

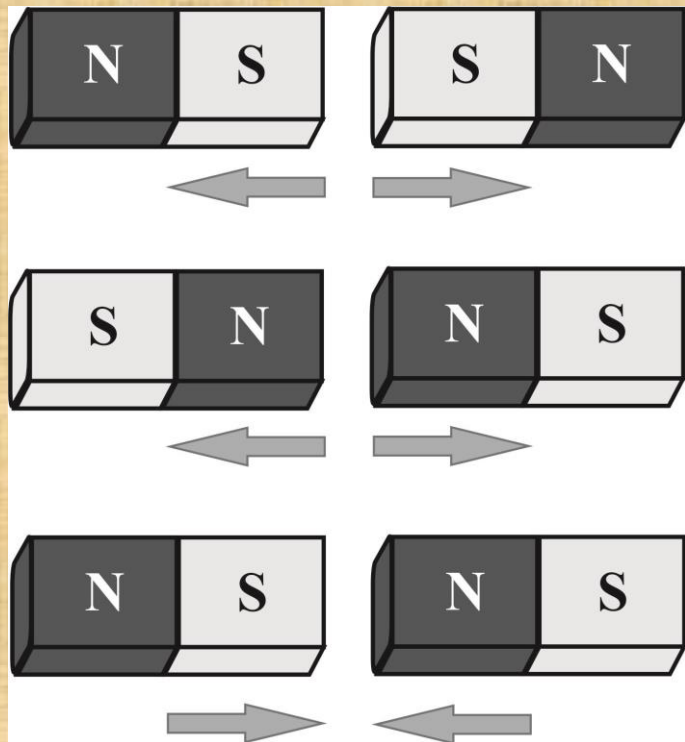
МАГНИТНО ПОЛЕ ВЪВ ВАКУУМ

Лектор: проф. д-р Т. Йовчева

Магнетизмът е раздел от физиката, който изучава едно от основните взаимодействия в природата — взаимодействието между движещи се електрични заряди, наречено *магнитно взаимодействие*.

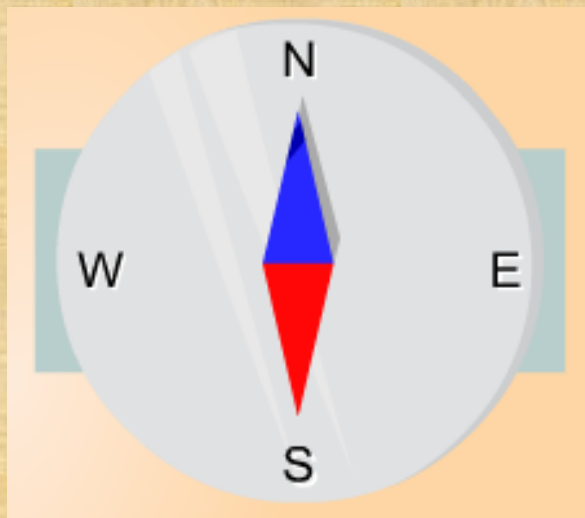
- *Магнитите* са открити преди около 3000 години, в местността Магнезия (Мала Азия).
 - Това са късове руди, които привличат парчета желязо.
 - В днешно време всички тела с подобни свойства, не само тези с естествен произход, се наричат магнити.
-

Магнити



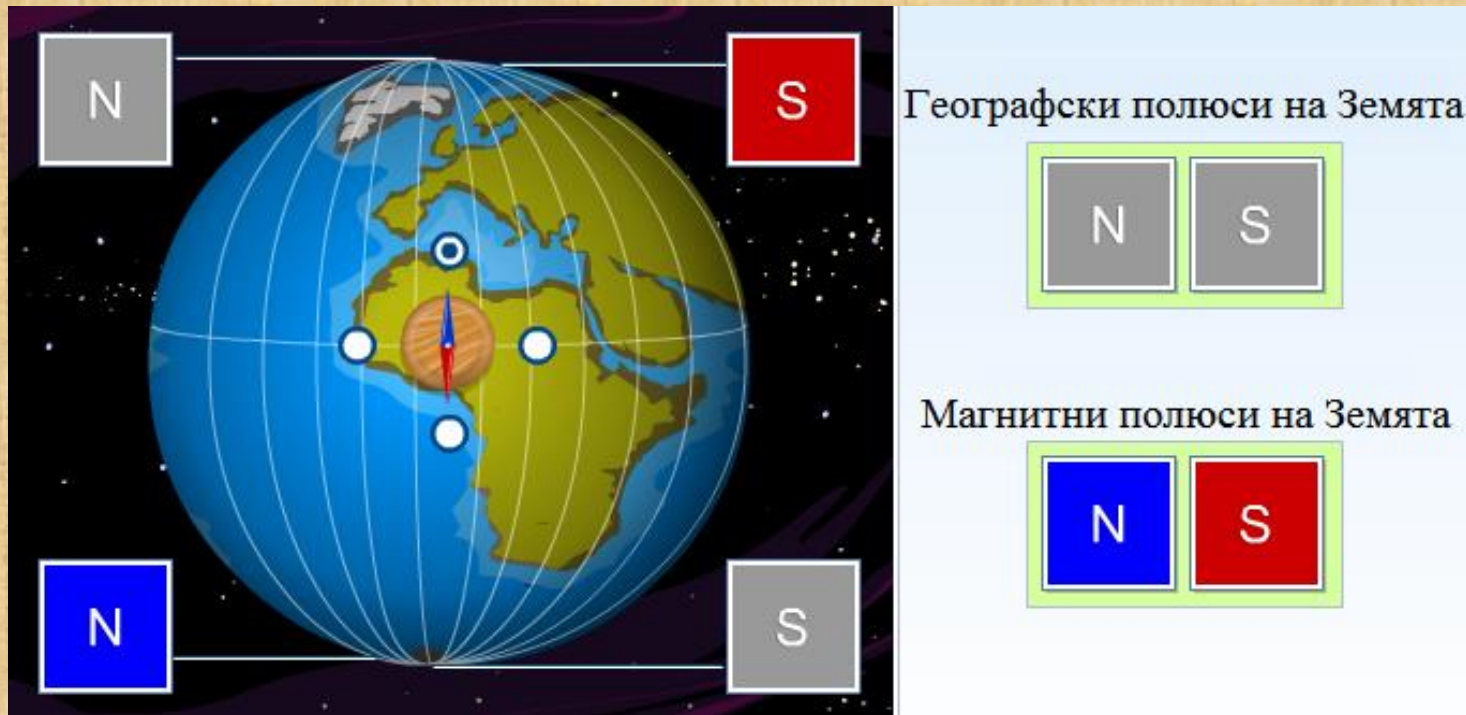
- Не е възможно да се създаде магнит само с един полюс.
- Всеки магнит има два полюса – северен (**N**) и южен (**S**), които могат да съществуват само като свързана двойка.
- При изучаване на взаимодействието на два магнита е установено, че *едноименните полюси се отблъскват, а разноименните - се привличат.*

Тънка пръчка, изработена от намагнитена стомана се нарича *магнитна стрелка*.

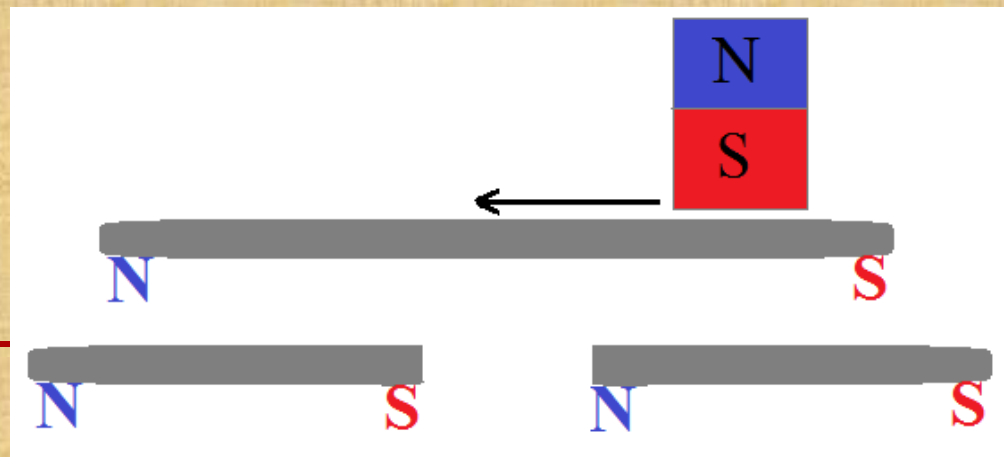
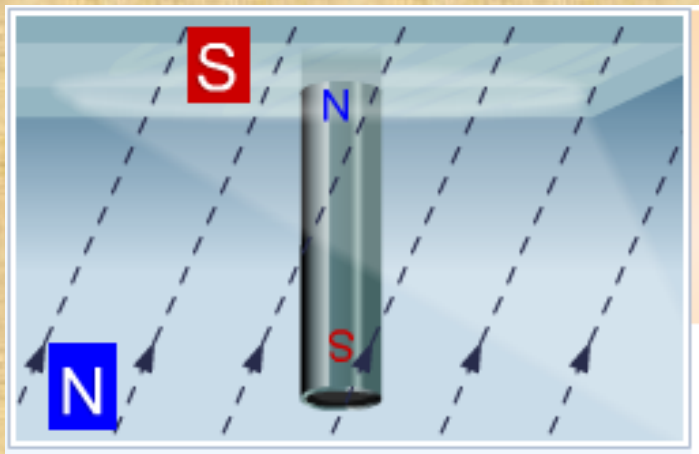


- Ако магнитната стрелка може да се движи свободно, то единият и край сочи към географския северен полюс, а другият - към южния полюс.
- Краят на магнитната стрелка на компаса, който сочи на север се нарича северен полюс, а този който сочи на юг - южен полюс.
- Традиционно, северният полюс на магнита се маркира в синьо, а южният в червено.

- Земята има свое собствено магнитно поле.
- Южният магнитен полюс на Земята се намира в близост до географския северен полюс и обратно.
- Магнитните полюси на Земята са отместени на около 11° от географските полюси.



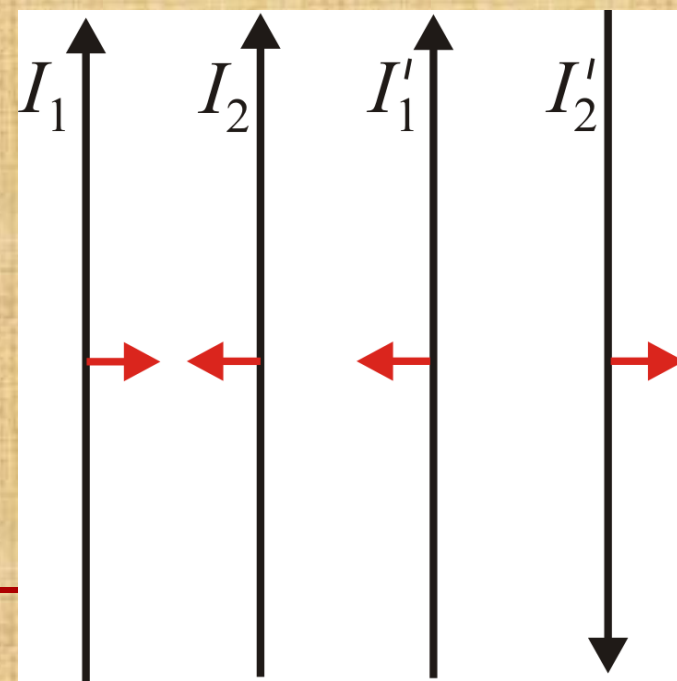
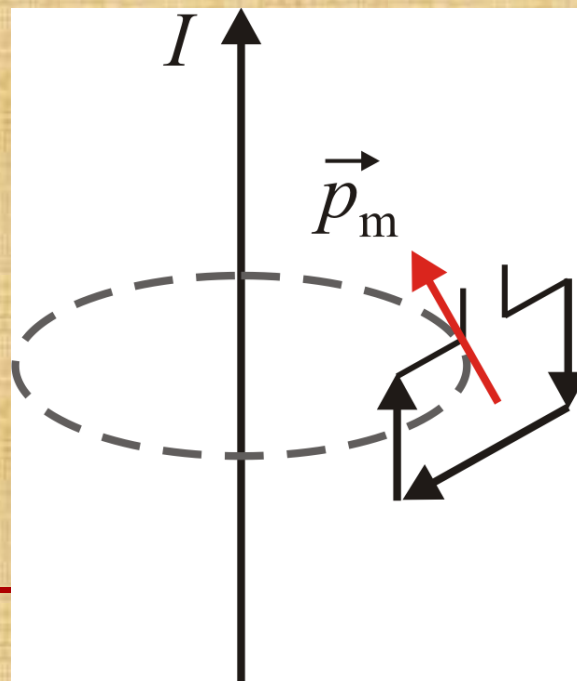
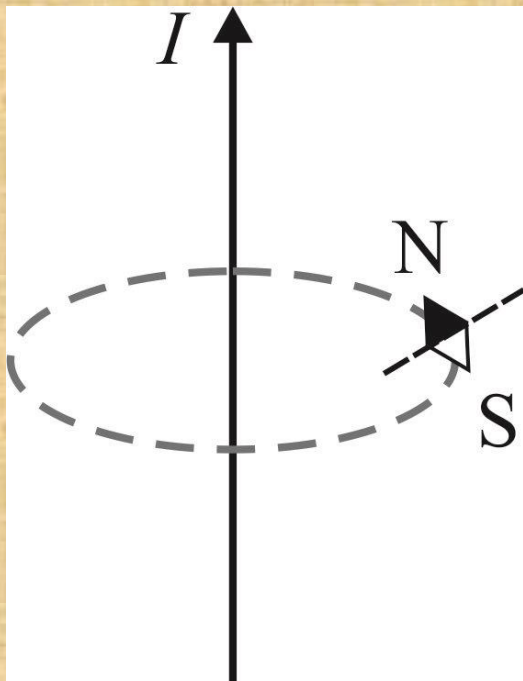
- Някои тела могат да се превърнат в магнити - да се намагнетизират, чрез
 - триене в един от полюсите на постоянен магнит в една и съща посока.
 - поставяне в силно магнитно поле.
- Телата, които могат да се намагнетизират, са направени от т.н. феромагнитни вещества - желязо, никел, кобалт и др.
- Във всеки край на намагнитена жица се създават два магнитни полюса. Ако отрежем жицата на две ще получим две жици с магнитни свойства. Магнитните полюси са неделими.



Магнитно поле на постоянен електричен ток

- Подобно на електричните сили и магнитните сили действат на разстояние, т.е. магнитните взаимодействия също имат свой посредник – *магнитното поле*.
 - С няколко експериментални опита е установено, че около всеки проводник, по който тече ток или около всеки движещ се електричен заряд възникват нови свойства.
-

- **Опит 1:** Магнитна стрелка поставена до проводник, по който тече електричен ток се завърта. - *Ханс Оерстед*, 1820г.
- **Опит 2:** Правоъгълна рамка, по която тече електричен ток, поставена до проводник, по който тече ток, се завърта.
- **Опит 3:** Два проводника, по които тече електричен ток, поставени успоредно един на друг, се привличат или отблъскват в зависимост от посоката на тока в проводниците. - *Андре-Мари Ампер*, 1820 г.



- Опитите показват, че магнитното поле се създава не само от постоянни магнити, но и от електрични токове (движещи се електрични заряди).
 - Всеки движещ се електричен заряд или електричен ток винаги има две полета - *електрично и магнитно*.
 - Важно е да се отбележи, че *неподвижните електрични заряди създават само електростатично поле и не създават магнитно поле*.
-

Индукция на магнитното поле

Физичната величина, която характеризира магнитното поле във всяка точка от пространството, се нарича *магнитна индукция* или *индукция на магнитното поле* \vec{B} .

\vec{B} е векторна величина. Има големина и посока.

Посоката на магнитното поле съвпада с посоката, която сочи северният полюс на магнитната стрелка, поставена в полето. Това е посоката и на магнитната индукция.

Индукция на магнитното поле

За да се определи големината \vec{B} , е изследвана магнитната сила \vec{F} , действаща на движещ се електричен заряд q_0 със скорост ϑ .

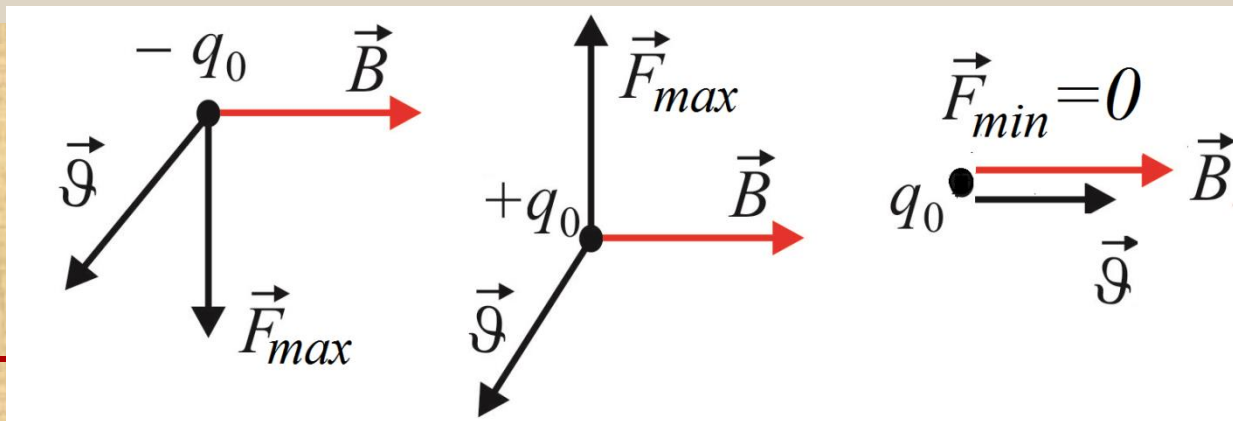
Опитно е установено, че магнитната сила:

- действа само на движещи се заряди;
- зависи от посоката на движение на заряда:

$\vec{F} = 0$, ако зарядът се движи успоредно на \vec{B}

$\vec{F} = \text{max}$, когато зарядът се движи перпендикулярно на \vec{B} ;

- има максимална стойност пропорционална на q_0 и ϑ :



Индукция на магнитното поле

Опитът показва, че за дадена точка от полето отношението $F_{\max} / q_0 \mathcal{V}$ не зависи от големините на q_0 и \mathcal{V} и характеризира магнитното поле в тази точка.

Големината на магнитната индукция B се дефинира като максималната сила, действаща на единица заряд движещ се с единица скорост:

$$B = \frac{F_{\max}}{q_0 \mathcal{V}}$$

Мерната единица за магнитна индукция е тесла: $[B] - T$.

$$1T = \frac{1N}{C \cdot (m/s)} = \frac{1N}{A \cdot m}, 1A = \frac{1C}{s}$$

Индукцията на магнитното поле е една **тесла** (T), когато то действа с магнитна сила един нютон (N) върху проводник с дължина един метър (m), по който тече ток един ампер (A).

Силови линии

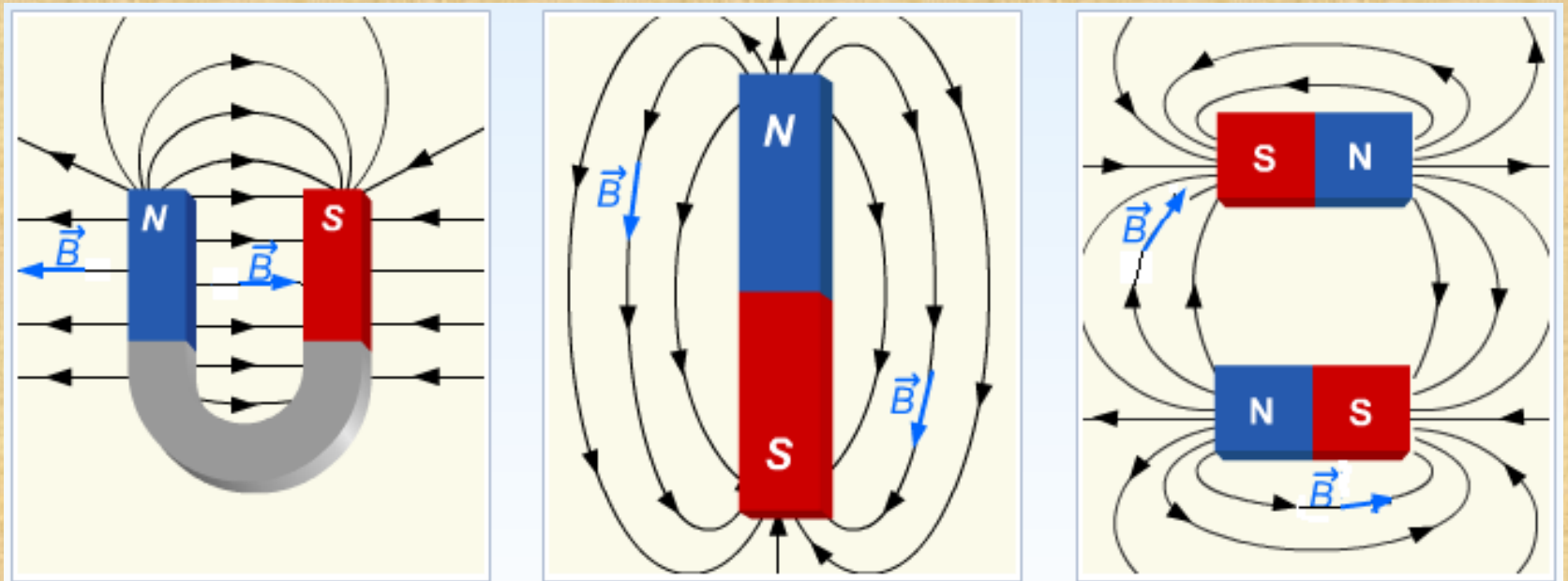
За изобразяване на магнитната индукция се въвеждат **магнитни силови линии**, наречени **индукционни линии**.

Магнитните силови линии са линии, във всяка точка на които, векторът на магнитната индукция \vec{B} е тангенциален и е насочен по допирателната към линията, преминаваща през тази точка.

- Силовите линии на постоянен магнит излизат от северния му полюс (N) и влизат в южния му полюс (S).
 - Гъстотата им в дадена безкрайно малка област показва колко силно е магнитното поле в тази област.
 - Те са **затворени линии** или **идват от безкрайността и се втичат пак в безкрайността** (т.к. в природата не съществуват магнитни заряди, като електричните).
 - Поле със затворени силови линии се нарича **вихрово поле**. **Магнитното поле е вихрово поле.**
-

Силови линии

- Магнитните силови линии се онагледяват чрез прах от железни стърготини, посипан върху картон или плексиглас.
- На фигурата са показани силовите линии на постоянен подковообразен магнит, на постоянен пръчковиден магнит и на система от два постоянни пръчковидни магнита.



Интензитет на магнитното поле

- По проводник с ток, намиращ се в дадена материална среда, наред с макротока текат и микротокове.
 - Микротоковете се създават от кръговото движение на електроните около ядрата на атомите, изграждащи средата.
 - Те имат свойствата на микроскопични магнити и при поставянето им във външно магнитно поле се ориентират.
 - Така магнитното поле, създадено от микротоковете на даденото вещество, в зависимост от неговите магнитни свойства, може да усилва или отслабва външното магнитно поле.
 - Така, магнитните полета в различните вещества при едно и също външно магнитно поле ще са различни.
-

Интензитет на магнитното поле

Въвежда се нова векторна величина, независеща от свойствата на средата и характеризираща магнитното поле, създадено от макротоковете - *интензитет на магнитното поле*.

Интензитетът на магнитното поле \vec{H} се дефинира с уравнението:

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0 \mu},$$

където $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Н/м}$ е *магнитната проницаемост на вакуума* или *магнитна константа*, а μ е *относителната магнитна проницаемост на средата (веществото)* и е безразмерна величина.

Мерната единица за интензитет на магнитното поле е : $[H] = \frac{\text{А}}{\text{м}}$

- За вакуум магнитната индукция е: $\vec{B}_{\text{вак.}} = \mu_0 \vec{H}$
 - За друга средата магнитната индукция е: $\vec{B} = \mu \mu_0 \vec{H}$
-

Магнитна проницаемост

Магнитната проницаемост на средата показва колко пъти индукцията на магнитното поле B в средата е по-голяма от индукцията на магнитното поле $B_{\text{вак.}}$ във вакуум и може да се представи със следната формула:
$$\mu = \frac{B}{B_{\text{вак.}}}$$

За повечето вещества $\mu \approx 1$.

За диамагнетиците $\mu < 1$ (отслабват външното магнитно поле).

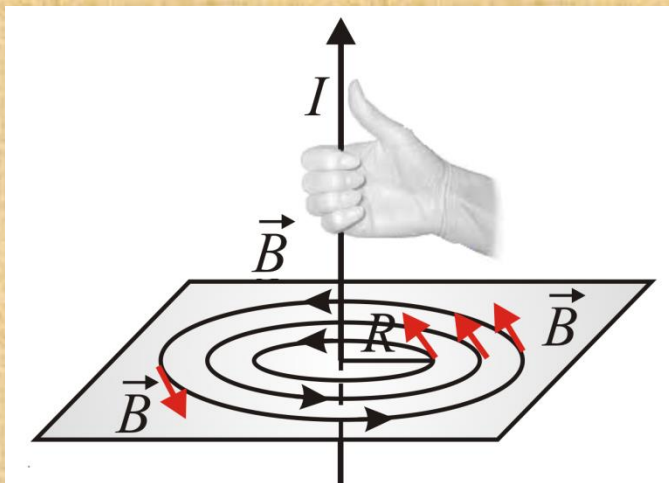
За парамагнетиците $\mu > 1$ (усилват външното магнитно поле).

За феромагнетиците $\mu \gg 1$ (10^3 - 10^6). Желязо, никел, кобалт, платина.

Парамагнитни вещества	μ	Диамагнитни вещества	μ
Кислород	1,0000021	Вода	0,9999991
Алуминий	1,000023	Мед	0,9999902
Хром	1,00027	Бисмут	0,999983

Магнитно поле на дълъг прав проводник, по който тече ток

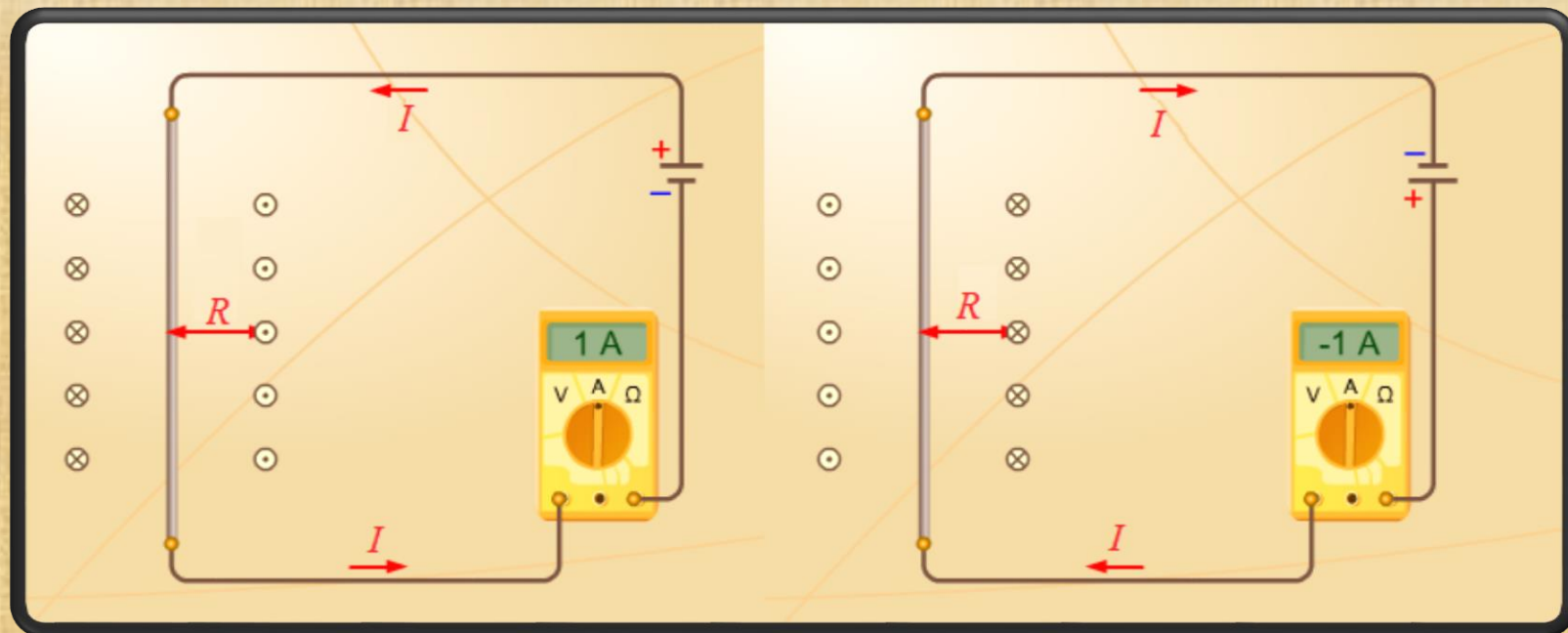
- Магнитните силови линии около прав проводник, по който тече ток I , имат формата на концентрични окръжности.
- Във всяка точка на полето магнитната индукция \vec{B} е насочена по допирателната към тези окръжности.
- Посоката на \vec{B} се определя с правилото на дясната ръка.
- Големината на магнитната индукция \vec{B} , създадена от дълъг прав проводник, по който тече ток I на разстоянието R до проводника е:



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

Ако се промени посоката на тока, посоката на \vec{B} става противоположна. Ако $R = 5\text{cm}$, $I = 1\text{A}$, то $B = 0,4 \cdot 10^{-5}\text{T}$.

Ако проводникът лежи в равнината на листа и са указани двете различни посоки на тока I , то посоката на \vec{B} е означена с \otimes , ако е от нас към листа и с \odot когато е от листа към нас.

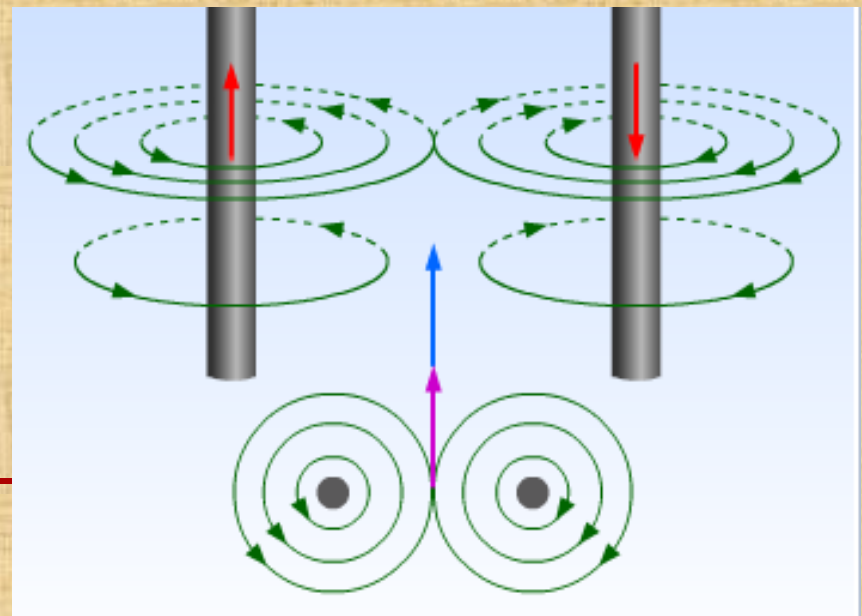
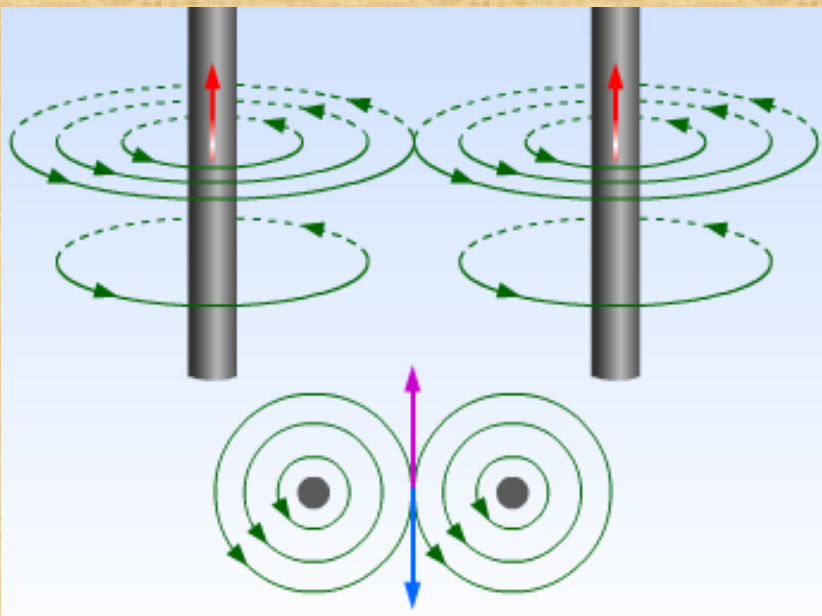


Принцип на суперпозицията

Векторът на индукцията на магнитно поле, създадено от няколко източници на магнитно поле, ще е векторна сума от векторите на индукция на магнитните полета, създадени от отделните токове или постоянни магнити:

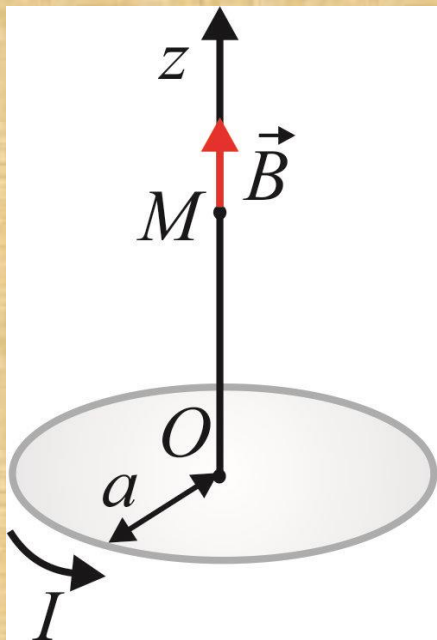
$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \dots$$

Два проводника с ток се поставят близо един до друг и полетата им се припокриват. Във всяка точка индукцията на полето ще е векторна сума от векторите на индукция на полетата, създадени от двата проводника. Ако променим посоката на тока в единия проводник, резултантното магнитно поле също ще се промени.



Магнитно поле на кръгов ток

Проводник с форма на окръжност с радиус a , по който тече ток I .



Големината на \vec{B} в произволна т. M , от оста z , перпендикулярна на окръжността и минава през нейния център O е:

$$B = B_z = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{a^2}{(a^2 + z^2)^{3/2}}$$

При означената посока на I , \vec{B} е насочен по посока на оста z .

Големината на \vec{B} в центъра на кръга т. O , където $z = 0$ е: $B_0 = \frac{\mu_0 I}{2a}$

В случая $z \gg 0$, големината на магнитната индукция \vec{B} е:

$$B_\infty = \frac{\mu_0 I a^2}{2z^3}$$

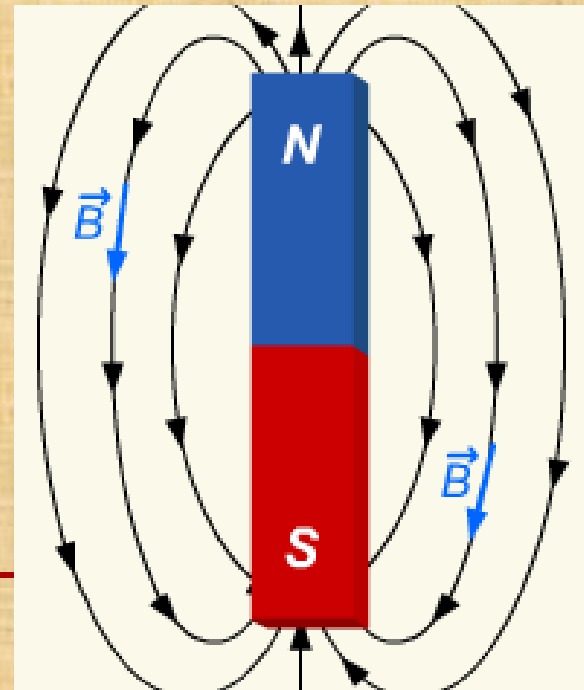
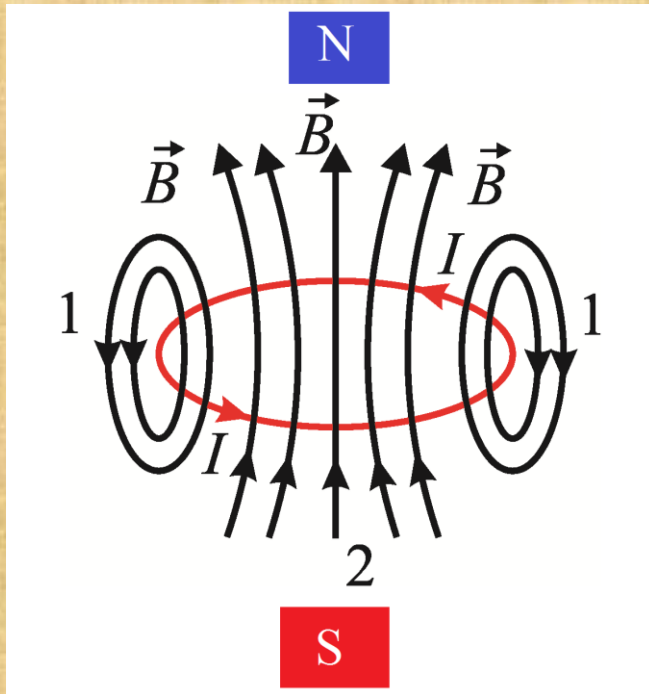
Магнитно поле на кръгов ток

Магнитите силови линии в случай на кръгов ток са два вида:

1 – затворени линии, които обхващат проводника;

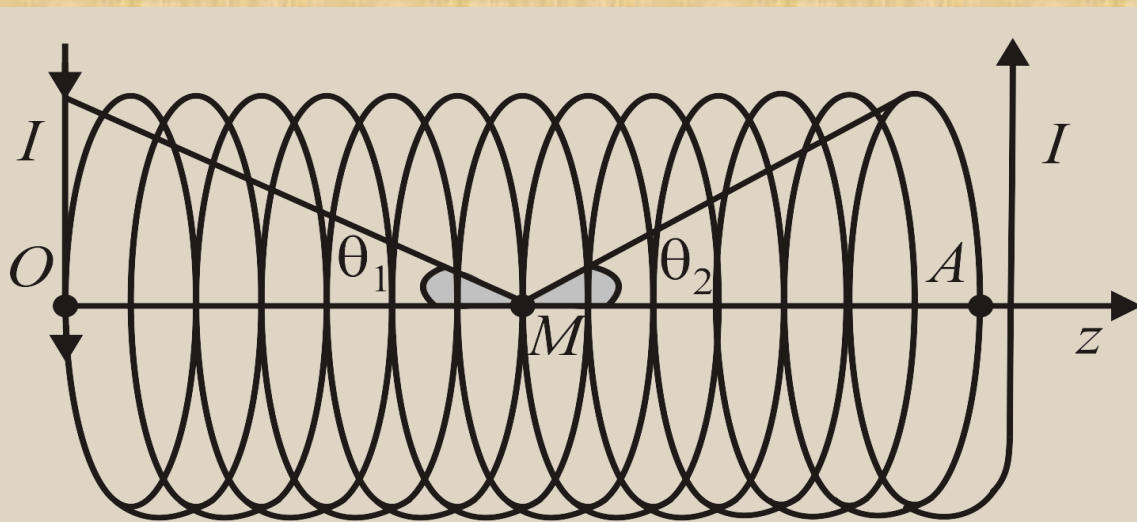
2 – линии, които идват от безкрайността и отиват в безкрайността.

- Кръгов проводник, по който тече ток, създава магнитно поле, което е подобно на това на къс пръчковиден магнит.
- В зависимост от посоката на тока от едната страна на навивката се формира северният полюс, а от другата страна - южният.



Магнитно поле на соленоид – намотка

Разглежда се проводник във форма на соленоид (N на брой кръгови намотки), по който тече постоянен ток I .



Големината на \vec{B} в произволна т. M е:

$$B = \frac{\mu_0 n I}{2} (\cos \theta_1 + \cos \theta_2)$$

n е броят навивки на единица дължина: $n = N/l$; l е дължината на соленоида OA .

При безкраен соленоид ъглите са равни, клонящи към нула:

$$\theta_1 = \theta_2 \rightarrow 0^\circ$$

$$\cos \theta_1 = \cos \theta_2 = 1$$

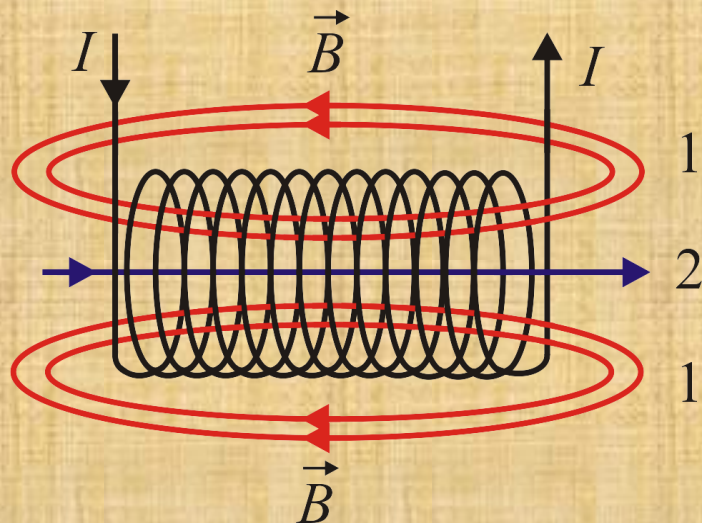
Големината на \vec{B} е: $B_\infty = \mu_0 n I$

Магнитно поле на соленоид – намотка

Магнитите силови линии в случай на соленоид са два вида:

- 1 – затворени линии, които обхващат проводника;
- 2 – успоредни линии, които идват от безкрайността и отиват в безкрайността.

Магнитното поле вътре в соленоида е хомогенно, еднородно, докато в краищата му леко се изкривява.



- Електромагнитът е соленоид, във вътрешността на който е поставен феромагнитна сърцевина с относителна магнитна проницаемост μ . Магнитната индукция е:

$$B_{\infty} = \mu_0 \mu n I$$

- Полето създадено от тока в соленоида намагнитва сърцевината и тя създава собствено магнитно поле, което многократно ще усили магнитното поле на тока, течащ по соленоида.
 - За разлика от постоянните магнити желязната сърцевина се размагнитва след спиране на тока.
 - Затова магнитното поле на електромагнита може да се контролира чрез тока, който тече по навивките
-

Звънец

При включване на ключа:

- протича електричен ток през намотката,
- тя се превръща в електромагнит,
- привлича желязната пластина,
- това води до удряне на топчето по звънеца.

