

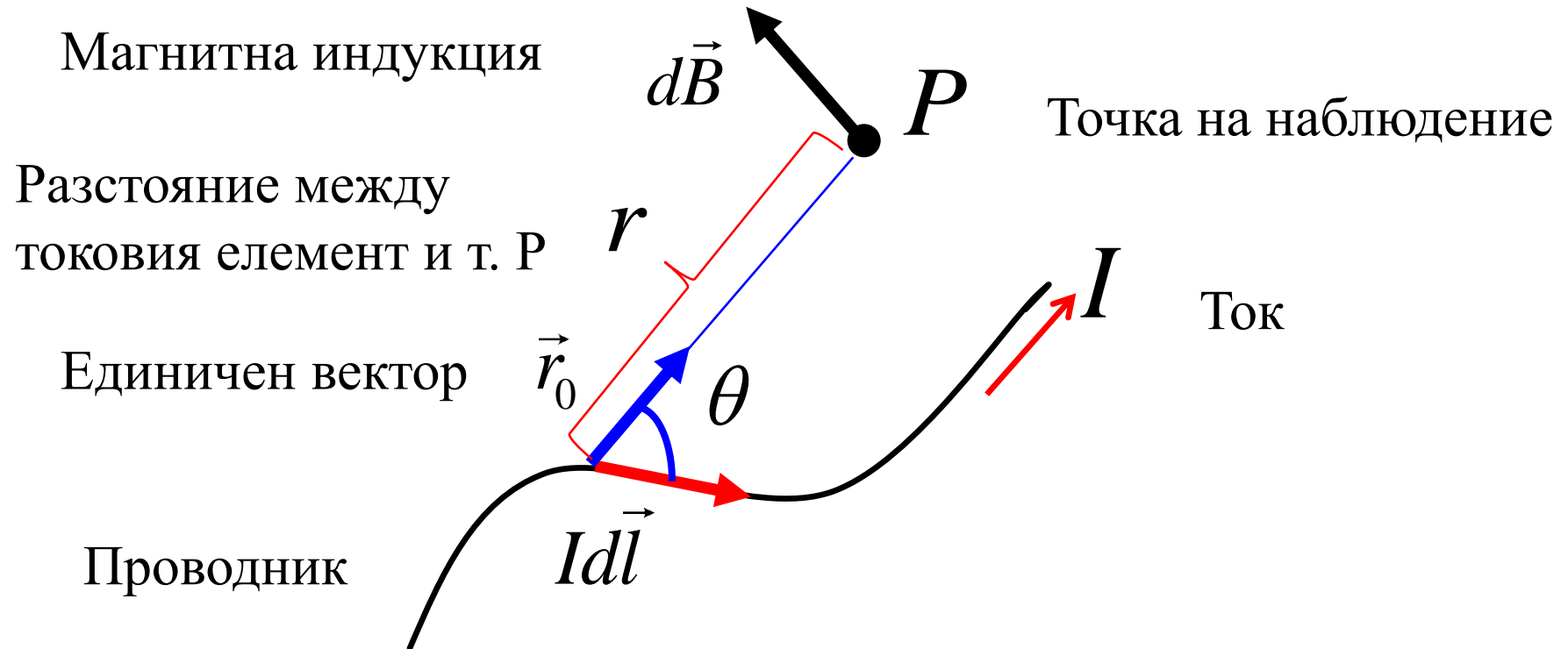
Магнитно поле на постоянен ток

- Опит на Оерстед (15.02.1820 г.) – *електричният ток създава магнитно поле, подобно на полето на постоянен магнит*
- Магнитно поле на краен прав проводник по който тече постоянен ток . Закон на Био-Савар.
- Магнитно поле на безкрайно дълъг прав проводник по който тече постоянен ток
- Магнитно поле създадено от движещ се точков заряд
- *Сили на взаимодействие* между два дълги успоредни проводника по които тече постоянен ток – Ампер (25.09.1820 г.)

Токов елемент

- Разглеждаме проводник с протичащ ток I през него. Мислено разделяме проводника на малки части.
- Всяка малка част характеризираме с вектора $d\vec{l}$
 - Големина на вектора – дължината на съответната част от проводника
 - Посока на вектора – посоката на тока
- *Токов елемент* - $I d\vec{l}$

Закон на Био-Савар – индукция на магнитното поле създадено от токов елемент



$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\vec{l} \times \vec{r}_0}{r^2}; \vec{r}_0 = \frac{\vec{r}}{r} \Rightarrow |\vec{r}_0| = 1; \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \left[\frac{T \cdot m}{A} = \frac{H}{m} \right]$$

Големина на индукцията на магнитното поле създадено от токов елемент

- Големината на индукцията на магнитното поле на един токов елемент в дадена точка е правопрпорционална на големината на елемента , на синуса на ъгъла заключен между елемента и посоката към точката на наблюдение, и е обратно пропорционална на квадрата на разстоянието между тях:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl}{r^2} \sin \theta \left[\frac{T \cdot m}{A} \frac{A \cdot m}{m^2} = T \right]$$

с магнитна константа

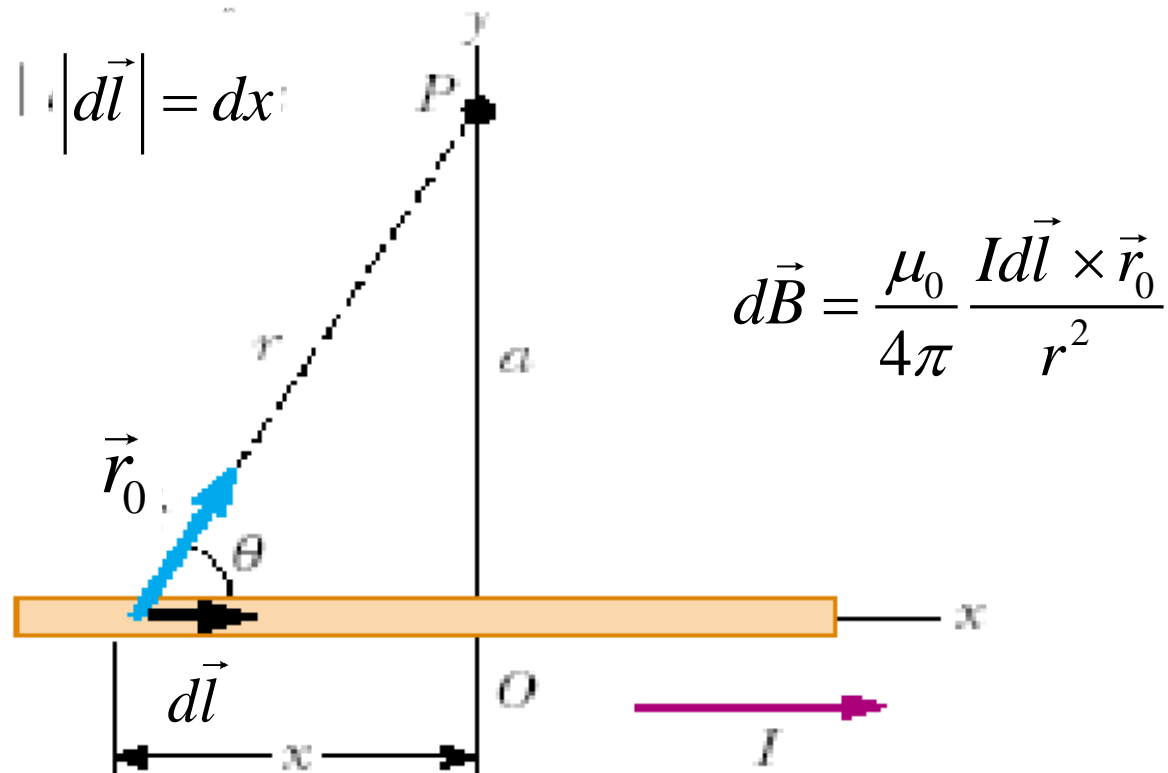
$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \left[\frac{T \cdot m}{A} = \frac{V \cdot s}{m^2} \frac{m}{A} = \frac{H}{m} \right] \left(1H = \frac{V \cdot s}{A} \right)$$

Принцип на суперпозицията за индукцията на магнитното поле

- *Принцип на суперпозицията* – индукцията на магнитното поле в т. Р е равна на векторната сума от индукциите създадени от всички *токови елементи* в тази точка
- Закон на Био-Савар – индукция на магнитното поле създадено от проводник по който тече ток
 - *Пълната индукция на магнитното поле B* създадено в т. Р от проводник по който тече постоянен ток, получаваме като сумираме индукциите на полетата на всички *токови елементи*

$$\vec{B} = \int d\vec{B} = \int \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\vec{l} \times \vec{r}_0}{r^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\vec{l} \times \vec{r}_0}{r^2}$$

Магнитно поле на токов елемент на проводника



$$|Id\vec{l} \times \vec{r}_0| = Idl \sin \theta = Idx \sin \theta \Rightarrow dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idx \sin \theta}{r^2}$$

Магнитно поле на токов елемент на проводника – изразено чрез ъгъла

$$\frac{a}{r} = \sin \theta \Rightarrow \frac{1}{r^2} = \frac{\sin^2 \theta}{a^2}$$

$$-\frac{x}{a} = \operatorname{ctg} \theta \Rightarrow \frac{dx}{a} = \frac{1}{\sin^2 \theta} d\theta \Rightarrow dx = \frac{a}{\sin^2 \theta} d\theta$$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{1}{r^2} \sin \theta dx = \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{\sin^2 \theta}{a^2} \sin \theta \frac{a}{\sin^2 \theta} d\theta = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{a} \sin \theta d\theta$$

Магнитно поле на краен прав проводник по който тече постоянен ток

- Големината на вектора на пълната индукция на магнитното поле B създадено в т. Р от проводник по който тече постоянен ток, получаваме като сумираме индукциите на полетата на всички *токови елементи* съставлящи проводника

$$B = \int_{\theta} dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{a} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta d\theta = -\frac{\mu_0 I}{4\pi a} \int_{\theta_1}^{\theta_2} d(\cos \theta) = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

- Посоката на вектора на индукцията на магнитното поле B създадено в т. Р от проводника по който тече постоянен ток – една и съща за всички токови елементи – от стената към нас!

Магнитно поле на безкрайно дълъг праволинеен проводник по който тече постоянен ток

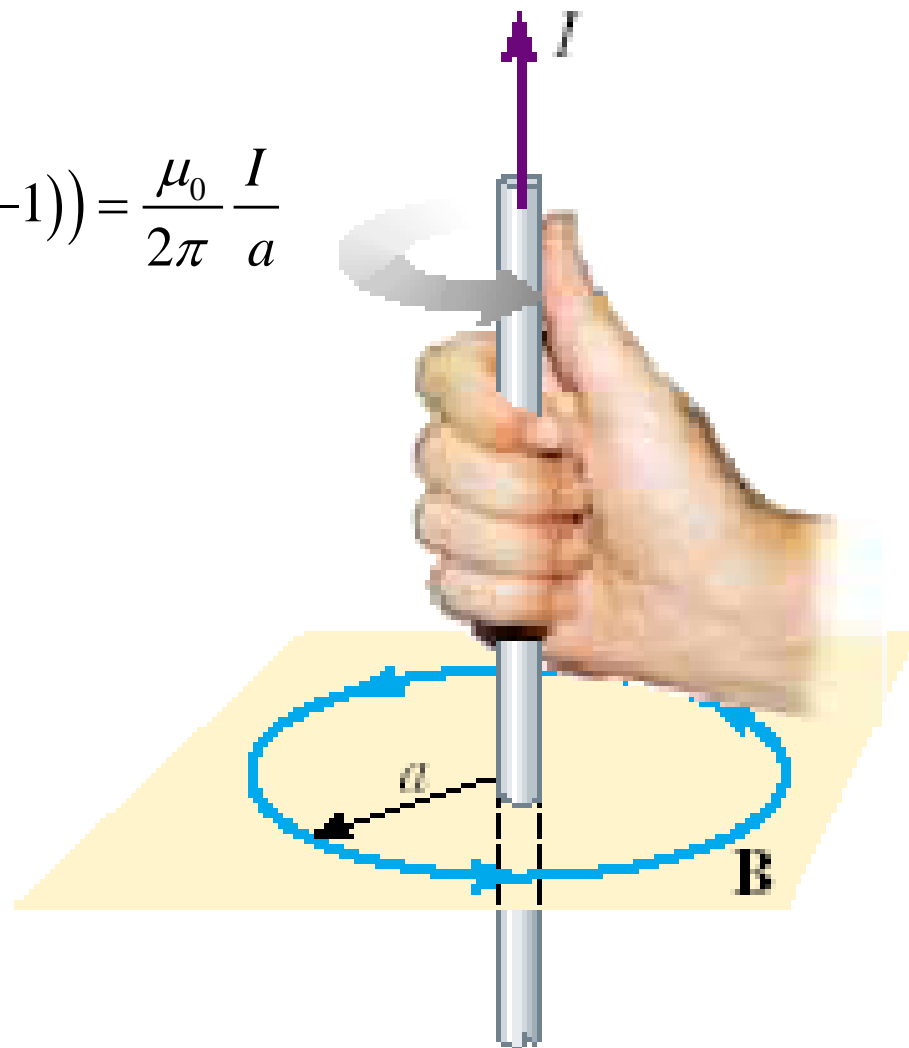
$$x = -\infty \Rightarrow \theta_1 = 0; x = +\infty \Rightarrow \theta_2 = \pi$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2) = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (1 - (-1)) = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{a}$$

- *Индукция на магнитното поле B*

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{a}$$

- *Индукционните линии са концентрични окръжности лежащи в равнини перпендикулярни на проводника*
 - Правило на дясната ръка за определяне посоката на индукционните линии



Сила на взаимодействие между два дълги успоредни проводника по които тече постоянен ток - 1

- *Ампер демонстрира за първи път на академиците от Френската академия привличането и отблъскването на два проводника по които тече ток, без участието на магнит – 25.09.1820 г.*
- *Основна идея на Ампер: проводници по които тече ток си взаимодействат като магнити!*

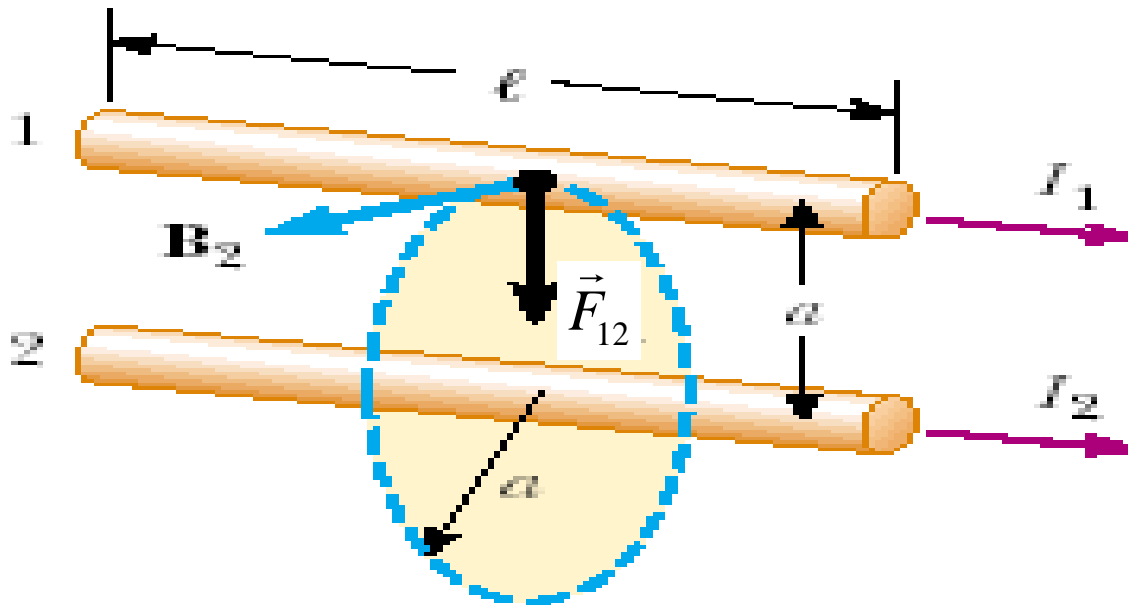
“Аз сведох всички магнитни явления до чисто електрически явления” - Ампер



Роден в Лион
Академик в секция геометрия, 39 г.
Баща му адвокат – гилотиниран през
Френската революция

Сила на взаимодействие между два дълги успоредни проводника по които тече постоянен ток - 2

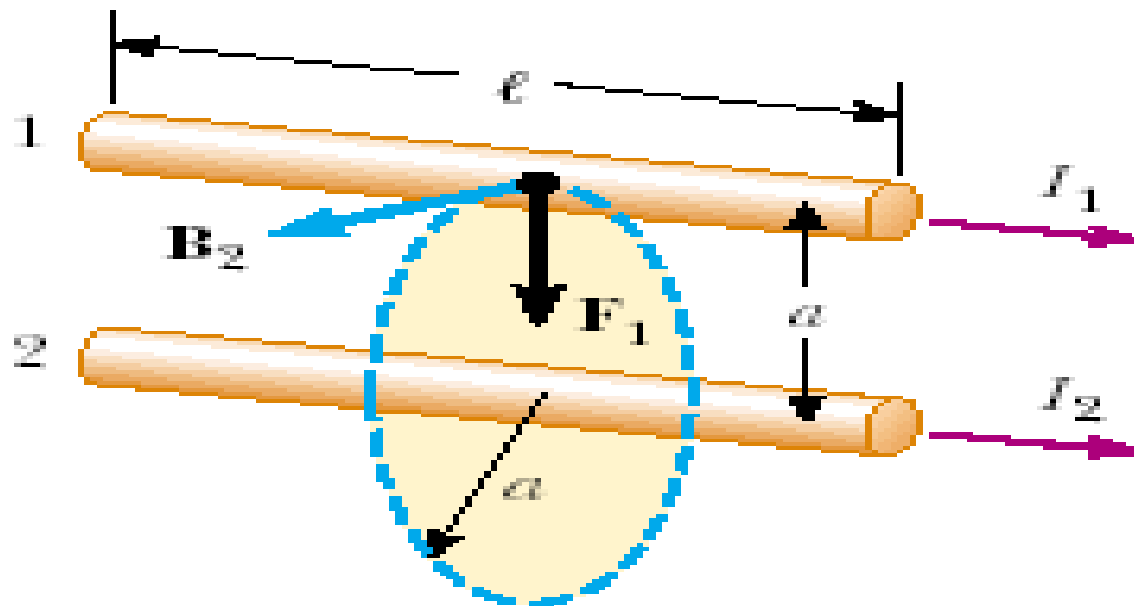
- Разглеждаме два дълги успоредни проводника разположени на разстояние a , с течащи по тях токове с еднакви посоки



- Търсим силата с която втория проводник действа на участък с дължина l от първия проводник

Сила на взаимодействие между два дълги успоредни проводника по които тече постоянен ток - 3

$$B_2 = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_2}{a}$$



$$\vec{F}_{12} = I_1 \vec{l} \times \vec{B}_2 \Rightarrow F_{12} = I_1 l B_2 = I_1 l \left(\frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_2}{a} \right) = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{a} l$$

Сили на взаимодействие между два дълги успоредни проводника по които тече постоянен ток - 4

- Според третия принцип на Нютон, двата проводника взаимодействат с равни по големина и противоположни по посока сили

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

- Два дълги успоредни проводника с течащи по тях токове с еднакви посоки, се **привличат!**
- Два дълги успоредни проводника с течащи по тях токове с противоположни посоки, се **отблъскват!**

Сила на взаимодействие между два дълги успоредни проводника по които тече постоянен ток - 5

- Големина на силата на взаимодействие на единица дължина от проводника
- Определение на единицата **ампер**

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{a}$$

- Един **ампер** е постоянен ток, който при протичане по два дълги успоредни праволинейни проводника, поставени на разстояние 1 м един от друг във вакуум, създава между тях взаимодействие със сила

$$2 \times 10^{-7} \text{ N / m}$$

на всеки метър дължина на проводниците.

Магнитно поле създадено от подвижен точков заряд

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\vec{l} \times \vec{r}_0}{r^2}; I = n_v e v A$$

$$Id\vec{l} = n_v e A (v d\vec{l}) = n_v e A (\vec{v} dl); v d\vec{l} = \vec{v} dl$$

$$N = n_v A dl$$

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{n_v e A (v d\vec{l}) \times \vec{r}_0}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{n_v e A (\vec{v} dl) \times \vec{r}_0}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{N e \vec{v} \times \vec{r}_0}{r^2}$$

$$\vec{B} = \frac{d\vec{B}}{N} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{e \vec{v} \times \vec{r}_0}{r^2}$$