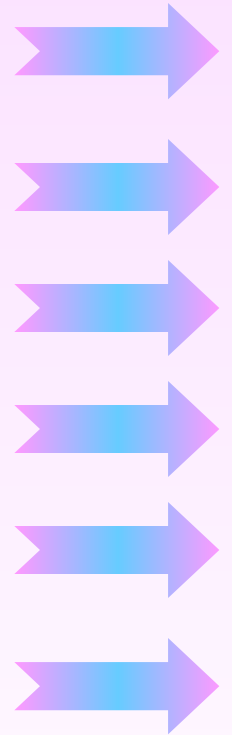


# *Магнитное поле*

# Магнитное поле

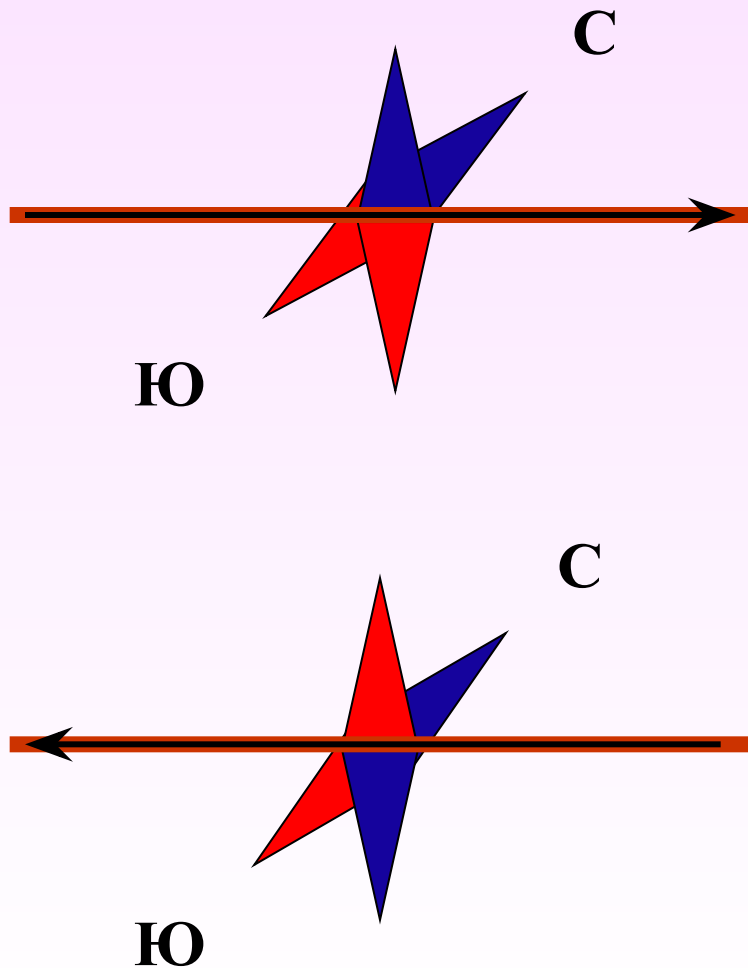
- Опыт Эрстеда
- Взаимодействие токов
- Магнитная индукция
- Сила Ампера
- Сила Лоренца
- Магнитные свойства вещества



# Опыт Эрстеда

1820

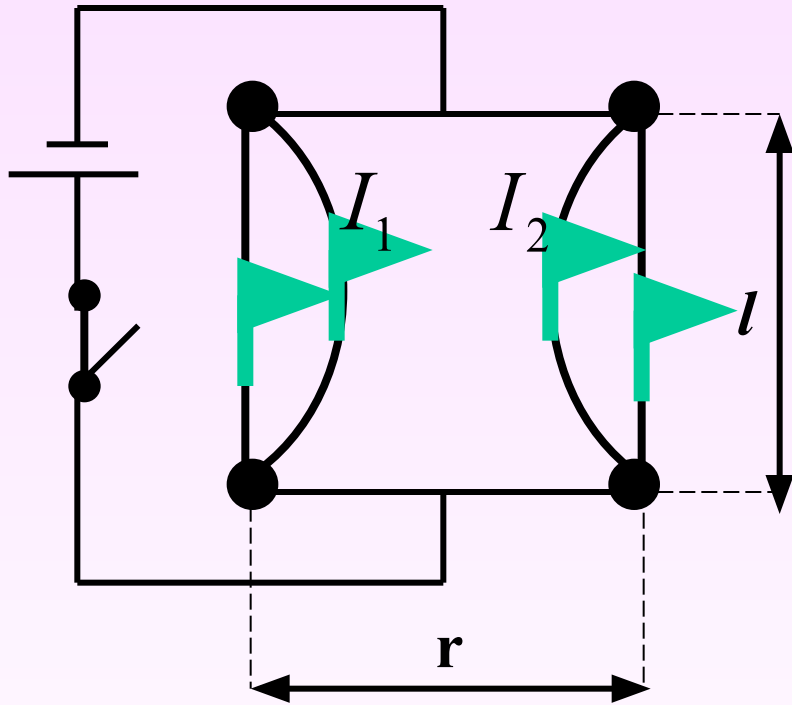
г.



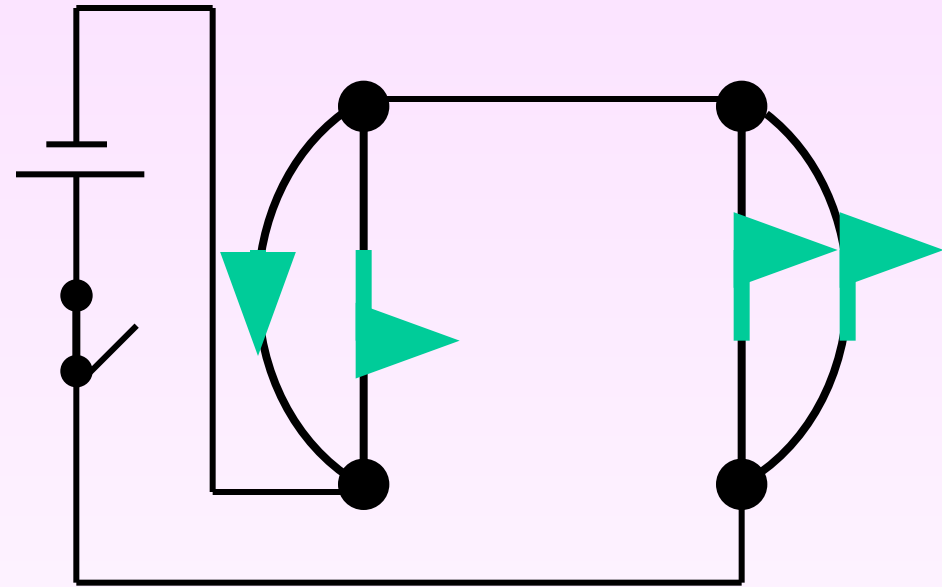
*При прохождении  
электрического  
тока по  
проводнику  
магнитная  
стрелка  
располагается  
перпендикулярно  
проводнику.*



# Взаимодействие токов



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



$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{H}{A^2}$$





# Взаимодействие токов






**1 ампер** – это сила тока протекающего по двум бесконечно длинным параллельным проводникам, находящимся в вакууме на расстоянии 1 м друг от друга, при которой их участки длиной 1 м взаимодействуют с силой  $2 \cdot 10^{-7}$  Н.

$$\mu_0 = \frac{2\pi r \cdot F}{\mu I_1 I_2 l}$$

$$\mu_{\text{вак}} = 1$$



# Магнитная индукция

- **Определение.** 
- **Модуль вектора магнитной индукции.** 
- **Некоторые значения магнитной индукции.** 
- **Магнитная индукция прямого проводника.** 
- **Линии магнитной индукции.** 
- **Соленоид.** 
- **Магнитное поле Земли.** 

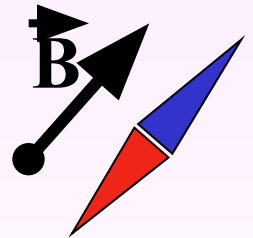


# Магнитная индукция

- Магнитное поле проявляет себя действием на проводники с током.
- **Магнитная индукция** – силовая характеристика магнитного поля. (Магнитная индукция определяет силу, с которой магнитное поле действует на внесенный в него проводник с током).

$$[B] = \text{Тл} \quad (\text{тесла})$$

- Магнитная индукция – векторная величина.
- За направление вектора магнитной индукции принимается направление от южного полюса магнитной стрелки, помещенной в данное магнитное поле к северному.



# Магнитная индукция

Модуль вектора магнитной индукции равен отношению максимальной силы, действующей со стороны магнитного поля на участок проводника с током к произведению силы тока на длину участка.

$$B = \frac{F_{\max}}{Il}$$

$$1\text{Tл} = \frac{1\text{H}}{1\text{A} \cdot 1\text{м}}$$

*Некоторые значения магнитной индукции*



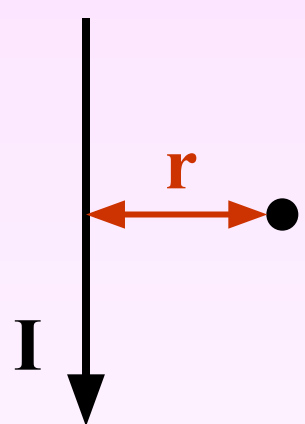


# Некоторые значения магнитной ИНДУКЦИИ

- Магнитное поле Земли в Европе –  $2 \cdot 10^{-5}$  Тл
- Магнитное поле Земли максимальное –  $7 \cdot 10^{-5}$  Тл
- Магнитное поле стрелок компаса – 0,01 Тл
- Магнитное поле подковообразного магнита – до 0,2 Тл
- Магнитное поле солнечных пятен – 0,4 Тл
- Магнитное поле ферромагнитного сердечника – до 1 Тл
- Магнитное поле в ускорителе – до 10 Тл
- Магнитное поле нейтронных звезд – 10 Тл



# Магнитная индукция



The diagram shows a vertical wire with current  $I$  flowing downwards. A point is located at a horizontal distance  $r$  from the wire, indicated by a double-headed arrow. A black dot marks the point.

$$F = \frac{\mu\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi r}$$
$$B = \frac{F_{\max}}{Il} \quad F = IBl$$

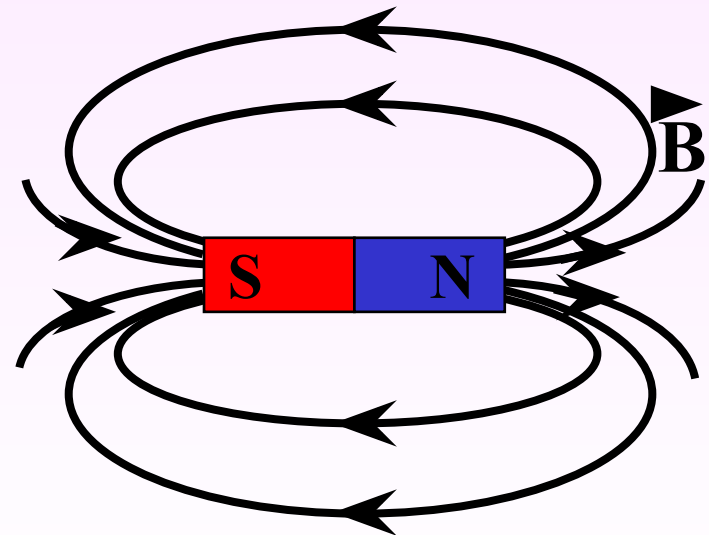
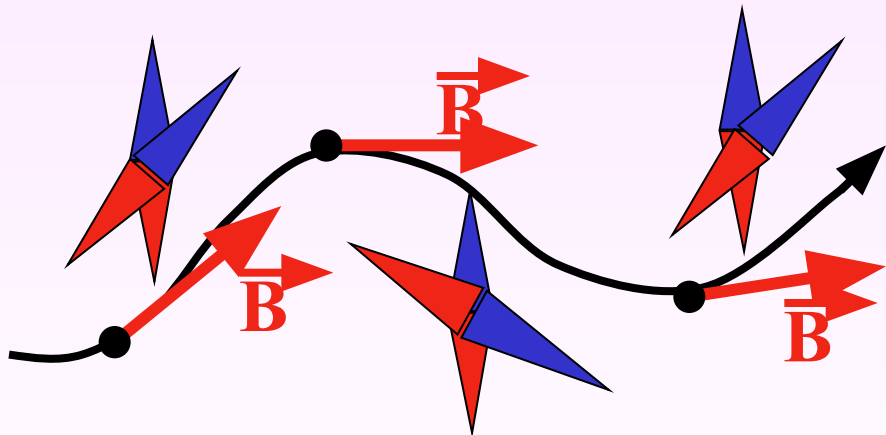
$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi r}$$

**Магнитная индукция магнитного поля прямого проводника с током на расстоянии  $r$  от него.**

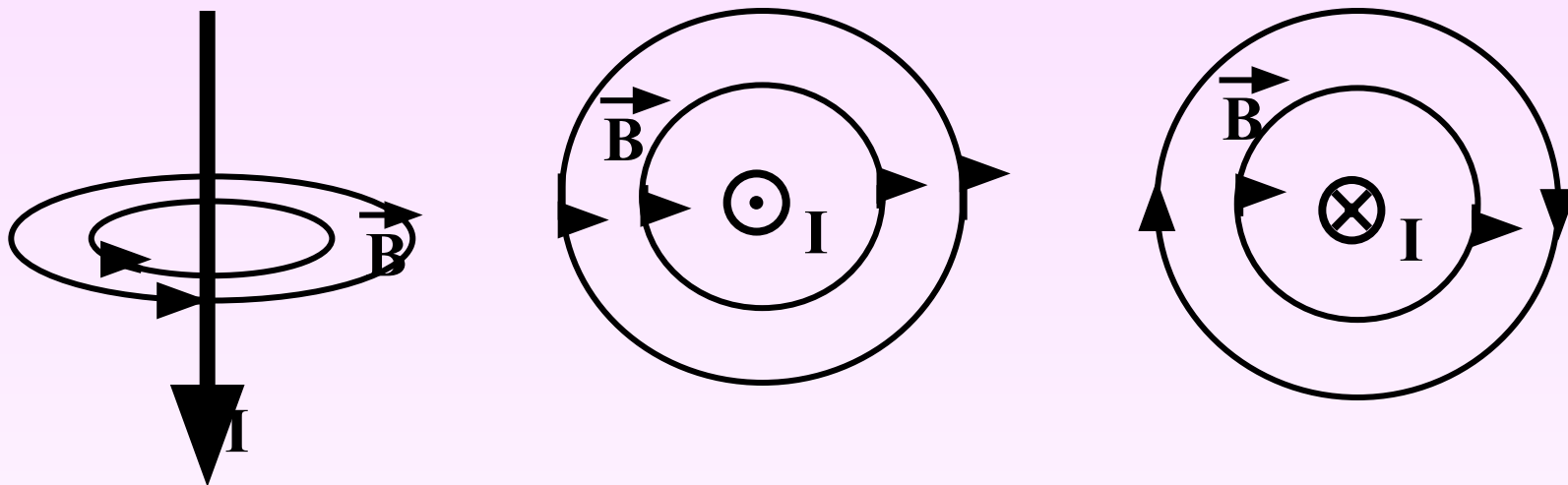


# Линии магнитной индукции

Линии магнитной индукции – это линии, касательные к которым направлены так же, как и вектор магнитной индукции в данной точке поля.



# Линии магнитной индукции

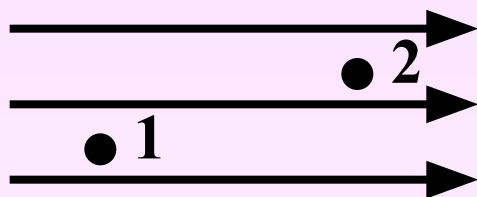


Линии магнитной индукции всегда замкнуты.  
Магнитное поле – вихревое поле.  
Магнитных зарядов, подобных электрическим в природе нет.



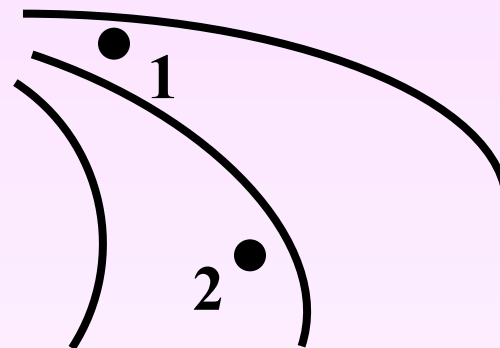
# Магнитное поле

*однородное*



$$B_1 = B_2$$

*неоднородное*

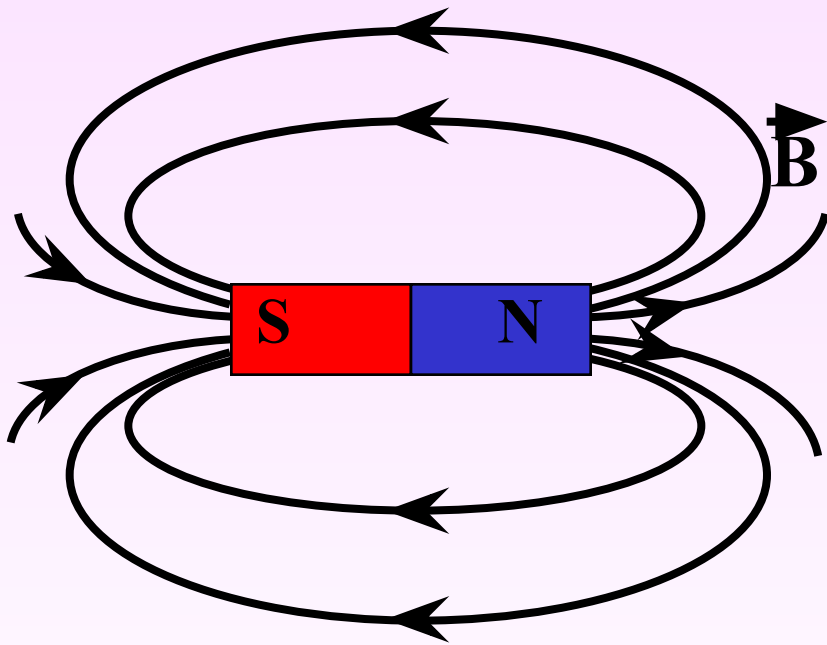


$$B_1 > B_2$$

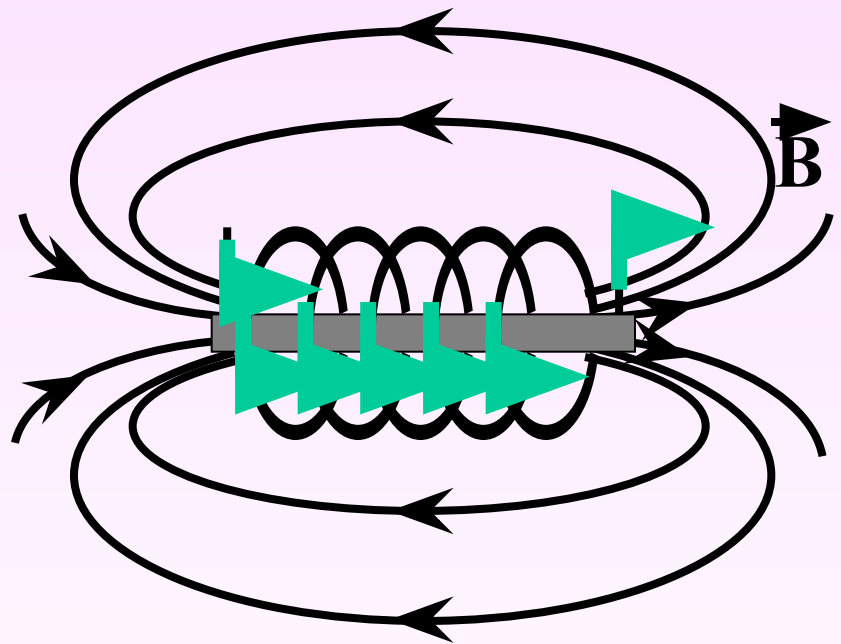


# Линии магнитной индукции

*постоянный магнит*



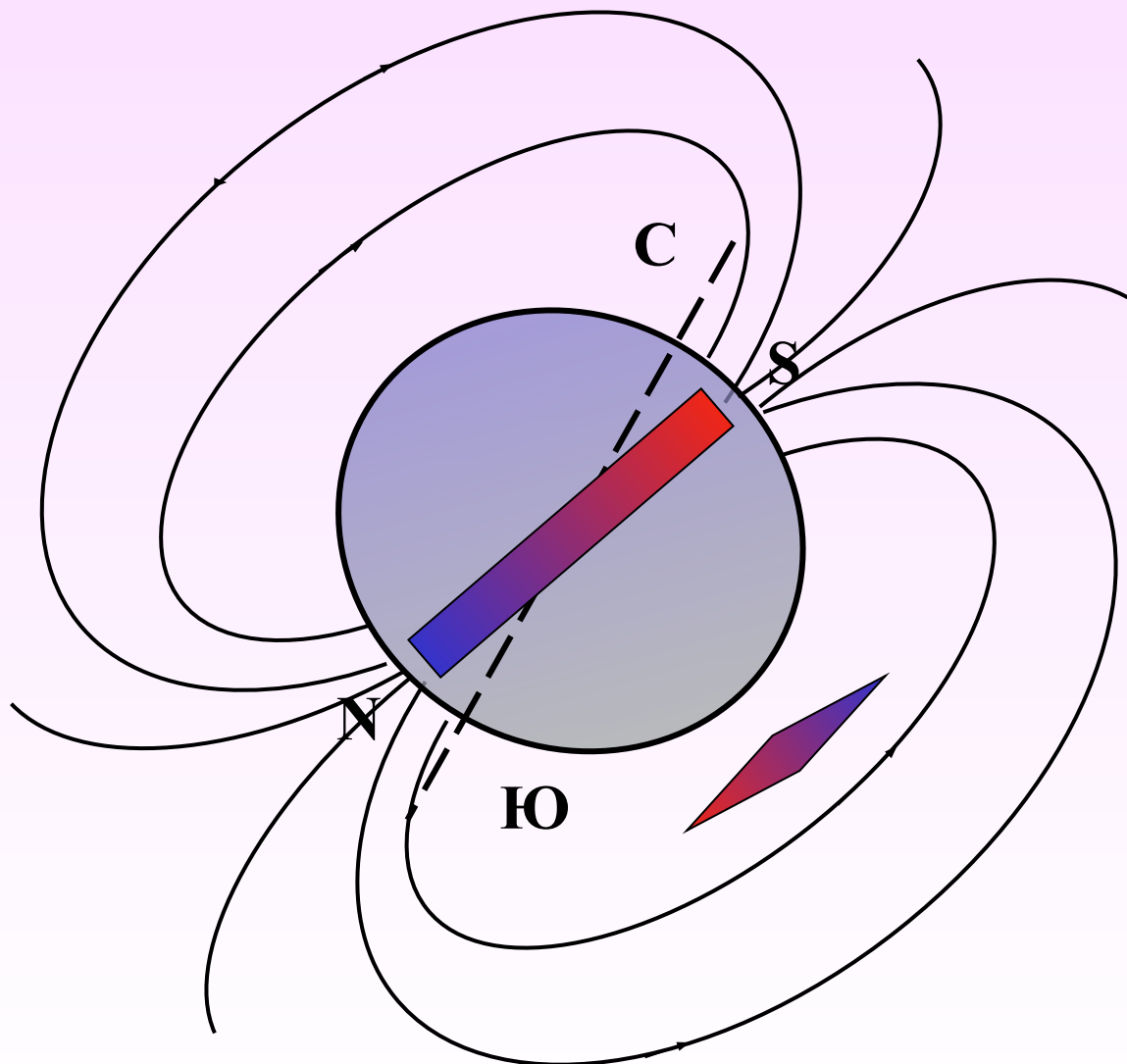
*соленоид*



$$B = \mu\mu_0 I \frac{N}{l}$$







# Магнитное поле Земли



# Сила Ампера



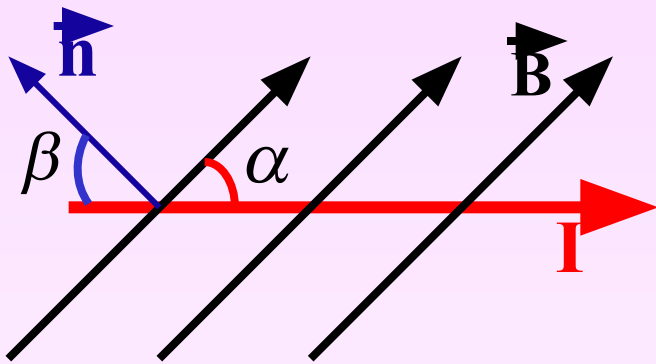
**Сила Ампера** – сила, с которой магнитное поле действует на помещенный в него проводник с током.

- **Значение силы Ампера** 
- **Примеры силы Ампера** 
- **Применение силы Ампера** 
- **Вращающий момент** 





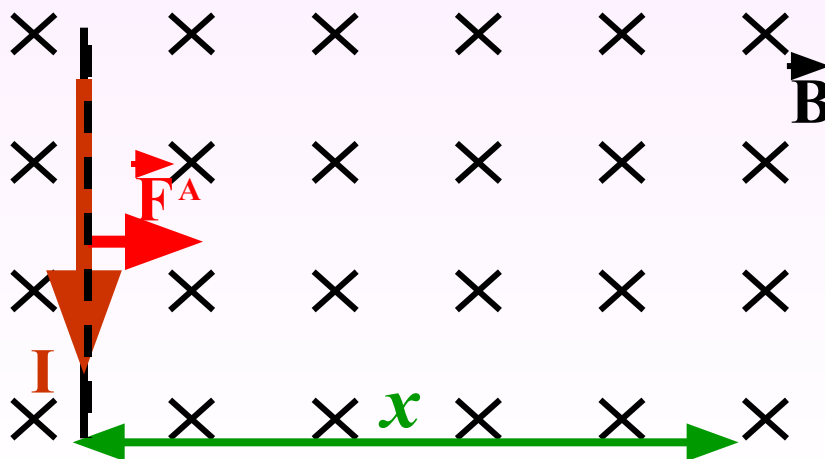
# Сила Ампера



$$F_A = F_{A_{\max}} = IBl \quad \text{если } \alpha = 90^0 (\beta = 0^0)$$

$$F_A = 0 \quad \text{если } \alpha = 0^0 (\beta = 90^0)$$

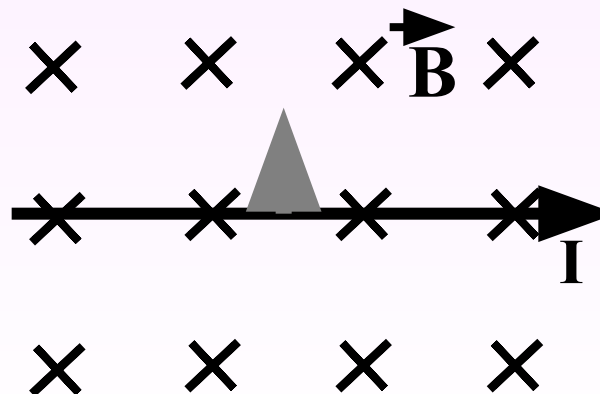
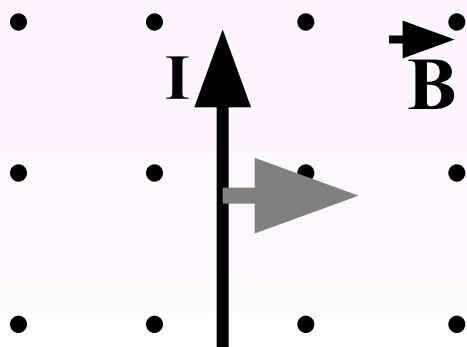
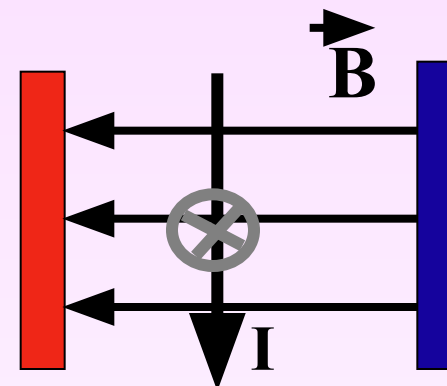
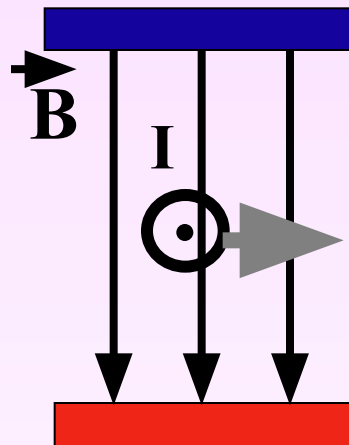
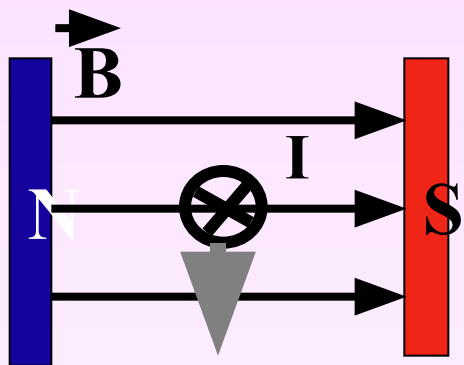
$F_x = IBl \sin \alpha$   
 $F_z = IBl \cos \alpha$



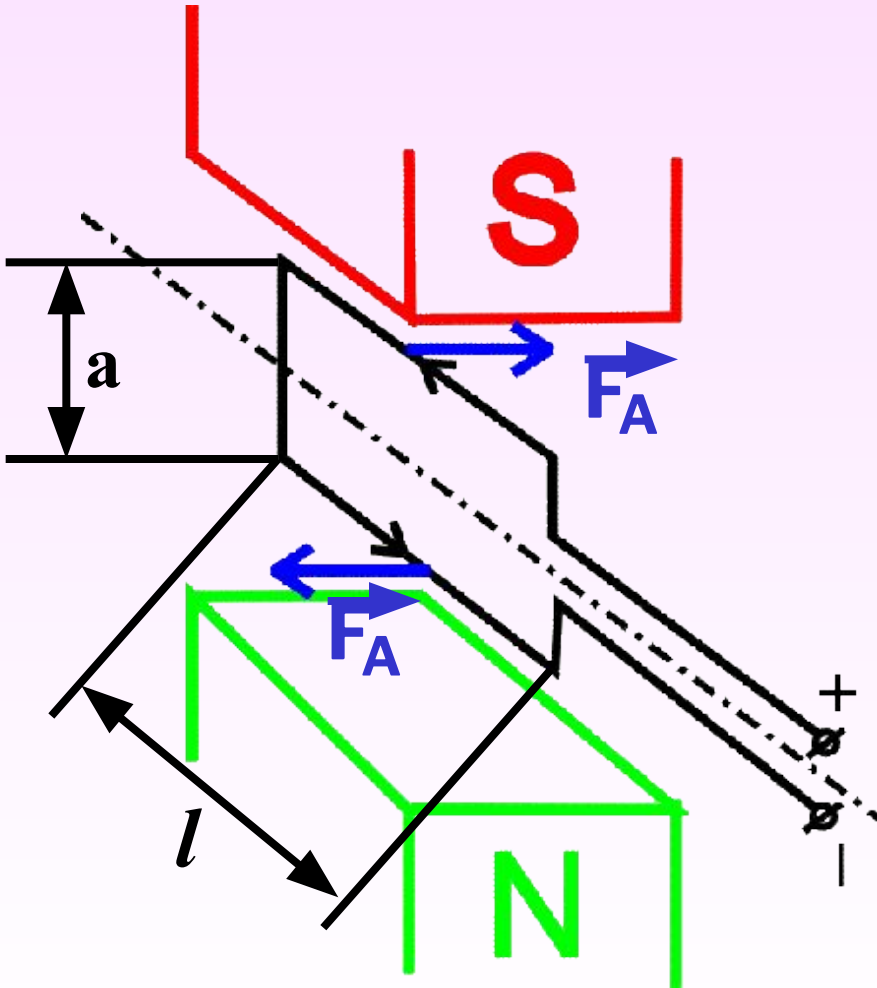
$$A = IBlx$$



# Сила Ампера



# Вращающий момент



$$M = 2F_A \frac{a}{2}$$

$$F_A = IBl$$

$$M = IBla = IBS$$

$$(S = la)$$



# Применение силы Ампера

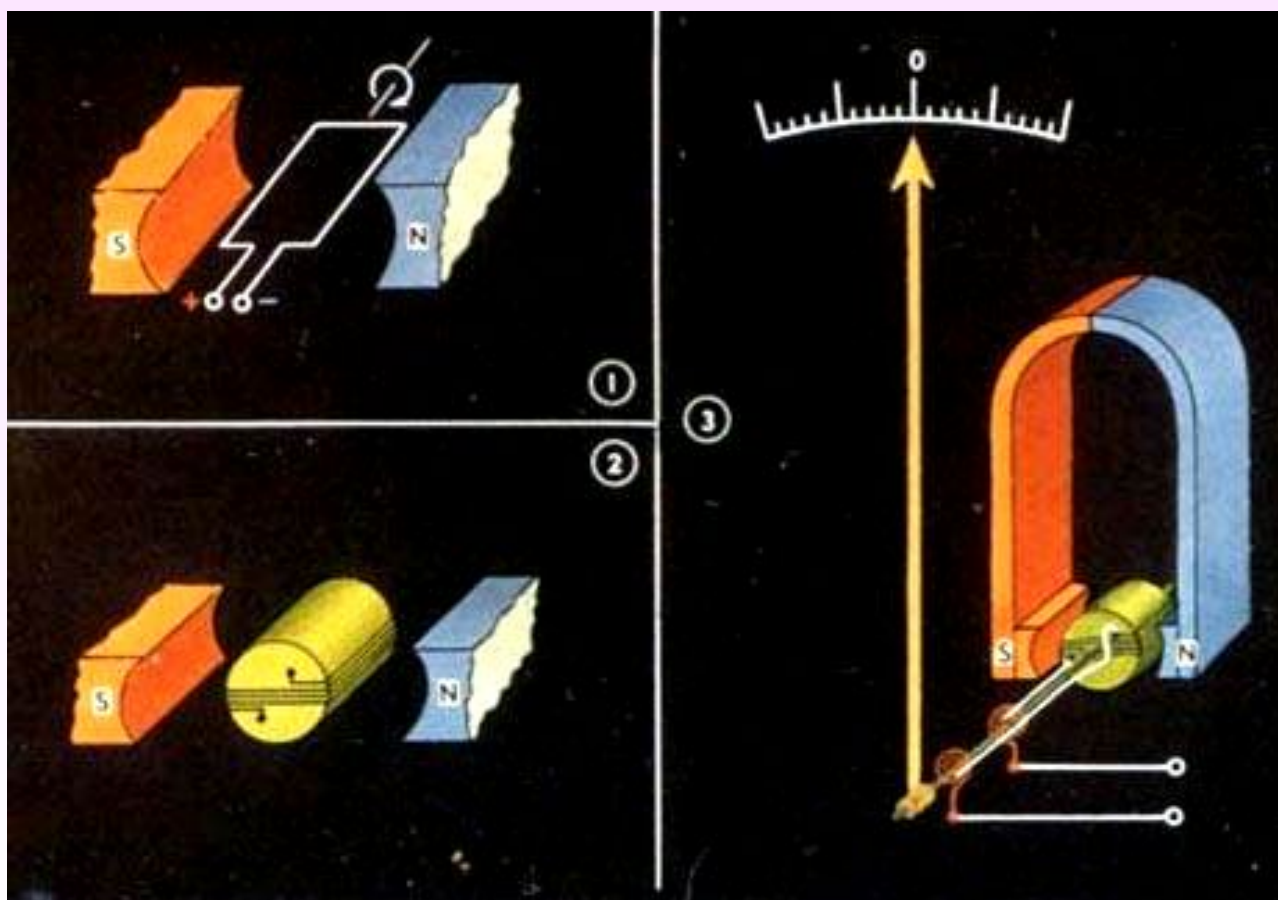
• Электроизмерительные приборы.



• Громкоговоритель.



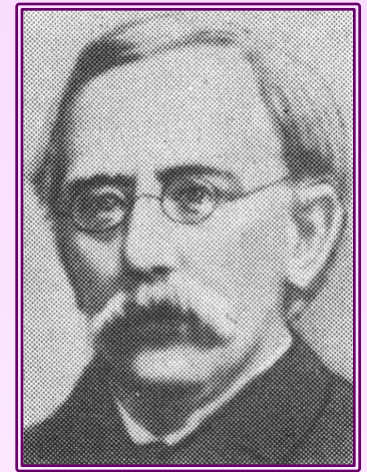
# Электроизмерительные приборы



# Громкоговоритель



# Сила Лоренца

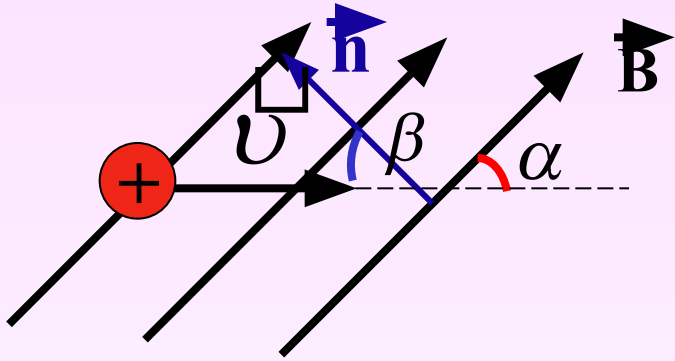


**Сила Лоренца** – сила, с которой магнитное поле действует на движущуюся заряженную частицу.

- **Формула для расчета.** 
- **Движение заряженной частицы в магнитном поле.** 
- **Примеры.** 
- **Масс-спектрограф.** 



# Сила Лоренца



$$F_{Л} = qvB \sin \alpha$$

$$F_{Л} = qvB \cos \beta$$

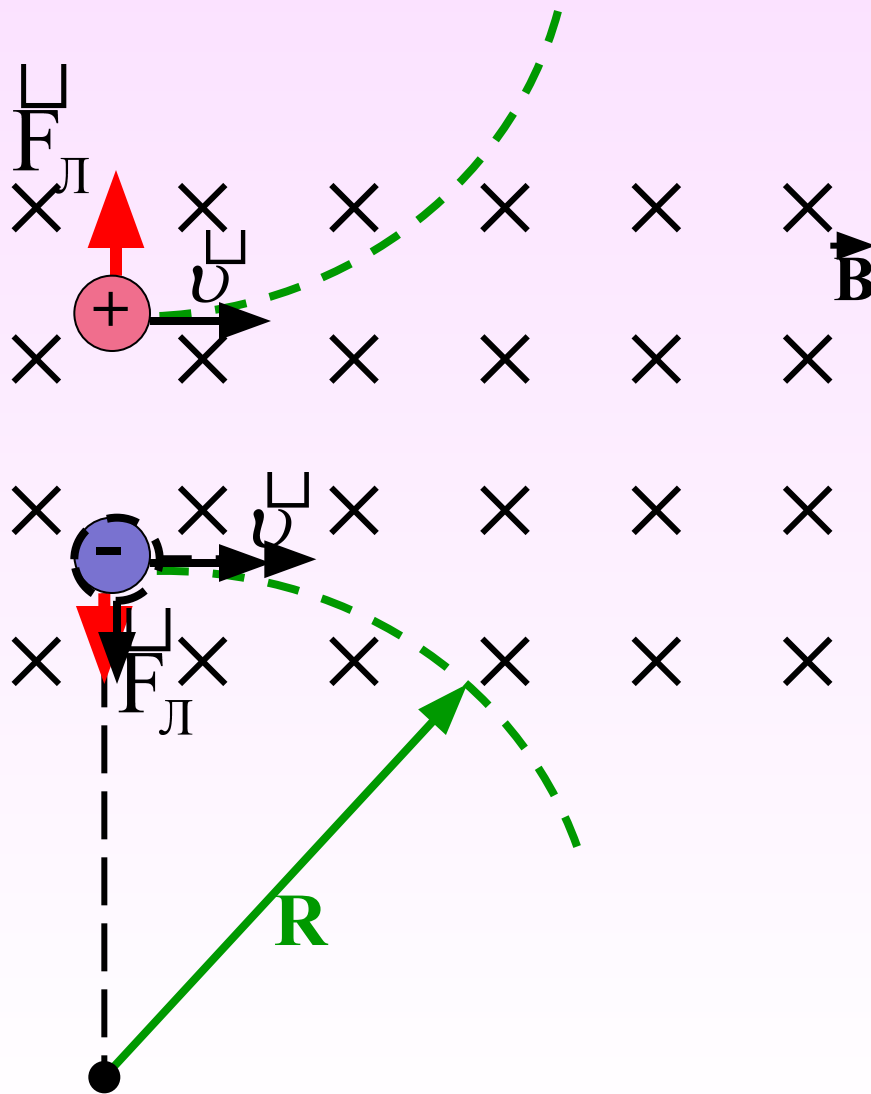
$$F_{Л} = 0 \quad \text{если} \quad \alpha = 0^{\circ} \quad \beta = ( 90^{\circ} )$$

$$F_{Л} = F_{Л \max} = qvB \quad \text{если} \quad \alpha = 90^{\circ} \quad \beta = ( 0^{\circ} )$$





# Сила Лоренца



$$F_L = qvB$$

$$F_L = ma_y$$

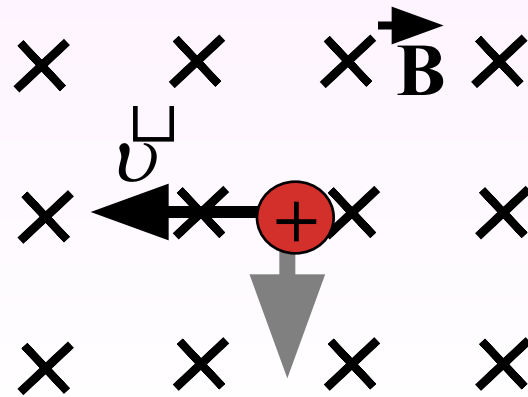
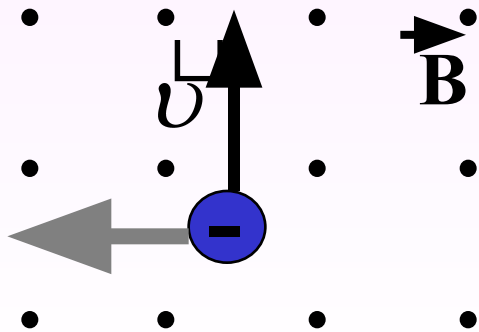
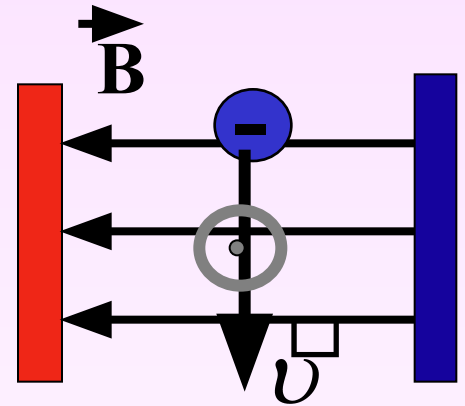
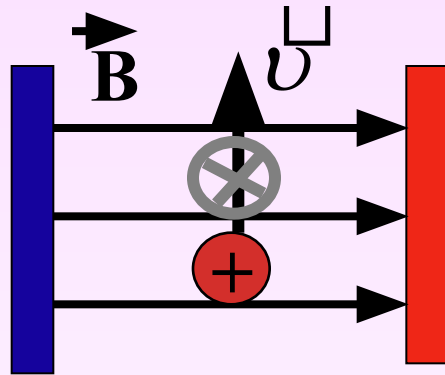
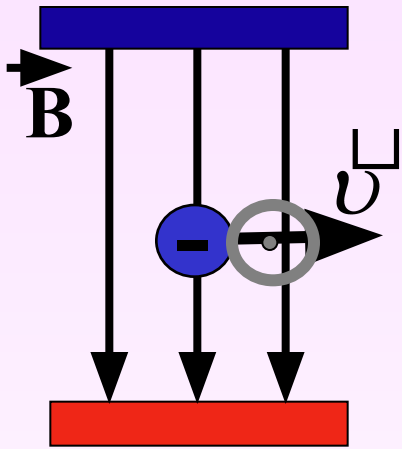
$$a_y = \frac{v^2}{R}$$

$$m \frac{v^2}{R} = qvB$$

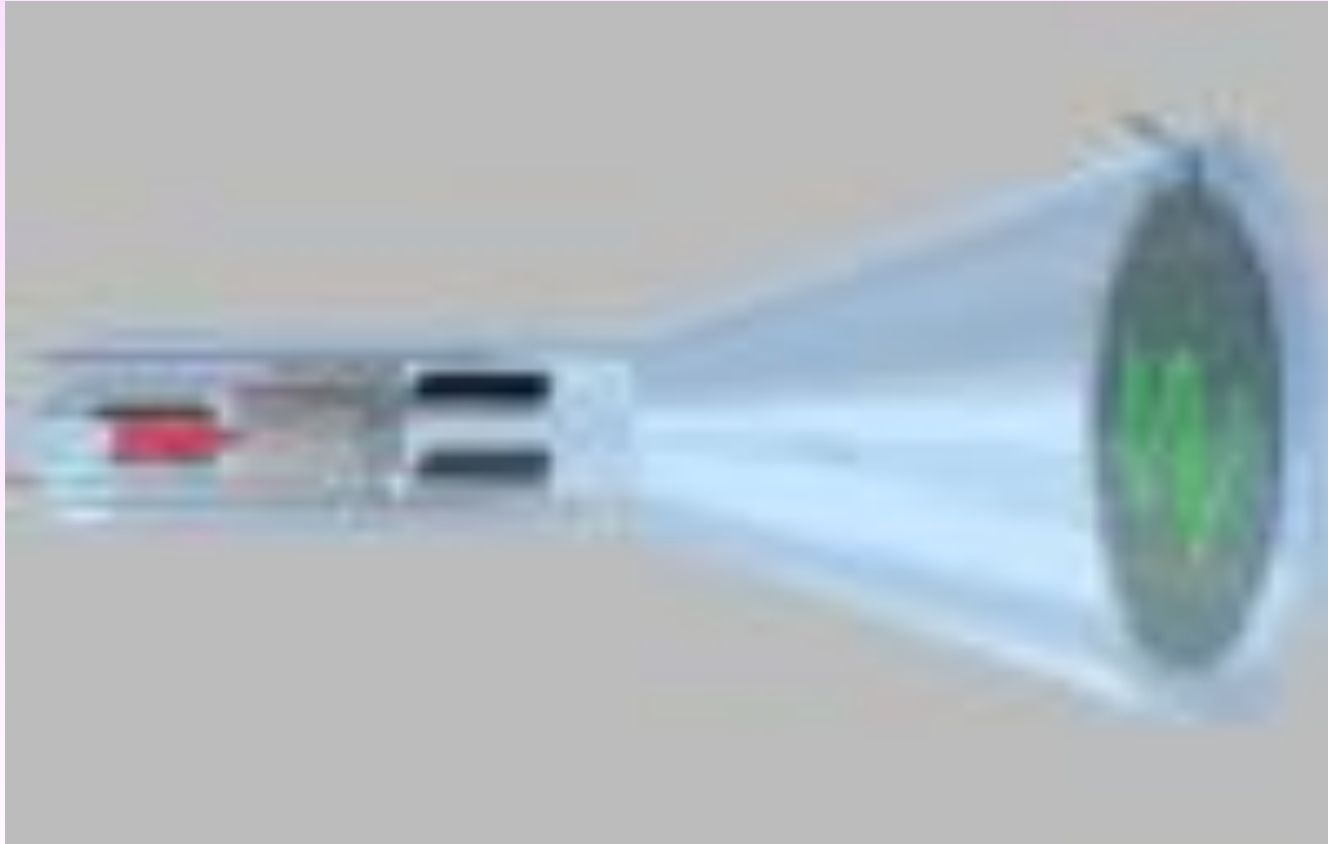
$$R = \frac{mv}{qB}$$



# Сила Лоренца



# Сила Лоренца



# Масс-спектрограф

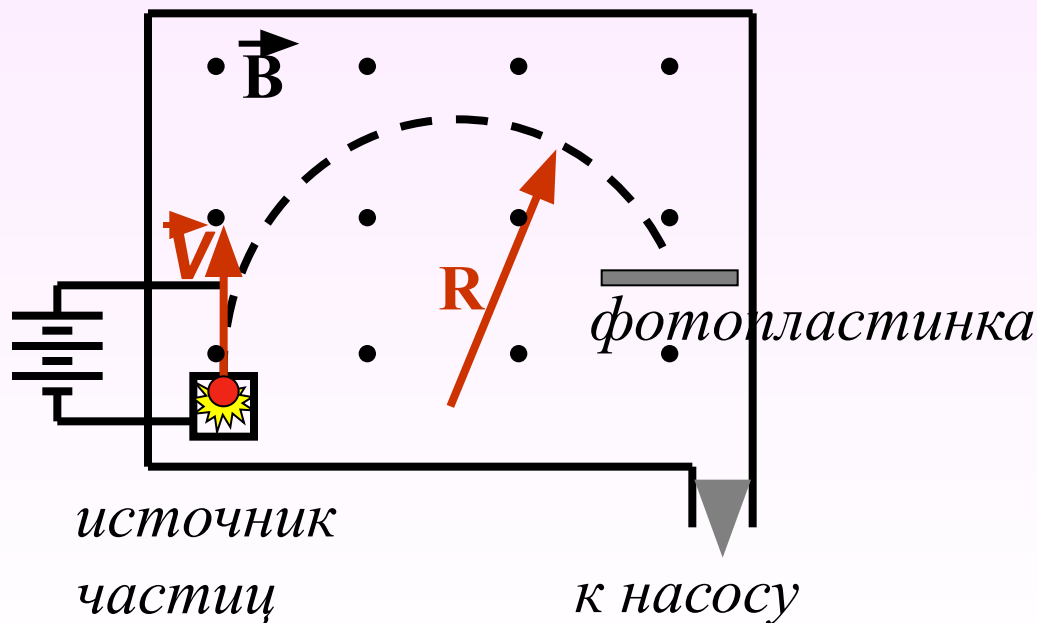
Масс-спектрограф – прибор, позволяющий разделять заряженные частицы по их удельным зарядам.

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{RB} \quad \text{удельный заряд}$$

$$\frac{mv^2}{2} = qU$$

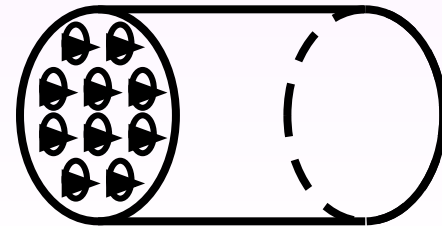
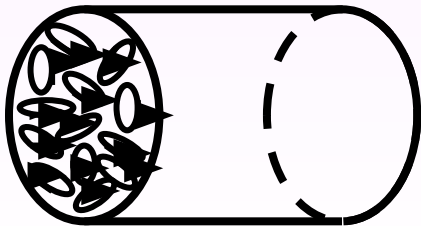
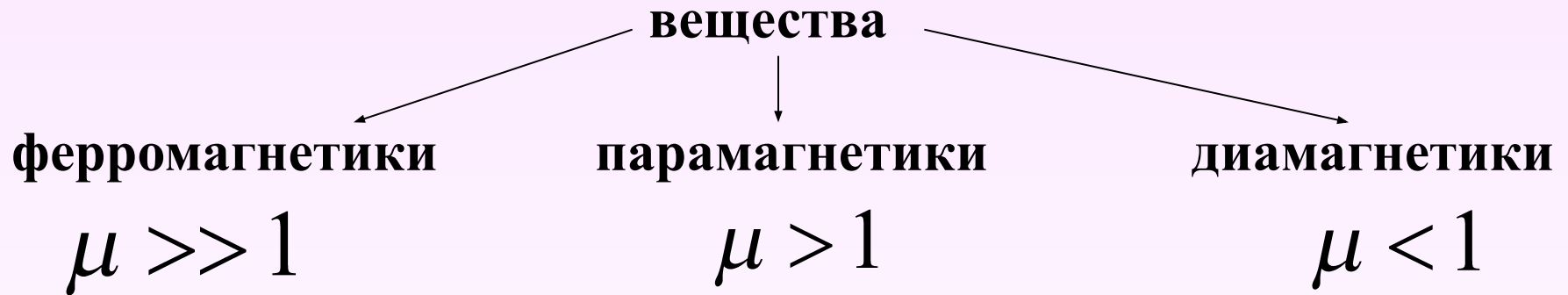
$$v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$$

$$\frac{q}{m} = \frac{2U}{R^2 B^2}$$



# Магнитные свойства вещества

**Гипотеза Ампера** - магнитные свойства тела можно объяснить циркулирующими внутри него токами.



# Магнитные свойства вещества

<i>вид вещества</i>	<i>ферро-магнетики</i>	<i>пара-магнетики</i>	<i>диа-магнетики</i>
<i>свойства</i>	<i>Большое усиление магнитного поля</i>	<i>Малое усиление магнитного поля</i>	<i>Малое ослабление магнитного поля</i>
<i>маг. прониц.</i>	$\mu \gg 1$	$\mu > 1$	$\mu < 1$
<i>температурная зависимость</i>	<i>М уменьшается с повышением температуры. (При достижении температуры Кюри маг. свойства не проявляются).</i>	<i>М уменьшается с повышением температуры</i>	<i>М не зависит от температуры</i>
<i>примеры</i>	<i>железо, кобальт, никель</i>	<i>алюминий, платина, кислород</i>	<i>вода, висмут, поваренная соль</i>

