

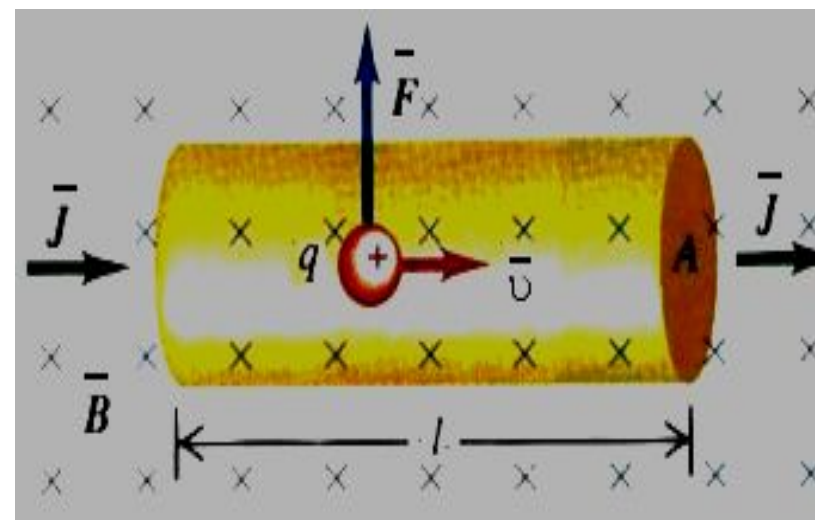
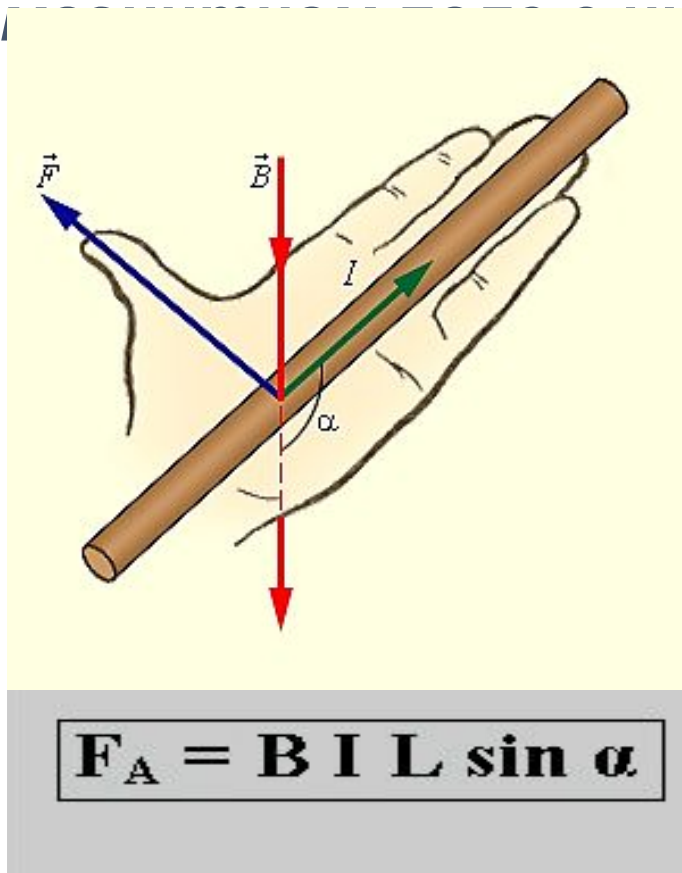
Тема 3.1.1. Понятие
магнитного поля,
его основные параметры.
Влияние магнитной проницаемости
вещества на индукцию
магнитного поля и его свойствам.



Действие магнитного поля на проводники с током

На прямой проводник длиной L , по которому течет ток силой I ,

в магнитной индукции B действует сила Ампера F_A .



Направление силы Ампера определяется по правилу левой руки.

Модуль вектора магнитной индукции равен отношению максимального значения силы Ампера, действующей на прямой проводник с током, к силе тока I в проводнике и его длине Δl :

$$B = \frac{F_{\max}}{I \Delta l}.$$

В системе единиц СИ за единицу магнитной индукции принята индукция такого магнитного поля, в котором на каждый метр длины проводника при силе тока **1 А** действует максимальная сила Ампера **1 Н**. Эта единица называется **тесла (Тл)**.

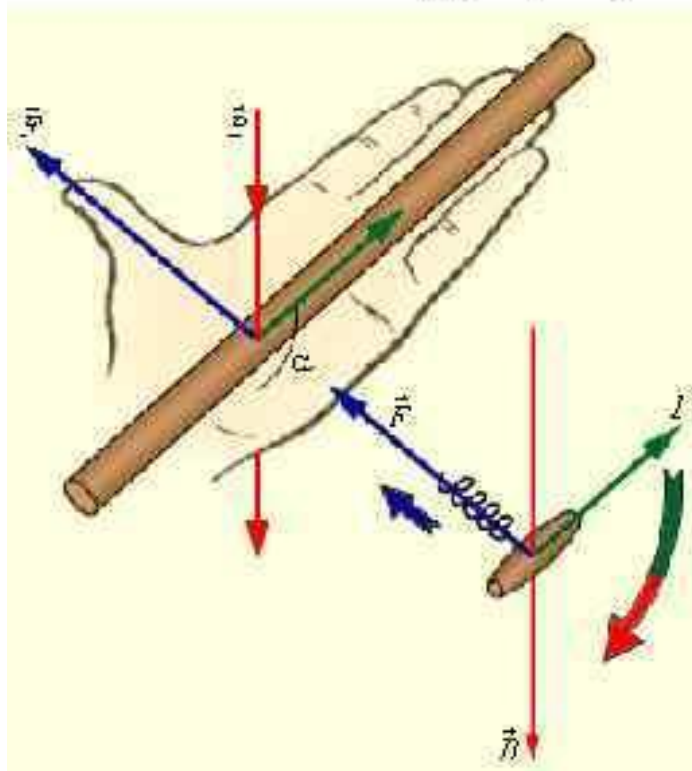
Сила Ампера

Сила, с которой внешнее магнитное поле действует на прямолинейный проводник с током, прямо пропорциональна силе тока в проводнике, длине проводника, величине магнитной индукции поля и синусу угла между магнитной индукцией и направлением тока в проводнике.

Направление силы Ампера всегда перпендикулярно как линиям индукции, так и самому проводнику.



Андре-Мари
Ампер
1775-1836



$$d\vec{F}_A = I d\vec{l} \times \vec{B} \quad |d\vec{F}_A| = IBdl \sin(\angle d\vec{l}, \vec{B})$$

- 1) Правило "буравчика" – поступательное его движение при кратчайшем повороте от I к B показывает направление силы;
- 2) Правило "левой руки" – ориентировать её так, чтобы четыре вытянутых пальца располагались вдоль тока, а магнитная индукция входила в ладонь, тогда отогнутый на 90 градусов большой палец укажет направление силы.

Закон Ампера

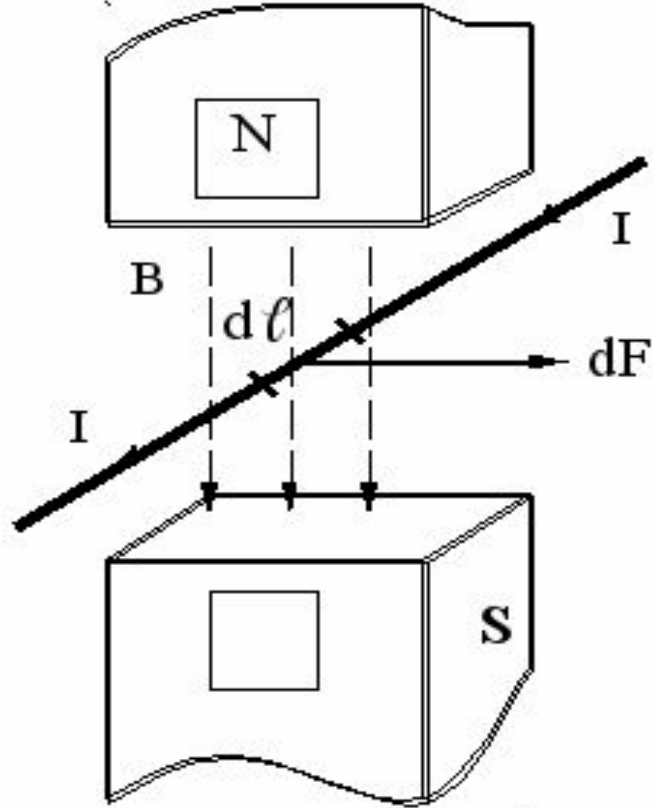


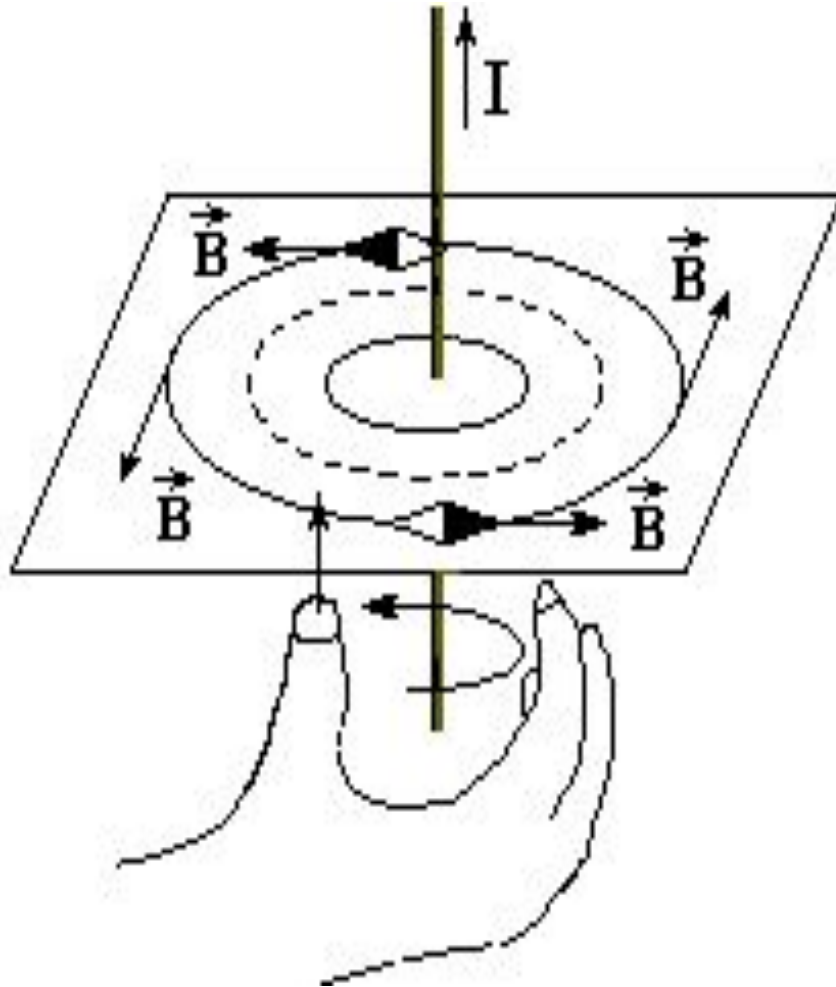
Рис. 1.4. Сила Ампера, действующая на проводник с током в магнитном поле

$$dF = I [d\ell \times B]$$

- сила, действующая на элемент проводника с током в магнитном поле, равна произведению силы тока на векторное произведение элемента длины проводника и магнитной индукции поля.

•

правило правой руки



- Большой палец правой руки ориентируют в направлении тока, тогда остальные пальцы в согнутом положении укажут направление силовых линий магнитного поля.

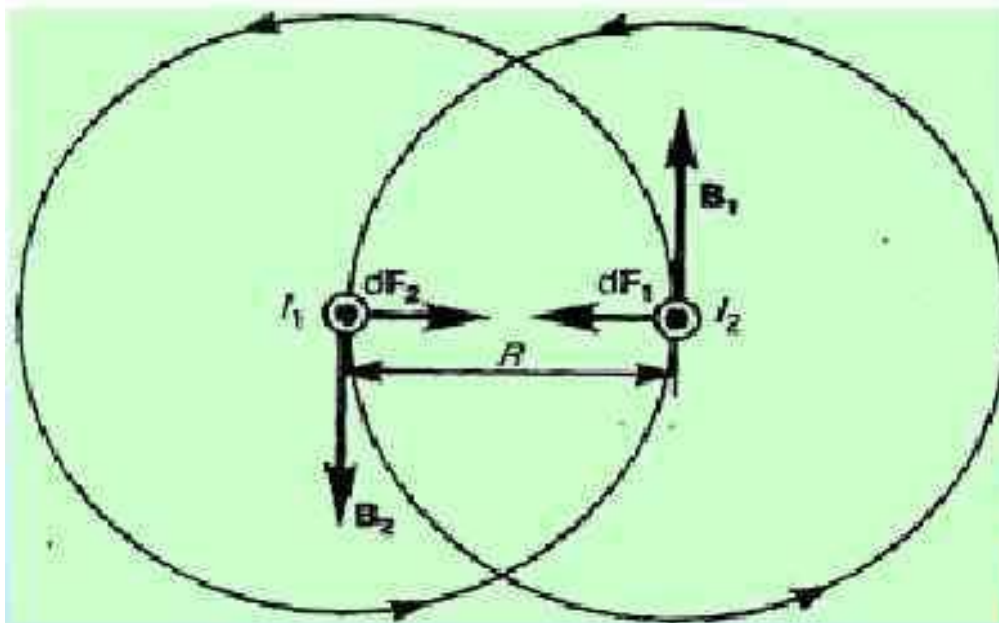
Взаимодействие параллельных токов – закон Ампера (1820)

Рассчитаем силу взаимодействия (на единицу длины) двух находящихся в вакууме бесконечно длинных прямых параллельных токов I_1 и I_2 , находящихся на расстоянии b друг от друга:



Андре-Мари
Ампер
1775-1836

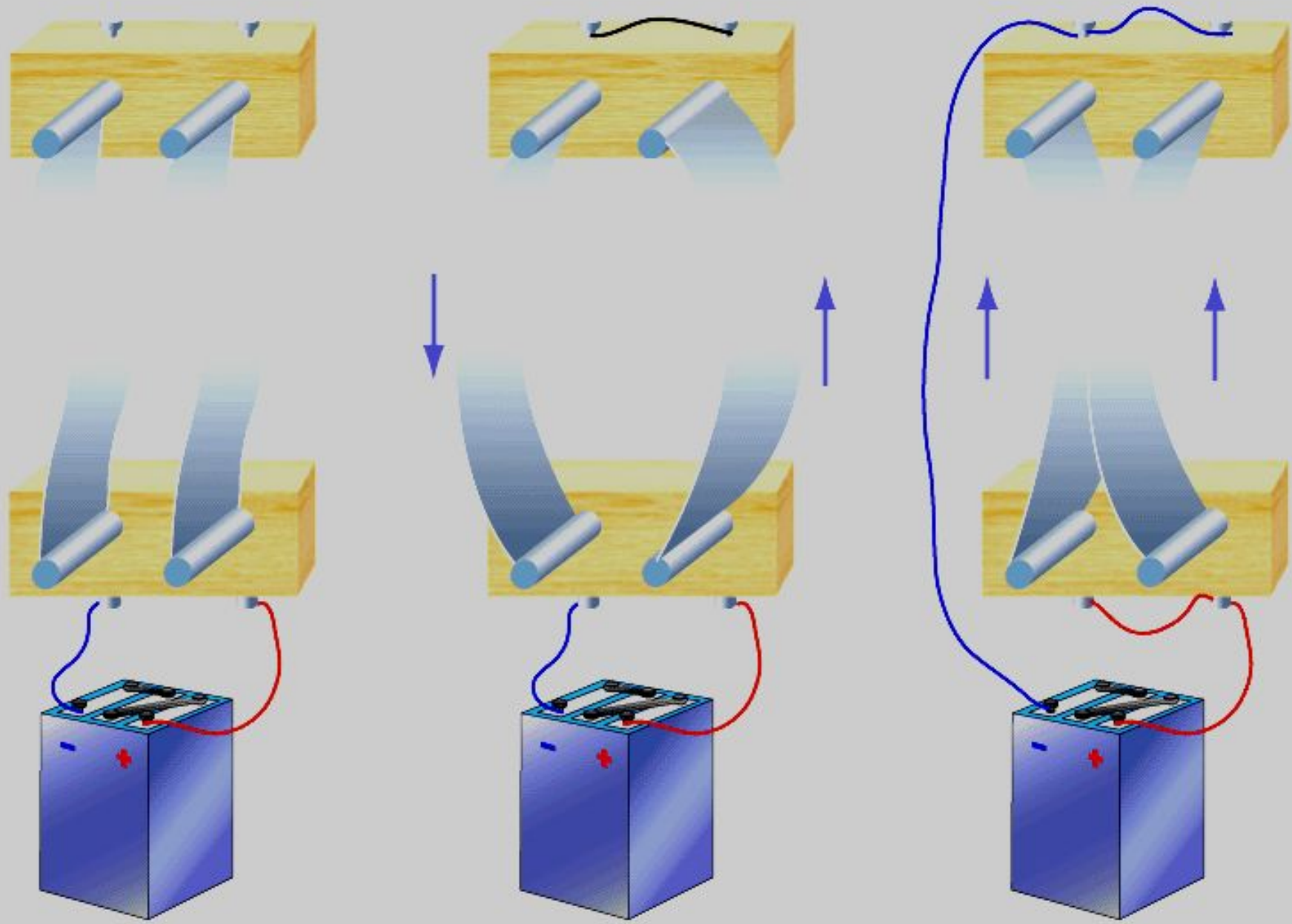
$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi b} \quad \left| d\vec{F}_A \right| = I_2 B_1 dl \sin(\vec{dl}, \vec{B}_1)$$

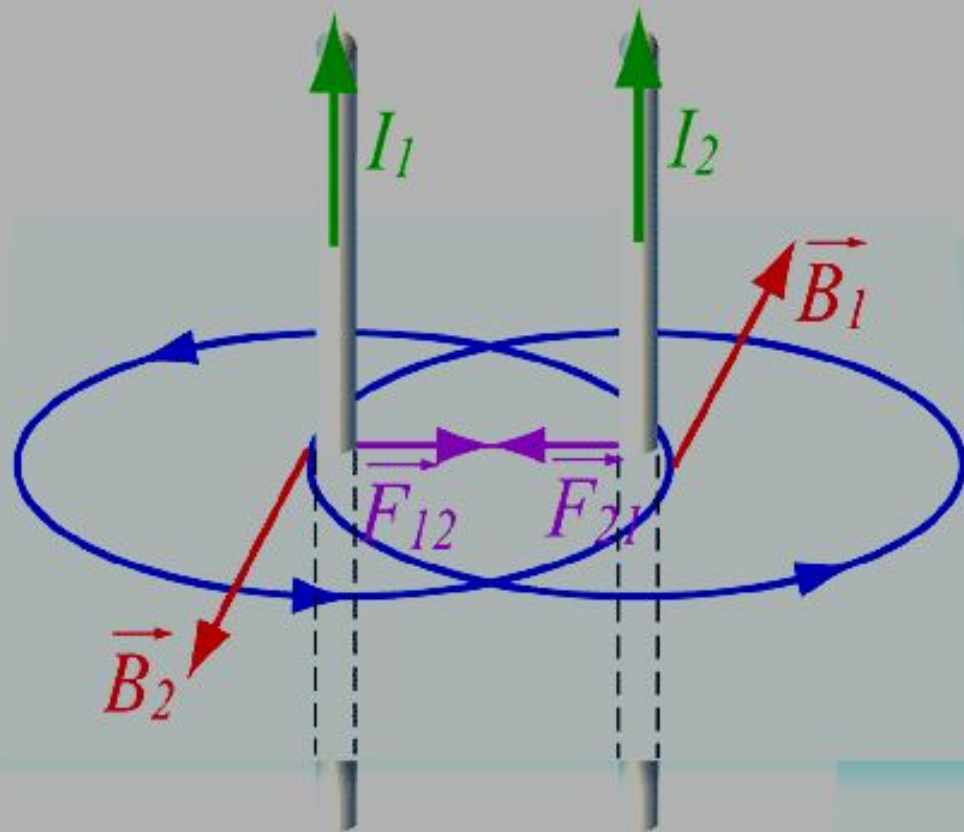


$$dF_A = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi b} dl \quad \rightarrow$$

$$F = \frac{dF_A}{dl} = \frac{\mu_0 2I_1 I_2}{4\pi b}$$

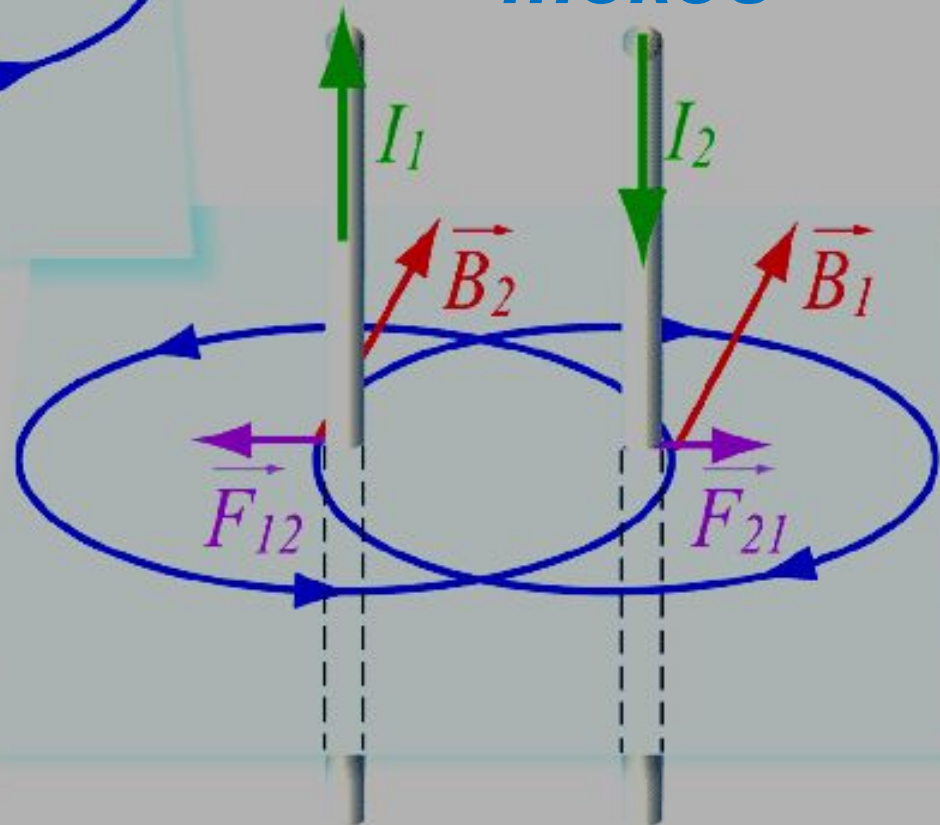
Токи, текущие в одном направлении притягиваются;
Токи, текущие в разных направлениях, отталкиваются.





$$F_A = B I L \sin \alpha$$

Магнитное взаимодействие токов



$$F_A = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{2I_1 I_2}{R} L$$

L — длина проводника.

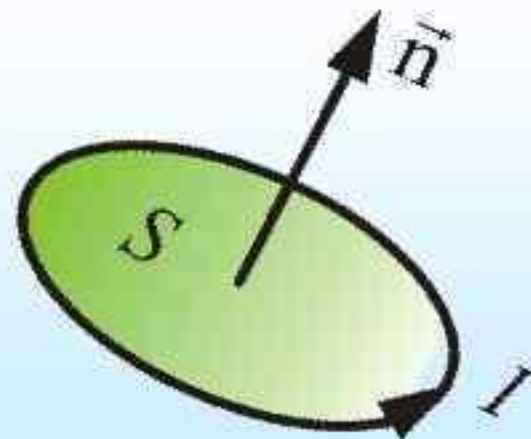
Единица силы тока (ампер)

За единицу силы тока 1 ампер (1 А) в системе СИ принимается сила такого постоянного тока, при прохождении которого по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины, находящимся в вакууме на расстоянии 1 метр друг от друга, сила электромагнитного взаимодействия между проводниками равна $2 \cdot 10^{-7}$ ньютона на каждый метр длины проводника.

$$\mu_0 = \frac{4\pi Fb}{2 I^2 l} = \frac{4\pi \cdot 2 \cdot 10^{-7} \cdot 1}{2 \cdot 1 \cdot 1} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Н/А}^2 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$$

Магнитный момент контура (рамки) с током

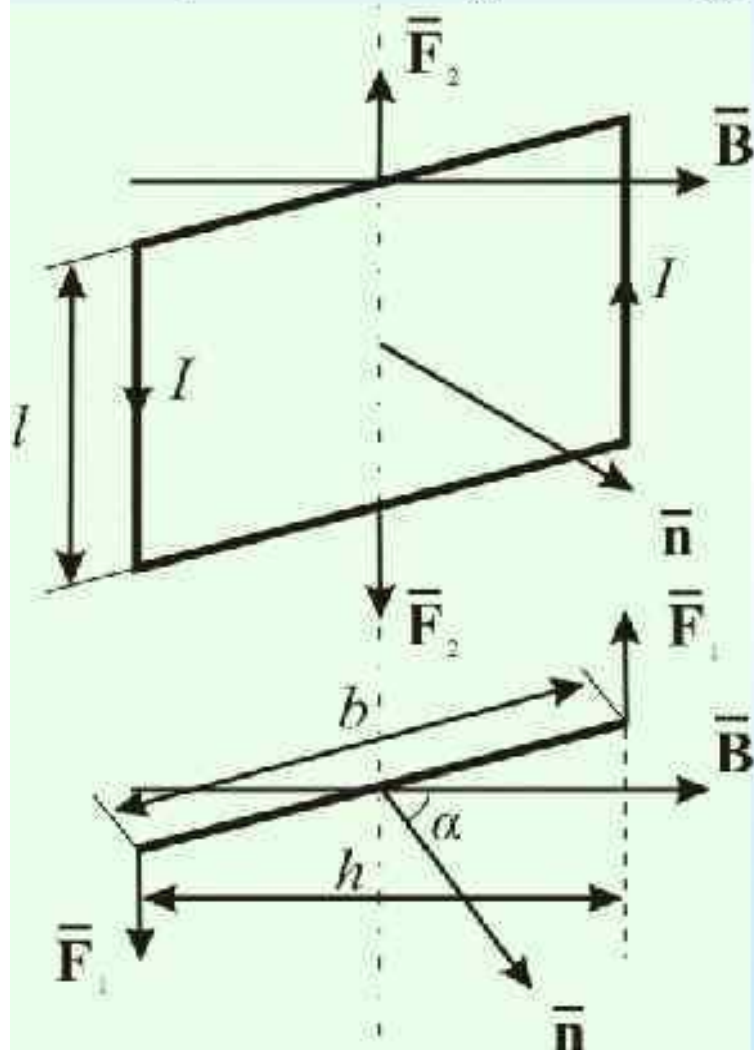
Магнитным моментом контура (рамки) с током называется векторная физическая величина, равная произведению площади рамки на величину протекающего по ней тока и совпадающая по направлению с положительной (определяемой по правилу "буравчика") нормалью к рамке.



$$\vec{p}_m = IS\vec{n} \quad |\vec{p}_m| = IS$$

Действие поля на контур с током

Пусть рамка с током I находится в однородном магнитном поле, α – угол между \vec{B} и \vec{n} (направление нормали связано с направлением тока правилом буравчика), l – высота, b – ширина рамки.



Вращающий механический момент:

$$M_{ep} = F_A h = F_A b \sin \alpha$$

$$F_A = I B l \sin(\vec{l}, \vec{B}) = I B l$$

$$M_{ep} = I B l b \sin \alpha = I B S \sin \alpha$$

$$M_{ep} = B p_m \sin \alpha$$

$$\vec{M}_{ep} = \vec{B} \times \vec{p}_m$$

Под действием вращательного момента рамка всегда повернется так, чтобы магнитная индукция стала параллельна нормали к рамке.

Магнитная индукция (другое определение)

$$M_{вр} = B p_m \sin \alpha$$

Вращающий момент будет максимальным, если: $\alpha = 90^\circ \rightarrow M_{\max} = B p_m$

$$\rightarrow B = \frac{M_{\max}}{p_m}$$

Магнитной индукцией B называется векторная физическая величина, характеризующая силовое действие магнитного поля и численно равная максимальному механическому моменту сил, действующему на рамку с током в однородном поле, обладающую единичным магнитным моментом (сила тока составляет 1 А в рамке площадью 1 м²).

$$[Тл] = \left[\frac{Н \cdot м}{А \cdot м^2} \right] = \left[\frac{Н}{А \cdot м} \right] = 10^4 \text{ Гс}$$

Единица магнитной индукции (другое определение)

За единицу магнитной индукции 1 Тесла принята индукция такого однородного магнитного поля, в котором на плоский контур с током, имеющий магнитный момент 1 А·м², действует вращающий момент 1 Н·м).