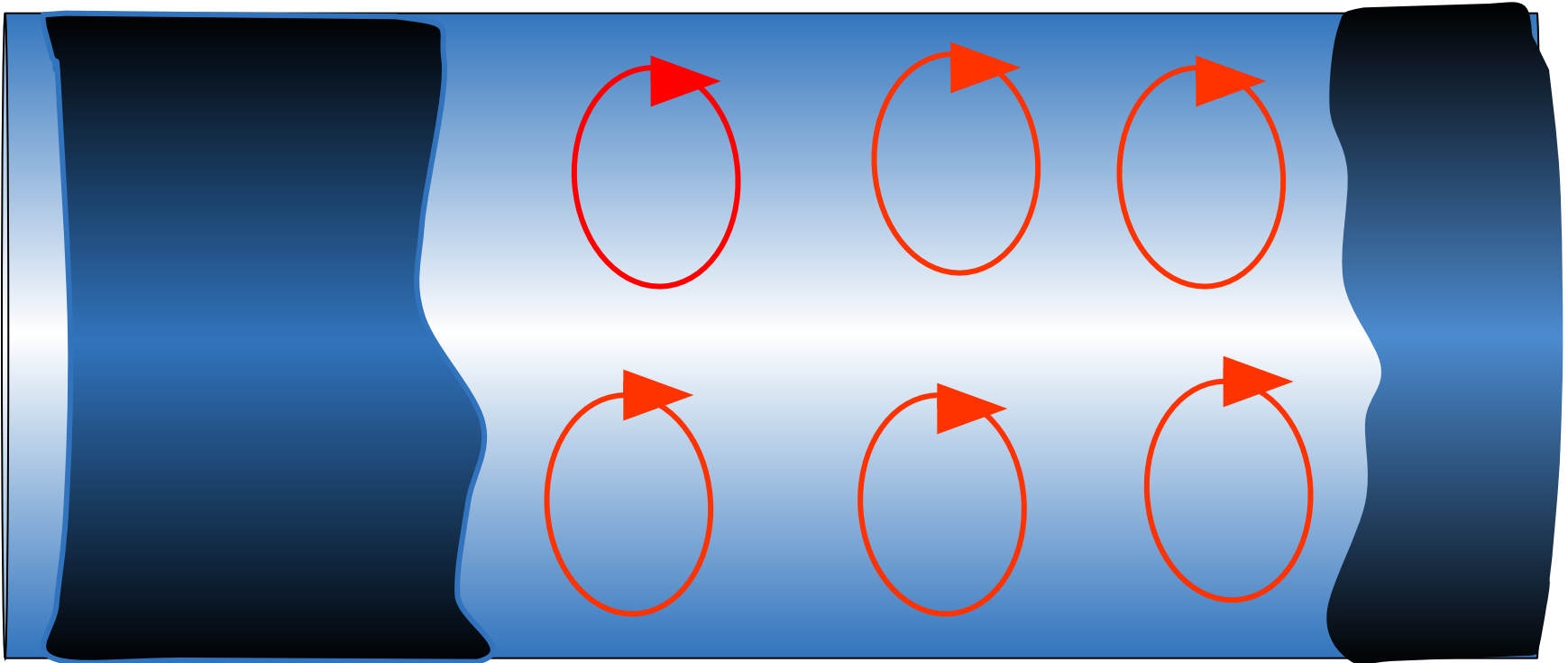


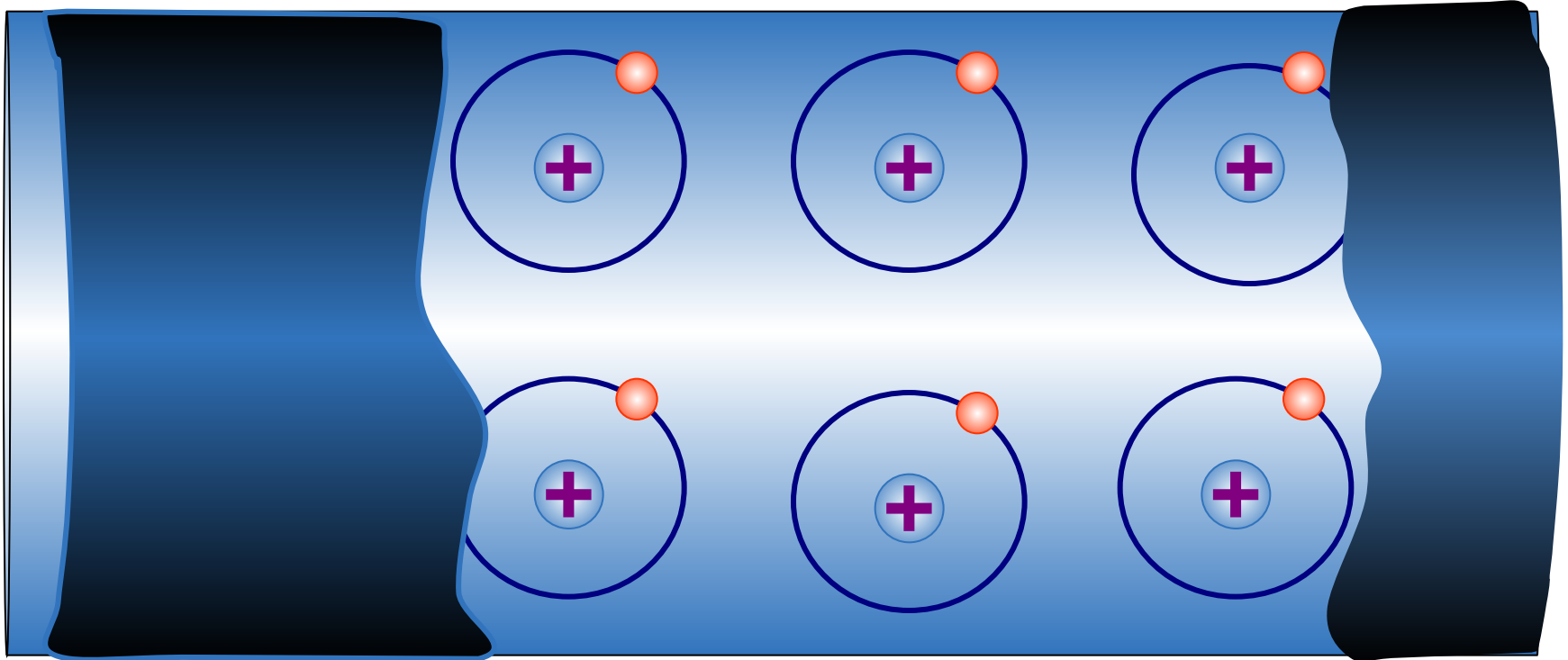
***Магнитное поле.  
Взаимодействие токов***

# Гипотеза Ампера:



**магнитные свойства тела определяются замкнутыми электрическими токами внутри него.**

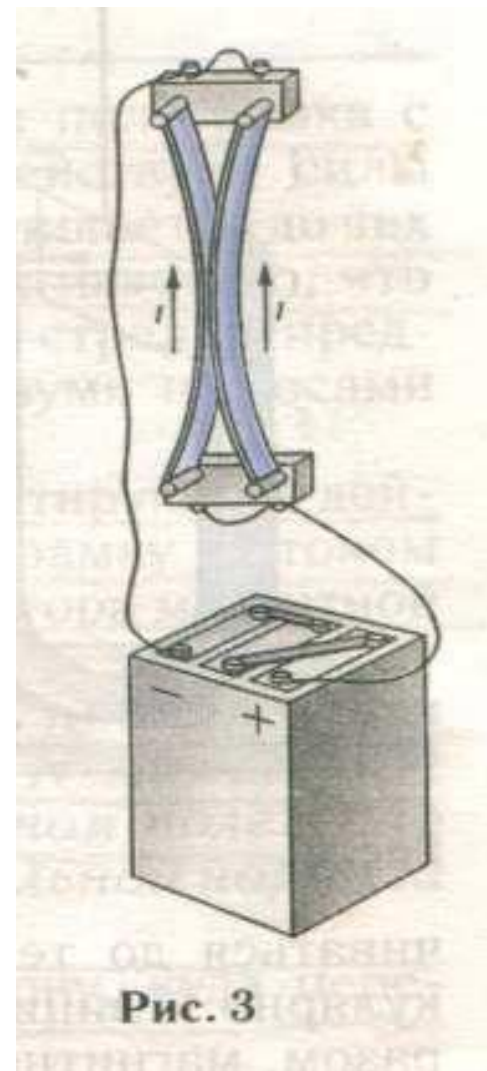
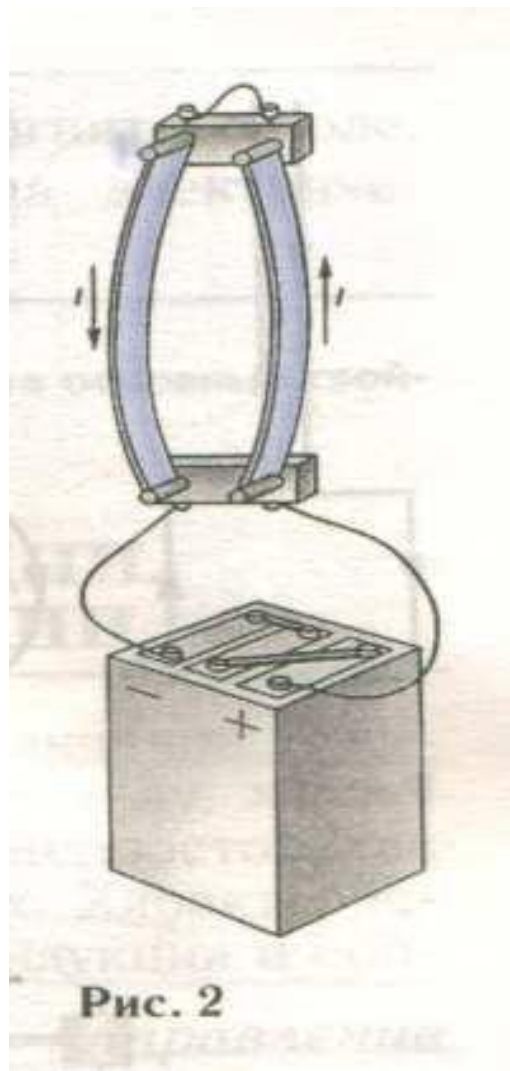
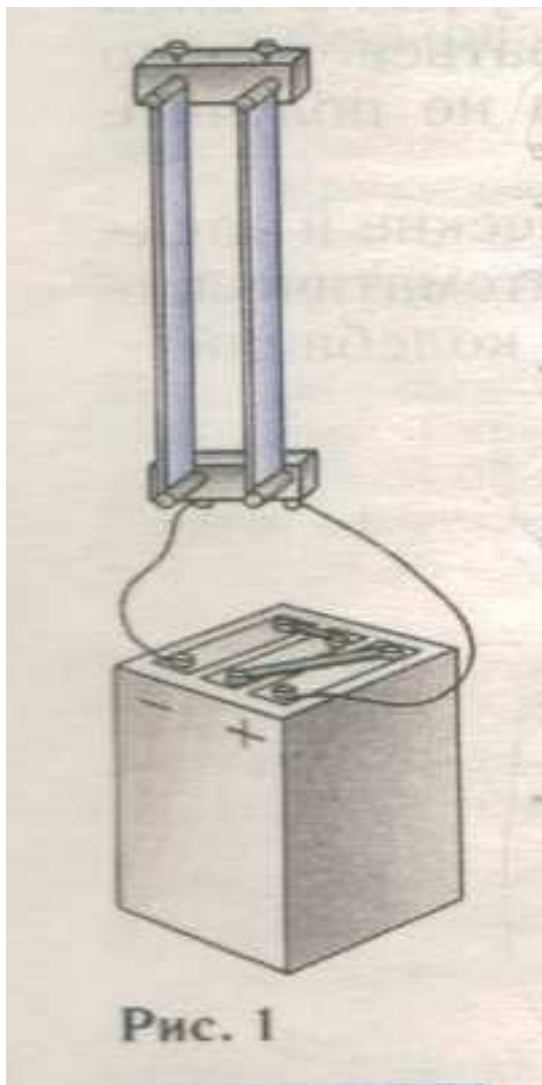
# Современная физика:



**Электроны при движении вокруг ядра атома создают магнитное поле, что и вызывает намагниченность тела.**



# 1820 г. - опыт Ампера



- Взаимодействия между проводниками с током, то есть взаимодействия между движущимися электрическими зарядами, называют **МАГНИТНЫМИ**.
- Силы, с которыми проводники с током действуют друг на друга, называют **МАГНИТНЫМИ СИЛАМИ**.
- В пространстве окружающем токи, возникает поле называемое **МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ**.

# ***Свойства магнитного поля***

- 1) Магнитное поле порождается электрическим током (направленно движущимися зарядами);
- 2) Магнитное поле обнаруживается по действию на электрический ток (на движущиеся заряды) или на магнитную стрелку;
- 3) Магнитное поле материально, т.к. оно действует на тела, следовательно обладает энергией;
- 4) **По мере удаления от электрического тока (магнитной стрелки) ослабевает**

# Рамка с током в магнитном поле

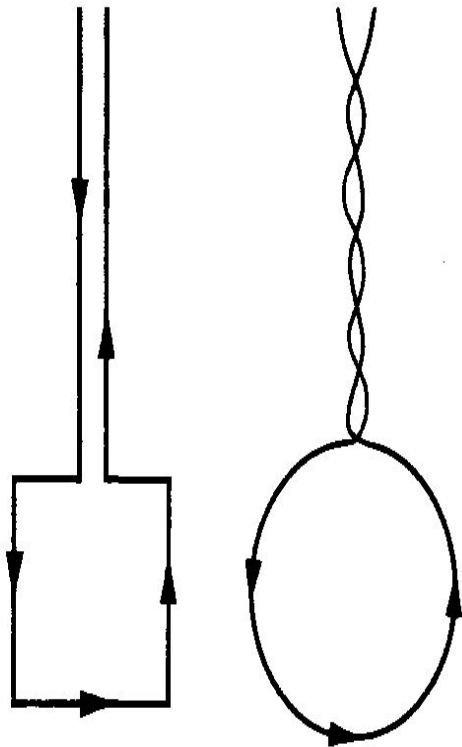


Рис. 4

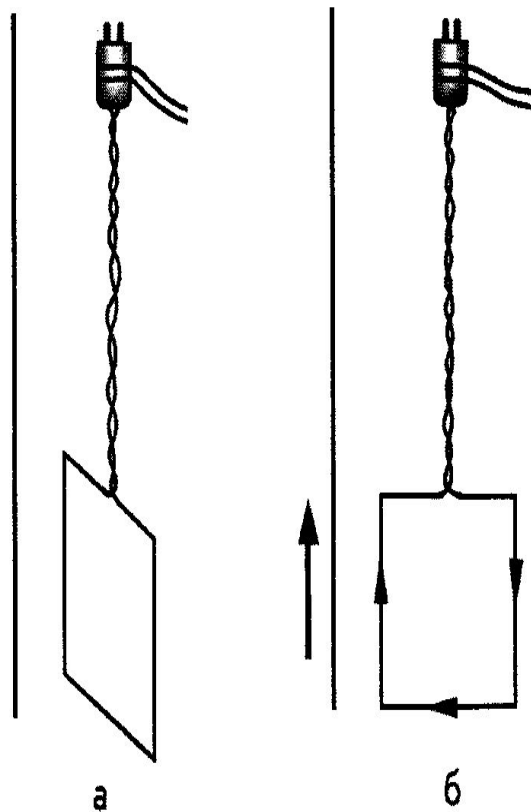


Рис. 5

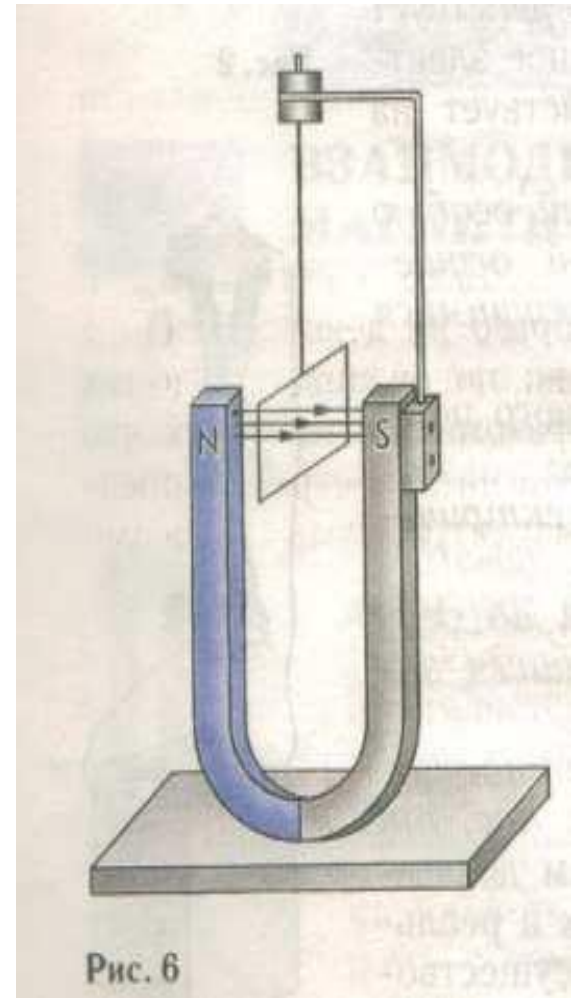


Рис. 6

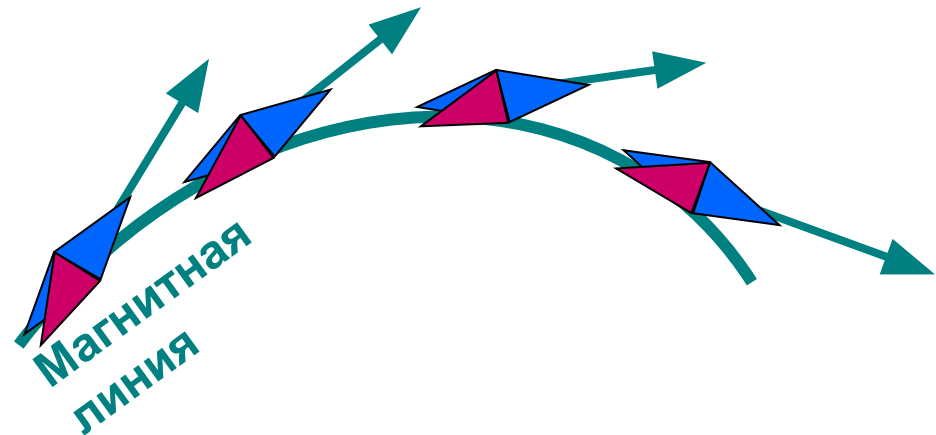
**Вывод: магнитное поле оказывает на рамку с током ориентирующее действие**

# Вектор магнитной индукции

Векторная характеристика магнитного поля – **магнитная индукция** ( $\vec{B}$ )

Магнитное поле графически изображается с помощью **линий магнитной индукции (магнитных линий)** – это линии, касательные к которым в любой их точке совпадают с вектором магнитной индукции в данной точке поля.

Магнитные линии – воображаемые линии, вдоль которых расположились бы магнитные стрелки, помещённые в магнитное поле.





# Свойства линий магнитного поля:

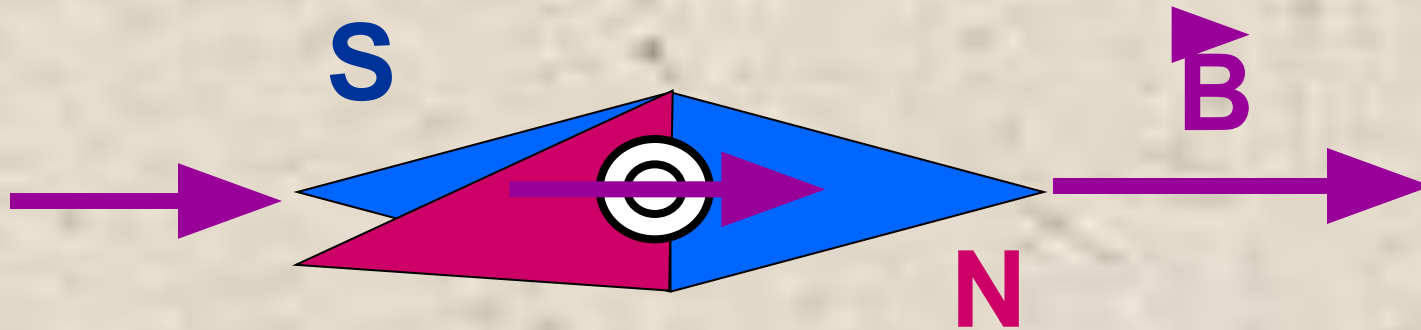
- всегда замкнуты, поэтому магнитное поле – вихревое поле;
- непрерывны;
- не пересекаются;
- расположены гуще там, где магнитное поле сильнее.

Если в каждой точке поля векторы  $\vec{B}$  равны между собой (по модулю и направлению), то такое поле называется однородным.

Линии магнитной индукции такого поля **параллельны** и находятся на равных расстояниях друг от друга.



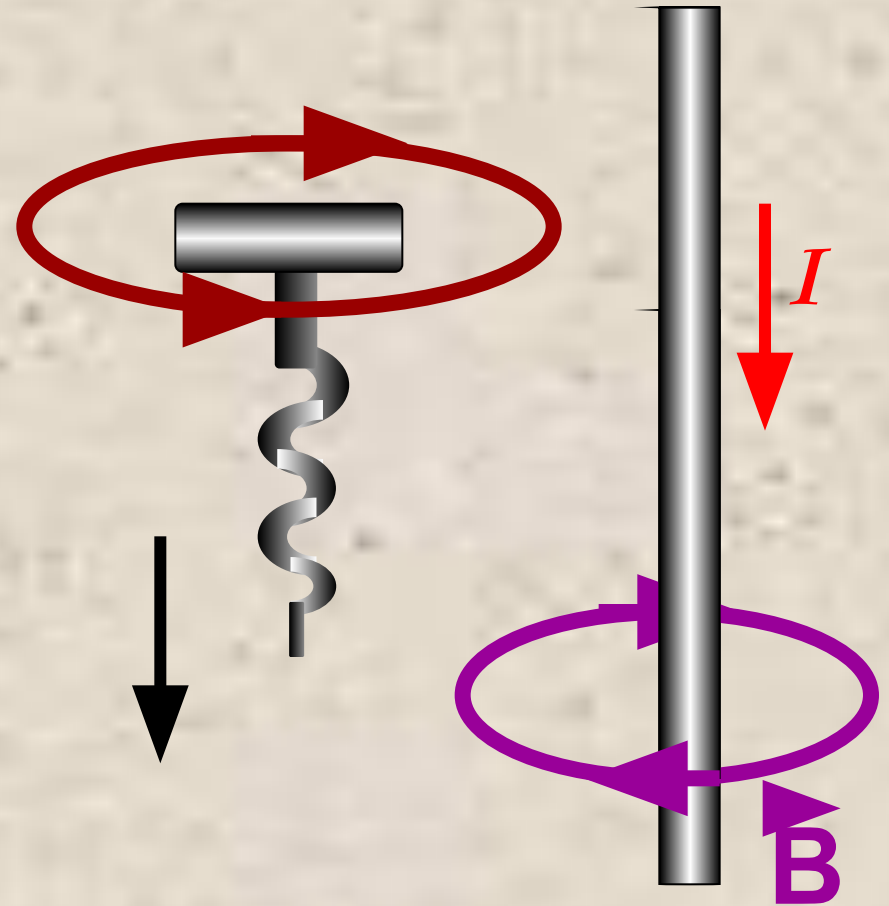
# 1. Правило магнитной стрелки:



За направление **вектора магнитной индукции** (магнитных линий) принимается направление, которое показывает северный полюс N магнитной стрелки, свободно устанавливающейся в магнитном поле.

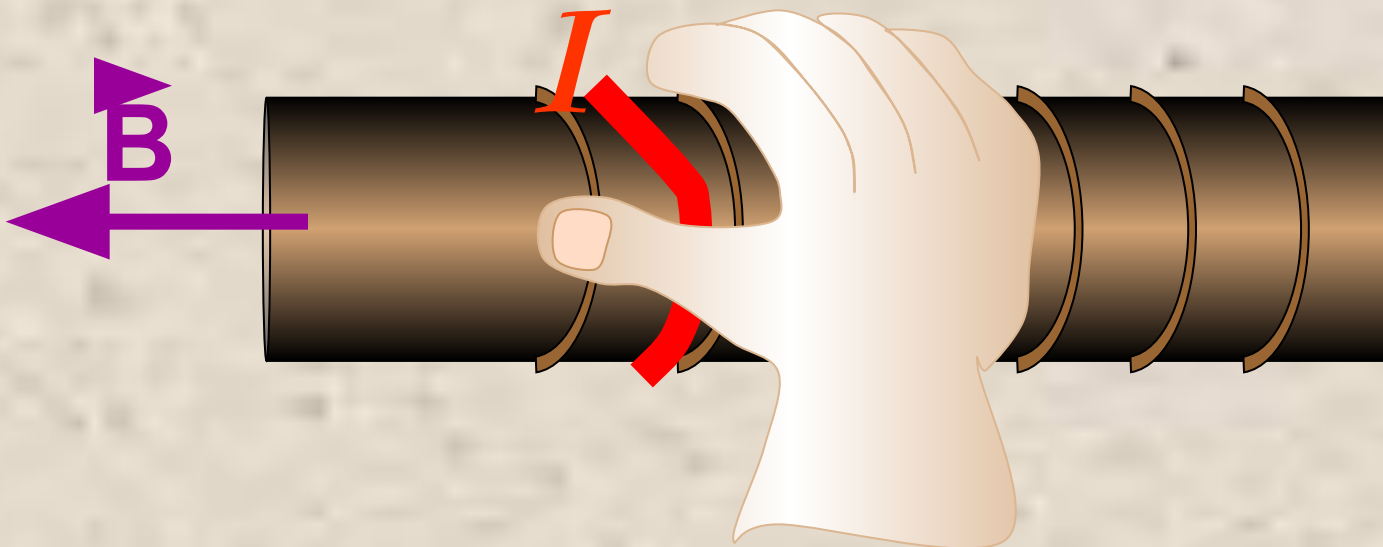
## 2.Правило буравчика:

Если направление поступательного движения буравчика (винта) совпадает с направлением тока в проводнике, то направление вращения ручки буравчика совпадает с направлением вектора магнитной индукции



### 3. Правило правой руки:

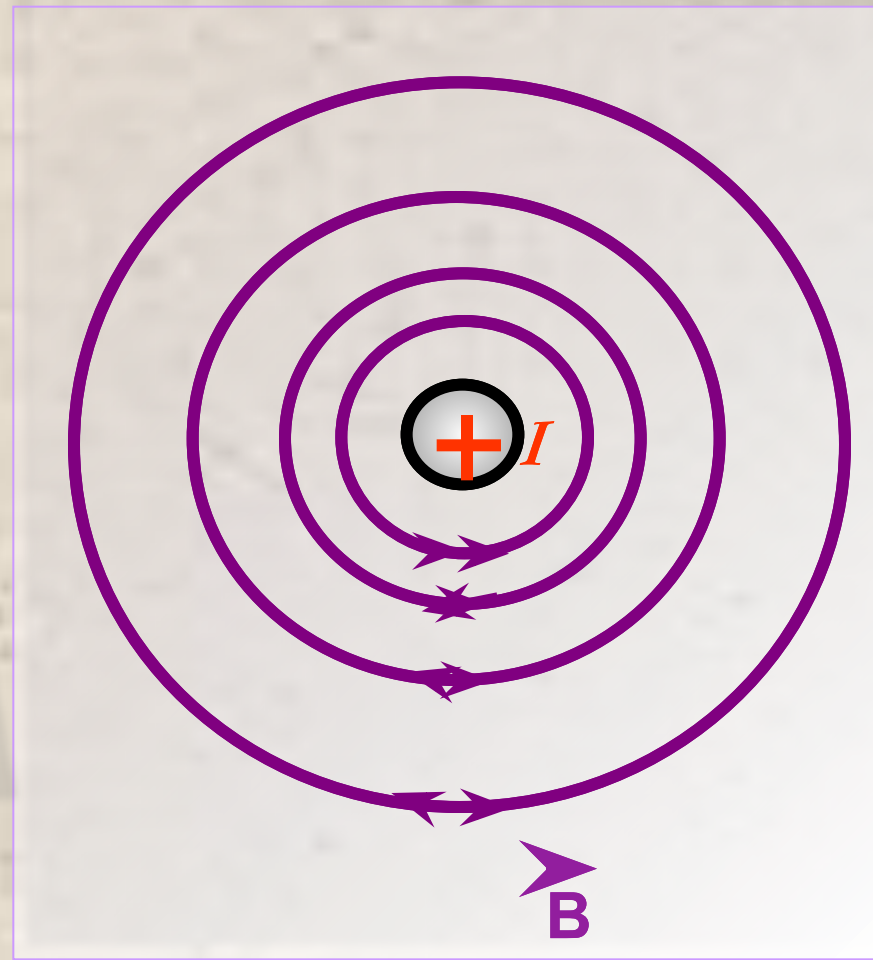
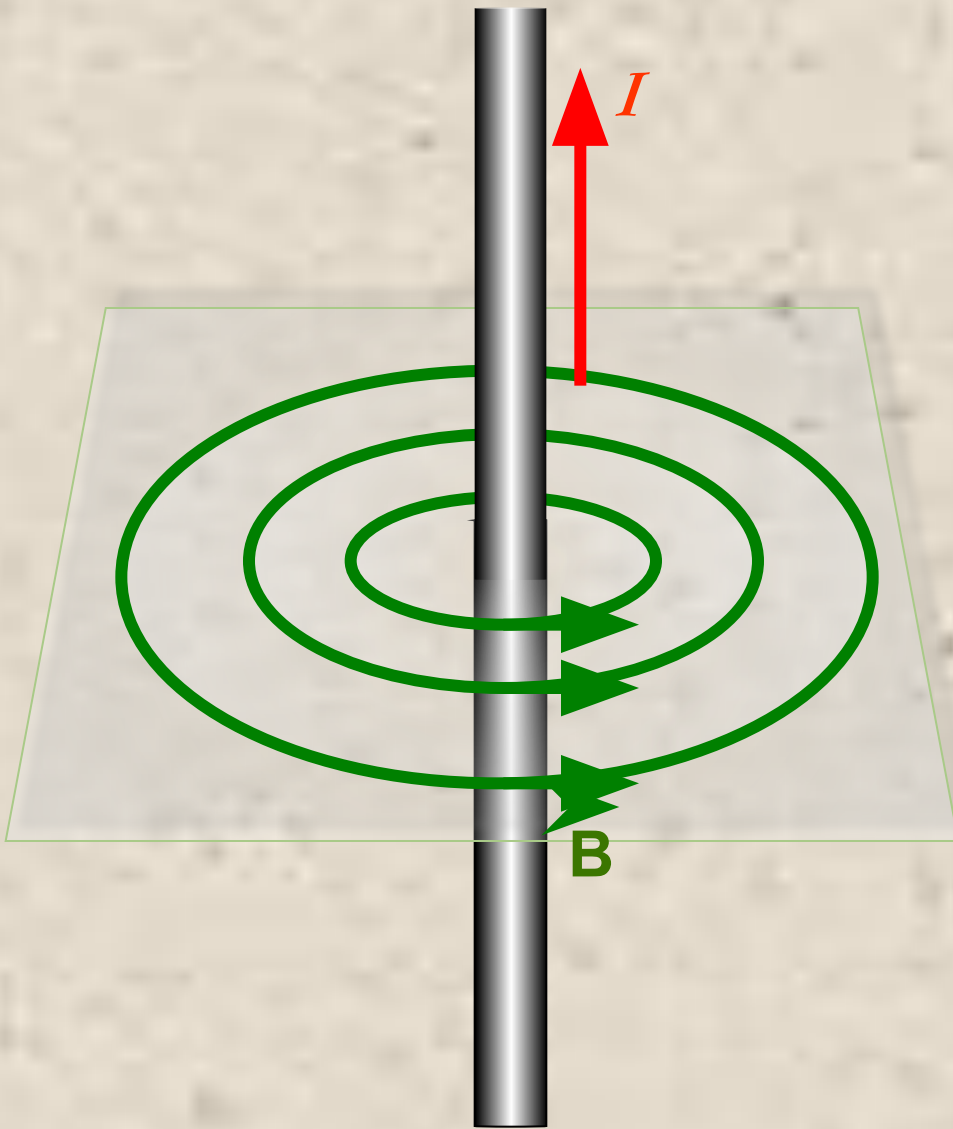
Если охватить соленоид ладонью правой руки, направив четыре пальца по направлению тока в витках, то отставленный большой палец покажет направление линий магнитного поля внутри соленоида.



# Конфигурации магнитных полей:

- Проводник с током;
- Катушка с током;
  - Соленоид;
- Постоянный магнит;





$+$  - ток от нас

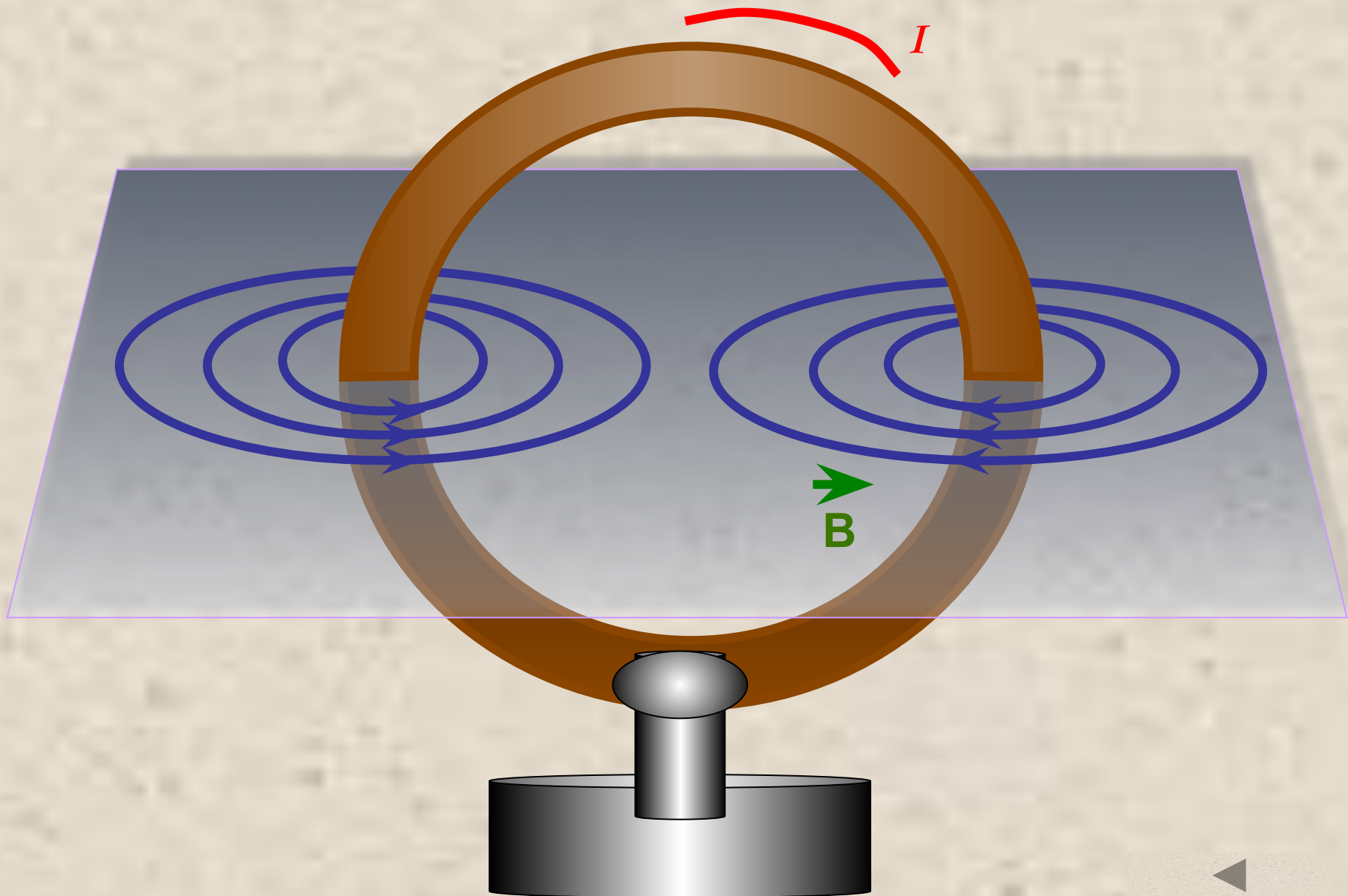
$\bullet$  - ток к нам

*Концентрические замкнутые  
окружности, перпендикулярные  
этому проводнику с током.*

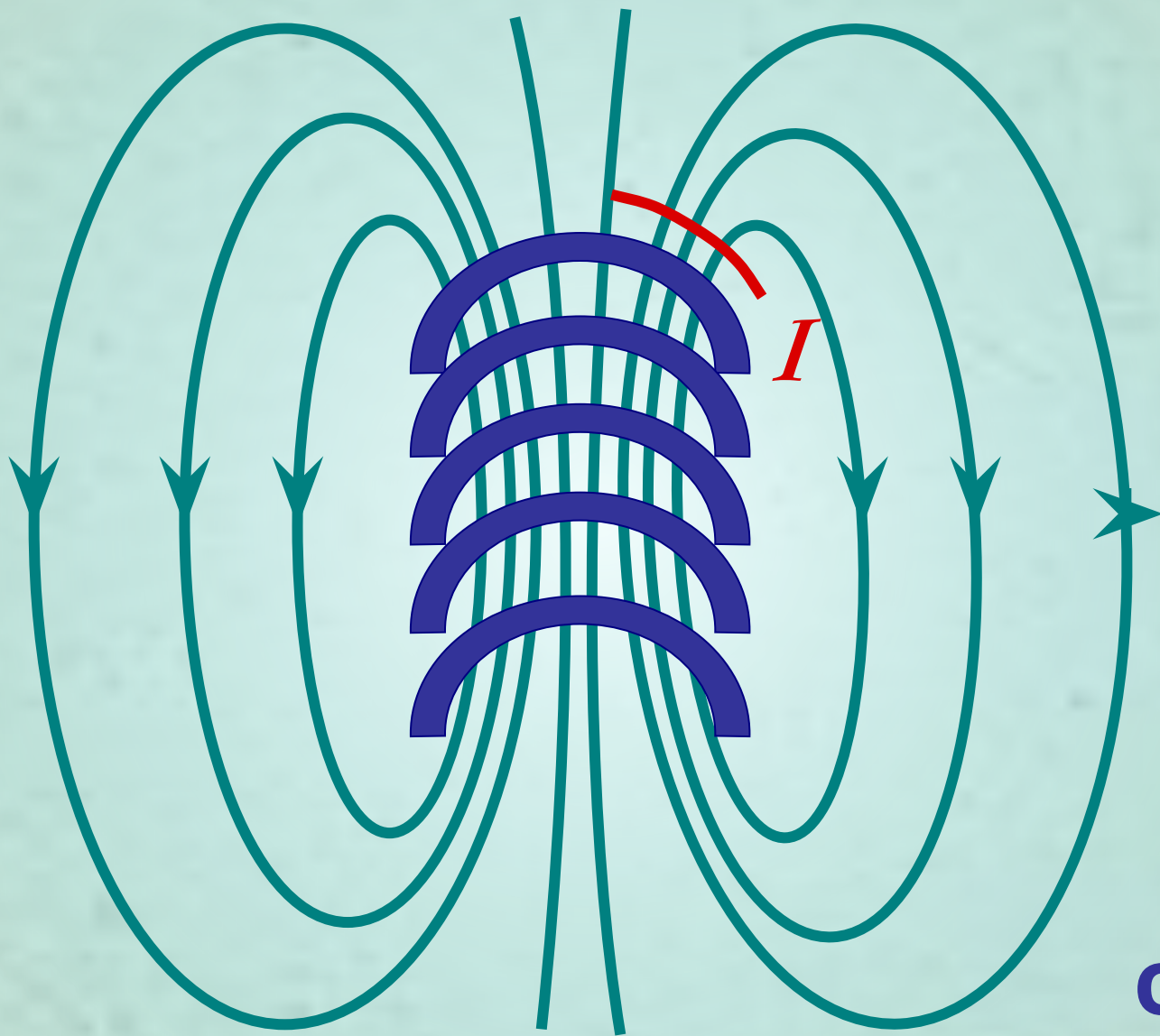
**Проводник с током.**



# Катушка с током





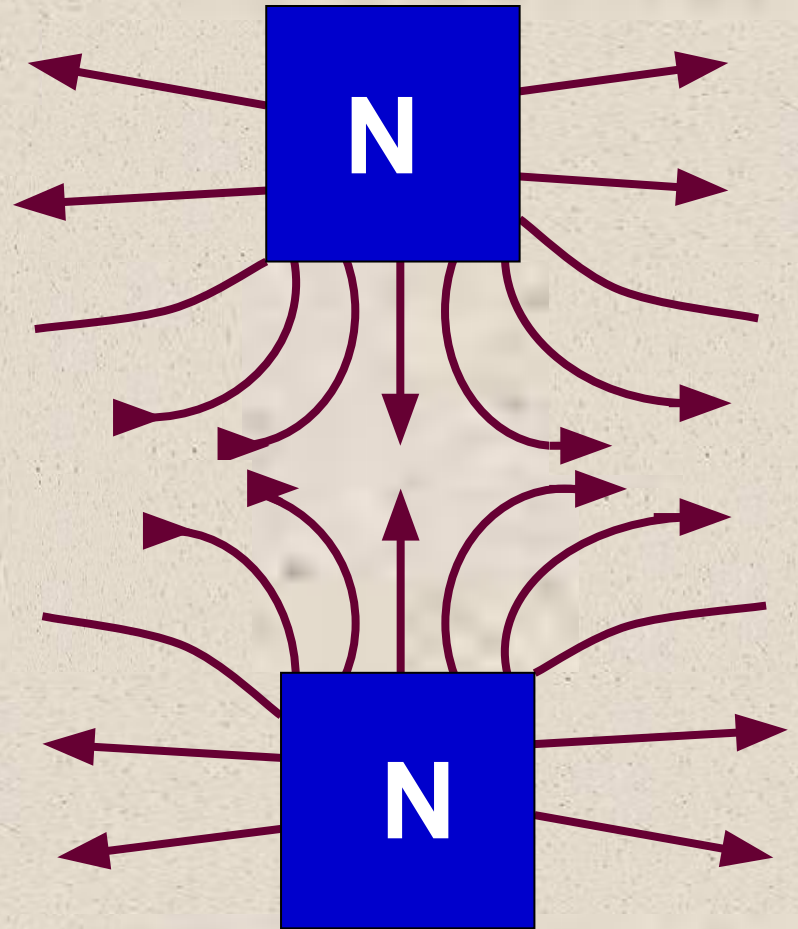
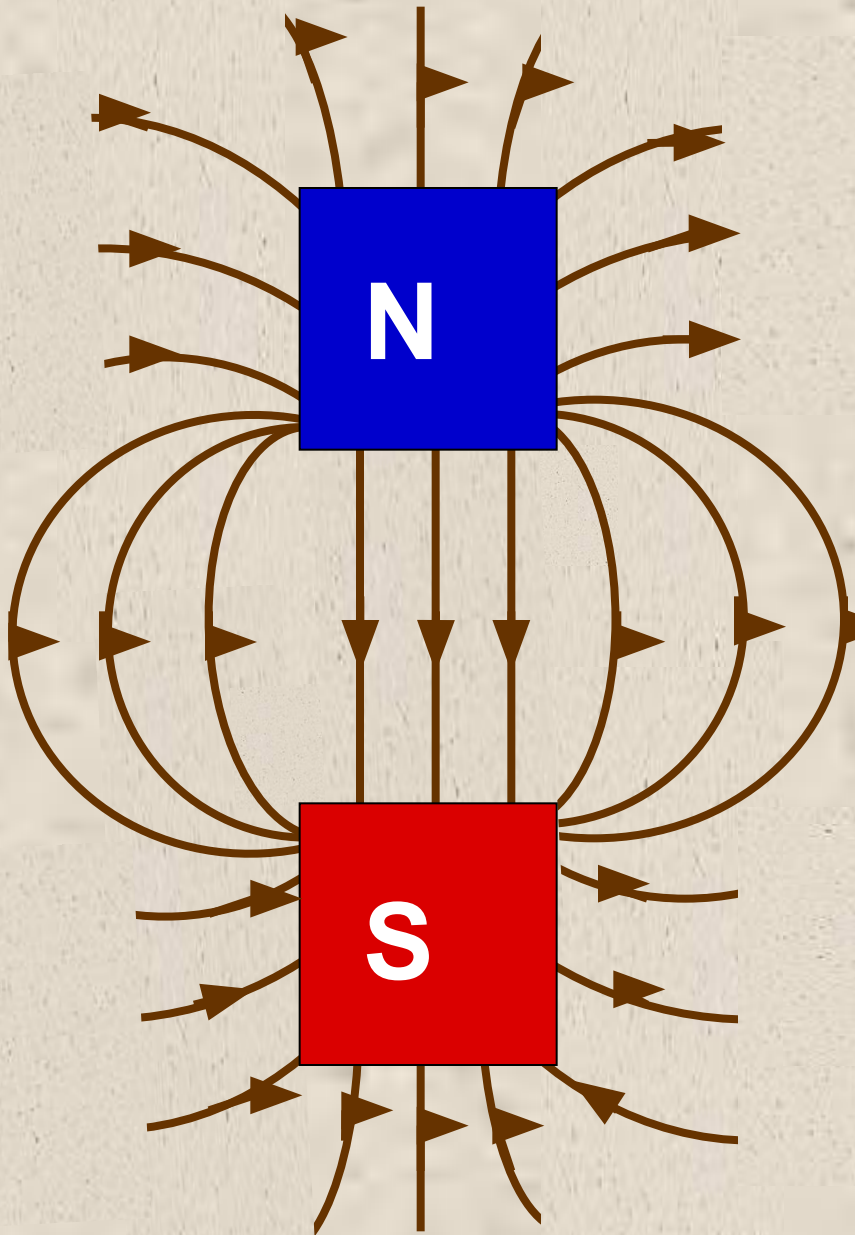


**соленоид**





# Постоянный магнит



# Магнитное поле Земли.

Магнитные бури

(северный географический полюс)

Арктика

Аномалии

S<sub>M</sub>

N

S

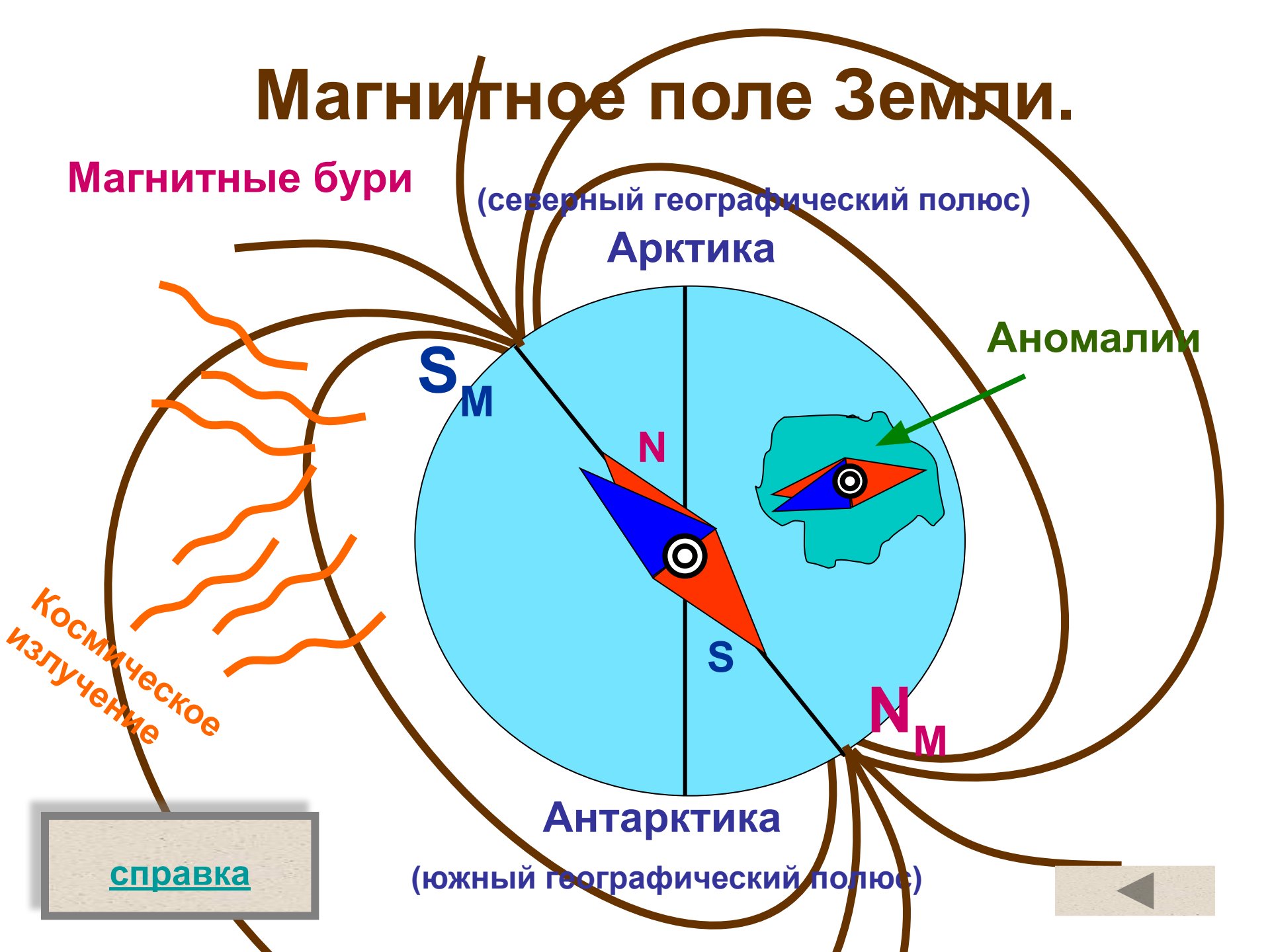
N<sub>M</sub>

Антарктика

(южный географический полюс)

Космическое излучение

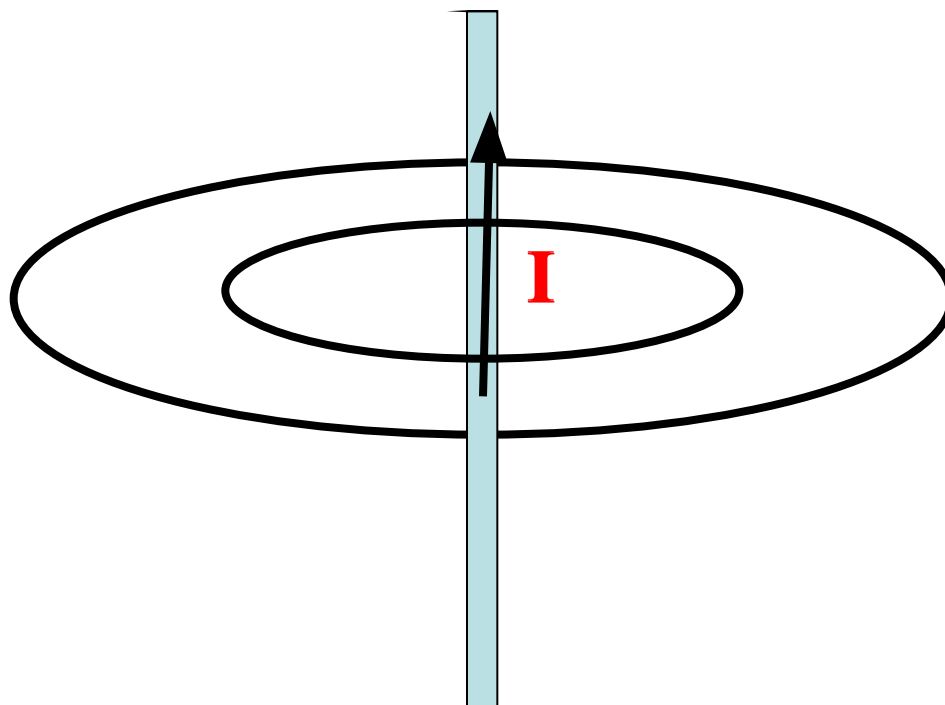
[справка](#)



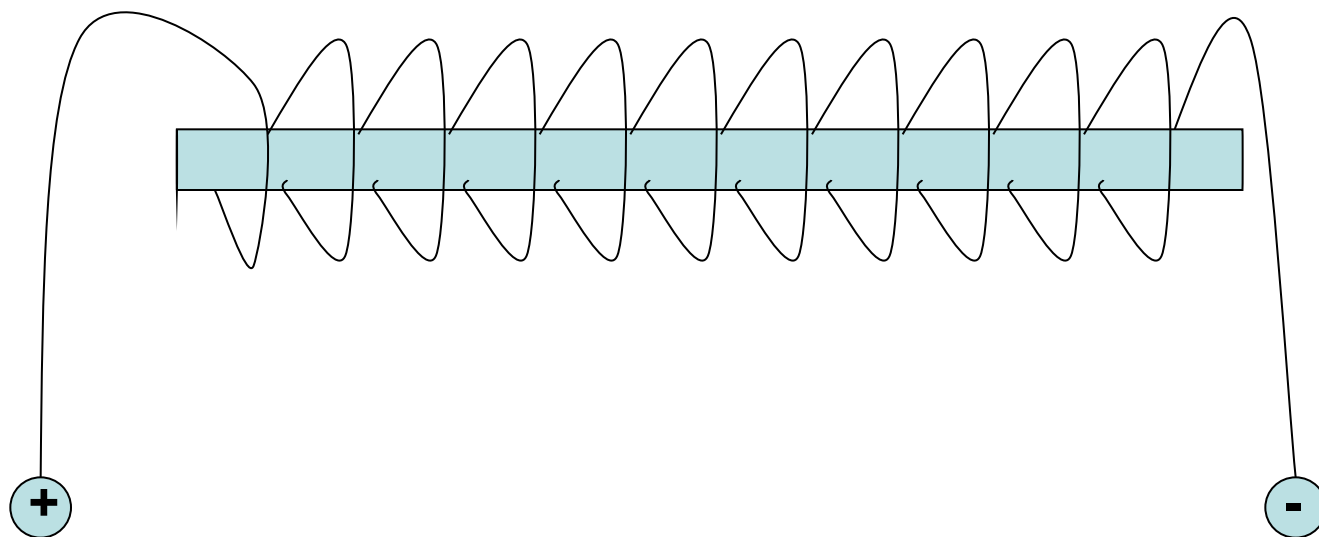
# Выводы:

- МП – вихревое поле, в каждой точке поля вектор магнитной индукции имеет определенное направление, которое указывает магнитная стрелка или его можно определить по правилу буравчика.
- МП не имеет источников (магнитных зарядов в природе не существует).

**Определите по направлению тока в проводнике направление вектора магнитной индукции**



**Определите магнитные полюсы катушки с током.**



## 1. Модуль вектора магнитной индукции:

$$B = \frac{F}{I l}$$

$l$  – длина проводника;

$I$  – сила тока в проводнике;

2. Единица магнитной индукции называется  
Тесла (Тл)

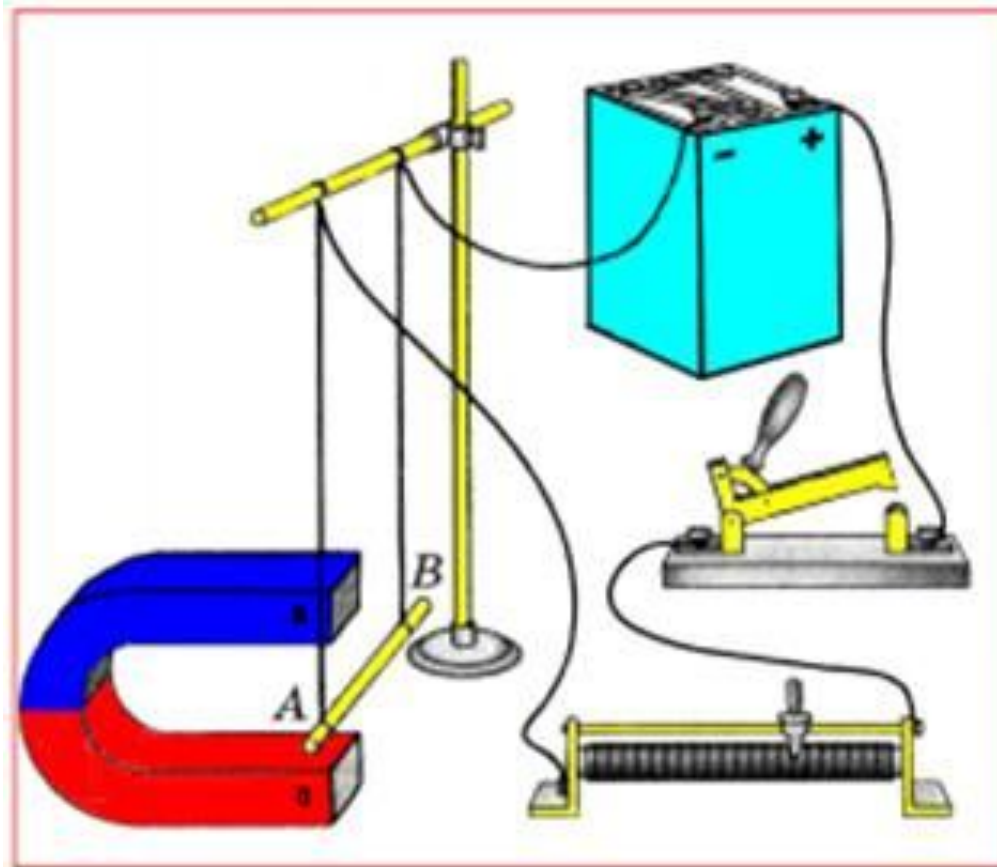
$$1 \text{ Тл} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}}$$



- **МП обнаруживается по действию на проводник с током, действуя на все участки проводника, с силой, которая получила название силы Ампера.**

# Сила Ампера

- Сила Ампера –  $F_a$  – сила, действующая на проводник с током в магнитном поле





# Сила Ампера

Сила Ампера равна произведению вектора магнитной индукции, модуля силы тока, длины участка проводника и синуса угла между магнитной индукцией и участком проводника.

$$F_A = B I \Delta l \sin \alpha$$

$F_A$  – модуль силы Ампера

$B$  – магнитная индукция поля

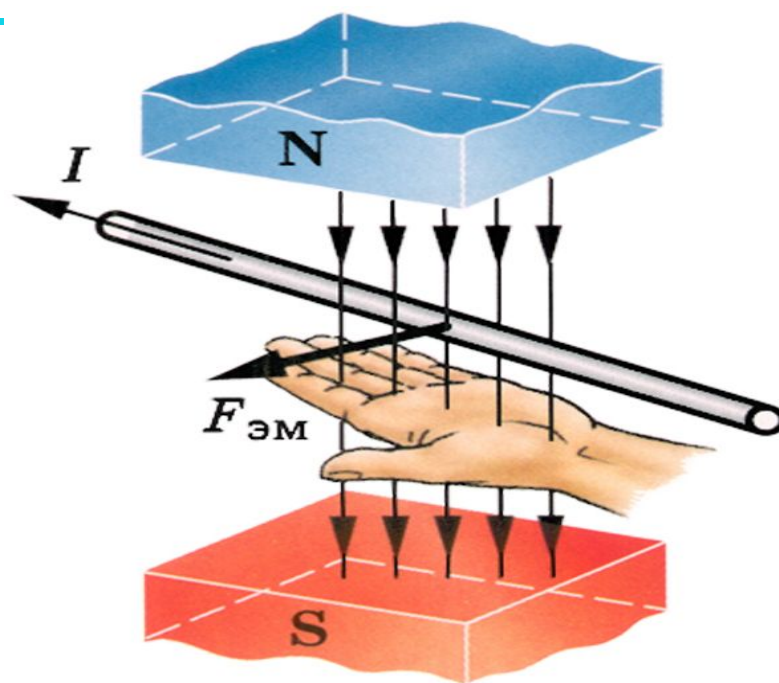
$I$  – сила тока в проводнике

$\Delta l$  – длина прямолинейного отрезка проводника

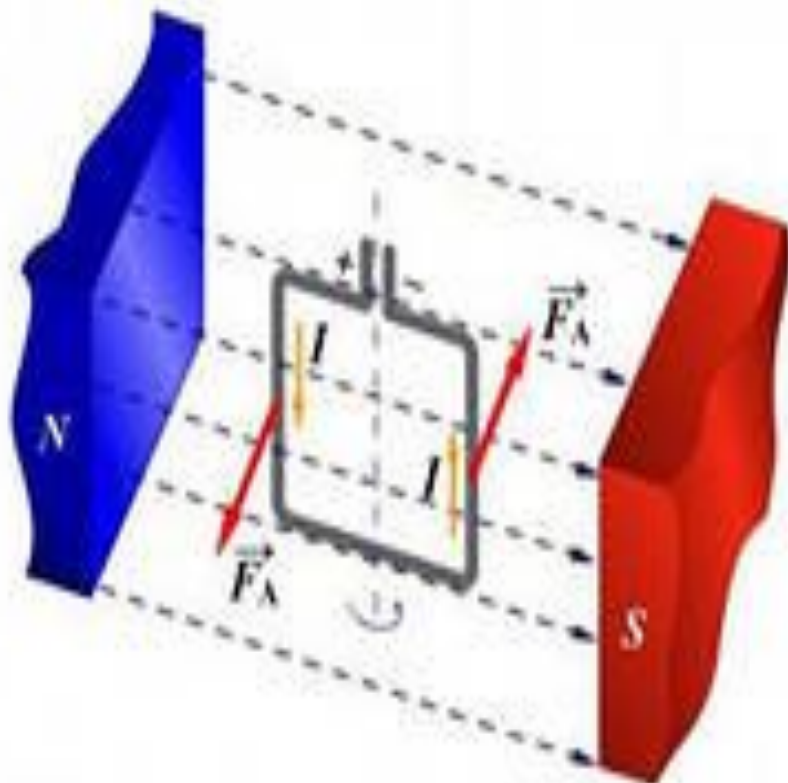
$\alpha$  – угол между вектором магнитной индукции и направлением тока в проводнике

## Направление силы Ампера можно определить используя **правило левой руки**:

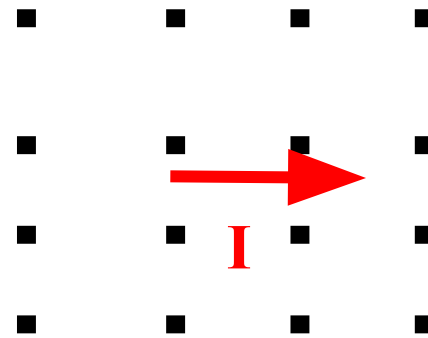
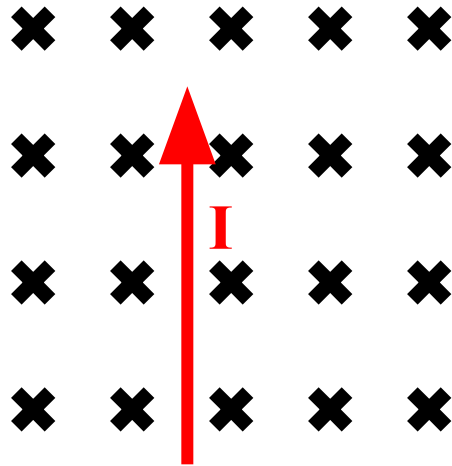
если левую руку расположить так, чтобы перпендикулярная составляющая вектора магнитной индукции входила в ладонь, 4 сомкнутых вытянутых пальца были направлены по току в проводнике, то отогнутый на  $90^\circ$  большой палец укажет направление силы Ампера.



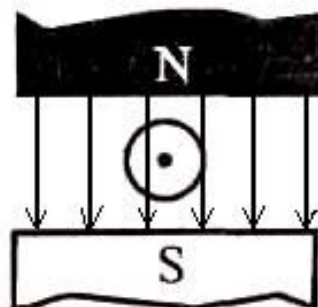
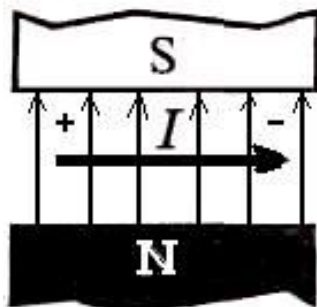
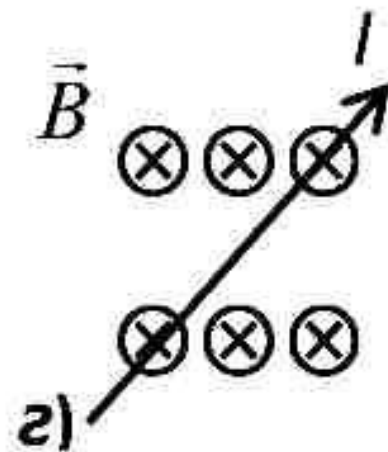
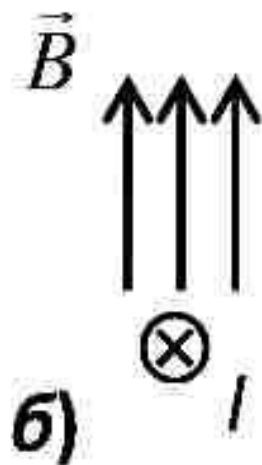
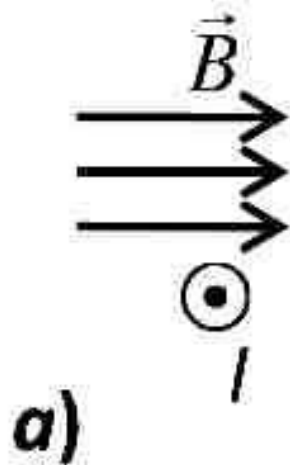
# Действие сил Ампера на рамку с током в магнитном поле



Укажите направление силы Ампера.

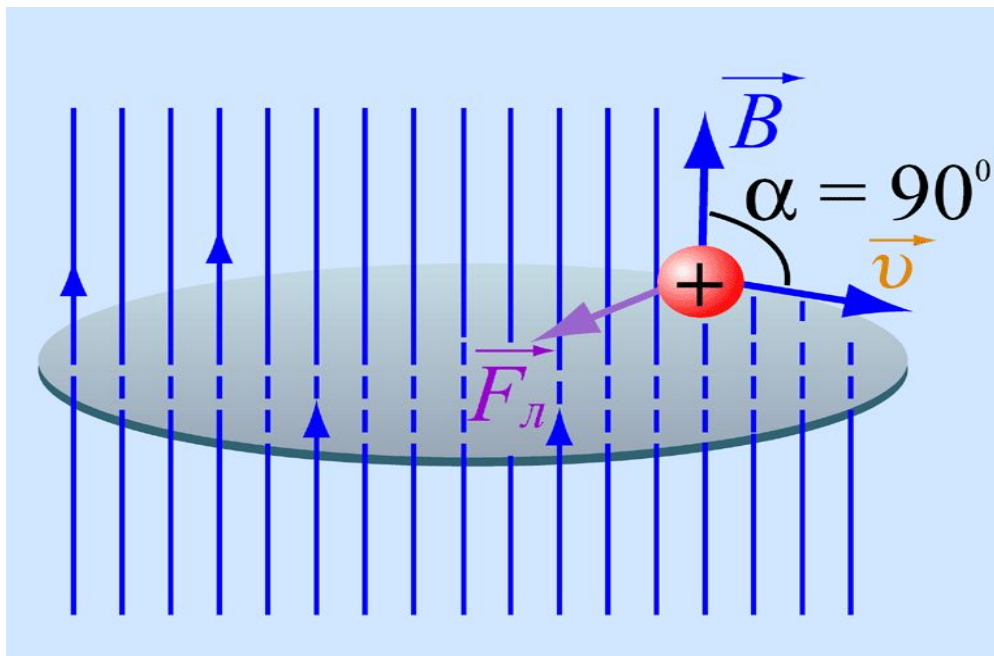


# Определите направление силы Ампера



## Сила Лоренца

-сила, действующая в магнитном поле на движущуюся заряженную частицу



Эта сила, не изменяя модуля скорости, меняет направление движения заряда.

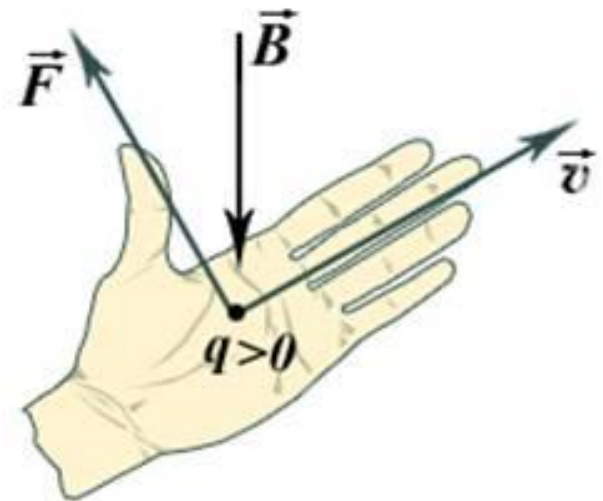
Направление силы Лоренца, действующей на положительный заряд, определяется правилом левой руки.

# Сила Лоренца

Направление силы Лоренца определяет правило левой руки

Правило левой руки:

Если кисть левой руки расположить так, что четыре вытянутых пальца указывают направление скорости положительного заряда (или противоположное скорости отрицательного заряда), а вектор магнитной индукции входит в ладонь, то отогнутый в плоскости ладони на  $90^\circ$  большой палец покажет направление силы, действующей на данный заряд





# Сила Лоренца

$$F_L = |q|vB \sin \alpha$$

$F_L$  – модуль силы Лоренца

$|q|$  – модуль заряда частицы

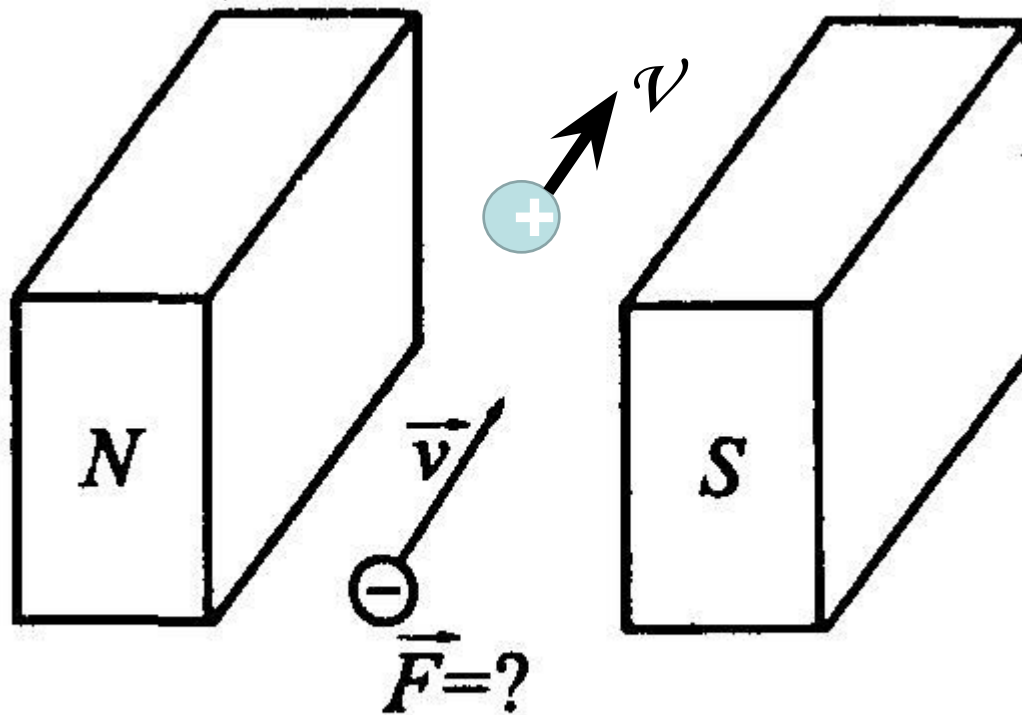
$v$  – скорость частицы

$B$  – магнитная индукция поля

$\alpha$  – угол между вектором магнитной индукции  
и вектором скорости заряженной частицы



# Направление силы Лоренца



**Примеры применения  
магнитного поля.**

**Электромагнит**

**Магнитный сепаратор**

**Электрический двигатель**

**Генератор переменного тока**

**Магнитные мины.**

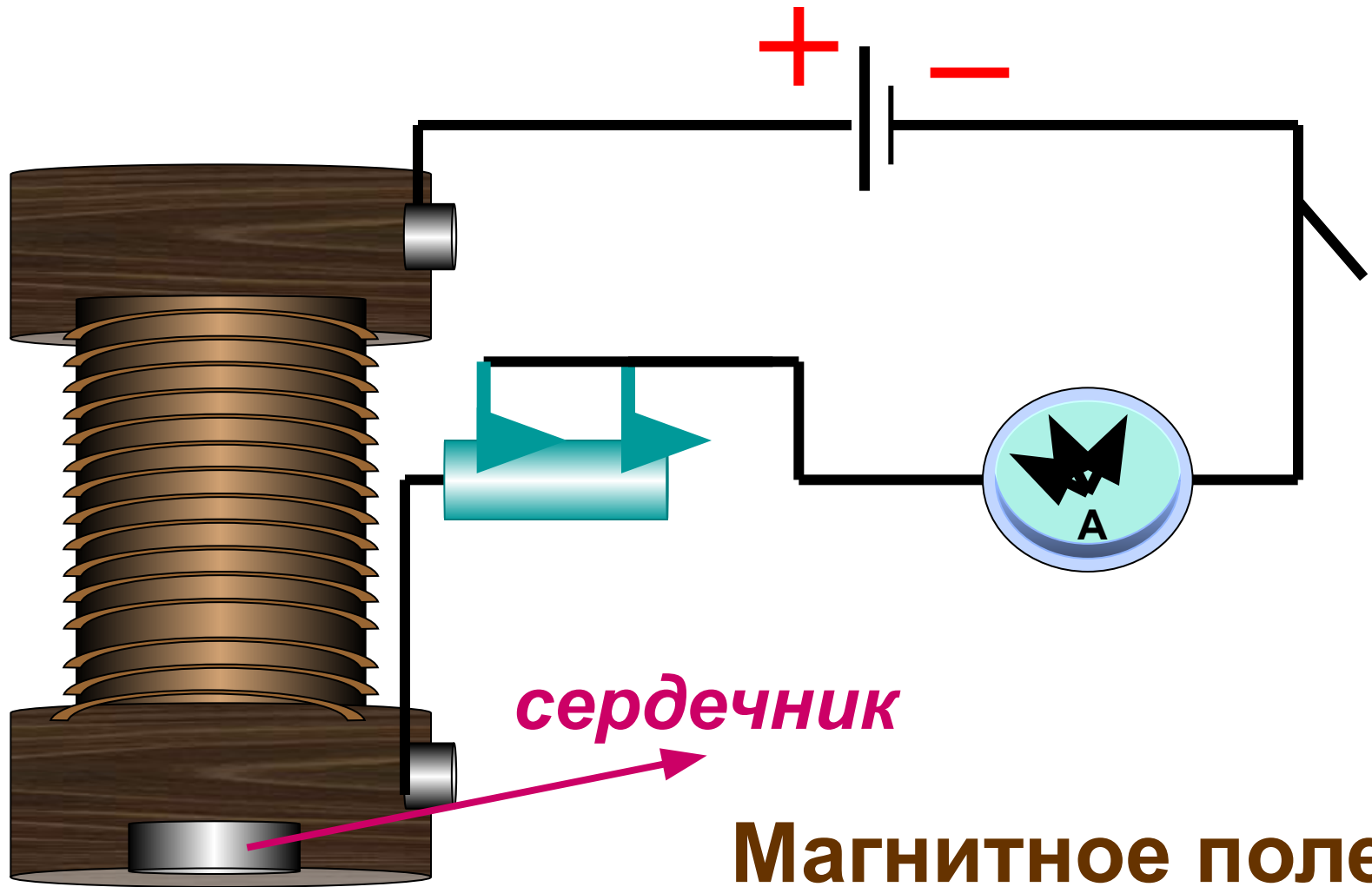


# Магнитное поле катушки с током можно изменять в широких пределах

1. ввести внутрь катушки железный сердечник;
2. увеличить число витков в катушке;
3. увеличить силу тока в катушке.

Железная катушка с сердечником  
внутри называется  
*электромагнитом.*





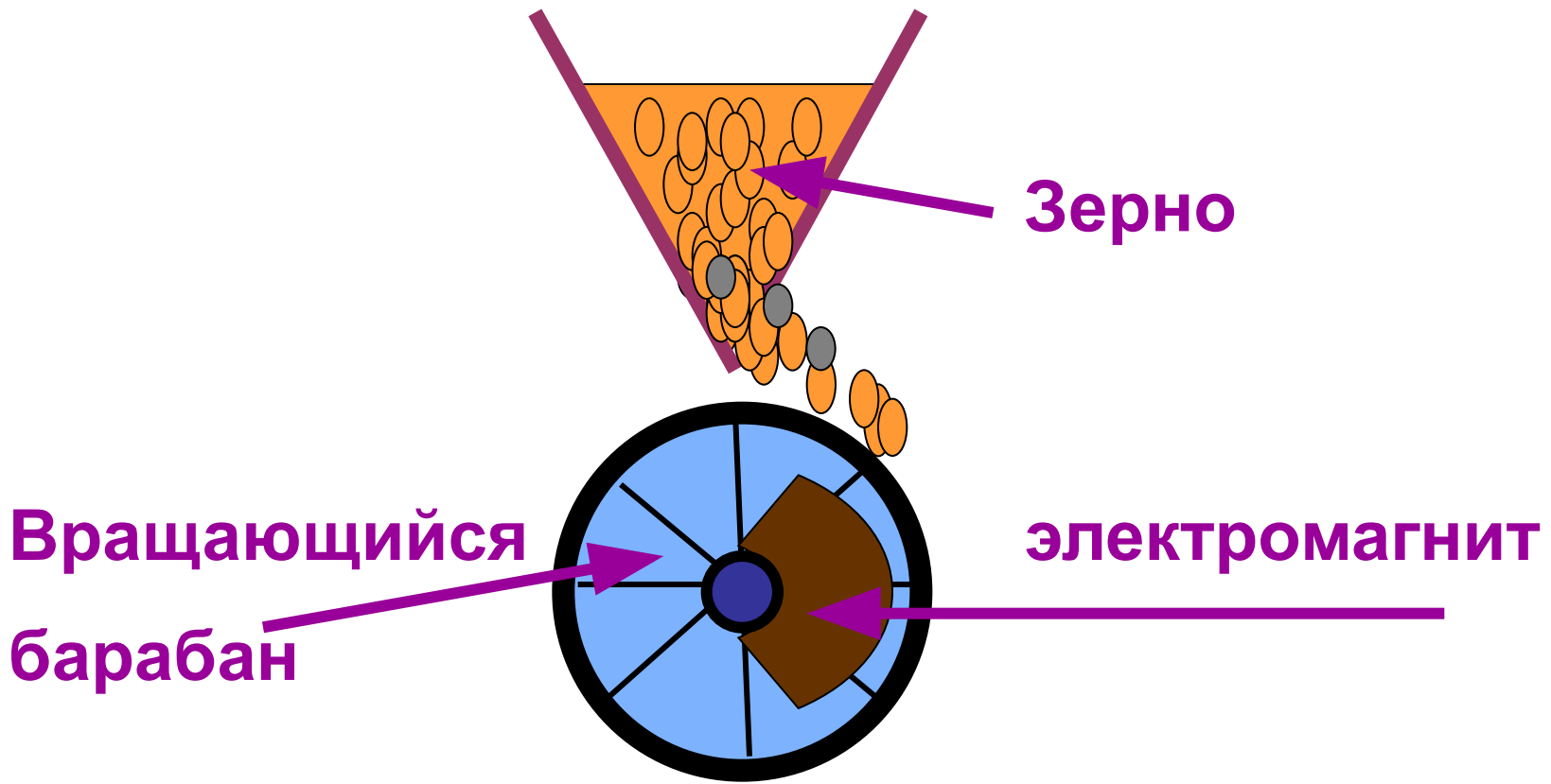
*сердечник*

**Магнитное поле  
катушки с током**

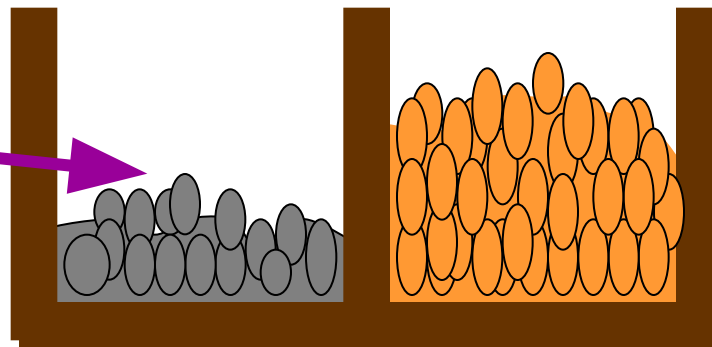


# *Магнитный сепаратор*

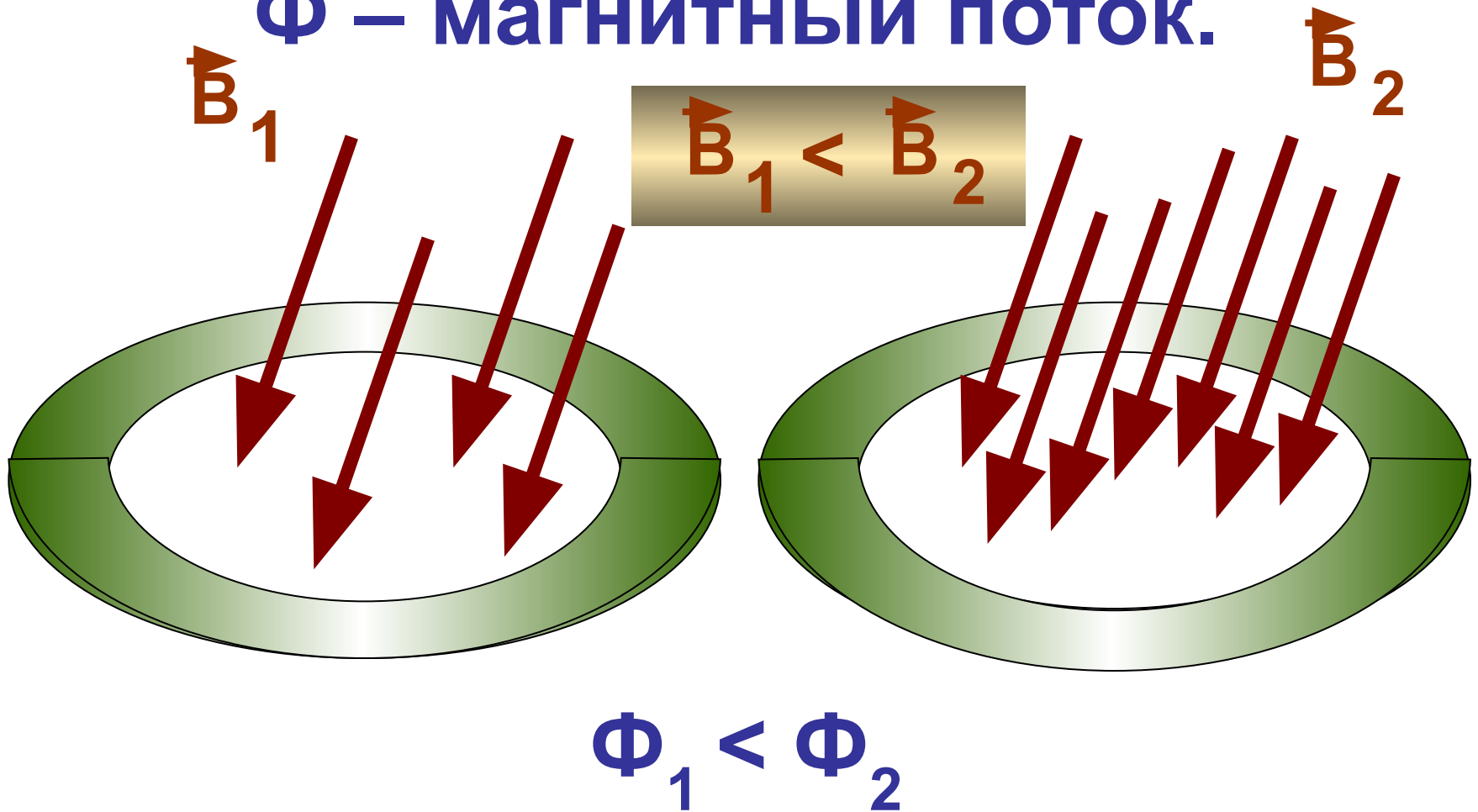
**В зерно подмешивают очень мелкие железные опилки. Эти опилки не прилипают к гладким зёрнам полезных злаков, но прилипают к зёрнам сорняков. Зерна из бункера высыпаются на вращающийся барабан, внутри которого находится сильный магнит. Притягивая железные частицы он очищает зерно от сорняков.**



**Железные  
частицы и  
зёрна  
сорняков**



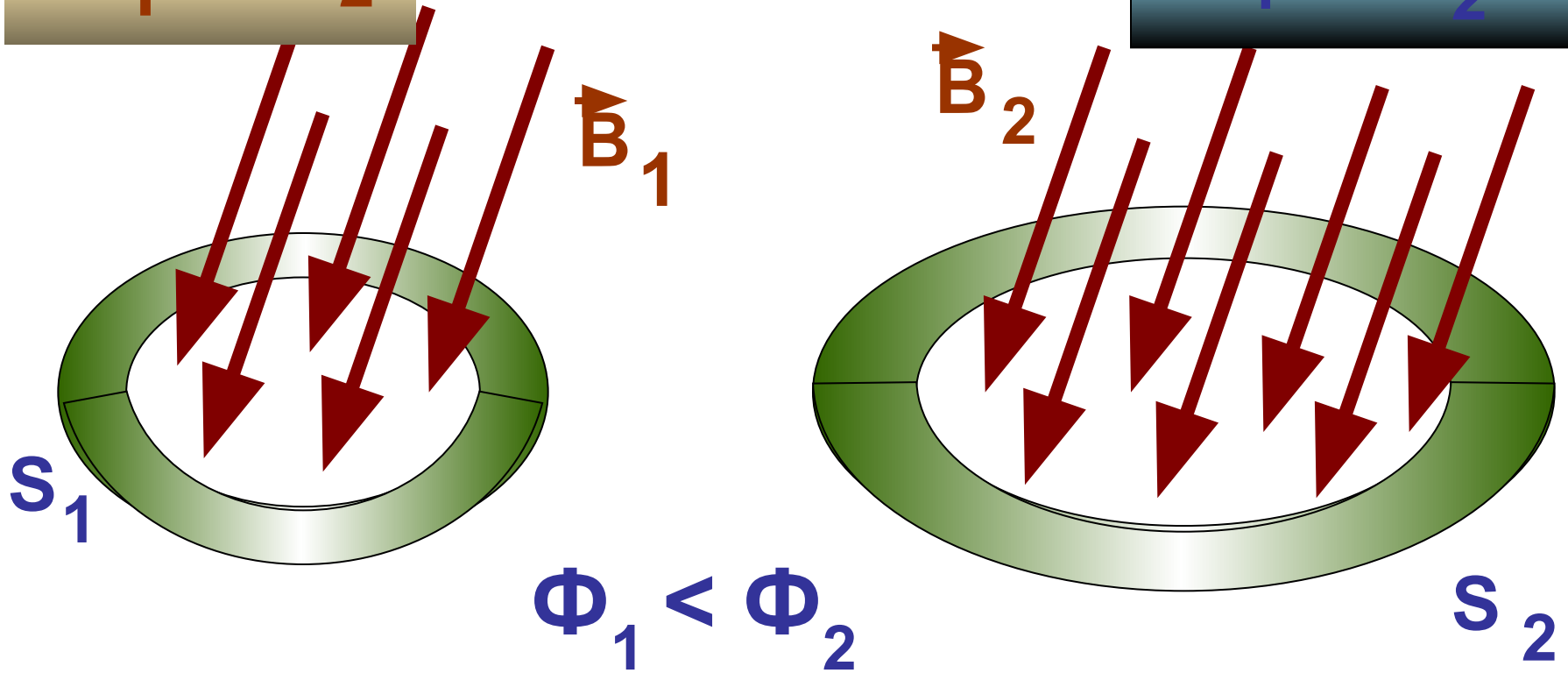
$\Phi$  – магнитный поток.



1. Магнитный поток пропорционален модулю вектора магнитной индукции

$$\vec{B}_1 = \vec{B}_2$$

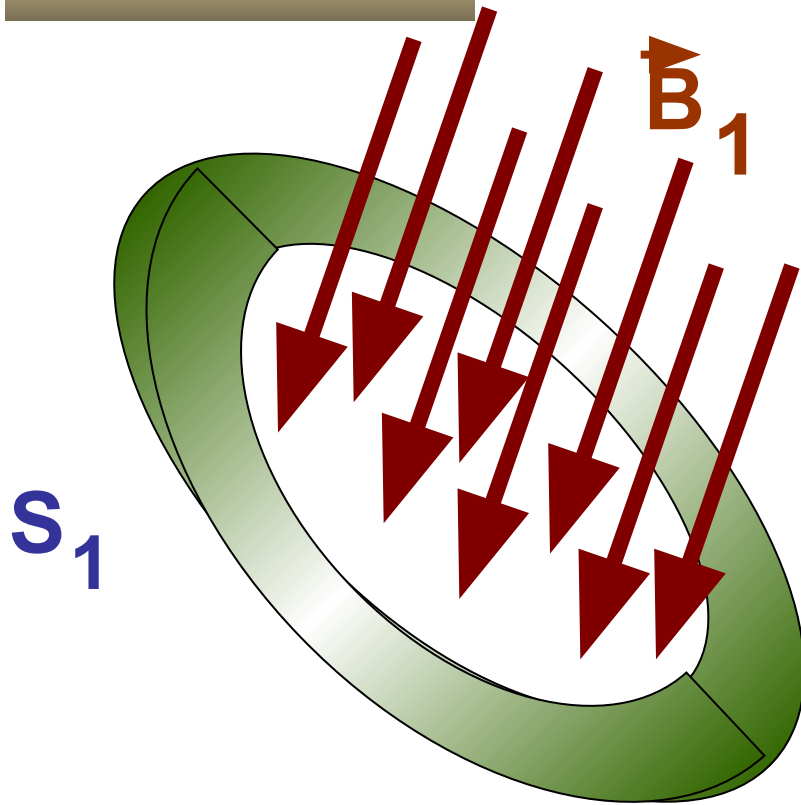
$$S_1 < S_2$$



**2. Магнитный поток пропорционален площади контура.**

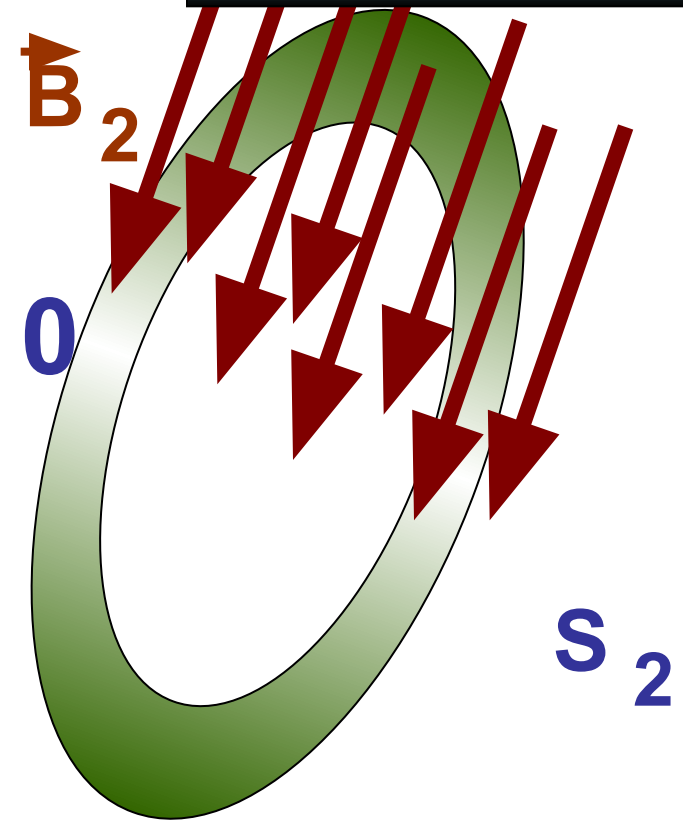


$$\vec{B}_1 = \vec{B}_2$$



$$\Phi_2 = 0$$

$$S_1 = S_2$$



**3. Магнитный поток зависит от того, как расположена плоскость контура по отношению к линиям магнитной индукции.**





**Майкл Фарадей**

английский физик

## **Явление электромагнитной индукции.**

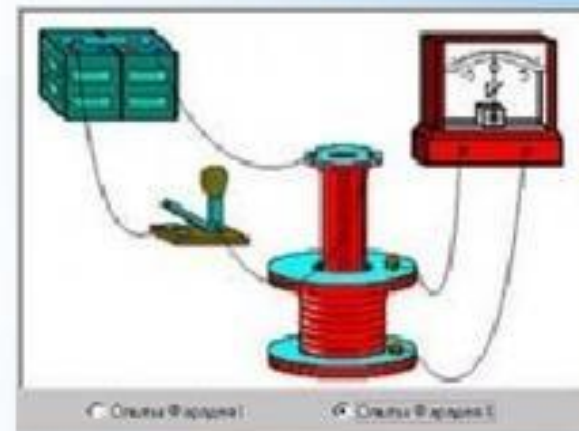
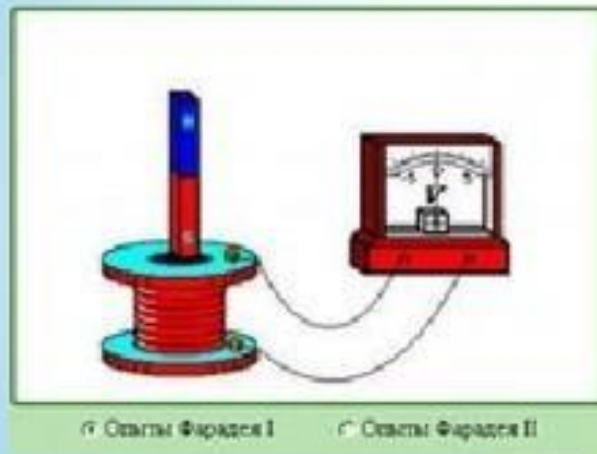
При всяком изменении магнитного потока, пронизывающего контур замкнутого проводника, в этом проводнике возникает электрический ток, существующий в течение всего процесса изменения магнитного потока.

**«Превратить  
магнетизм в**

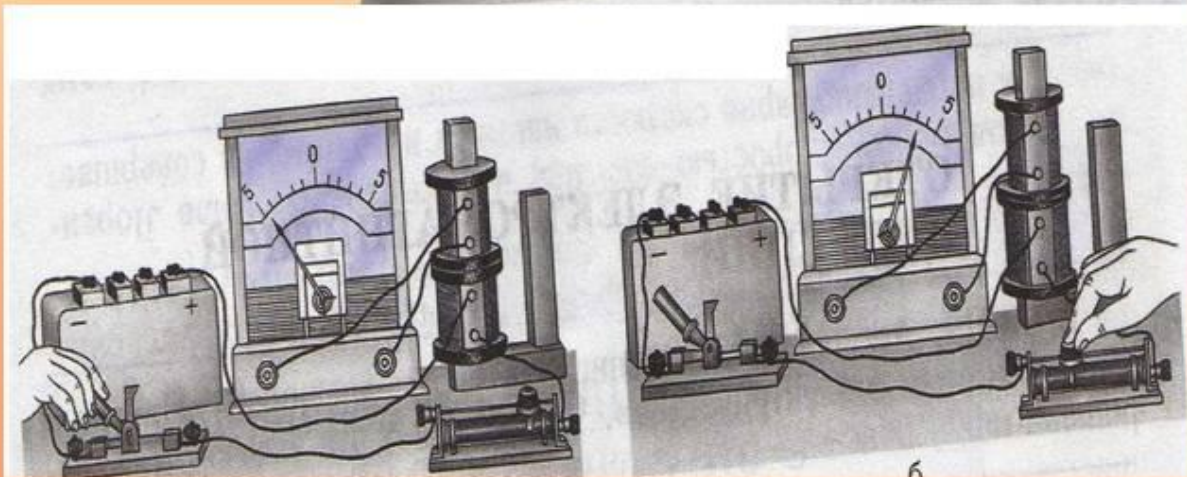
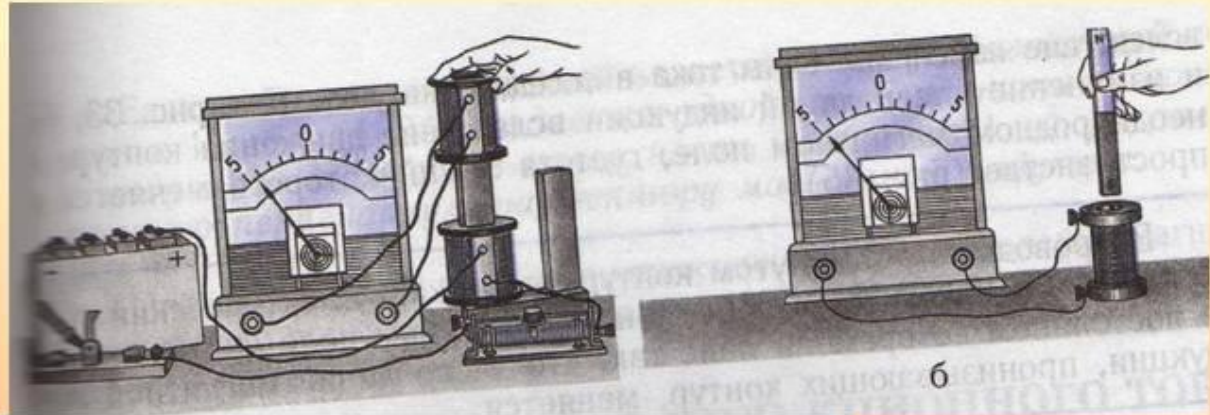
**электричество»**

# Явление электромагнитной индукции

заключается в том, что в замкнутом контуре  
возникает электрический ток  
при изменении магнитного потока,  
пронизывающего данный контур



# Открытие явления электромагнитной индукции. М. Фарадей.



Открытие опытным путём явления электромагнитной индукции

***Направление  
индукционного тока.  
Правило Ленца.  
Закон Электромагнитной  
индукции.***

Выполнение условия возникновения ЭМИ – изменение магнитного потока через контур – можно осуществить

двумя способами:



- Движение контура в постоянном магнитном поле

- Изменение во времени магнитного поля, в котором покоится контур



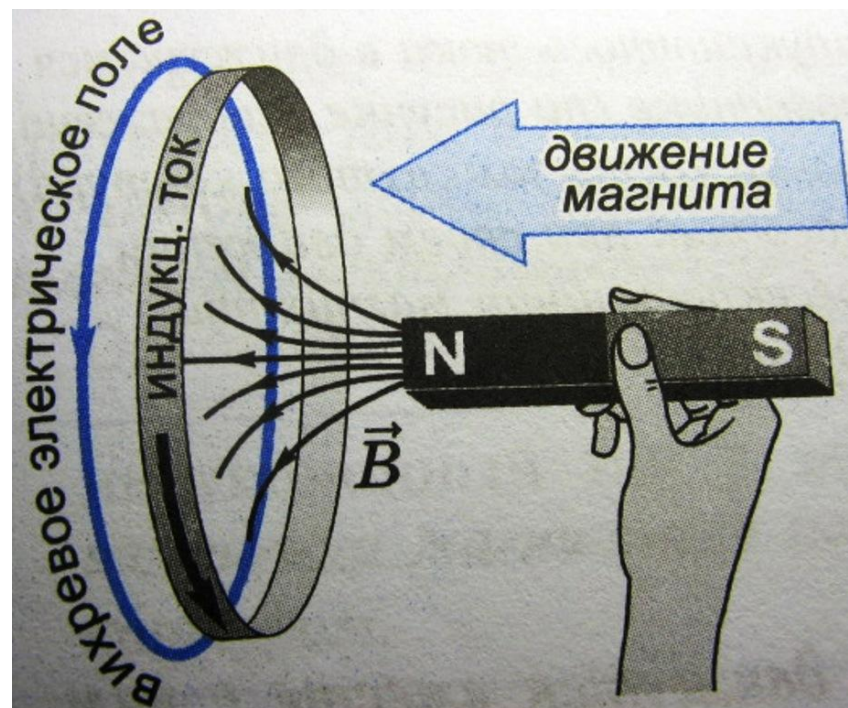
# Движение контура в постоянном магнитном поле

Индукционный ток  
при движении  
проводящего контура  
в постоянном  
магнитном поле  
вызывает сила  
Лоренца,  
действующая на  
свободные заряды в  
проводнике



# Изменение во времени магнитного поля, в котором покоится контур

Индукционный ток в неподвижном замкнутом контуре, находящемся в переменном магнитном поле, вызывается электрическим полем, порождаемым переменным магнитным полем (вихревым электрическим полем)



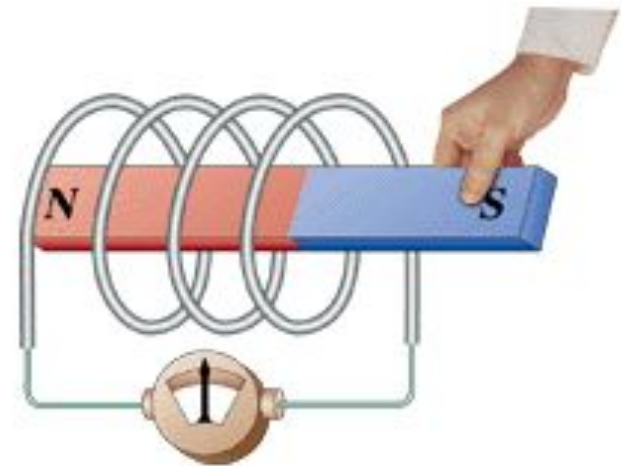


# ***Отличие вихревого электрического поля от электростатического***

- 1) Оно не связано с электрическими зарядами;
- 2) Силовые линии этого поля всегда замкнуты;
- 3) Работа сил вихревого поля по перемещению зарядов на замкнутой траектории не равна нулю.

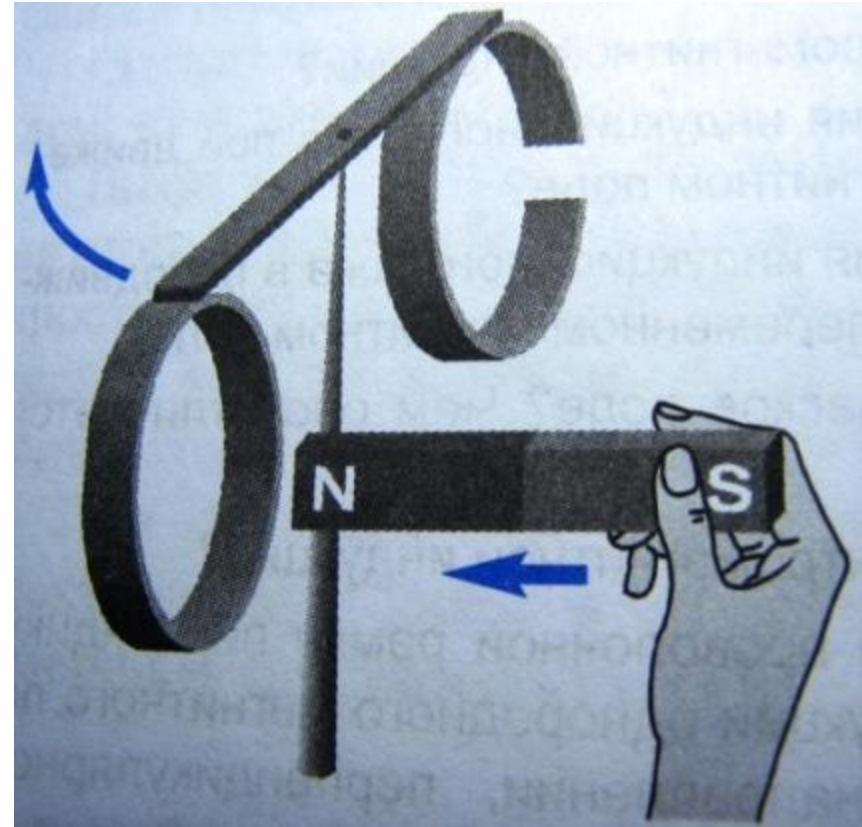
# ***Направление индукционного тока***

***Вспомним опыт Фарадея: направление отклонения стрелки амперметра (а значит, и направление тока) может быть различным.***



# Объяснение опыта Ленца

Если приблизить магнит к проводящему кольцу, то оно начнет отталкиваться от магнита. Это отталкивание можно объяснить только тем, что в кольце возникает индукционный ток, обусловленный возрастанием магнитного потока через кольцо, а кольцо с током взаимодействует с магнитом.



**Правило Ленца: индукционный ток имеет такое направление, что созданный им магнитный поток всегда стремится скомпенсировать то изменение магнитного потока, которое вызвало данный ток.**

Правило Ленца является следствием закона сохранения энергии.

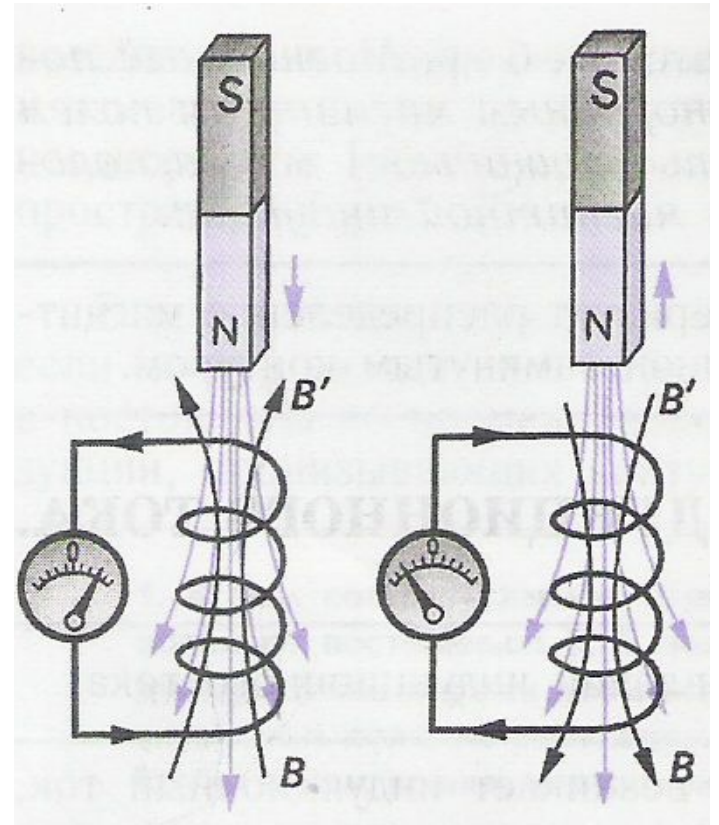
# *Правило Ленца*

Если магнитный поток через контур возрастает, то направление индукционного тока в контуре таково, что вектор магнитной индукции созданного этим током поля направлен противоположно вектору магнитной индукции внешнего магнитного поля.

Если магнитный поток через контур уменьшается, то направление индукционного тока таково, что вектор магнитной индукции созданного этим током поля сонаправлен вектору магнитной индукции внешнего поля.

# Алгоритм определения направления индукционного тока

1. Определить направление линий индукции внешнего поля  $B$  (выходят из  $N$  и входят в  $S$ ).
2. Определить, увеличивается или уменьшается магнитный поток через контур (если магнит вдвигается в кольцо, то  $\Delta\Phi > 0$ , если выдвигается, то  $\Delta\Phi < 0$ ).
3. Определить направление линий индукции магнитного поля  $B'$ , созданного индукционным током (если  $\Delta\Phi > 0$ , то линии  $B$  и  $B'$  направлены в противоположные стороны; если  $\Delta\Phi < 0$ , то линии  $B$  и  $B'$  сонаправлены).
4. Пользуясь правилом буравчика (правой руки), определить направление индукционного тока.

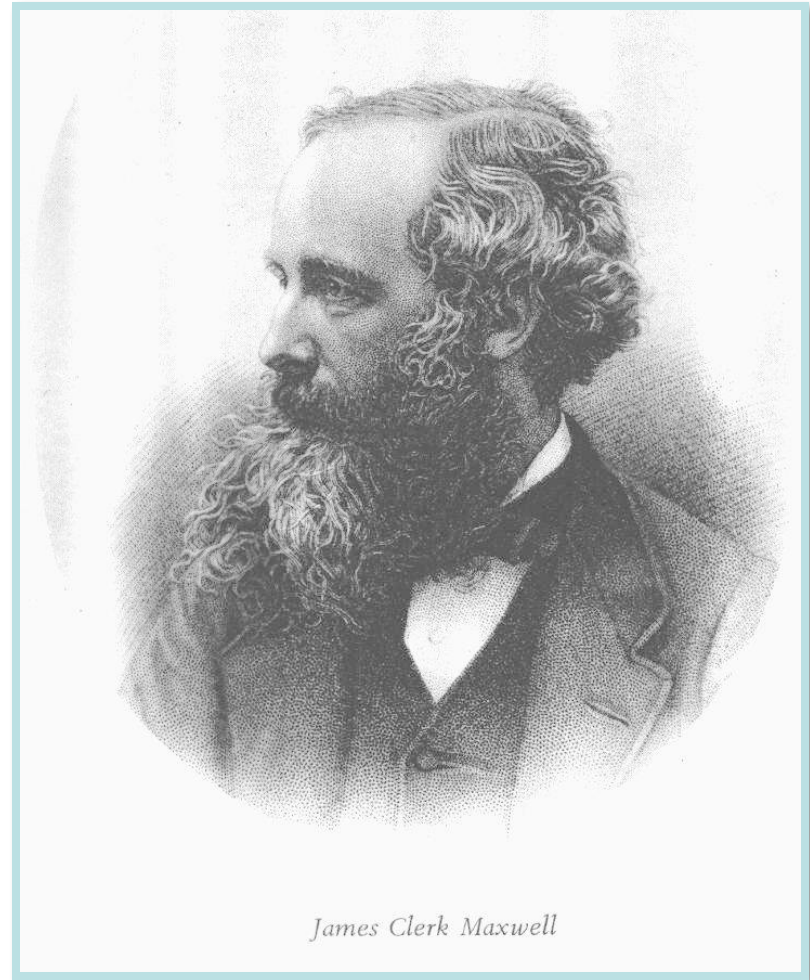


$\Delta\Phi$

характеризуется изменением  
числа линий  $B$ , пронизывающих  
контур.

# Теория электромагнитного поля

Термин  
*«электромагнитное поле»*  
впервые появился в работе  
Джеймса Максвелла  
*«Динамическая теория  
электромагнитного поля»*  
в 1864 году.

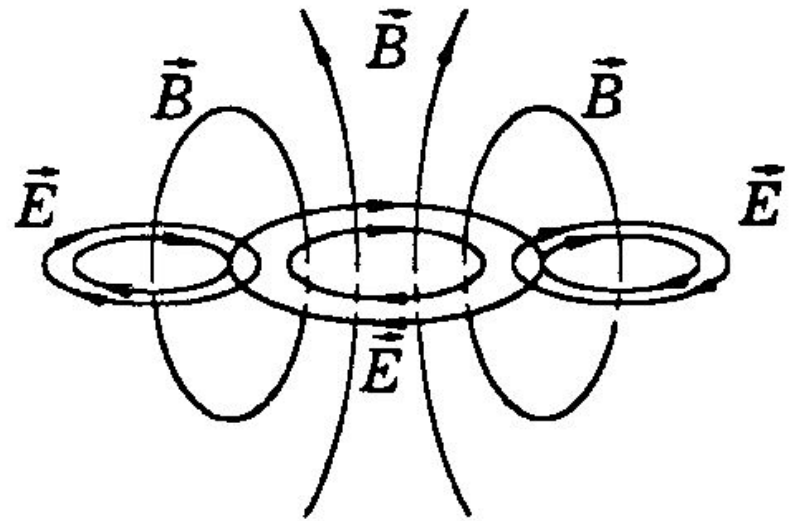


*James Clerk Maxwell*



# Электромагнитное поле

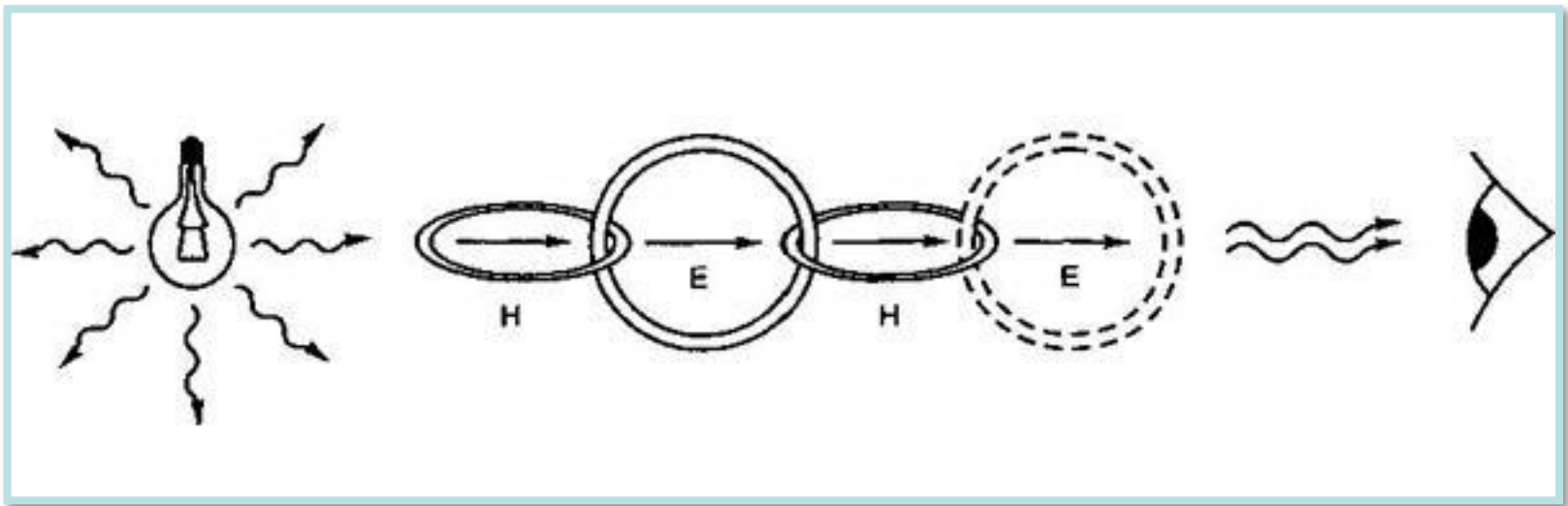
- Переменные электрические и магнитные поля не могут существовать по отдельности: изменяющееся магнитное поле порождает электрическое поле, изменяющееся электрическое поле порождает магнитное поле.
- И так как такие поля существуют вместе, то, значит, они образуют единое целое — *электромагнитное поле*





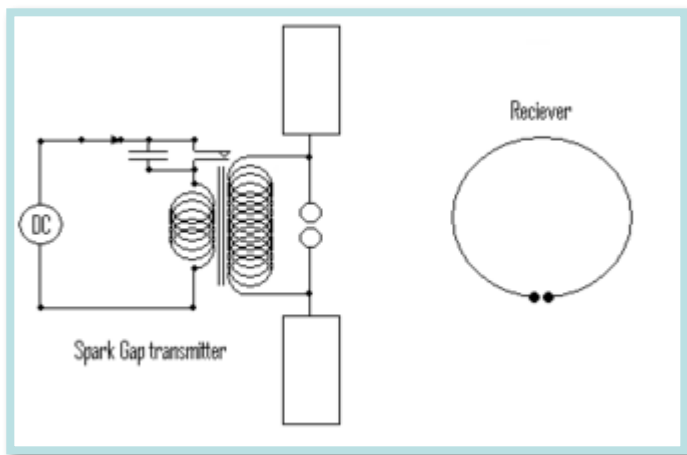
# Электромагнитная волна

□ Электромагнитной волной называют распространяющиеся возмущения электромагнитного поля



# Доказательство существования электромагнитных волн

Экспериментально  
получил  
электромагнитную волну  
Генрих Герц в 1888 году



Heinrichas HERCAS  
1857–1894

# Характеристики электромагнитных ВОЛН

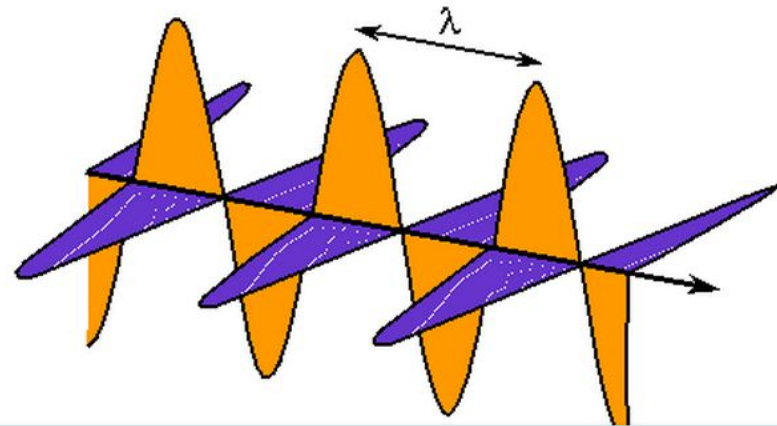
$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}} - \text{скорость (в вакууме)}$$

$v < c$

В воде  $\approx$  в 1,3 раза

В стекле  $\approx$  в 1,5 раза

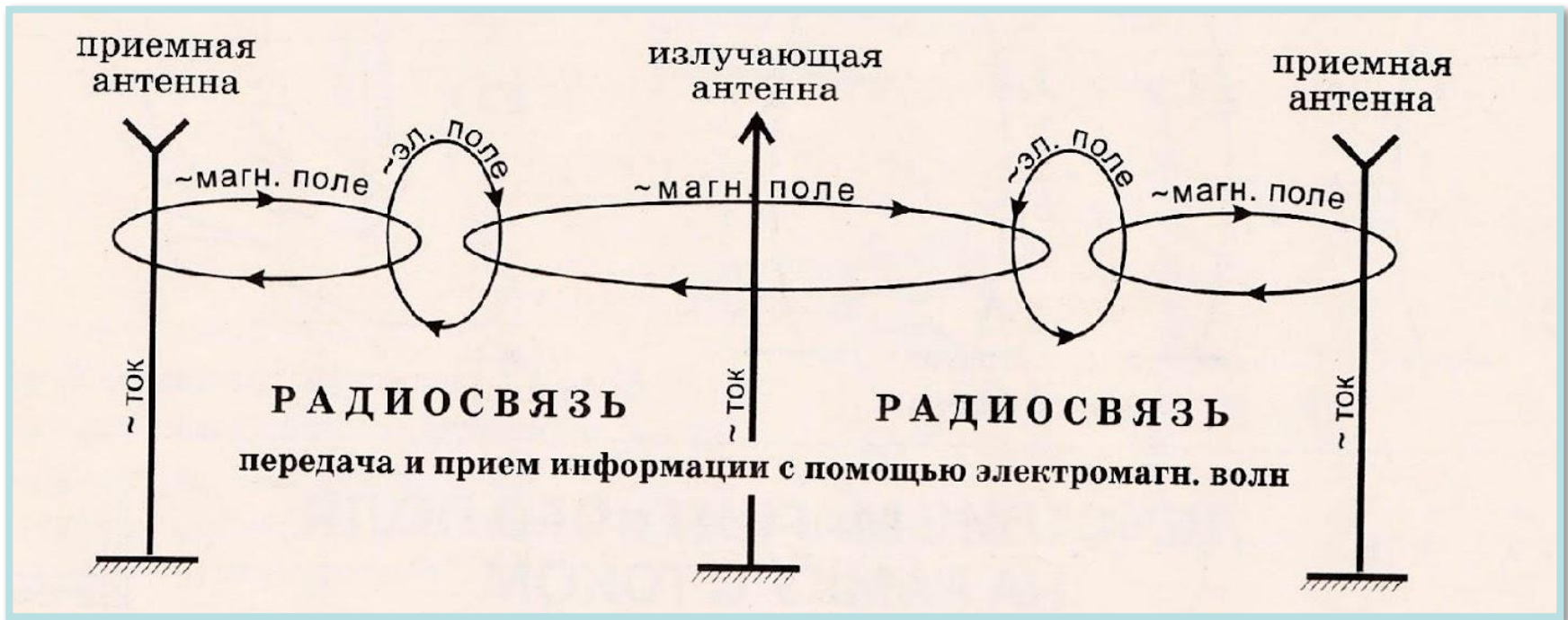
$$\lambda = \frac{v}{\nu} - \text{длина волны}$$



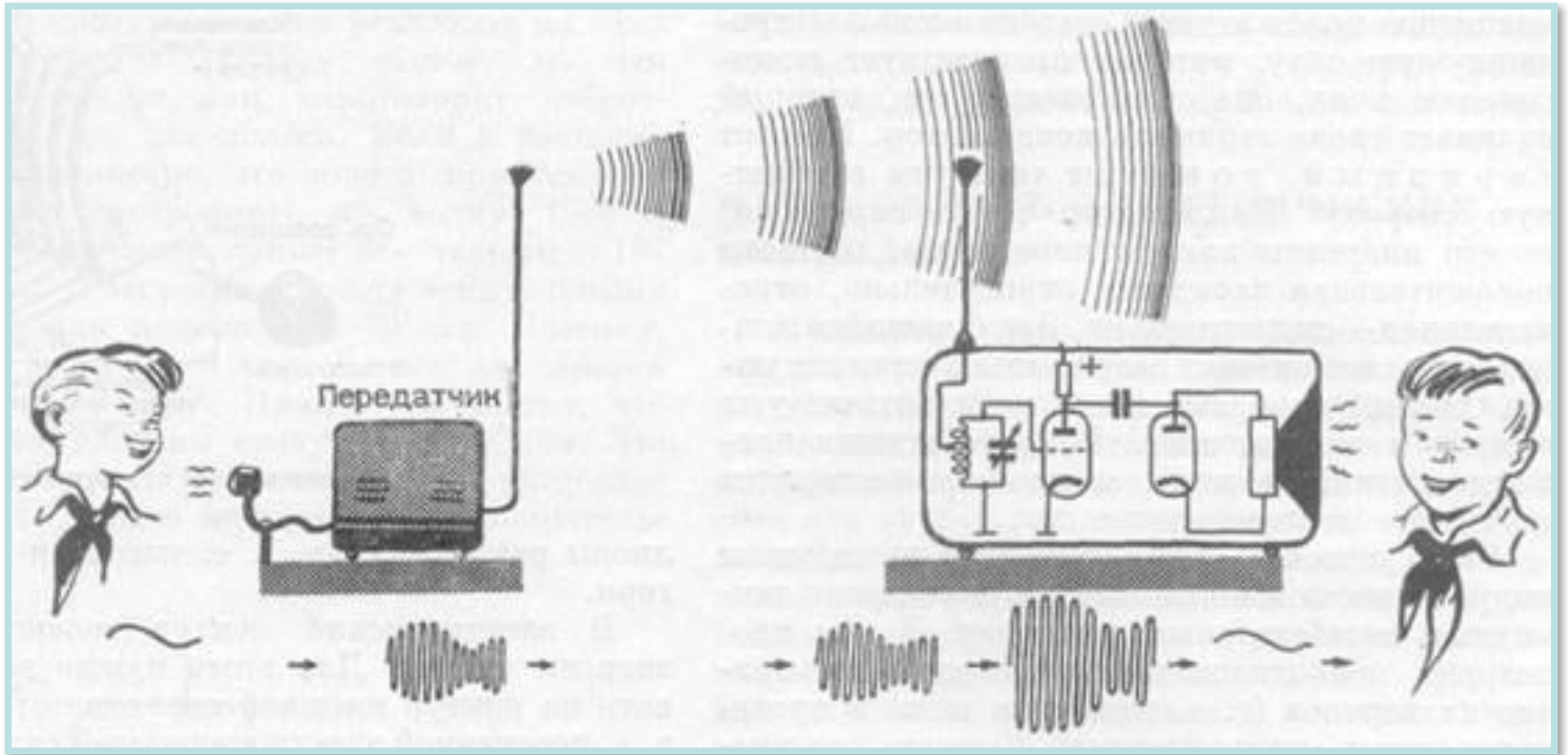
При переходе в другую среду  $\Rightarrow \begin{cases} v = \text{const} \\ T = \text{const} \end{cases}$

# Получение электромагнитных волн

*Электромагнитные волны возникают при ускоренном движении электрических зарядов*



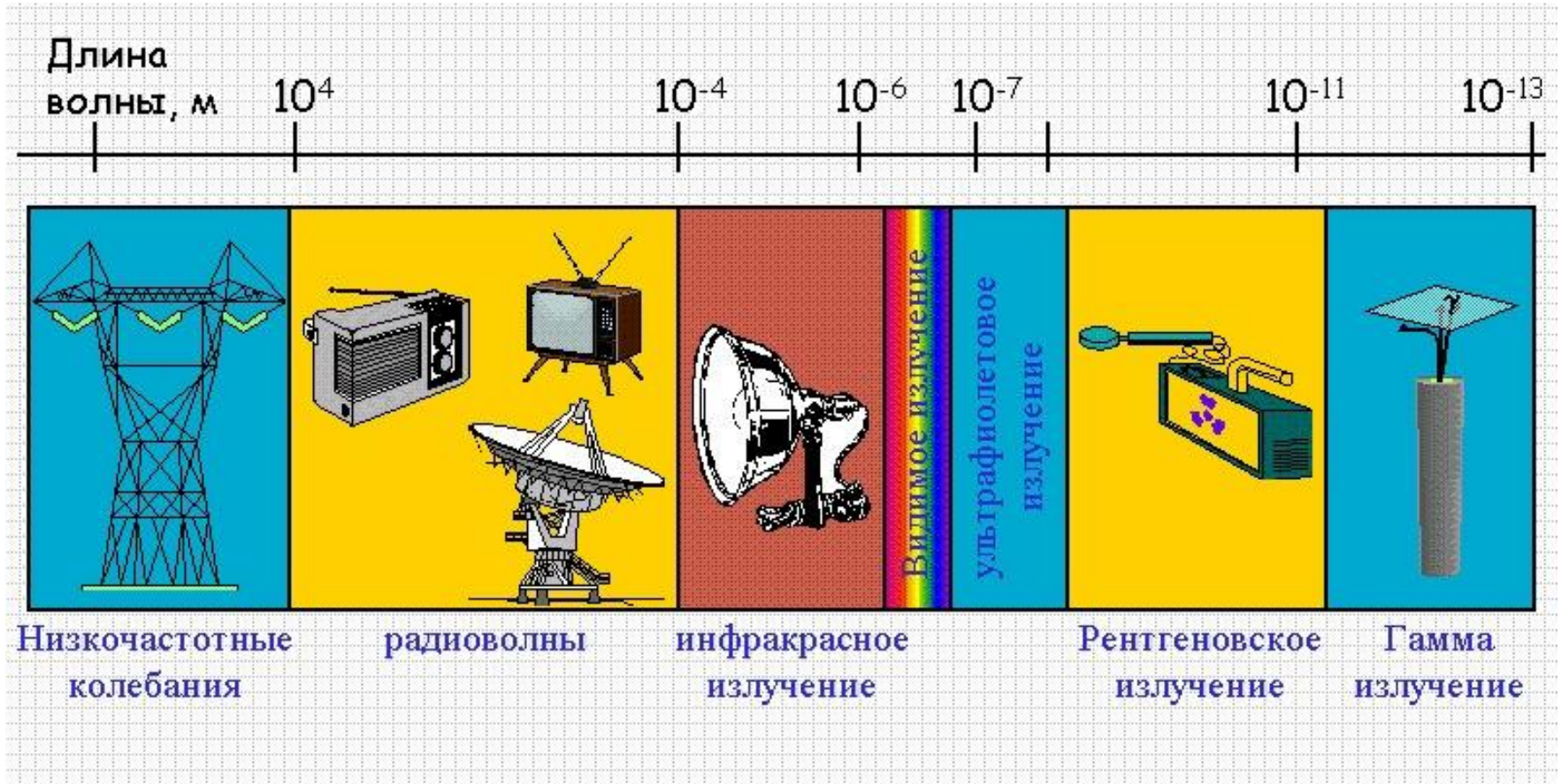
# Получение электромагнитных волн



Радиосвязь- передача и прием информации с помощью электромагнитных волн



# Шкала электромагнитных волн



В настоящее время все электромагнитные волны разделены по длинам волн на шесть диапазонов