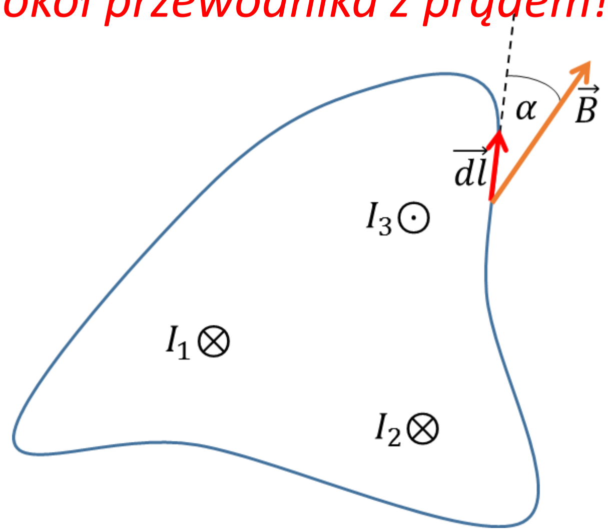
POLE MAGNETYCZNE_2

PRAWO AMPERE'A

Z prawa Ampère'a możemy obliczyć wartość pola B wokół przewodnika z prądem!

Prawo Ampere'a (dla próżni):



$$\oint \vec{B} \cdot \overrightarrow{dl} = \mu_0 I$$

Gdzie:
μ_0 – stała magnetyczna próżni, przenikalność magnetyczna próżni,
$\mu_0 = 12{,}57 \cdot 10^{-7} \frac{H}{m}$.

1. Całka po krzywej zamkniętej z iloczynu skalarnego $\vec{B} \cdot \overrightarrow{dl}$ równa jest całkowitemu prądowi I otoczonemu przez dowolną krzywą zamkniętą (niezależnie od kształtu konturu) wymnożonemu przez μ_0.
2. Krążenie wektora B po dowolnej krzywej zamkniętej jest proporcjonalne do całkowitego natężenia prądu objętego konturem.

POLE MAGNETYCZNE_2

Prawo Ampere'a (dla dowolnego ośrodka):

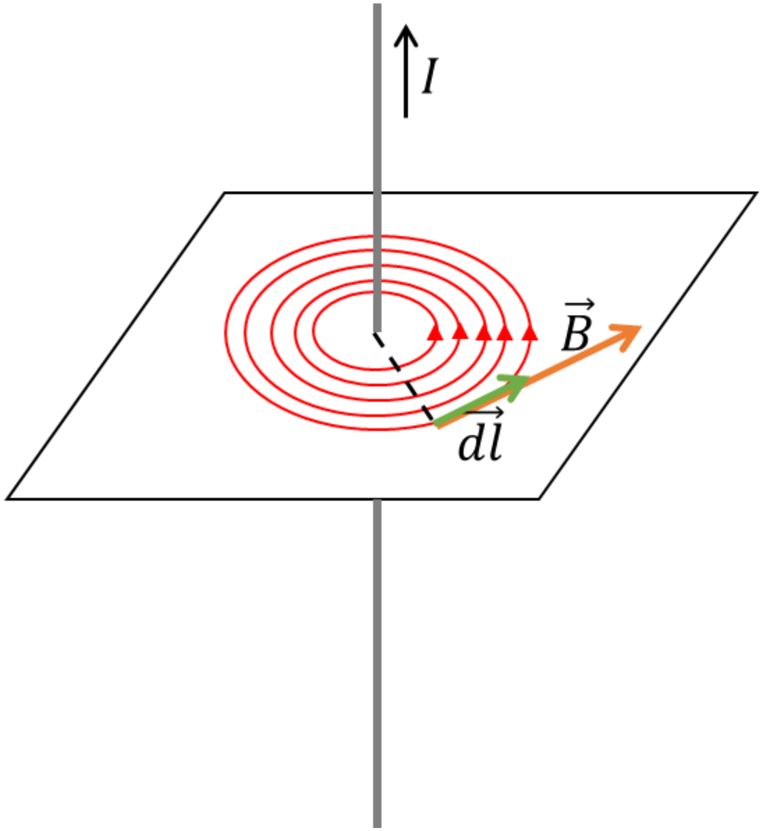
$$\oint \vec{B} \cdot \overrightarrow{dl} = \mu_0 \mu_r I$$

Gdzie:
μ_r – względna przenikalność magnetyczna ośrodka.

Względne przenikalności magnetyczne wybranych substancji

Materiał	***Względna przenikalność magnetyczna***
Próżnia	1
Powietrze	$1{,}0000004$
Woda	$0{,}999991$
Miedź	$0{,}999999$
Nikiel	250
Kobalt	600
Żelazo	$4000 - 1500000$
Monokrystaliczny stop ($Fe_{97}Si_3$)	3800000

POLE MAGNETYCZNE PRZEWODNIKA LINIOWEGO



Linie pola wytwarzanego przez przewodnik liniowy są współśrodkowymi okręgami!

Jako kontur całkowania wybieramy okrąg o promieniu r równym odległości, dla jakiej chcemy policzyć pole!

POLE MAGNETYCZNE_2

$$\oint \vec{B} \cdot \overrightarrow{dl} = \mu_0 I$$

Wektory $\vec{B}$ i $\overrightarrow{dl}$ są do siebie równoległe ($cos 0° = 1$)!

$$\oint B \cdot dl = \mu_0 I$$

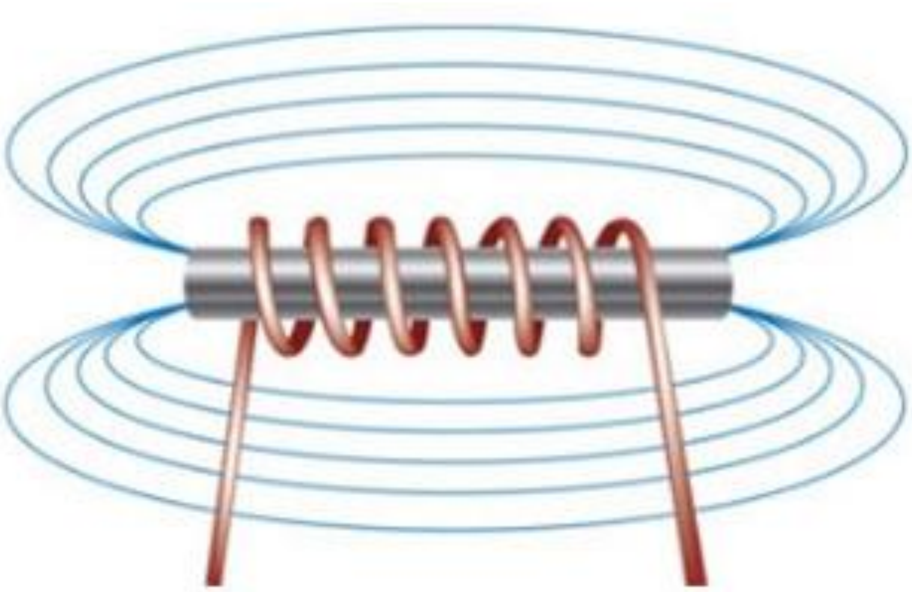
W określonej odległości od przewodnika wektor $\vec{B}$ ma stałą wartość!

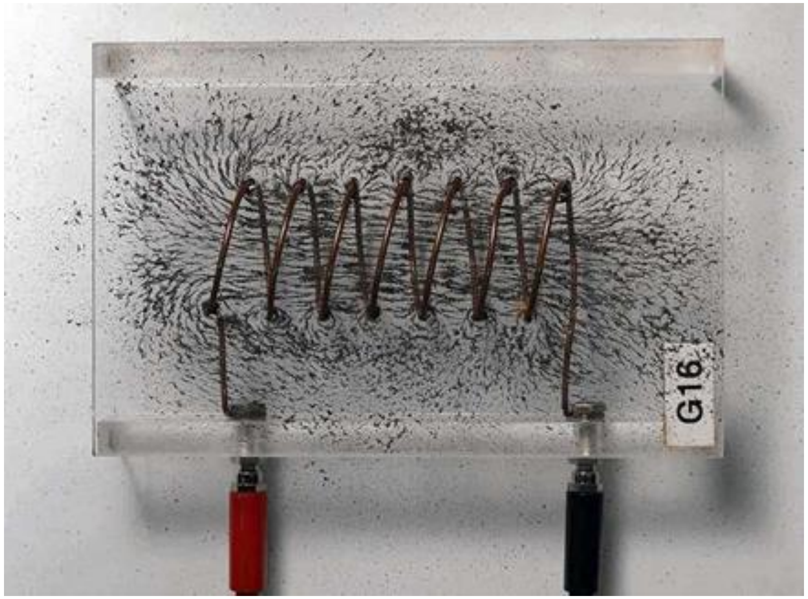
$$B \oint dl = \mu_0 I$$

$$B \cdot 2\pi r = \mu_0 I$$

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

POLE MAGNETYCZNE CEWKI





Solenoid – cewka o przylegających zwojach, której długość jest znacznie większa od średnicy. Pole magnetyczne wewnątrz solenoidu jest jednorodne (wektor $\vec{B} = const$), a na zewnątrz równe zeru.

Prawo Ampere'a dla konturu ABCD:

$$\oint \vec{B} \cdot \overrightarrow{dl} = \oint_A^B \vec{B} \cdot \overrightarrow{dl} + \oint_B^C \vec{B} \cdot \overrightarrow{dl} + \oint_C^D \vec{B} \cdot \overrightarrow{dl} + \oint_D^A \vec{B} \cdot \overrightarrow{dl}$$

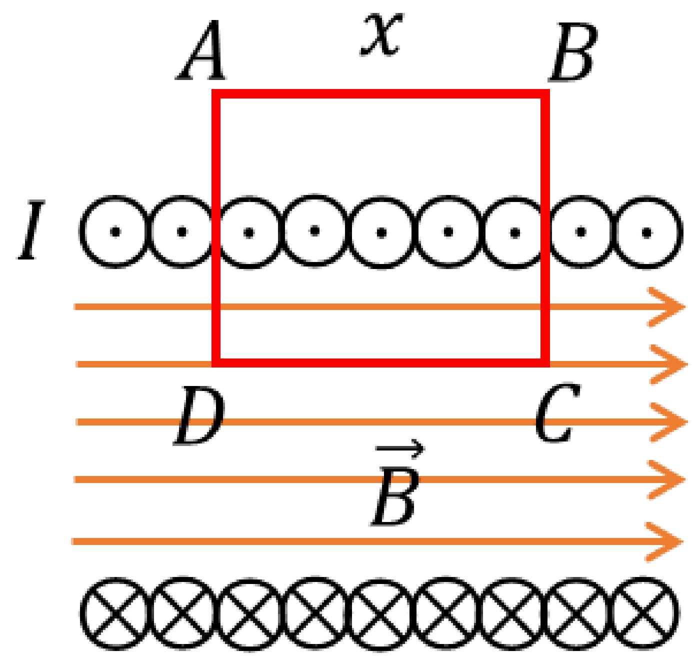
Dla konturów BC i DA wektory $\vec{B}$ i $\overrightarrow{dl}$ są do siebie prostopadłe!

$$\oint_B^C \vec{B} \cdot \overrightarrow{dl} = \oint_D^A \vec{B} \cdot \overrightarrow{dl} = 0$$

Na zewnątrz solenoidu pole $\vec{B}$ wynosi 0!

$$\oint_A^B \vec{B} \cdot \overrightarrow{dl} = 0$$

$$\mu_0 I_{ABCD} = \oint_C^D \vec{B} \cdot \overrightarrow{dl} = -B \cdot x$$



POLE MAGNETYCZNE_2

Liczba zwojów na jednostkę długości:

$$n = \frac{N}{l} = \frac{N_{ABCD}}{x}$$

Liczba zwojów w konturze:

$$N_{ABCD} = n \cdot x$$

Prąd przepływający przez kontur:

$$I_{ABCD} = N_{ABCD} \cdot I = n \cdot x \cdot I$$

$$\mu_0 I_{ABCD} = B \cdot x$$

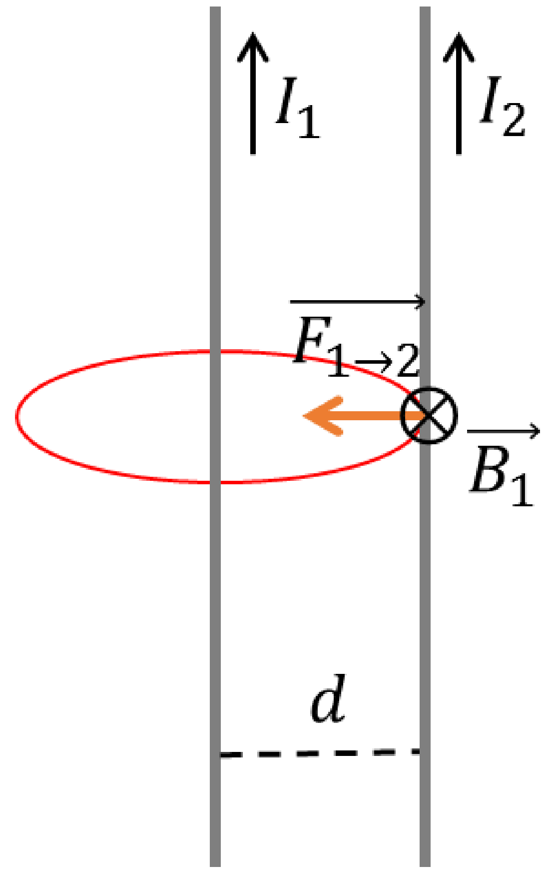
$$\mu_0 \cdot n \cdot x \cdot I = B \cdot x$$

$$B = \mu_0 \cdot n \cdot I = \mu_0 \cdot \frac{N}{l} \cdot I$$

POLE MAGNETYCZNE_2

Przykład 1.

Z jaką siłą przyciągają się wzajemnie jednometrowe odcinki dwóch równoległych, nieskończenie długich przewodników prostoliniowych, oddalonych od siebie o $d = 1\ m$, jeżeli płyną w nich prądy $I_1 = I_2 = 1\ A$ w kierunkach zgodnych?



$$\overrightarrow{F_{1\to2}} = I_2 \cdot \vec{l} \times \overrightarrow{B_1}$$

$$F_{1\to2} = I_2 \cdot l \cdot B_1 \cdot sin 90°$$

$$F_{1\to2} = I_2 \cdot l \cdot B_1 = I_2 \cdot l \cdot \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}$$

$$F_{1\to2} = \frac{\mu_0 I_1 \cdot I_2 \cdot l}{2\pi d}$$

$$F_{1\to2} = \frac{12{,}57 \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 1} = 2 \cdot 10^{-7}\ N$$

DEFINICJA AMPERA

1 amper – natężenie prądu stałego, który płynąc w dwóch równoległych, prostoliniowych, nieskończenie długich przewodach o znikomo małym przekroju kołowym, umieszczonych w próżni w odległości $1\ m$ od siebie, powoduje wzajemne oddziaływanie przewodów na siebie z siłą równą $2 \cdot 10^{-7}\ N$ na każdy metr długości przewodu.

POLE MAGNETYCZNE_2

PRAWO BIOTA-SAVARTA

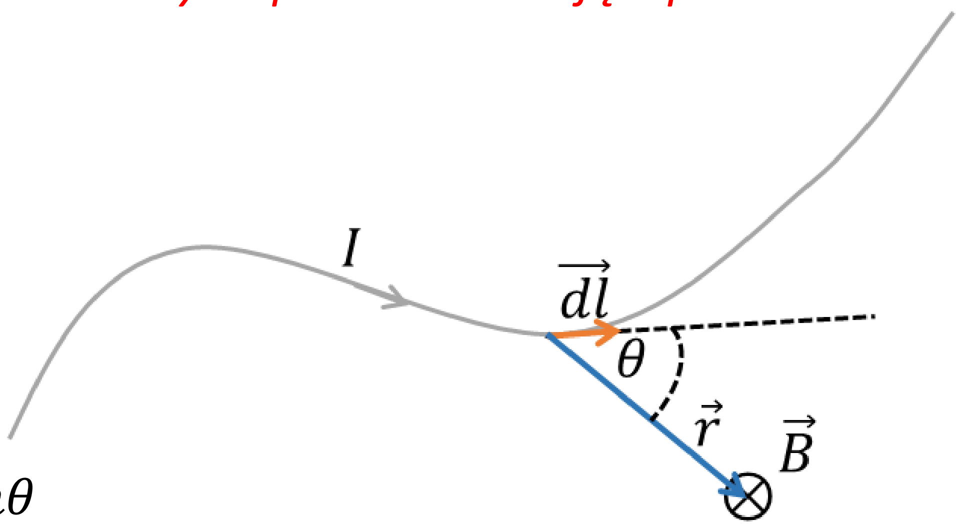
Prawo Ampere'a stosuje się, gdy znana jest symetria pola!

W innej sytuacji dzielimy przewodnik z prądem na nieskończenie małe elementy i obliczamy pole jakie one wytwarzają w danym punkcie stosując prawo Biota-Savarta!

Prawo Biota-Savarta (dla próżni):

$$\overrightarrow{dB} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{\overrightarrow{dl} \times \vec{r}}{r^3}$$

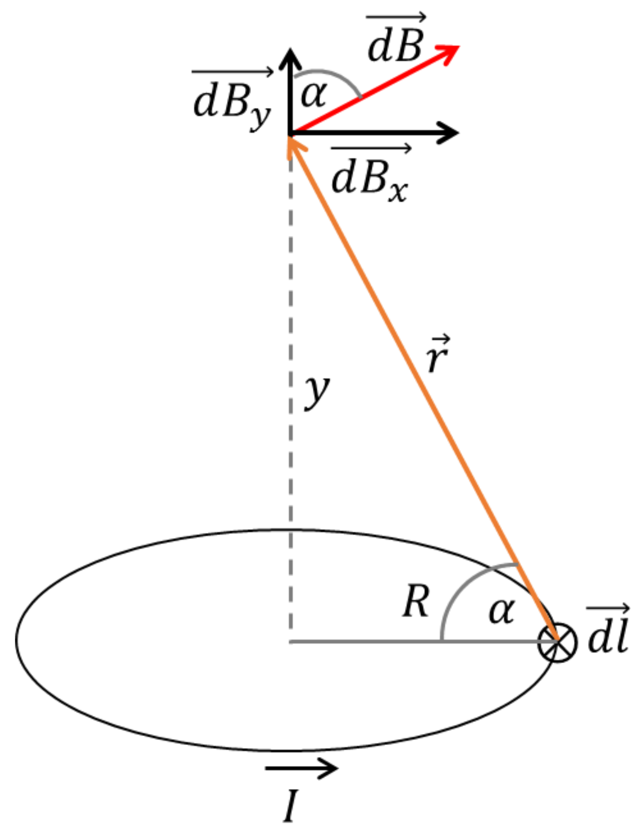
$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{dl \cdot r \cdot sin\theta}{r^3} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{dl \cdot sin\theta}{r^2}$$



POLE MAGNETYCZNE_2

Przykład 2.

Znaleźć zależność na wartość wektora indukcji pola magnetycznego na osi przechodzącej przez środek przewodnika kołowego (o promieniu R) i prostopadłej do powierzchni na nim rozpiętej, jeżeli w przewodniku płynie prąd I. Po wyprowadzeniu, obliczenia wykonać dla $R = 0{,}01\ m$, $I = 2\ A$ i w odległości $y = 0{,}5\ m$ od przewodnika.



$$\overrightarrow{dB} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{\overrightarrow{dl} \times \vec{r}}{r^3}$$

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{dl \cdot r \cdot sin90°}{r^3} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{dl}{r^2}$$

$$dB_y = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{dl}{r^2} \cdot cos\alpha = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{dl}{r^2} \cdot \frac{R}{r} = \frac{\mu_0 I \cdot R}{4\pi} \cdot \frac{dl}{r^3}$$

$$dB_y = \frac{\mu_0 I \cdot R}{4\pi} \cdot \frac{dl}{\left(\sqrt{R^2 + y^2}\right)^3} = \frac{\mu_0 I \cdot R}{4\pi} \cdot \frac{dl}{(R^2 + y^2)^{\frac{3}{2}}}$$

POLE MAGNETYCZNE_2

$$dB_y = \frac{\mu_0 I \cdot R}{4\pi} \cdot \frac{dl}{(R^2 + y^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$B = \int dB_y = \int \frac{\mu_0 I \cdot R}{4\pi} \cdot \frac{dl}{(R^2 + y^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$B = \frac{\mu_0 I \cdot R}{4\pi} \cdot \frac{1}{(R^2 + y^2)^{\frac{3}{2}}} \int_0^{2\pi R} dl$$

$$B = \frac{\mu_0 I \cdot R}{4\pi} \cdot \frac{1}{(R^2 + y^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot 2\pi R$$

$$B = \frac{\mu_0 I \cdot R^2}{2 \cdot (R^2 + y^2)^{\frac{3}{2}}}$$

POLE MAGNETYCZNE_2

$$B = \frac{\mu_0 I \cdot R^2}{2 \cdot (R^2 + y^2)^{\frac{3}{2}}}$$

Dla $y = 0$ (środek przewodu kołowego):

$$B = \frac{\mu_0 I \cdot R^2}{2 \cdot (R^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{\mu_0 I \cdot R^2}{2R^3} = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

Pole w środku przewodnika kołowego:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$