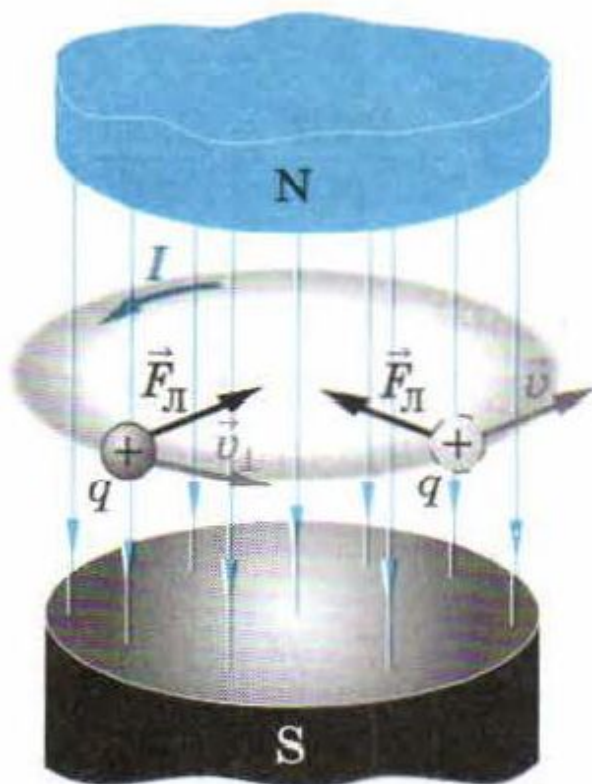
$$F_{\text{Л}} = qvB \sin \alpha,$$

Если кисть левой руки расположить так, что четыре вытянутых пальца указывают направление скорости положительного заряда (или противоположное скорости отрицательного заряда), а составляющая вектора магнитной индукции, перпендикулярная скорости частицы, входит в ладонь, то отогнутый (в плоскости ладони) на  $90^\circ$  большой палец покажет направление силы, действующей на данный заряд

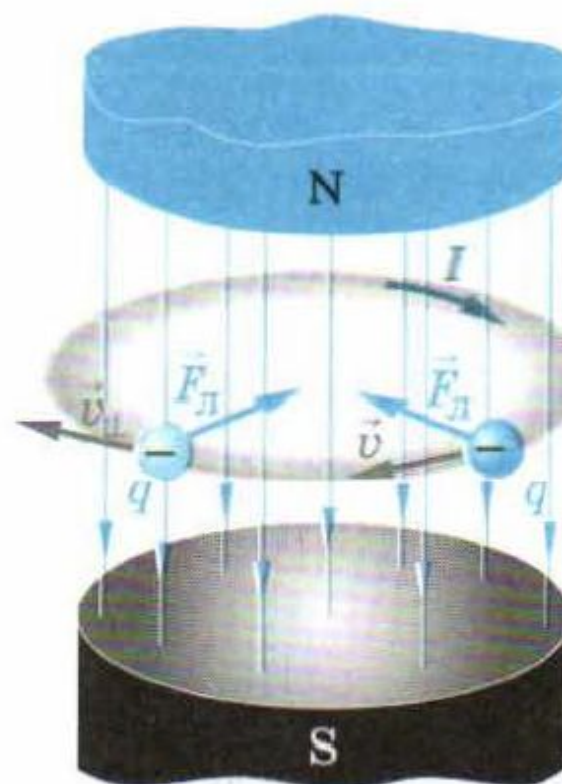
а)  $\vec{v} \parallel \vec{B}$



б)  $\vec{v} \perp \vec{B} (q > 0)$



в)  $\vec{v} \perp \vec{B} (q < 0)$



## ▲ 50

*Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле*

**Заряженная частица, влетающая в однородное магнитное поле параллельно линиям магнитной индукции, движется равномерно вдоль этих линий.**

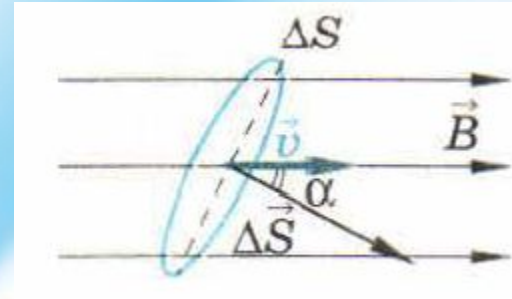
**Заряженная частица, влетающая в однородное магнитное поле в плоскости перпендикулярной линиям магнитной индукции, движется в этой плоскости по окружности.**

# Магнитный поток.

## Энергия магнитного поля тока

*Магнитный поток (поток магнитной индукции) - через поверхность площадью  $\Delta S$  - физическая величина, равная скалярному произведению вектора магнитной индукции на вектор площади:*

$$\Phi = (\vec{B}\Delta\vec{S}) = B\Delta S \cos \alpha.$$



Единица магнитного потока - вебер (1 Вб).

$$\Phi = LI,$$

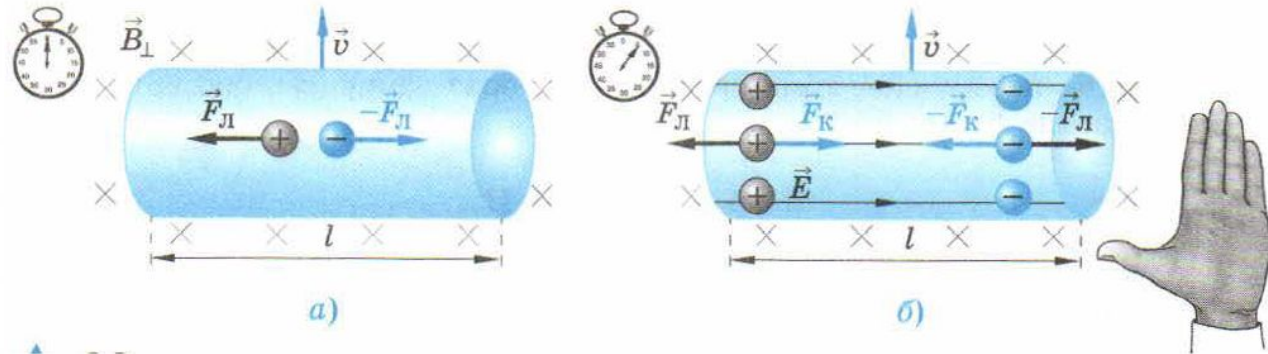
***L** - Индуктивность контура (или коэффициент самоиндукции) - физическая величина, равная коэффициенту пропорциональности между магнитным потоком через площадь, ограниченную контуром проводника, и силой тока в контуре.*

$$W_m = \frac{LI^2}{2}.$$

- Энергия магнитного поля  $W_m$ , накапливаемая в катушке с индуктивностью  $L$  при силе тока в ней  $I$ :



# Электромагнитная индукция.



В проводнике, движущемся в магнитном поле, возникает разность потенциалов, или ЭДС индукции:

$$\mathcal{E}_i = U = El = vB_{\perp}l.$$

*Электромагнитная индукция — физическое явление, заключающееся в возникновении электрического тока в замкнутом контуре при изменении потока магнитной индукции через поверхность, ограниченную этим контуром.*

$$\Phi = (\vec{B} \Delta \vec{S}) = B \Delta S \cos \alpha.$$

Направление индукционного тока (так же как и величина ЭДС индукции) считается положительным, если оно совпадает с выбранным направлением обхода контура, и отрицательным, если оно противоположно направлению обхода контура.

# Закон Фарадея

$$\mathcal{E}_i = -\Phi'.$$

(44)

## Закон электромагнитной индукции, или закон Фарадея

*ЭДС электромагнитной индукции в замкнутом контуре численно равна и противоположна по знаку скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную этим контуром.*

Правило определения направления индукционного тока было установлено российским физиком *Эмилием Христиановичем Ленцем*.

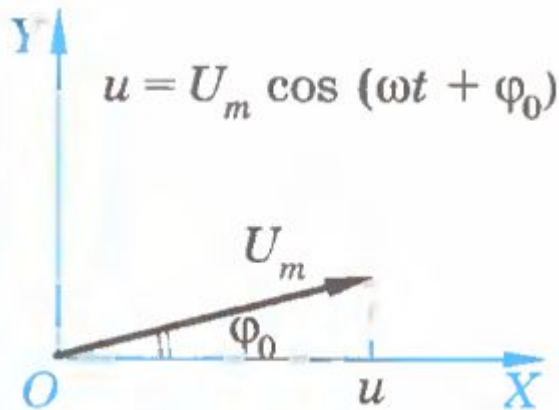
## Правило Ленца

*Индукционный ток в контуре имеет такое направление, что созданный им магнитный поток через поверхность, ограниченную контуром, препятствует изменению магнитного потока, вызвавшего этот ток.*

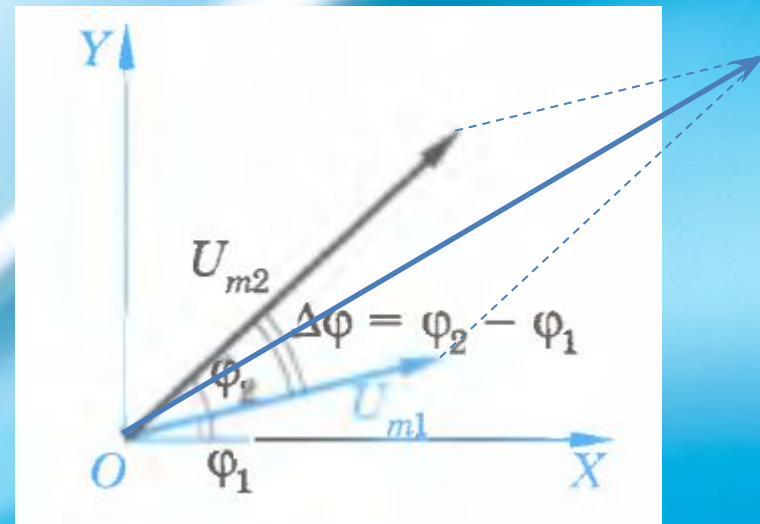
# Векторные диаграммы для описания переменных токов и напряжений.

Мгновенное значение напряжения — напряжение в данный момент времени  $t$  можно представить в виде:

$$u = U_m \cos(\omega t + \varphi_0)$$



Представление гармонического колебания в виде вектора



$$\begin{cases} u_1 = U_{m1} \cos(\omega t + \varphi_1), \\ u_2 = U_{m2} \cos(\omega t + \varphi_2) \end{cases}$$

# Резистор в цепи переменного тока

a)

В цепях переменного тока резистор часто называют *активным сопротивлением*.

*Активное сопротивление — сопротивление элемента электрической цепи, в котором электрическая энергия необратимо преобразуется во внутреннюю.*

Пусть напряжение на концах резистора изменяется по закону:  $u = U_m \cos \omega t.$

В соответствии с законом Ома сила тока в резисторе будет:

Где -  $I_m = U_m/R$  - амплитудное значение силы тока

$$i = \frac{U}{R} = I_m \cos \omega t,$$

*Напряжение и сила тока в резисторе совпадают по фазе в любой момент времени!*

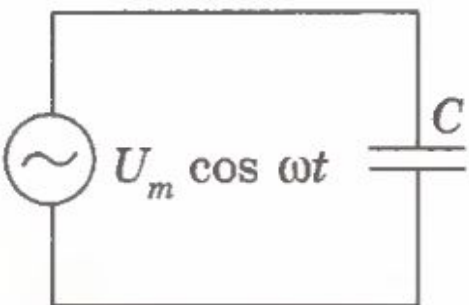
*Действующее значение силы переменного тока равно силе постоянного тока, при котором в проводнике выделяется такое же количество теплоты, что и при переменном токе за тот же промежуток времени.*

$$I = I_m$$

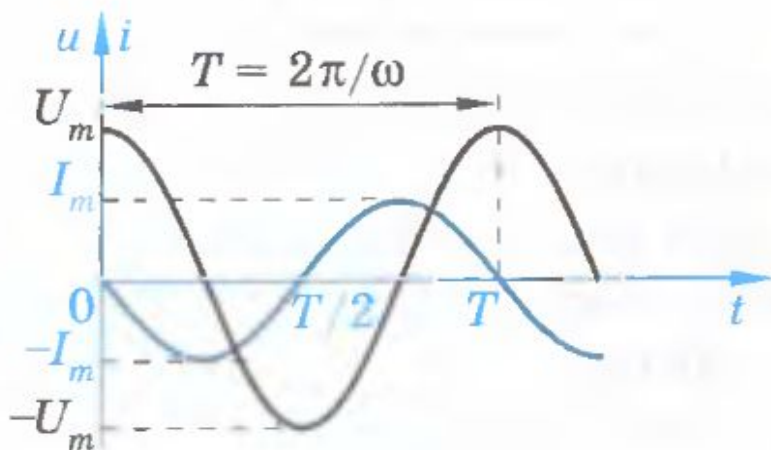
$$U = U_m$$

$$P = P_m$$

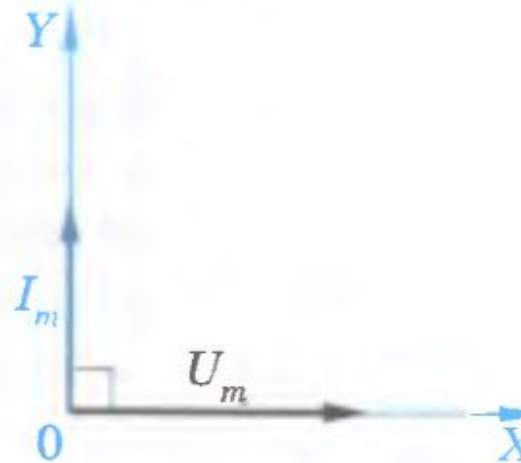
# Конденсатор в цепи переменного тока



а)



б)



в)

Пусть напряжение на обкладках конденсатора изменяется по закону:  $u = U_m \cos \omega t$ .

Тогда заряд на обкладках конденсатора меняется по закону:  $q = Cu = CU_m \cos \omega t$ .

Следовательно, сила тока:  $i = \frac{dq}{dt} = -I_m \sin \omega t$ , где  $I_m = \omega CU_m$  — амплитуда силы тока.

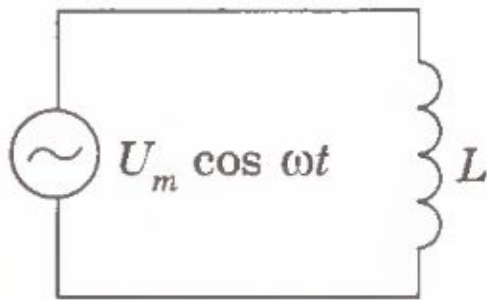
Для изображения силы тока на векторной диаграмме удобно представить данное выражение в виде:

$i = I_m \cos (\omega t + \pi/2)$ . Колебания силы тока в цепи конденсатора опережают напряжение по фазе на  $\pi/2$ .

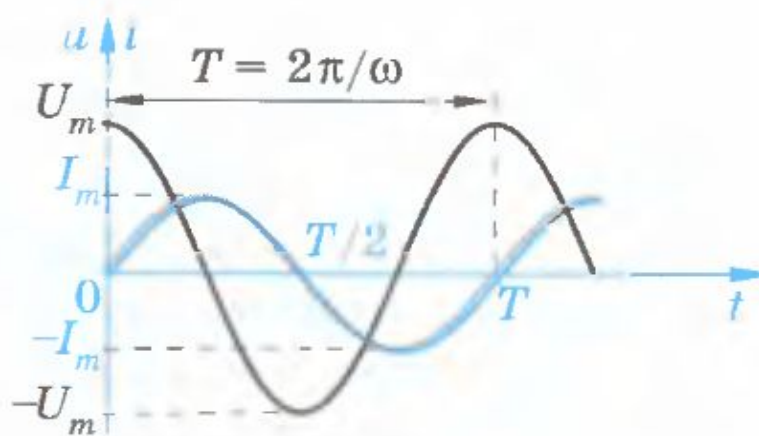
Реактивное сопротивление конденсатора (емкостное сопротивление):

$$x_C = \frac{U_m}{I_m} = \frac{1}{\omega C}.$$

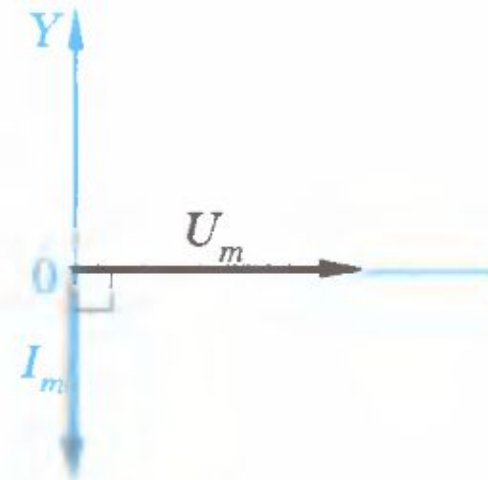
# Катушка индуктивности в цепи переменного тока.



a)



б)



в)

Пусть напряжение на катушки индуктивности изменяется по закону:  $u = U_m \cos \omega t$ .

Сила тока изменяется по закону:  $i = I_m \cos \left( \omega t - \frac{\pi}{2} \right)$ .

*Колебания силы тока в катушке индуктивности отстают по фазе на  $\pi/2$  от колебаний напряжения на ней.*

$x_L = \omega L$  — индуктивное сопротивление катушки.