



ТОК И ЗАРЯД В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

План лекции

1. Заряд в магнитном поле

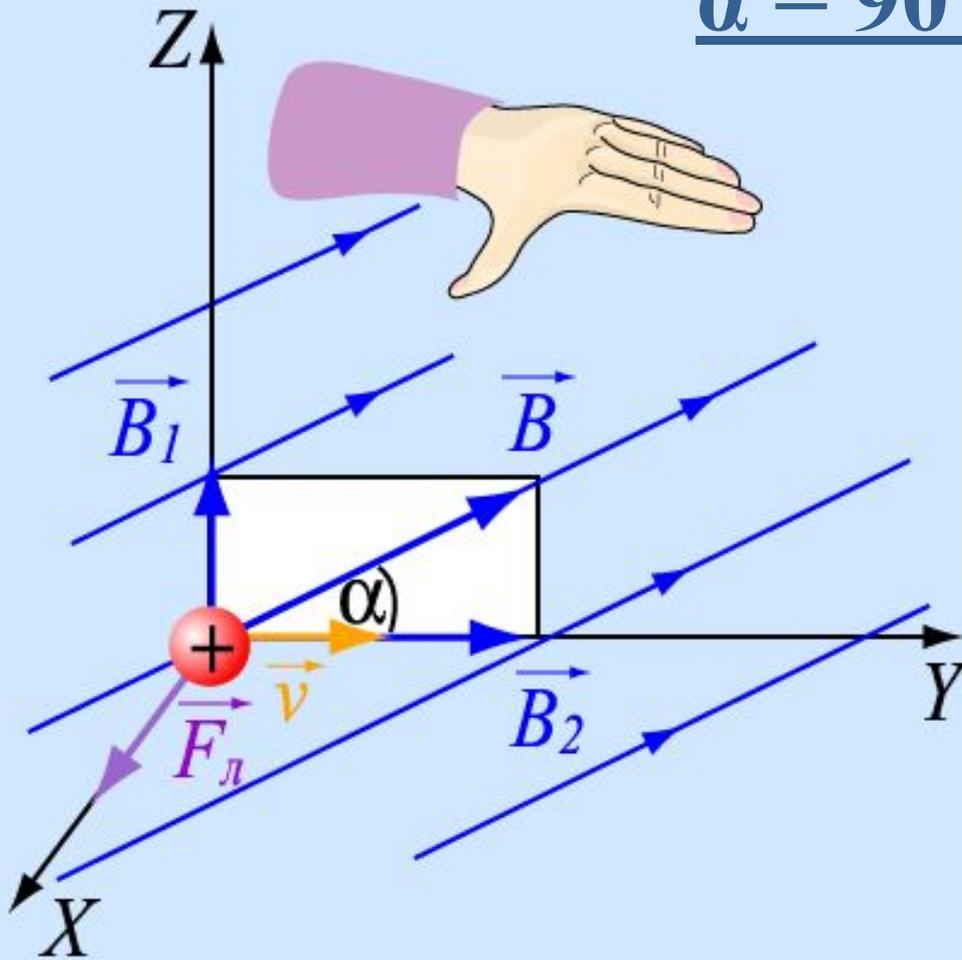
3

2. Проводник с током в магнитном поле

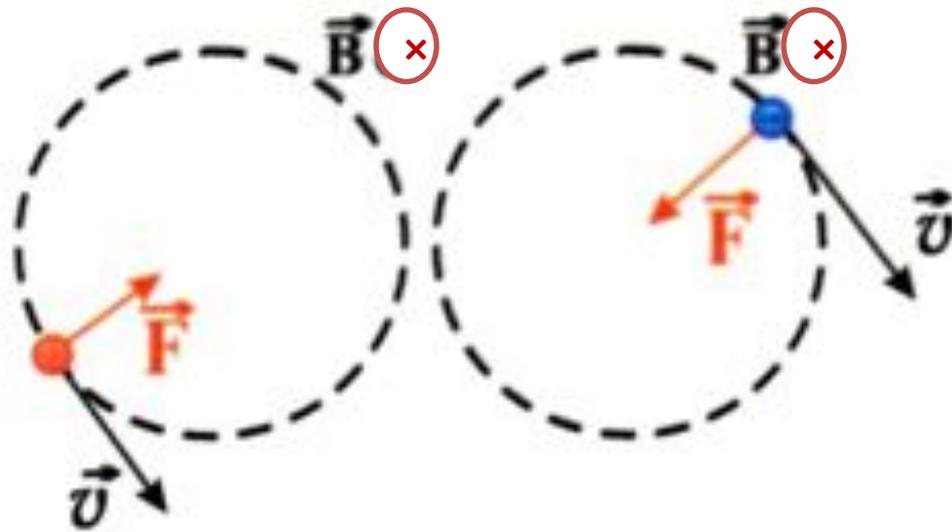
11

1. Заряд в магнитном поле

$\alpha = 90^\circ$ - траектория - окружность



$$\vec{F}_L = q[\vec{v}, \vec{B}] \quad \text{- сила Лоренца}$$



$q > 0$

$q < 0$

$$\vec{F} = q [\vec{v} \vec{B}]$$



$$v = const, \quad a_{\tau} = 0,$$

$$a_n = \frac{F}{m} = \frac{qvB}{m}, \quad a_n = \frac{v^2}{R},$$

$$R = \frac{mv}{qB}, \quad T = \frac{2\pi m}{qB},$$

$$\omega_{\text{ц}} = \frac{2\pi}{T} = \frac{qB}{m}$$

- циклотронная частота

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m}$$

Вывод: частота (период) вращения не зависит от скорости. Этот факт используется в устройстве – циклотроне.

ЦИКЛИЧЕСКИЙ УСКОРИТЕЛЬ

1. Полюс электромагнита
2. Мишень
3. Шток
4. Полюс электромагнита
5. Дуанты
6. Коробка
7. Изоляторы

ВНЕШНИЙ ВИД
ЦИКЛИЧЕСКОГО
УСКОИТЕЛЯ

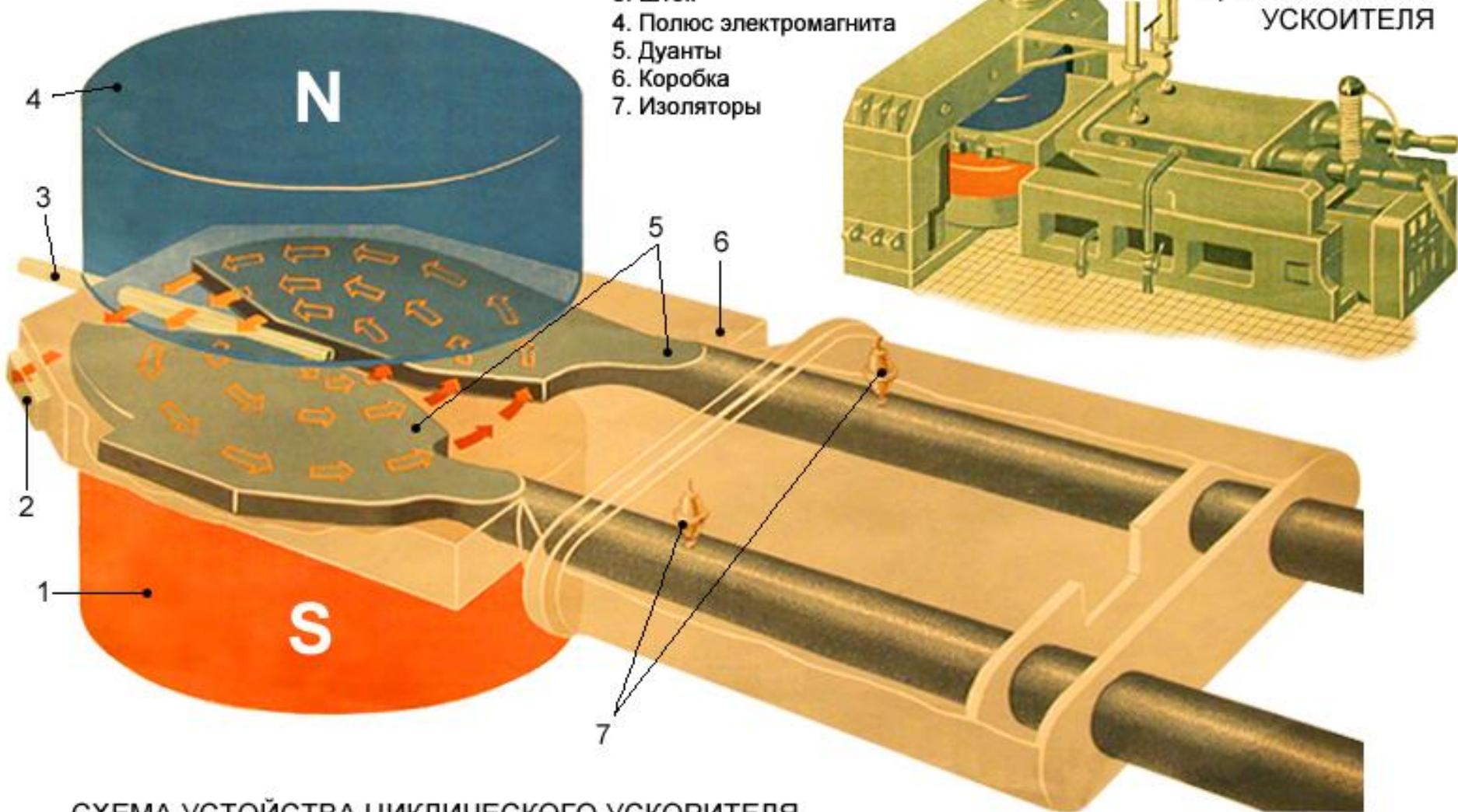
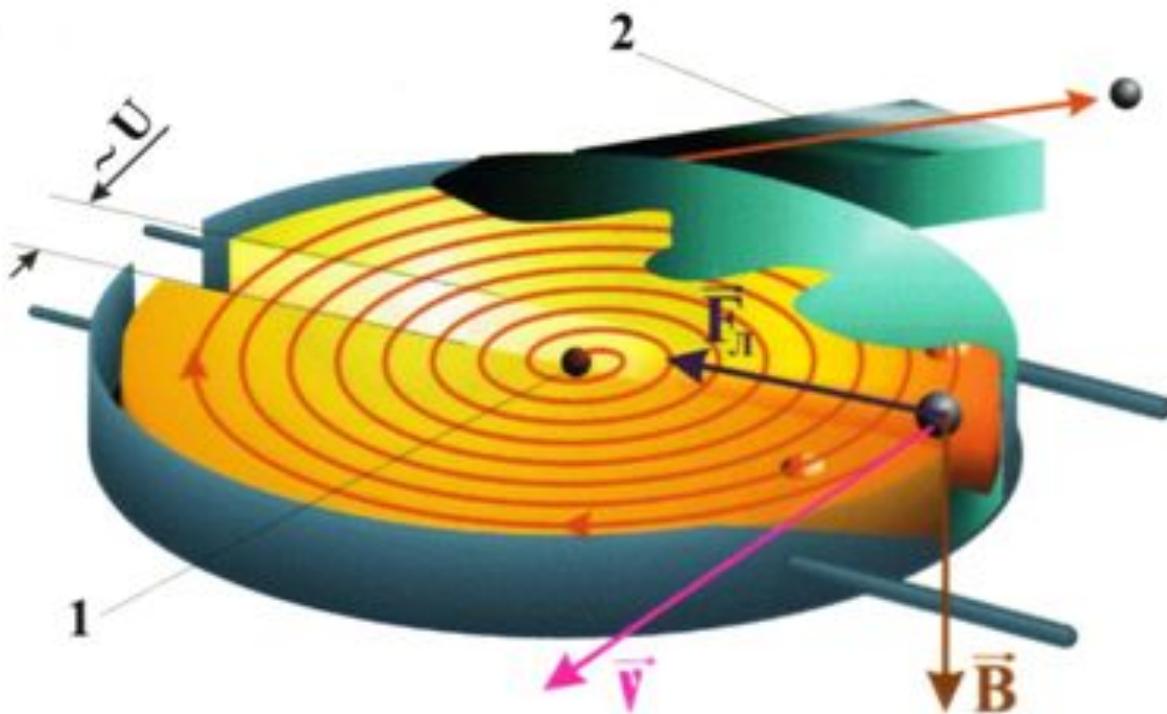


СХЕМА УСТОЙСТВА ЦИКЛИЧЕСКОГО УСКОРИТЕЛЯ



- $\sim U$ - переменное напряжение между дуантами
 B - индукция магнитного поля
1. Область инжекции электронов
 2. Вывод электронов

В циклотроне тяжёлые ускоряемые частицы инжектируются в камеру вблизи её центра. После этого они движутся внутри полости двух чуть раздвинутых полуцилиндров (дуантов), помещенных в вакуумную камеру между полюсами сильного электромагнита. Однородное магнитное поле этого электромагнита искривляет траекторию частиц.

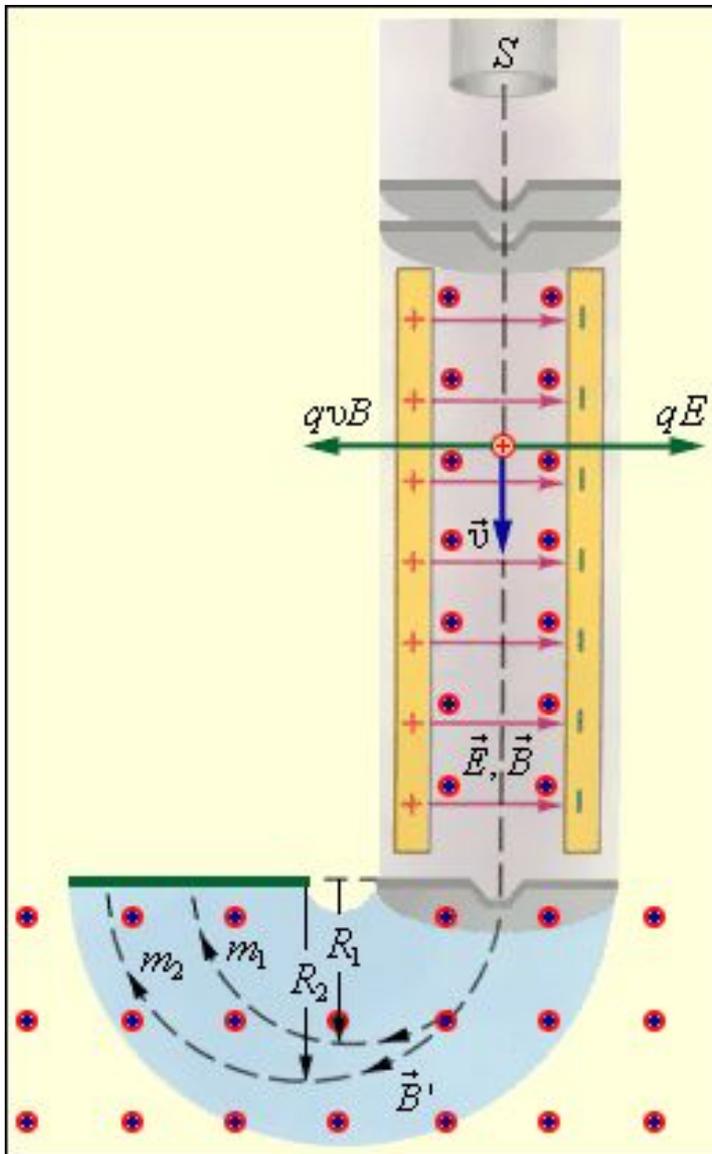
Ускорение движущихся частиц происходит в тот момент, когда они

оказываются в зазоре между дуантами.

В этом месте на них действует электрическое поле, создаваемое электрическим генератором высокой частоты, которая совпадает с частотой обращения частиц внутри циклотрона (циклотронной частотой).

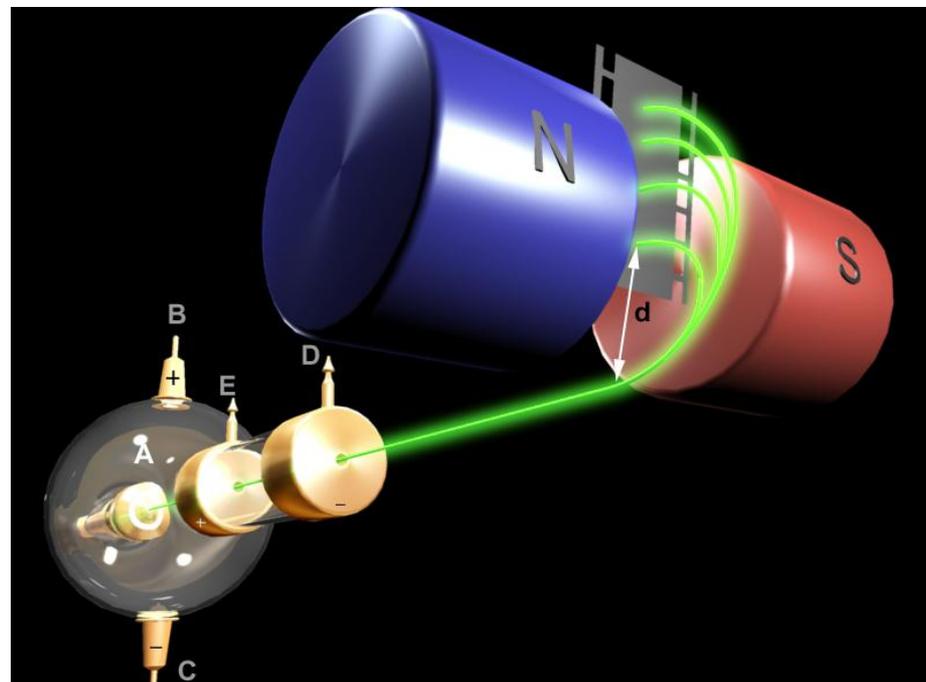
В циклотроне образуются пучки электронов со скоростями порядка $10^6 - 10^7$ м/с

МАСС-СПЕКТРОГРАФ

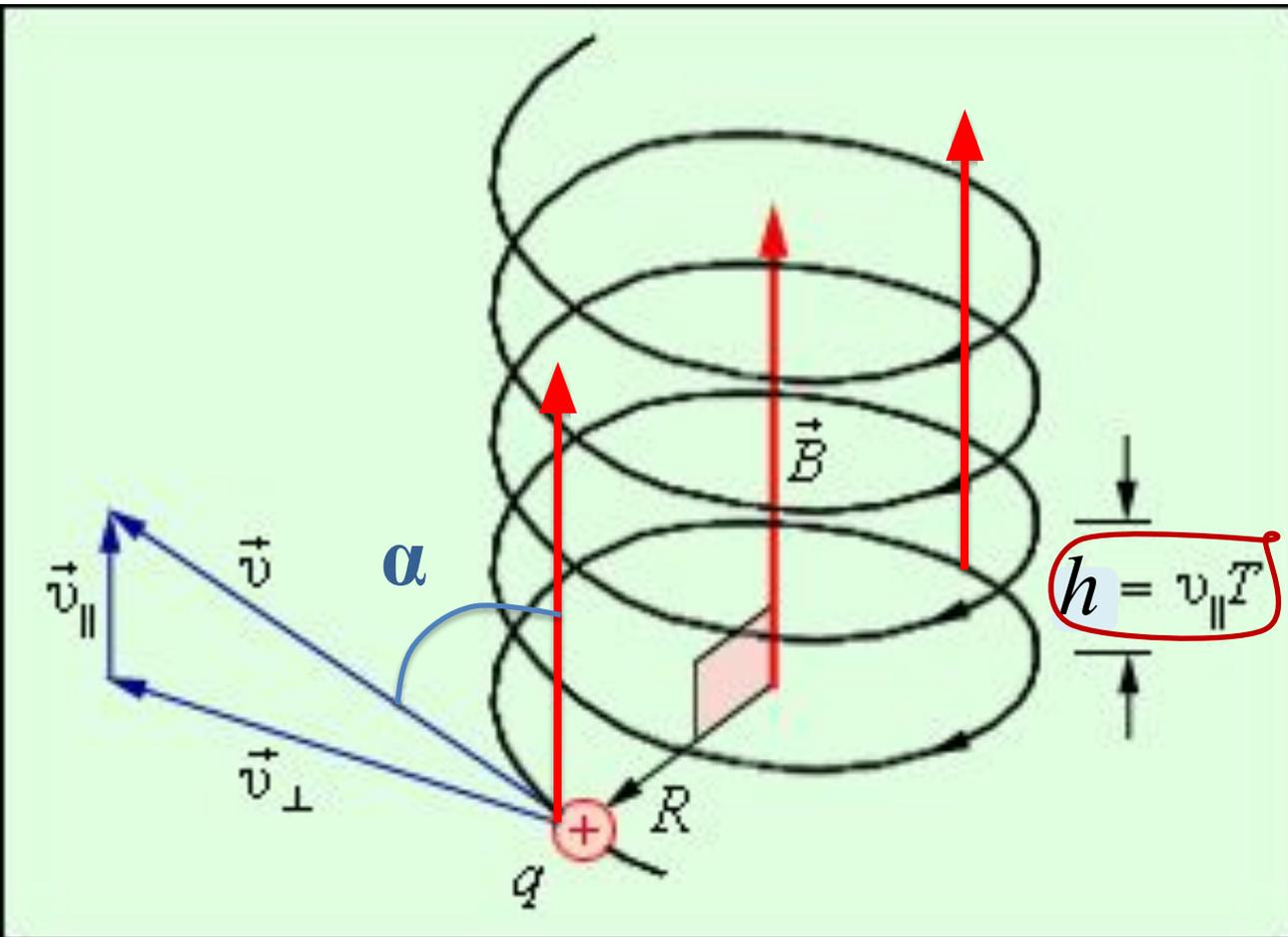


$$|q|VB = |q|E \Rightarrow V = \frac{E}{B};$$

$$R = \frac{mV}{|q|B'} \Rightarrow m = \frac{B}{E}|q|RB'.$$



$\alpha \neq 90^\circ$ - траектория – винтовая линия



$$R = \frac{mv_\perp}{qB}$$

$$v_\perp = v \sin \alpha$$

$$v_\parallel = v \cos \alpha$$



РЕЛЯТИВИСТСКИЙ СЛУЧАЙ

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{m\vec{V}}{\sqrt{1-V^2/c^2}} \right) = q [\vec{V} \times \vec{B}]; \quad \vec{V} = V\vec{\tau} \Rightarrow \frac{d}{dt} \left(\frac{mV\vec{\tau}}{\sqrt{1-V^2/c^2}} \right) = q [V\vec{\tau} \times \vec{B}].$$

$$\vec{F}_л \perp \vec{V} \Rightarrow V = const \Rightarrow \frac{mV}{\sqrt{1-V^2/c^2}} \left(\frac{d\vec{\tau}}{dt} \right) = qV [\vec{\tau} \times \vec{B}];$$

$$\frac{d\vec{\tau}}{dt} = \omega \vec{n}; \quad [\vec{\tau} \times \vec{B}] = B\vec{n} \Rightarrow$$

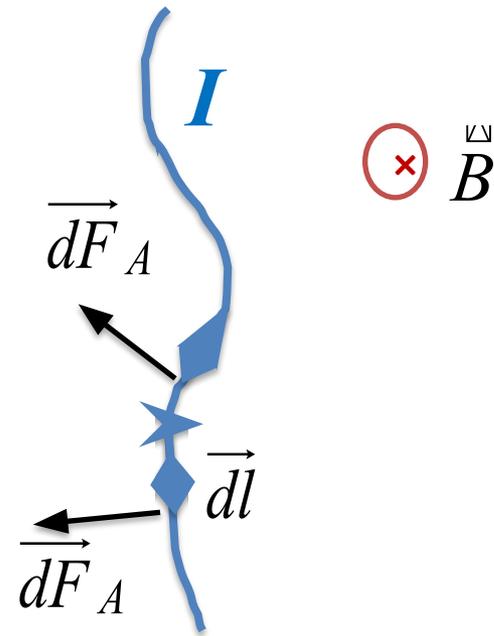
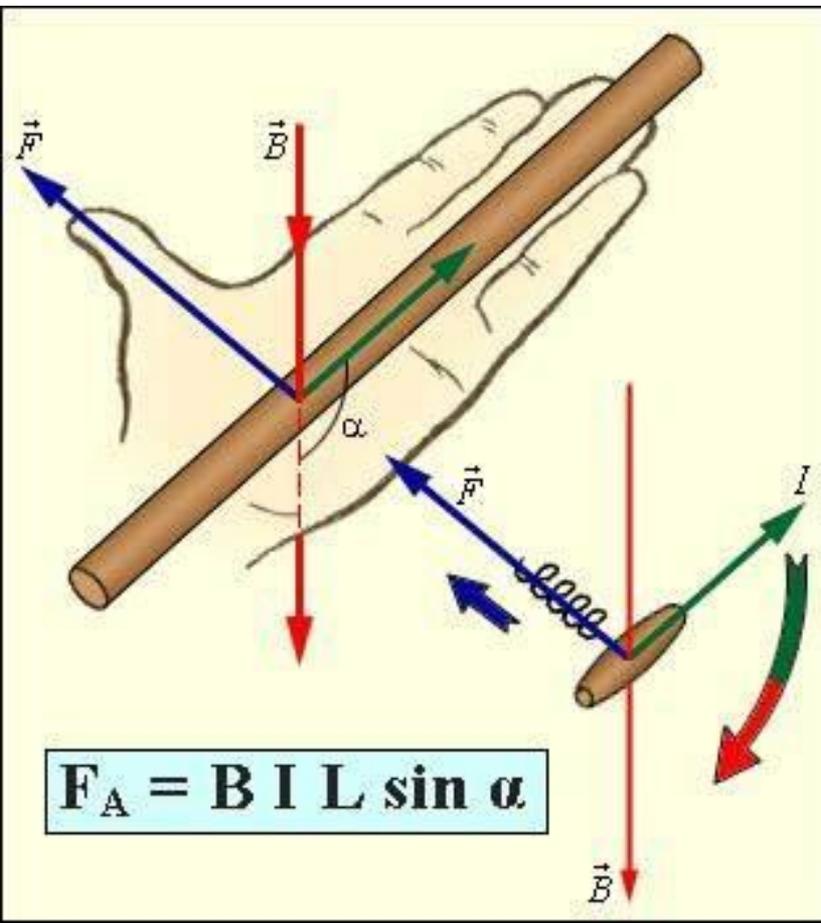
$$\frac{m\omega}{\sqrt{1-V^2/c^2}} = |q|B \Rightarrow \omega = \frac{|q|B}{m} \sqrt{1-V^2/c^2};$$

$$R = \frac{V}{\omega} = \frac{mV}{|q|B} \frac{1}{\sqrt{1-V^2/c^2}}.$$

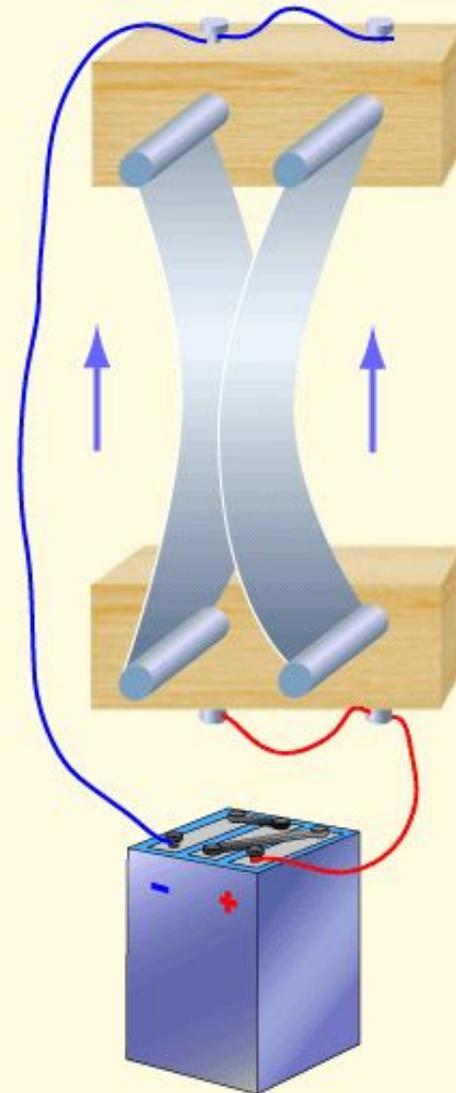
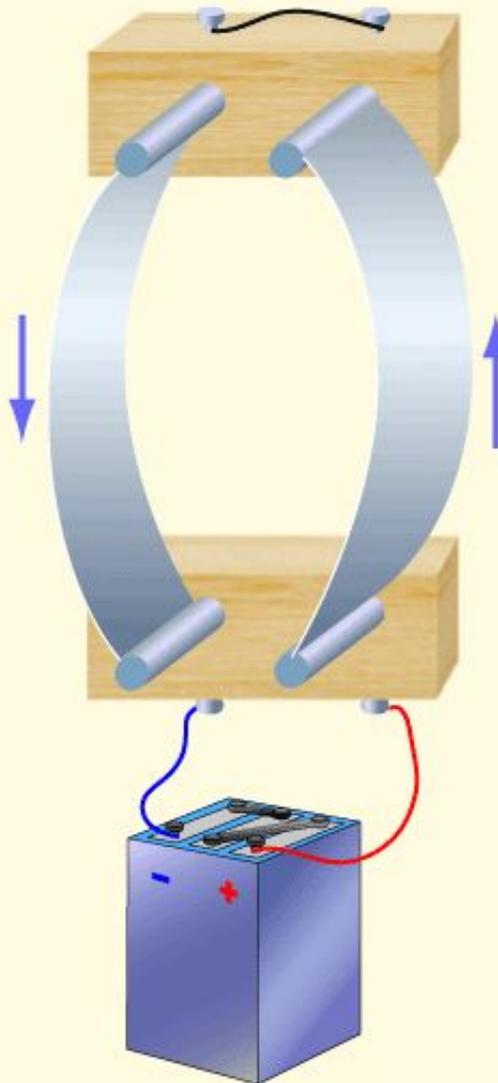
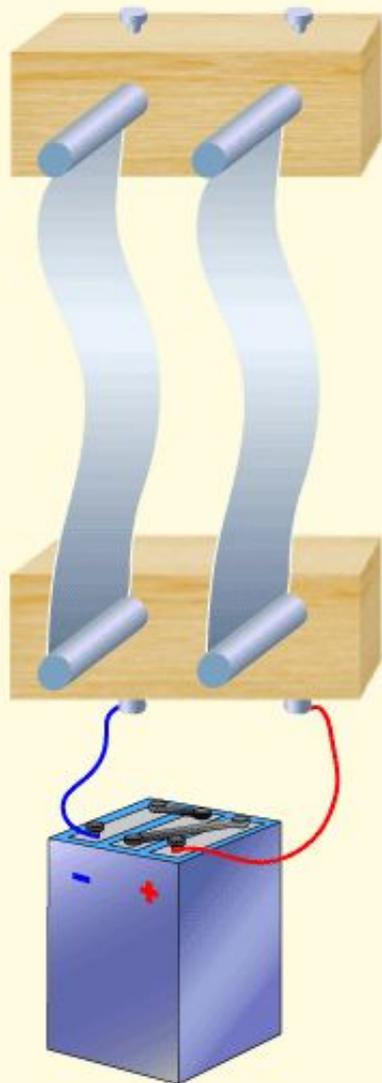
2. Проводник с током в магнитном поле

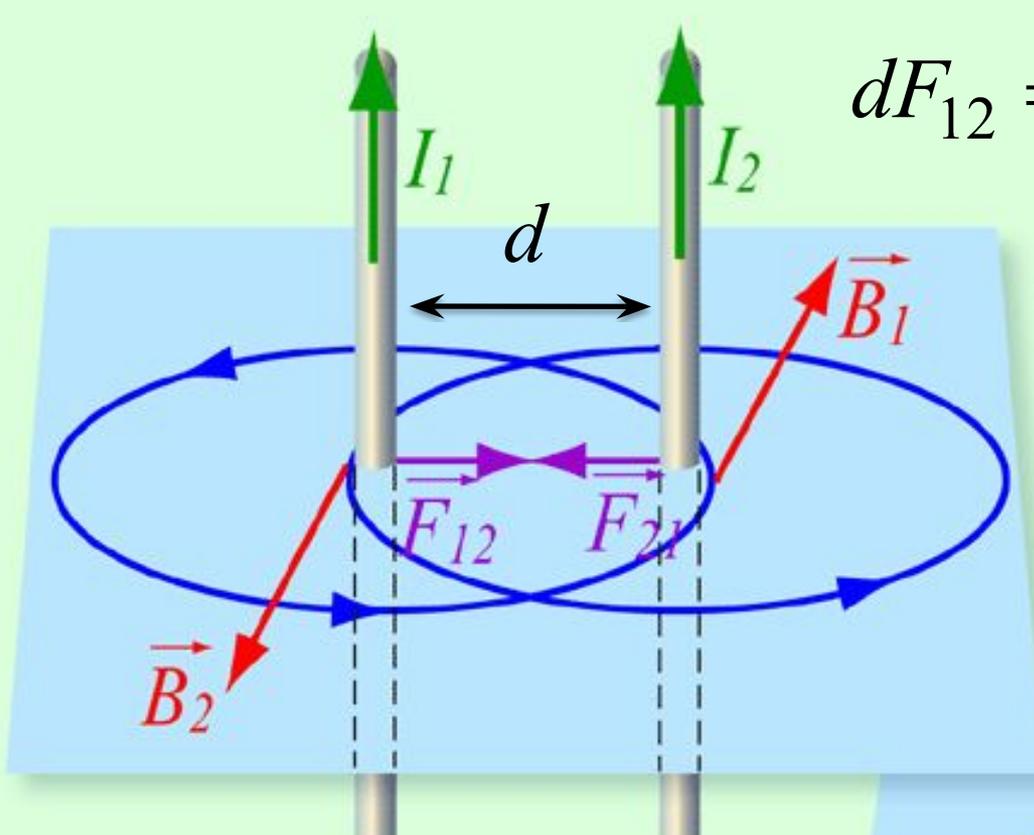
поле $\vec{F}_A = \int_L \vec{dF}_A = I \int_L [\vec{dl}, \vec{B}]$ -сила Ампера

Частный случай:
проводник прямой,
поле однородное



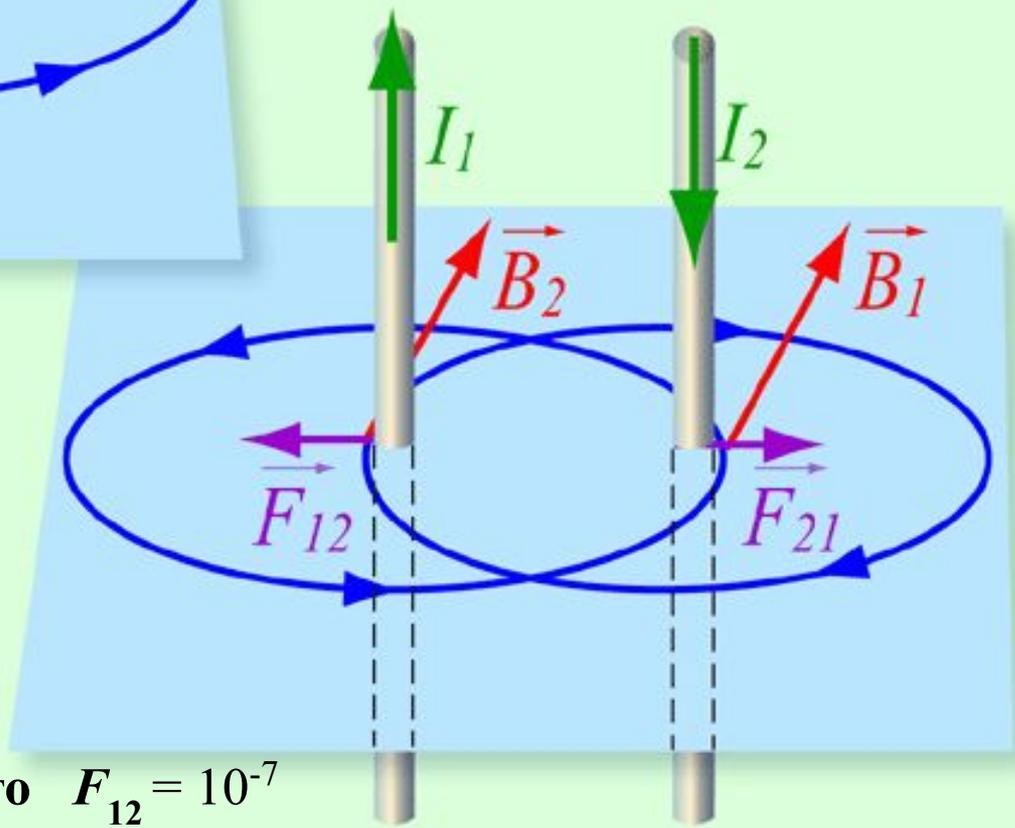
Взаимодействие токов





$$dF_{12} = I_1 \cdot dl \cdot B_2, \quad B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{4\pi d}$$

$$dF_{12} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{4\pi d} dl$$



Сила взаимодействия, приходящаяся на единицу длины

$$F_{12} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{4\pi d} \quad \longrightarrow \quad [A]$$

Если $I_1 = I_2 = 1 \text{ А}$, $d = 1 \text{ м}$, то $F_{12} = 10^{-7} \text{ Н}$.