

МЕХАНИЧНО ДЕЙСТВИЕ НА МАГНИТНО ПОЛЕ. ЗАКОН НА АМПЕР

Лектор: проф. д-р Т. Йовчева

Сила на Ампер

- Ако проводник, по който тече постоянен ток, бъде поставен в магнитно поле, върху него ще действа магнитна сила.
- Френският физик Андре-Мари Ампер опитно е установил, зависимост, която в негова чест е наречена *закон на Ампер*:

Силата, с която магнитното поле действа върху елемента $d\vec{l}$ от проводник по който тече ток, е пропорционална на големината на тока I , дължината на елемента $d\vec{l}$ и магнитната индукция на външното поле $\vec{B}$ и зависи от взаимната ориентация на проводника и магнитното поле:

$$d\vec{F} = I(d\vec{l} \times \vec{B})$$

- Може да се въведе понятието токов елемент, като

$$d\vec{I} = I d\vec{l}$$

- Тогава

$$d\vec{F} = d\vec{I} \times \vec{B}$$

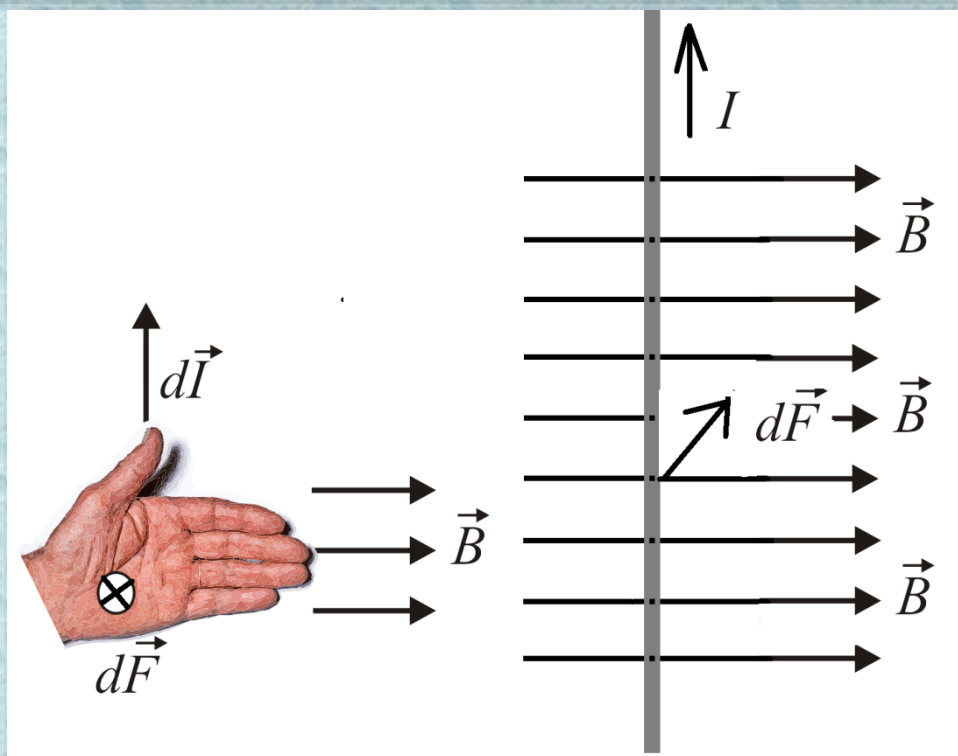
- Големината на векторното произведение е:

$$|d\vec{I} \times \vec{B}| = I l B \sin(d\vec{I}, \vec{B}) = I l B \sin(\alpha)$$

- Тройката вектори $d\vec{I}$, $\vec{B}$ и $d\vec{F}$ образуват дясна тройка и силата $d\vec{F}$ винаги е перпендикулярна на равнината, определена от векторите $d\vec{I}$ и $\vec{B}$.

Посоката на силата $d\vec{F}$ се определя по **правилото на изпънатите пръсти на лявата ръка**.

Правило на изпънатите пръсти на лявата ръка - ако четирите изпънати пръсти определят посоката на магнитната индукция $\vec{B}$, а палеца – посоката на тока $d\vec{I}$, то силата $d\vec{F}$ пробощда дланта.



Пълната магнитна сила $d\vec{F}$, действаща на целия проводник с дължина L , е векторна сума от магнитните сили, приложени към всички малки елементи, на които е разделен проводникът, т.е. тя може да се определи чрез интегриране:

$$\vec{F} = I \int_L d\vec{l} \times \vec{B}$$

Ако магнитното поле е еднородно, т.е. $\vec{B} = \text{const}$, а проводникът L е праволинеен, то силата, с която магнитното поле действа върху дължина l от проводника е:

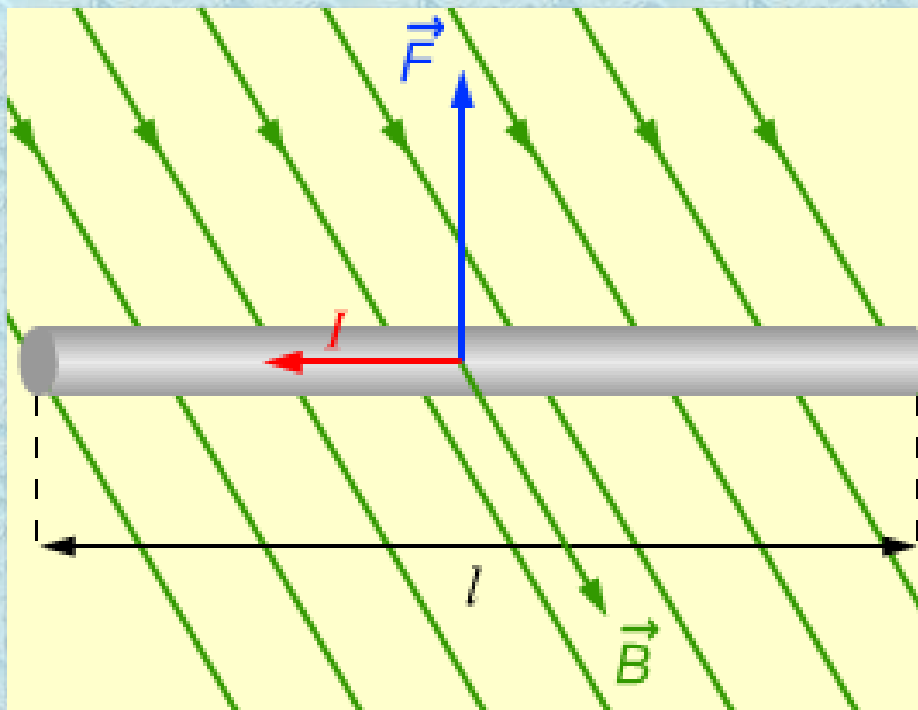
$$F = I l B \sin(d\vec{l}, \vec{B})$$

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

- Ако проводникът е перпендикулярен на магнитното поле, то $\sin 90^\circ = 1$. Тогава магнитна сила е максимална:

$$F = I l B$$

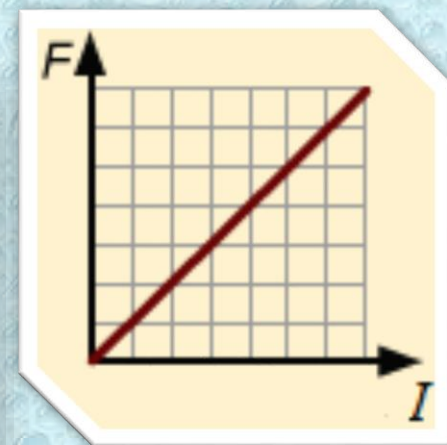
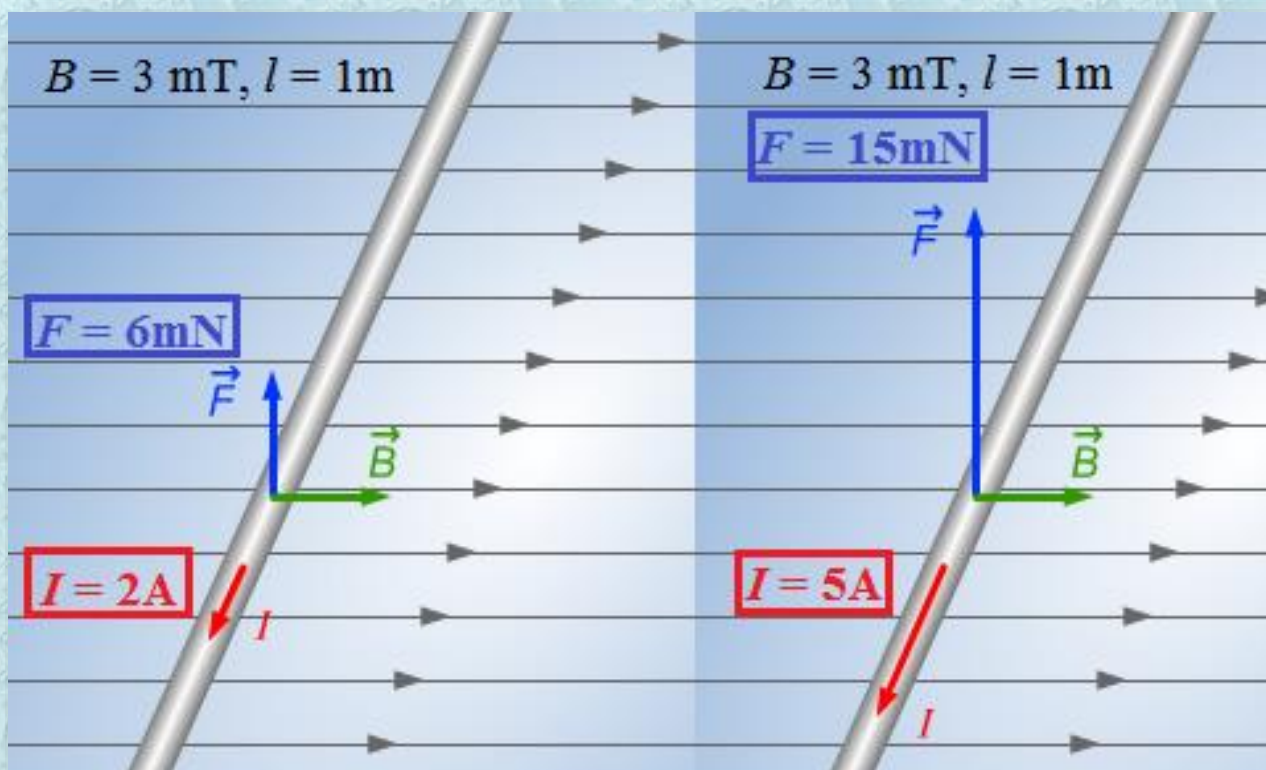
- Силата, с която магнитното поле действа на поставените в полето проводници, по които тече ток, се нарича *магнитна сила или сила на Ампер*.



Зависимост между магнитната сила и големината на тока

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

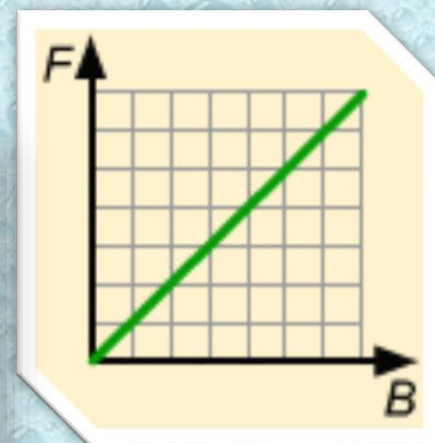
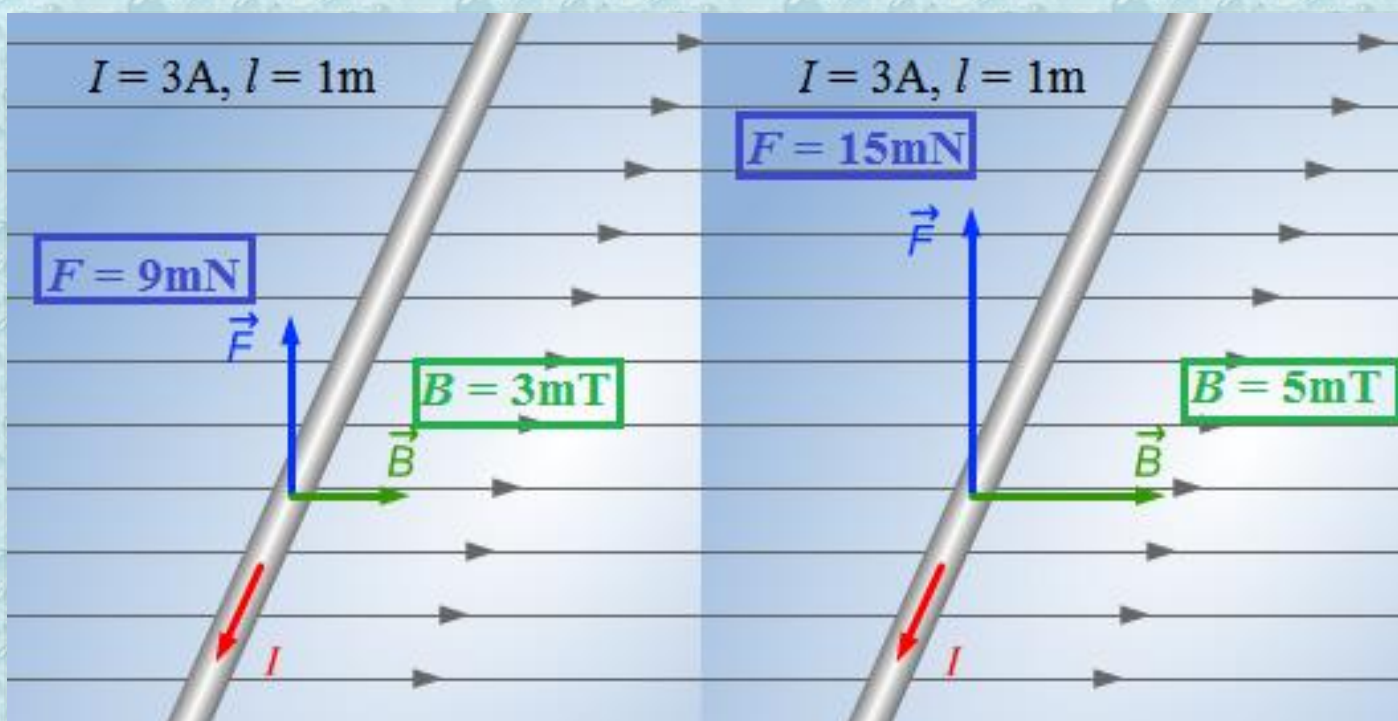
Съгласно уравнението големината на магнитната сила, с която магнитното поле действа на поставен в него проводник, по който тече ток, е пропорционална на големината на тока в проводника.



Зависимост между магнитната сила и големината на магнитната индукция на полето

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

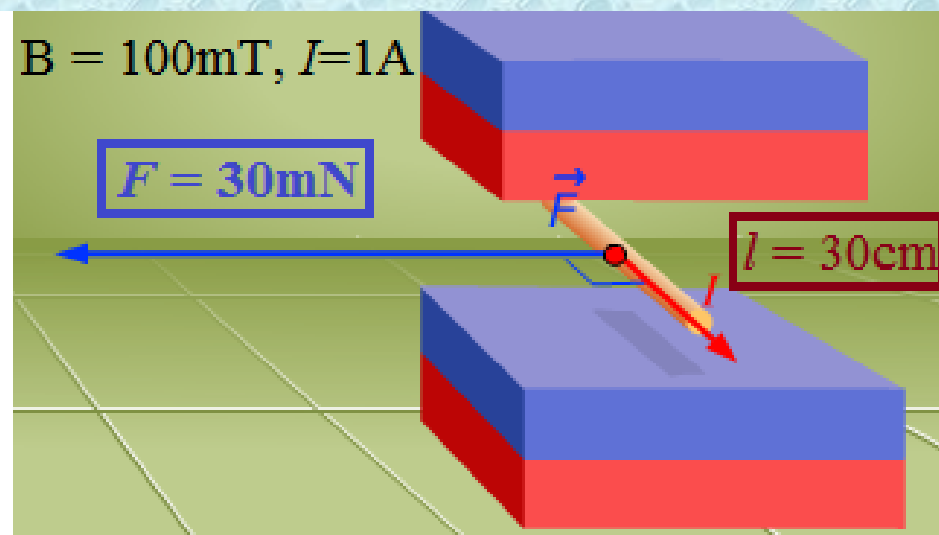
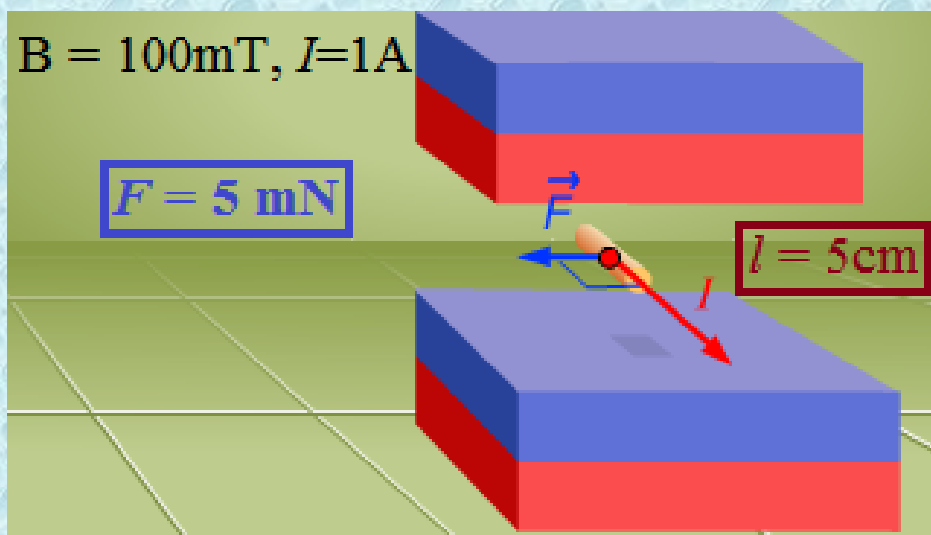
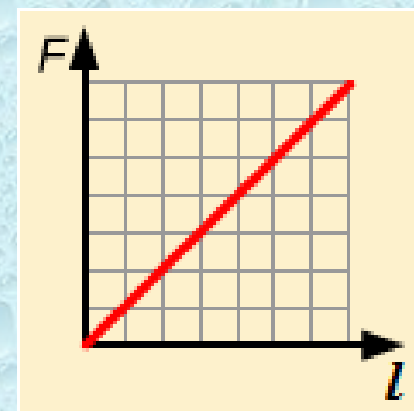
Съгласно уравнението големината на магнитната сила, с която магнитното поле действа на поставен в него проводник, по който тече ток, е пропорционална на големината на магнитната индукция на полето.



Зависимост между магнитната сила и дължината на проводника

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

Съгласно уравнението големината на магнитната сила, с която магнитното поле действа на поставен в него проводник, по който тече ток, е пропорционална на дължината на проводника или на тази част от проводника, която е поставена в магнитно поле.

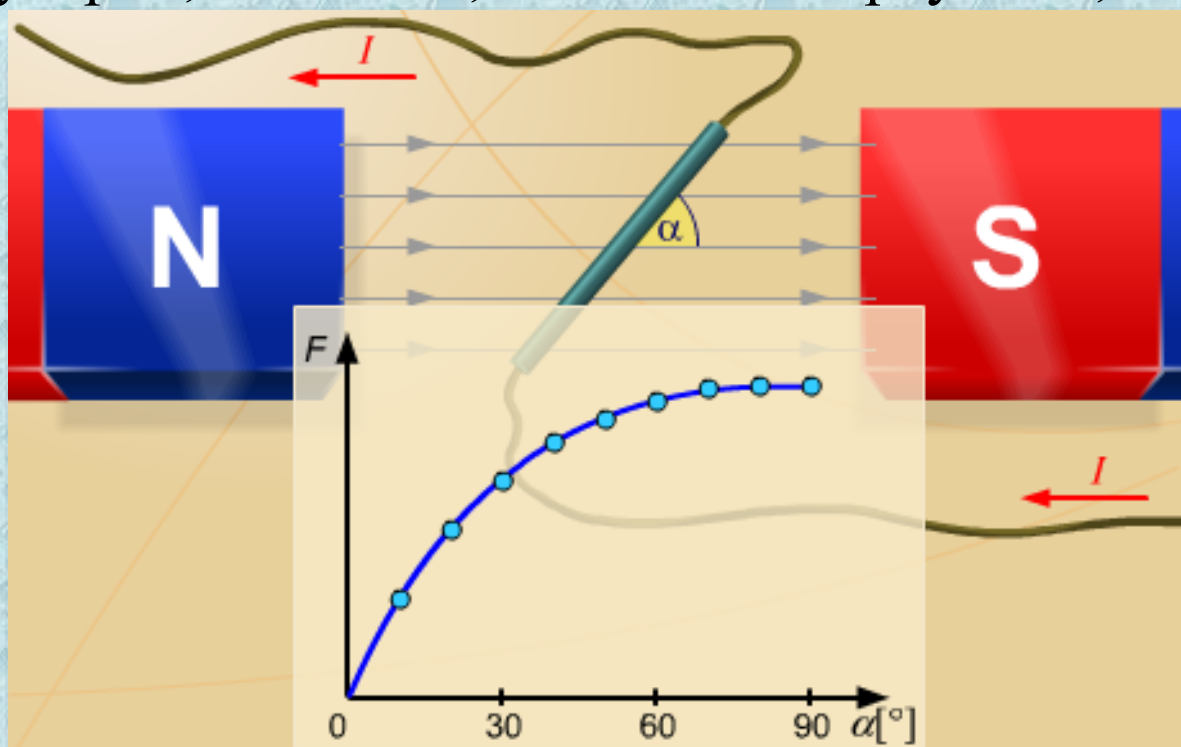


Зависимост между магнитната сила и положението на проводника

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

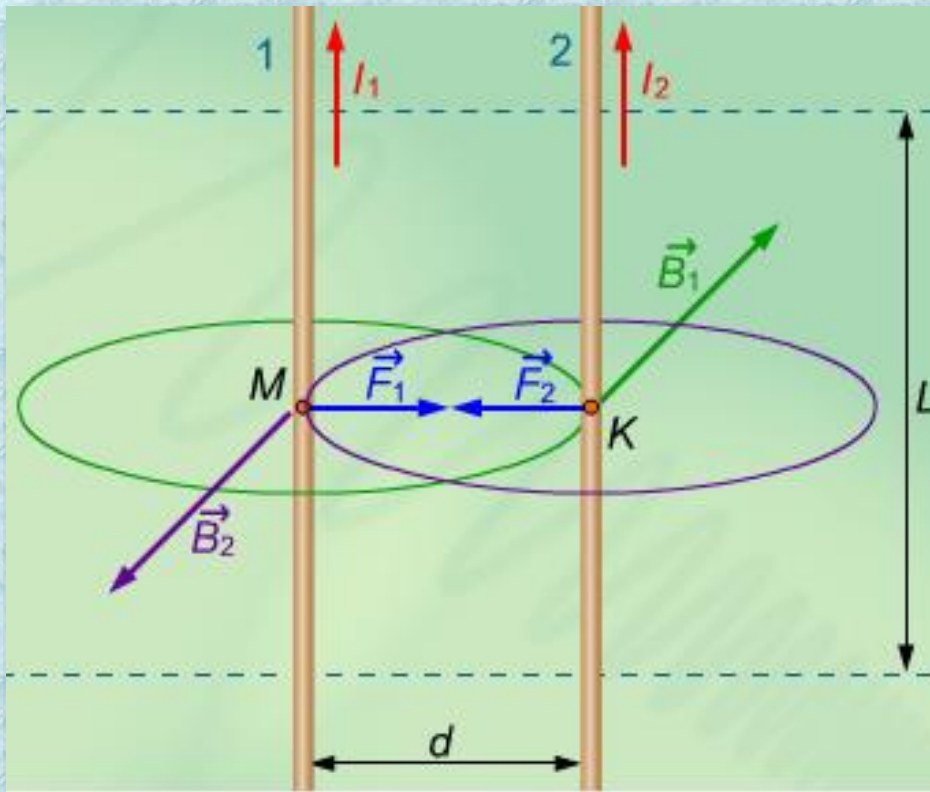
Съгласно уравнението големината на магнитната сила зависи от ъгъла α между проводника и магнитните силови линии.

Когато проводникът е поставен успоредно на силовите линии, върху него не действа никаква сила, а когато е поставен перпендикулярно, то силата, действаща върху него, е най-голяма.



Взаимодействие между успоредни токове

Два успоредни проводника с ток I_1 и I_2 , на разстояние d един от друг.



Токът I_1 създава магнитно поле:

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}$$

Токът I_2 се намира в това магнитно поле, което действа на сегмент L от него със сила:

$$F_2 = B_1 I_2 L = \mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi d} L$$

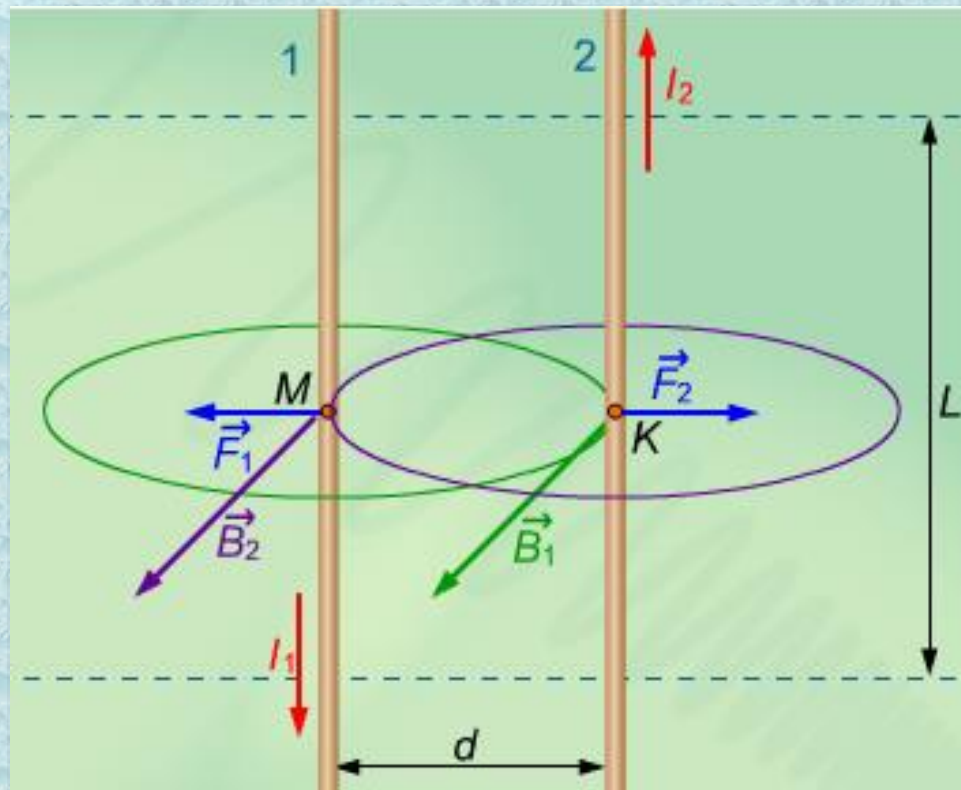
Анал: $F_1 = B_2 I_1 L = \mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi d} L$

Двете сили са равни по големина и са противоположно насочени:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

Когато токовете текат в една посока, то проводниците се привличат.

Ако токовете са в противоположни посоки, то проводниците се отблъскват.



$$F = \mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi d} L$$

Ако двата тока са равни и са $I_1 = I_2 = 1\text{A}$, $l = 1\text{m}$, $d = 1\text{m}$, то силата е $F = 2 \cdot 10^{-7}\text{N}$. Затова формула се използва за определяне на единицата за ток – ампер.

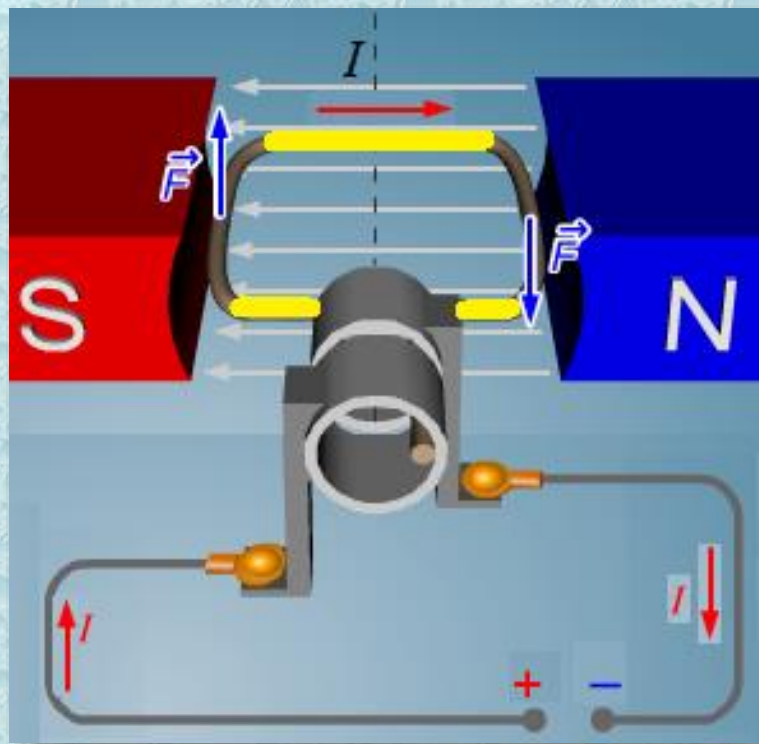
1Ампер е големината на такъв постоянен ток, който протичайки по два безкрайни успоредни проводника, поставени на разстояние 1 m един от друг, поражда сила на взаимодействие между тях на всеки метър дължина равна на $2 \cdot 10^{-7}\text{N}$.

Рамка в магнитно поле

Правоъгълна рамка с ток в еднородно магнитно поле - равнината на рамката е успоредна на магнитните силови линии.

Магнитните сили завъртат рамката до устойчиво равновесие.

Двете срущуположни страни, оцветени в жълто, са успоредни на магнитните силови линии и на тях не им действа магнитна сила.

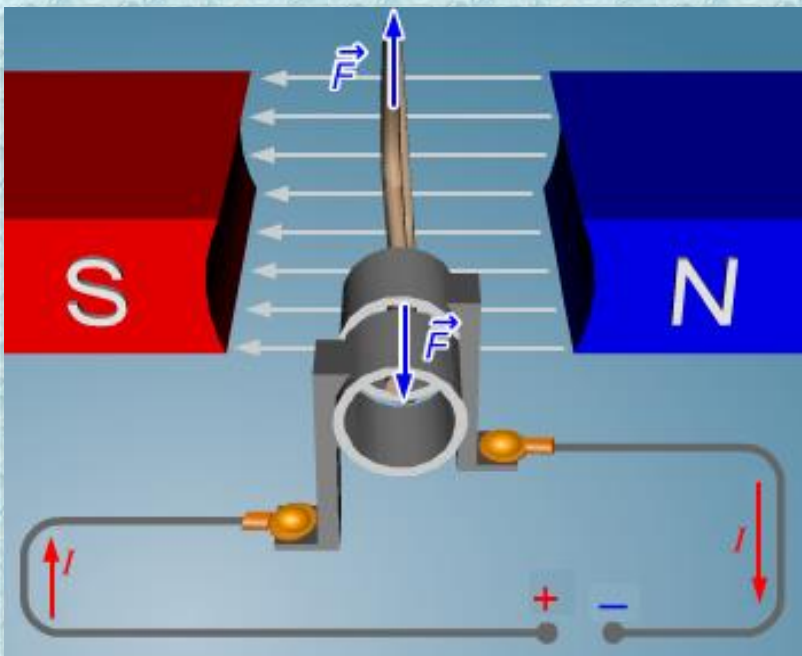


Другите две срещуположни страни са с равна дължина l , по тях тече един и същ ток I и те са разположени перпендикулярно на силовите линии на магнитното поле B .

Действат им равни по големина сили:

$$F_1 = F_2 = BIl$$

$$F_1 = F_2 = BIl$$



- Двете сили са равни по големина и са противоположно насочени, но не лежат на една права.
- Те са двойка сили и създават въртящ момент.
- Той завърта рамката докато тя застане перпендикулярно на силовите линии.
- В това положение силите лежат на една права и се уравновесяват.
- Това положение на рамката е равновесно.