

A diagram of Earth showing its magnetic field. The Earth is a blue and white sphere in the center. Above it is a white 'N' and below it is a white 'S'. Surrounding the Earth are several concentric, glowing blue rings. Between these rings are smaller, more complex blue loops. The background is a dark, starry space.

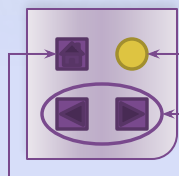
# Магнитное поле

Инструкция к  
просмотру

Начать показ

# Инструкция к просмотру

- Для полного просмотра презентации необходимо иметь:
  - 1) Компьютер
  - 2) Мышь, клавиатуру
  - 3) Установленную программу Macromedia Flash Player



Открытие и закрытие меню (нажатие левой клавиши мыши)

Кнопки возвращения и перехода к следующему слайду темы

Переход к месту активации гиперссылки

Просмотр опыта

Кнопка просмотра опыта

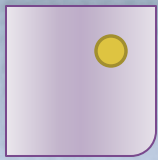
[Ханс Эрстед](#)

Ссылка на биографию

Клавиша Esc

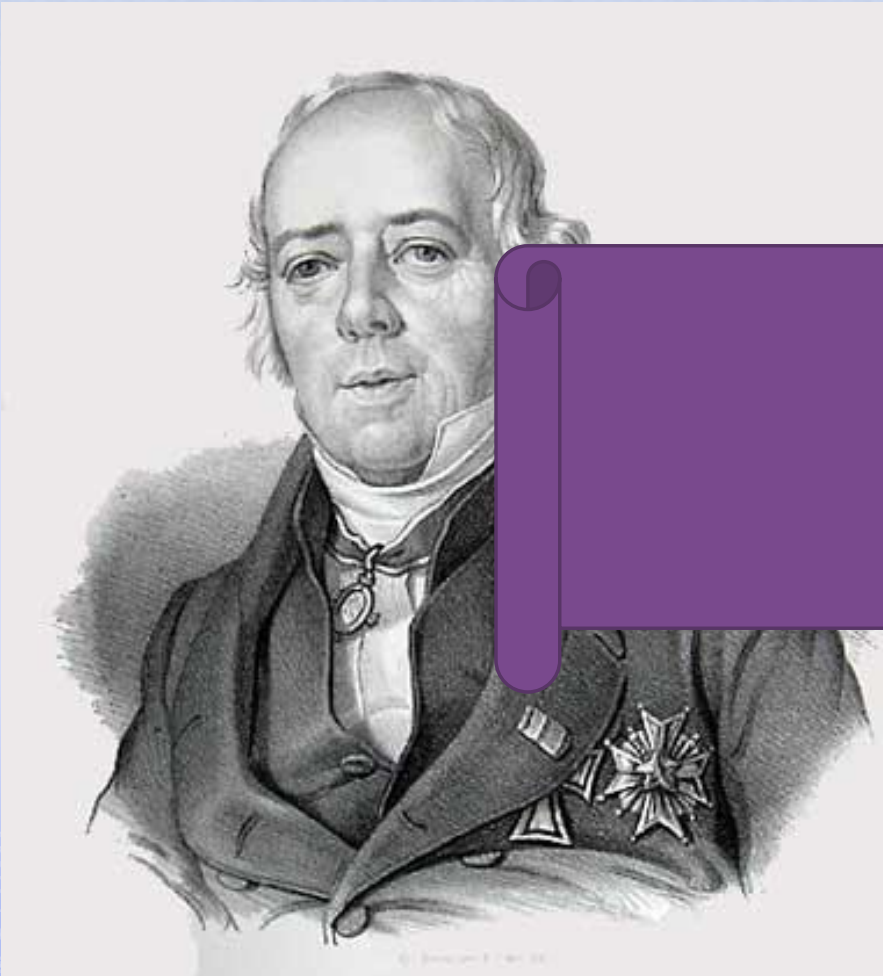
Завершение показа

Начать показ



# Ханс Эрстед (1777—1851).

- Датский физик. Окончил Копенгагенский университет (1797). С 1800 адъюнкт, с 1806 профессор Копенгагенского университета. С 1815 неперменный секретарь Датского королевского общества. С 1829 одновременно директор организованной по его инициативе Политехнической школы в Копенгагене. Руководил созданным им обществом по распространению естественных научных знаний



и химии, физике, химии, астрономии. Главная заслуга Эрстеда — открытие электромагнетизма с помощью электрическими и магнитными полями. Он открыл закон по отклонению магнитной стрелки от направления тока в проводнике с током. Это открытие привело к созданию большого числа устройств, которые привели к развитию электротехники. Он открыл способ получения жидкостей, используя изобретенный (1822) им пьезометр. Первым (1825) получил относительно чистый алюминий. Почетный член Петербургской АН (с 1830). В честь Эрстеда названа единица напряженности магнитного поля в СГС системе единиц.

[Назад](#)



# Магнитное поле

1. [Опыт Эрстеда](#)
2. [Взаимодействие токов](#)
3. [Магнитное поле и его свойства](#)
4. [Вектор магнитной индукции](#)
5. [Закон Био-Савара-Лапласа](#)
6. [Сила Лоренца](#)
7. [Литература](#)

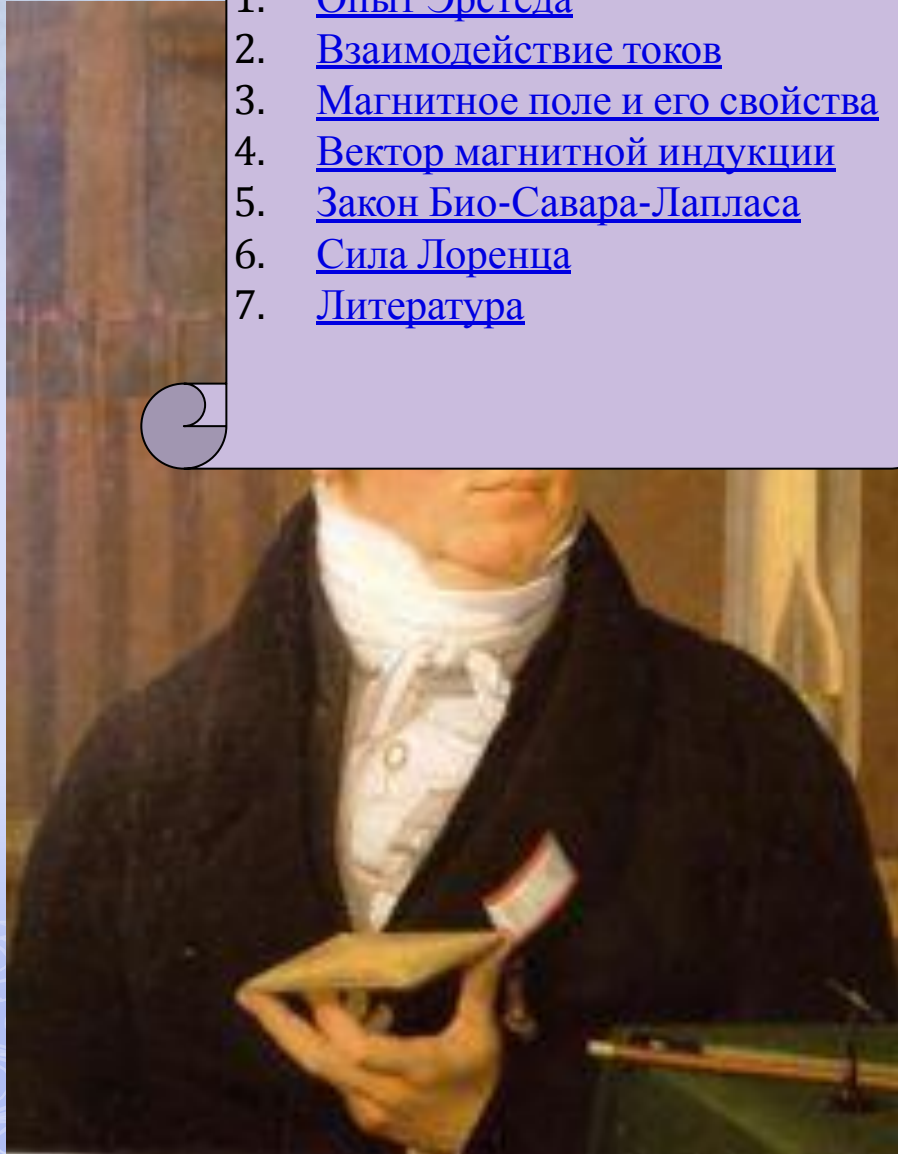
# Ханс Эрстед

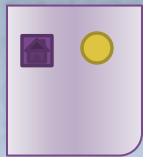
1. [Опыт Эрстеда](#)
2. [Взаимодействие токов](#)
3. [Магнитное поле и его свойства](#)
4. [Вектор магнитной индукции](#)
5. [Закон Био-Савара-Лапласа](#)
6. [Сила Лоренца](#)
7. [Литература](#)

- Первые опыты по действию проводника с током на магнитную стрелку [Ханс Эрстед](#) провел в 1820.
- При включении источника питания магнитная стрелка почти мгновенно ориентируется по полю, при выключении, “неспеша” возвращается в исходное состояние.

Просмотр опыта

- Примечание: В настоящем опыте используется малый ток. При большем токе магнитная стрелка легко преодолевает “предел” в  $45^\circ$ .





# (1777—1851).

1. [Опыт Эрстеда](#)
2. [Взаимодействие токов](#)
3. [Магнитное поле и его свойства](#)
4. [Вектор магнитной индукции](#)
5. [Закон Био-Савара-Лапласа](#)
6. [Сила Лоренца](#)
7. [Литература](#)

датский физик. Окончил Копенгагенский университет (1797). С 1800 адъюнкт, с 1806 профессор Копенгагенского университета. С 1815 перманентный секретарь Датского королевского общества. С 1829 одновременно директор организованной по его инициативе политехнической школы в Копенгагене. Руководил созданным им обществом по распространению естественнонаучных знаний (1824). Основные труды по физике, химии, философии. Важнейшая научная заслуга Эрстеда – установление связи между электрическими и магнитными явлениями в опытах по отклонению магнитной стрелки под действием проводника с током. Сообщение об этих опытах, опубликованное в 1820, вызвало большое число исследований, которые в итоге привели к созданию электродинамики и электротехники. Эрстед изучал также сжимаемость жидкостей, используя изобретенный (1822) им пьезометр. Первым (1825) получил относительно чистый алюминий. Почетный член Петербургской АН (с 1830). В честь Эрстеда названа единица напряженности магнитного поля в СГС системе единиц.



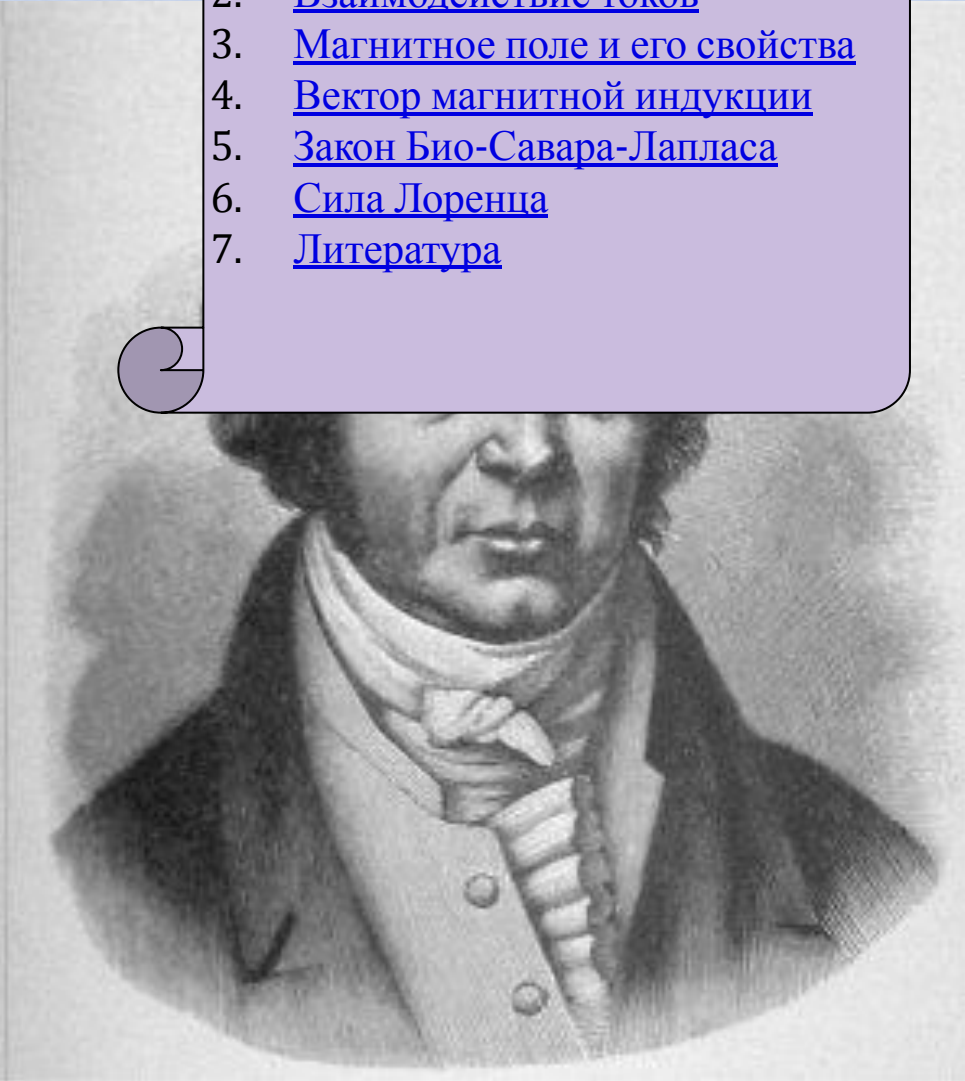
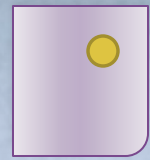


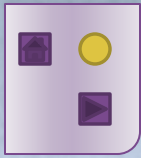
# ДЕЙСТВИЕ ТОКОВ

1. [Опыт Эрстеда](#)
2. [Взаимодействие токов](#)
3. [Магнитное поле и его свойства](#)
4. [Вектор магнитной индукции](#)
5. [Закон Био-Савара-Лапласа](#)
6. [Сила Лоренца](#)
7. [Литература](#)

- В 1820 г. [Ампер Андре-Мари](#) открыл взаимодействие токов - притяжение или отталкивание параллельных токов.
- По современным представлениям, проводники с током оказывают силовое действие друг на друга не непосредственно, а через окружающие их магнитные поля.

[Просмотр опыта](#)





# -Мари (1775

# 1836)

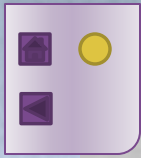
1. [Опыт Эрстеда](#)
2. [Взаимодействие токов](#)
3. [Магнитное поле и его свойства](#)
4. [Вектор магнитной индукции](#)
5. [Закон Био-Савара-Лапласа](#)
6. [Сила Лоренца](#)
7. [Литература](#)



дузский физик и математик. Родился 22 января в Полемье близ Лиона в аристократической . Получил домашнее образование. С 14 лет, став Энциклопедию Д.Дидро и Ж. Д'Аламбера, занялся естественными науками и математикой, изучал математические труды Л.Эйлера, Ж.Лагранжа и Г.Ламурилли, а в 18 лет – Небесную механику П.Лапласа и Аналитическую механику Ж.Лагранжа.

В 1796 Ампер давал уроки в Лионе по математике, французскому и иностранным языкам. В 1801 получил место преподавателя физики и химии в Центральной школе Бур-ан-Бресе. В 1804 после издания небольшой, но имевшей успех работы Размышления о математической теории игр и завершения серии экспериментов с электрическими машинами Ампер поступил на работу в Лионский лицей, а через год получил приглашение читать лекции по математике в Политехнической школе в Париже. В 1809 Ампер стал профессором Политехнической школы, а в 1814 был избран членом Академии наук. Тогда же ученый приступил к исследованиям связи между электричеством и магнетизмом (этот круг явлений Ампер называл электродинамикой).



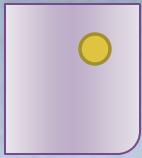


1. [Опыт Эрстеда](#)
2. [Взаимодействие токов](#)
3. [Магнитное поле и его свойства](#)
4. [Вектор магнитной индукции](#)
5. [Закон Био-Савара-Лапласа](#)
6. [Сила Лоренца](#)
7. [Литература](#)



11 сентября 1820 Ампер присутствовал на заседании Академии, где сообщалось об открытии Х.Эрстедом действия электрического тока на магнитную стрелку. Проведя соответствующие эксперименты, ученый уже через несколько дней представил Академии первые полученные им важные результаты: он сформулировал правило для определения направления, в котором отклоняется стрелка вблизи проводника с током (правило Ампера), закон взаимодействия электрических токов (закон Ампера). Впоследствии разработал теорию магнетизма, согласно которой в основе всех магнитных взаимодействий лежат круговые молекулярные токи (теорема Ампера). Таким образом, он впервые указал на тесную связь между электрическими и магнитными процессами. В 1822 Ампер открыл магнитный эффект катушки с током – соленоида.

Умер Ампер в Марселе 10 июня 1836.



# Магнитное поле и его свойства

□ **Магнитное поле**  
постоянного тока

1. [Опыт Эрстеда](#)
2. [Взаимодействие токов](#)
3. [Магнитное поле и его свойства](#)
4. [Вектор магнитной индукции](#)
5. [Закон Био-Савара-Лапласа](#)
6. [Сила Лоренца](#)
7. [Литература](#)

**Основания**

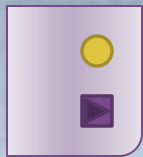
- Магнитное поле создается движущимися зарядами
- Магнитное поле действует на электрический ток (движущиеся заряды)
- Существует реально, независимо от нас, от наших знаний о нем

свойстве, окружающем электрические токи и

свойство магнитного поля (движущимися зарядами)

свойство магнитного поля (движущиеся заряды)

свойство магнитного поля (движущиеся заряды)



# ной индукции $\vec{B}$

1. [Опыт Эрстеда](#)
2. [Взаимодействие токов](#)
3. [Магнитное поле и его свойства](#)
4. [Вектор магнитной индукции](#)
5. [Закон Био-Савара-Лапласа](#)
6. [Сила Лоренца](#)
7. [Литература](#)

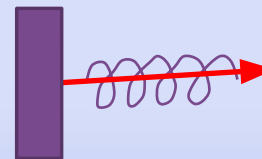
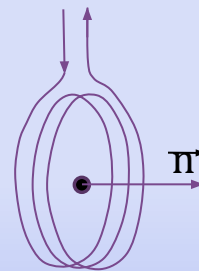
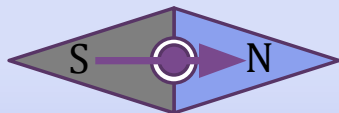
вическая величина, являющаяся силовой

и

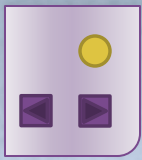
принимается направление от южного полюса S  
становливающейся в магнитном поле. Это  
ительной нормали к замкнутому контуру с

- Век  
хара  
На
- За н  
к се

- Положительная нормаль направлена в ту сторону, что и поступательное движение буравчика, при вращении его рукоятки по направлению тока в контуре.







# I

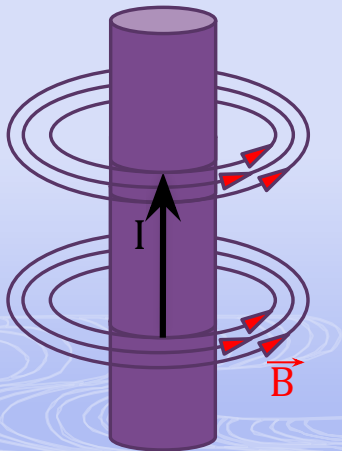
# Обращение полей

Л

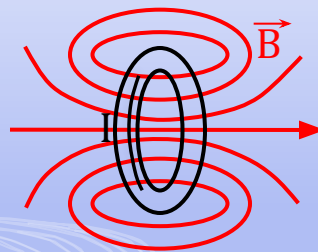
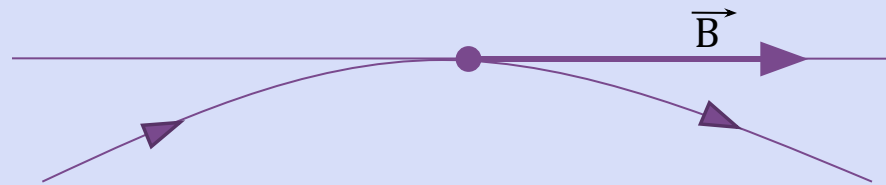
1. [Опыт Эрстеда](#)
2. [Взаимодействие токов](#)
3. [Магнитное поле и его свойства](#)
4. [Вектор магнитной индукции](#)
5. [Закон Био-Савара-Лапласа](#)
6. [Сила Лоренца](#)
7. [Литература](#)

линии, касательные к которым в любой точке  
плены так же, как и вектор магнитной индукции  $\vec{B}$   
точке.

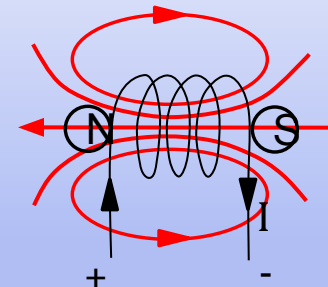
замкнуты сами на себя (магнитное поле не  
источников – магнитных зарядов; вихревое поле)  
не пересекаются



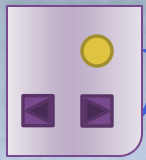
Прямой проводник с током



Виток с током

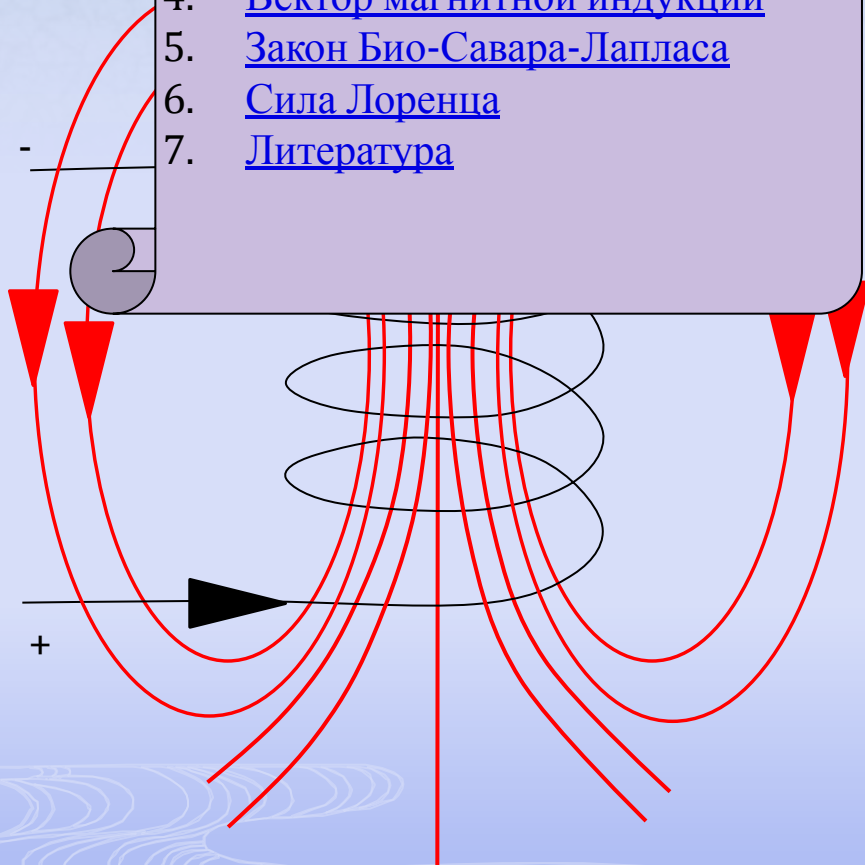


Катушка с током ( электромагнит )  
Поле внутри катушки однородное

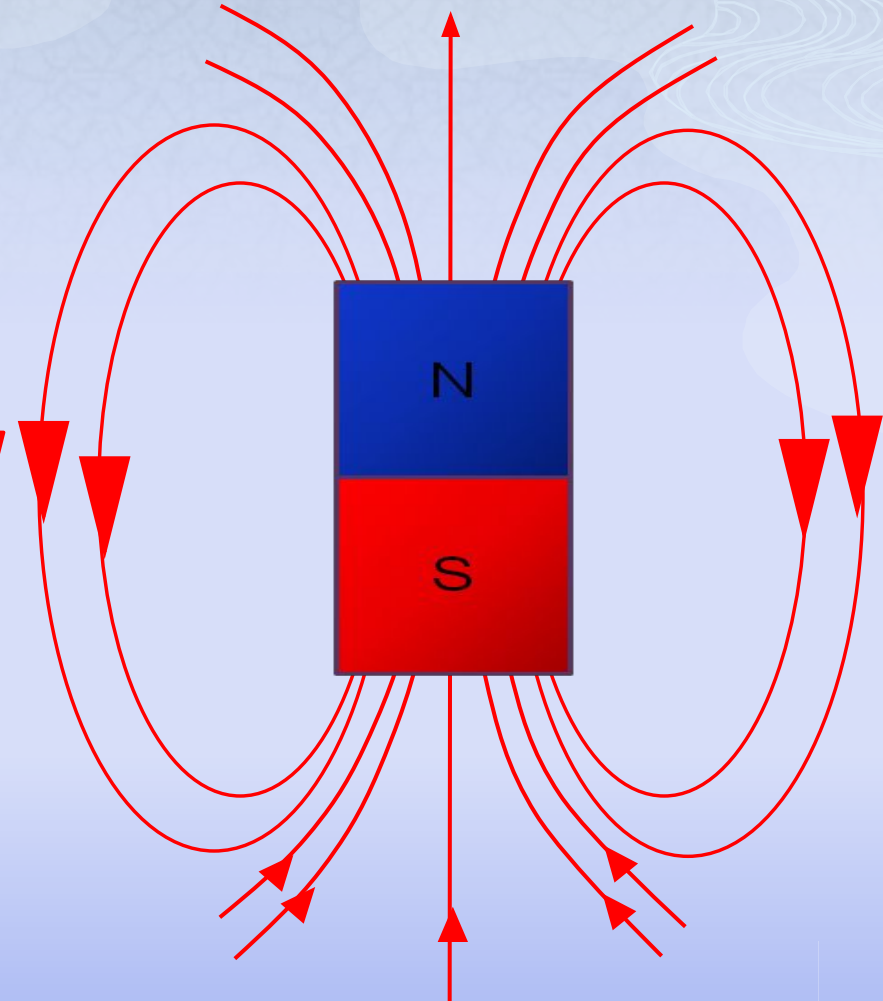


# Индукции полей

1. [Опыт Эрстеда](#)
2. [Взаимодействие токов](#)
3. [Магнитное поле и его свойства](#)
4. [Вектор магнитной индукции](#)
5. [Закон Био-Савара-Лапласа](#)
6. [Сила Лоренца](#)
7. [Литература](#)



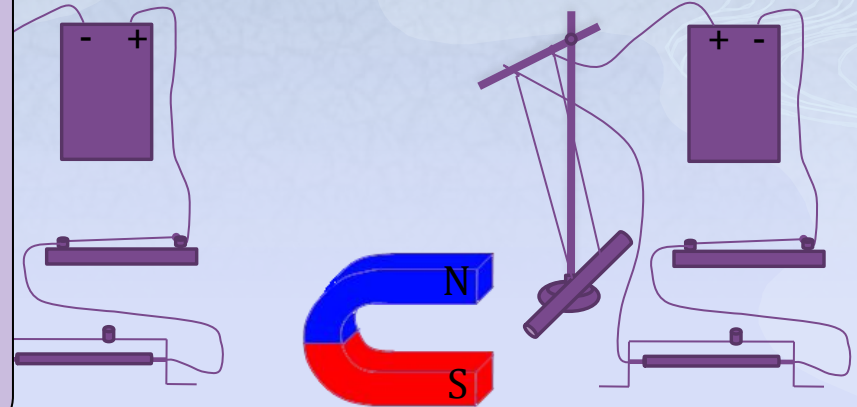
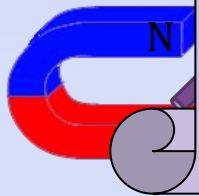
ПОСТОЯННОГО МАГНИТА



КАТУШКИ С ТОКОМ

# МАГНИТНОГО ПОЛЯ ТОК С ТОКОМ

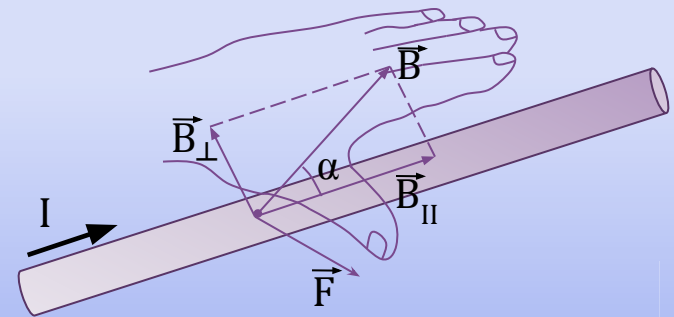
1. [Опыт Эрстеда](#)
2. [Взаимодействие токов](#)
3. [Магнитное поле и его свойства](#)
4. [Вектор магнитной индукции](#)
5. [Закон Био-Савара-Лапласа](#)
6. [Сила Лоренца](#)
7. [Литература](#)



- Сила Ампера – сила действия магнитного поля на проводник с током.
- Сила Ампера равна произведению вектора магнитной индукции на силу тока, длину участка проводника и на синус угла между магнитной индукцией и участком проводника

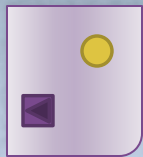
$$F = B |I| \Delta l \sin \alpha$$

- $F$  – Модуль силы
- $B$  – Модуль вектора магнитной индукции
- $|I|$  – Сила тока
- $\Delta l$  – Длина проводника с током
- $\alpha$  – угол между магнитной индукцией и участком проводника



Правило левой руки – определение направления силы Ампера





# Магнитная индукция

1. [Опыт Эрстеда](#)
2. [Взаимодействие токов](#)
3. [Магнитное поле и его свойства](#)
4. [Вектор магнитной индукции](#)
5. [Закон Био-Савара-Лапласа](#)
6. [Сила Лоренца](#)
7. [Литература](#)

Мо, дей, про

За е

ывается отношение максимальной силы, на участка проводника с током, к

от магнитную индукцию однородного поля, в при силе тока в нем 1А действует со стороны

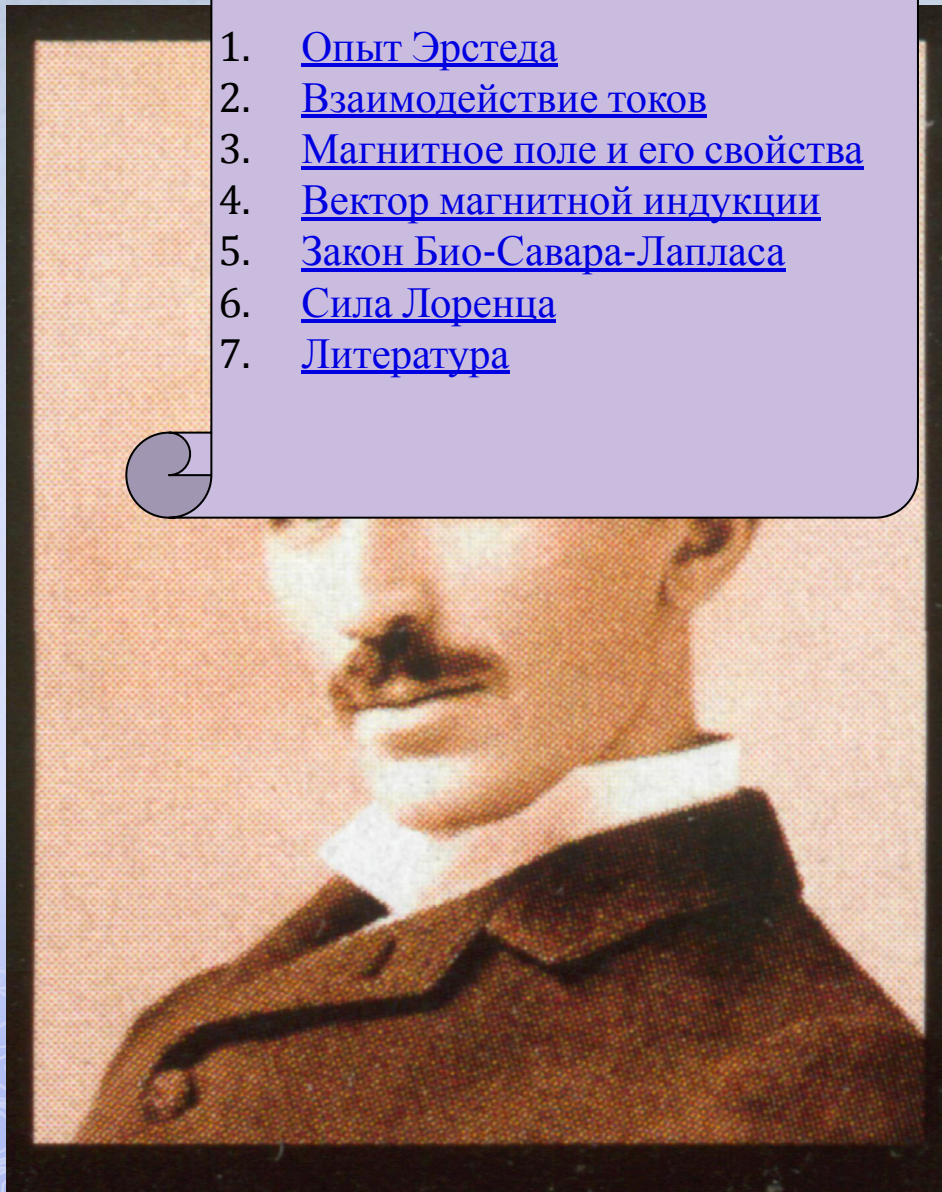
- Единица магнитной индукции называется тесла
- Если магнитное поле однородное (во всех точках магнитного поля магнитная индукция одинакова)

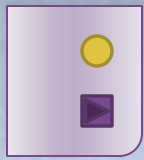
$$\left. \begin{array}{l} L = 1\text{м} \\ \overset{\Delta}{I} = 1\text{А} \\ F_{\text{max}} = 1\text{Н} \end{array} \right\} \longrightarrow B = \frac{1\text{Н}}{\text{А}\cdot\text{м}} = 1\text{Тл (тесла)}$$

# Тесла

1. [Опыт Эрстеда](#)
2. [Взаимодействие токов](#)
3. [Магнитное поле и его свойства](#)
4. [Вектор магнитной индукции](#)
5. [Закон Био-Савара-Лапласа](#)
6. [Сила Лоренца](#)
7. [Литература](#)

- Талантливый инженер и изобретатель Никола Тесла, серб по национальности, родился в горной деревушке Смилян. В 1880 г. Тесла организует свою лабораторию и создает первые образцы генератора двухфазного переменного тока и высокочастотного трансформатора. Эти открытия легли в основу современной электротехники. В 1899 г. под его руководством в штате Колорадо была сооружена радиостанция на 200 кВт. В 1890г. Тесла сконструировал ряд радиоуправляемых самоходных механизмов, названных им телеавтоматами. За свою долгую жизнь Н. Тесла сделал около 1000 различных изобретений и открытий, получил почти 800 патентов. Сербия бережно хранит память о замечательном изобретателе.





# Закон

# Лапласа

- ▣ [Жан-Батист Био](#) – фр
- ▣ [Савар Феликс](#) – фр
- ▣ [Лаплас Пьер](#) – фра

1. [Опыт Эрстеда](#)
2. [Взаимодействие токов](#)
3. [Магнитное поле и его свойства](#)
4. [Вектор магнитной индукции](#)
5. [Закон Био-Савара-Лапласа](#)
6. [Сила Лоренца](#)
7. [Литература](#)

(1749-1827)

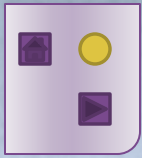
- ▣ Закон био-Савара-Лапласа о магнитной индукции проводника  $dL$  с током  $I$ .

ду и направление вектора поля, создаваемого элементом

$$dB = \mu_0 \frac{I \sin\alpha dL}{4 \pi r^2}$$

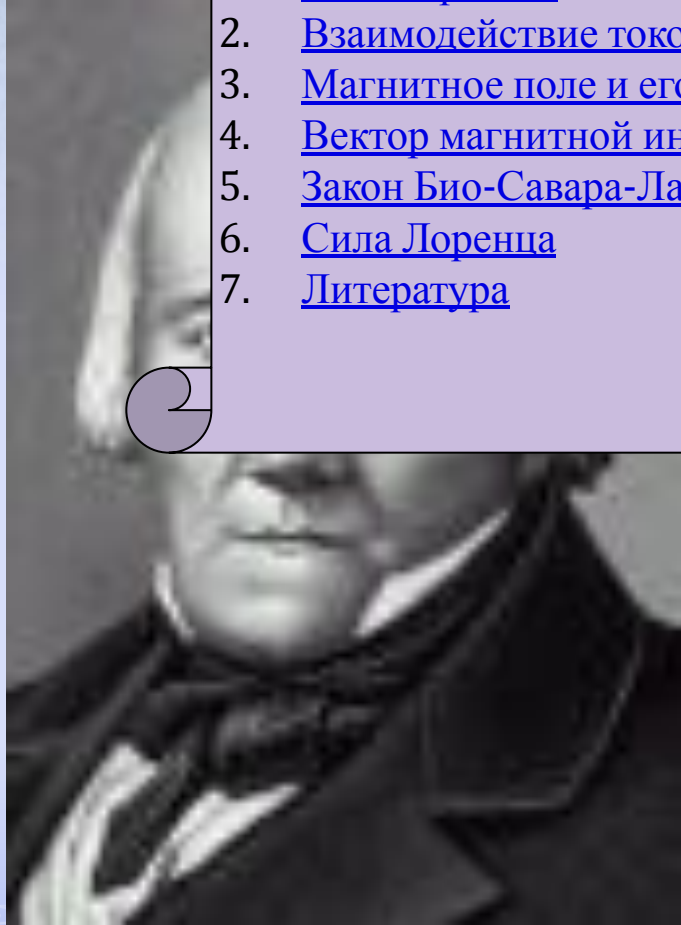
- ▣  $dB$  – вектор магнитной индукции
- ▣  $\mu_0$  – магнитная проницаемость среды
- ▣  $I$  – сила тока в проводнике
- ▣  $dL$  – элемент проводника
- ▣  $\alpha$  - угол, образованный касательной к элементу проводника и радиусом-вектором, проведенным от этого элемента в данную точку
- ▣  $r$  – радиус-вектор



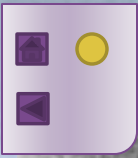


# Батист Био

1. [Опыт Эрстеда](#)
2. [Взаимодействие токов](#)
3. [Магнитное поле и его свойства](#)
4. [Вектор магнитной индукции](#)
5. [Закон Био-Савара-Лапласа](#)
6. [Сила Лоренца](#)
7. [Литература](#)



после блестящего окончания курса в коллегии Людовика XV в 1791 году 19-летний Жан Батист поступил в военную школу и участвовал в действиях Северной армии. Био по окончании из армии поступил в числе первых офицеров в политехническую школу. Ученики школы приняли участие 4 октября 1795 года в инсurreкции против правительства и были арестованы; в их числе оказались и Батист. Ему угрожало по меньшей мере заключение, но заступничеством Монжа и эта опасность была устранена. Вскоре, после успешного окончания курса наук, Жан Батист был назначен профессором в Центральную школу в Бове, а в 1800 занял кафедру математической физики в Коллеж де Франс и выбран в члены-корреспонденты математического отделения Института, через три года после того он стал действительным членом этого учёного учреждения.



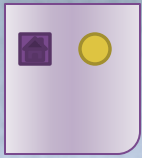
1. [Опыт Эрстеда](#)
2. [Взаимодействие токов](#)
3. [Магнитное поле и его свойства](#)
4. [Вектор магнитной индукции](#)
5. [Закон Био-Савара-Лапласа](#)
6. [Сила Лоренца](#)
7. [Литература](#)



В 1806 Био Жан поступил в число членов Бюро мер и весов. Био отправился в Испанию в сопровождении молодого учёного Араго для окончания геодезических измерений дуги меридиана, проходящего через Францию и Канарские острова. Эта работа, закончившаяся измерением большого треугольника, соединяющего острова Ивицу и Форментеру с берегом Испании, сопровождалось большими практическими затруднениями. Большая доля трудностей выпала на долю Араго, который остался в Испании один во время военных затруднений, а Био вернулся в 1807 году во Францию.

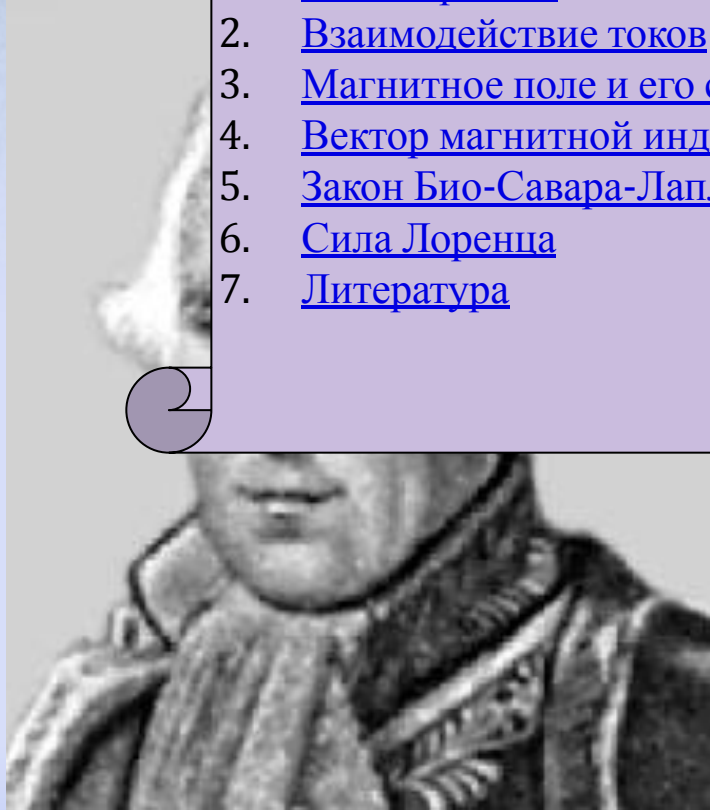
- В 1808 и 1809 годах он определил длину секундного маятника в Бордо и Дюнкерхене. В 1809 г. Био был назначен профессором астрономии.

□ В 1817 г. он совершил поездку в Шотландию и на Шетландские острова с геодезической целью, в следующем году для продолжения той же работы он опять ездил в Дюнкерхен, а в 1824 и 1825 гг. в Италию, Сицилию, Форментеру и Барселону. Важные заключения, к которым привело его изучение всех данных, полученных им во время его поездок, заключались в том, что действие земного притяжения не одинаково на одной и той же параллели и что оно изменяется неравномерно вдоль одного и того же меридиана. Эти результаты были изложены им в «Записке о фигуре Земли», представленной им Академии наук в 1827 г.



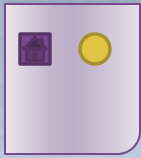
# Савар

1. [Опыт Эрстеда](#)
2. [Взаимодействие токов](#)
3. [Магнитное поле и его свойства](#)
4. [Вектор магнитной индукции](#)
5. [Закон Био-Савара-Лапласа](#)
6. [Сила Лоренца](#)
7. [Литература](#)



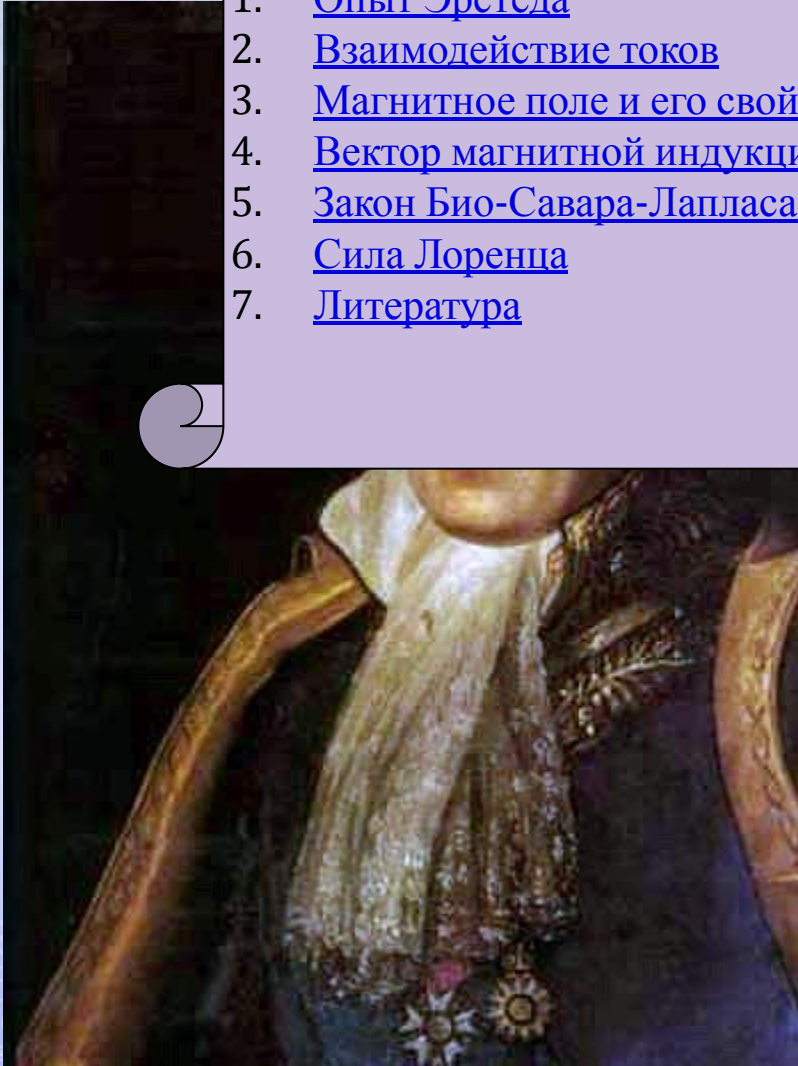
Савар был членом Парижской АН (1827). По образованию врач. Работал военным хирургом, затем (с 1817) практикующим врачом в Страсбурге. С 1820 профессор физики частного учебного заведения в Страсбурге, с 1827 года хранитель физического кабинета в Страсбурге. Научные труды по акустике, электромагнетизму и оптике. В 1820 году совместно с Эрстедом экспериментально установил закон, определяющий напряжённость магнитного поля, создаваемого током. Разрабатывал физические основы музыкальных инструментов, экспериментально изучал явление резонанса и волновые процессы в различных телах. Именем Савара в акустике названа единица частотного интервала (савар).



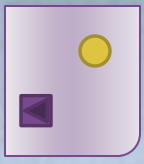


# он Лаплас

1. [Опыт Эрстеда](#)
2. [Взаимодействие токов](#)
3. [Магнитное поле и его свойства](#)
4. [Вектор магнитной индукции](#)
5. [Закон Био-Савара-Лапласа](#)
6. [Сила Лоренца](#)
7. [Литература](#)



родился в крестьянской семье в Бомоне, в департаменте Кальвадос. Уже в ранней юности Лаплас отличался замечательной памятью и способностями понимания, так что без труда получил место учителя в своем родном городке. Потом Лаплас был приглашен в Париж, где сперва сделался экзаменатором артиллерийского училища, а затем, в 1773 году, был избран членом академии наук. Вообще Лаплас посвятил себя тихой научной деятельности и только на короткое время удавалось навязывать ему почетные места, так в 1799 году Наполеон назначил его министром внутренних дел, затем он был канцлером охранительного сената и даже графом Империи. После реставрации империи Людовик XVIII сделал Лапласа маркизом и пэром Франции. Заслуги Лапласа в области чистой и прикладной математики и особенно в астрономии громадны: он усовершенствовал почти все отделы этих наук.

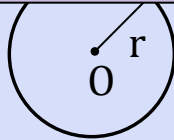


1. [Опыт Эрстеда](#)
2. [Взаимодействие токов](#)
3. [Магнитное поле и его свойства](#)
4. [Вектор магнитной индукции](#)
5. [Закон Био-Савара-Лапласа](#)
6. [Сила Лоренца](#)
7. [Литература](#)

ейного тока

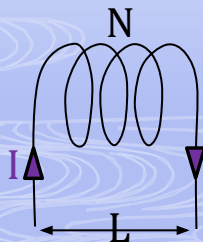
$$B = \mu_0 \frac{I}{2 \pi r}$$

ругового тока



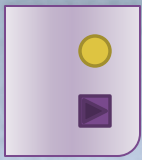
$$B = \mu_0 \frac{I}{2 r}$$

□ Индукция магнитного поля внутри соленооида



- N – число ветков соленооида
- L – длинна соленооида

$$B = \mu_0 \frac{IN}{L}$$



- Сила Лоренца – магнитного поля

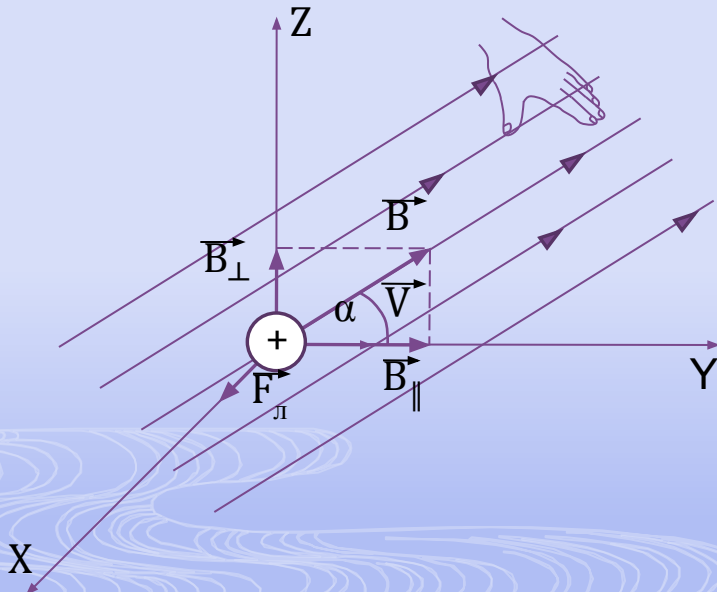
$F_l$  – модуль силы Лоренца  
 $q$  – модуль заряда частицы  
 $U$  – модуль вектора скорости  
 $B$  – модуль магнитной индукции  
 $\alpha$  – угол между векторами  $\vec{v}$  и  $\vec{B}$

- Опыт Эрстеда
- Взаимодействие токов
- Магнитное поле и его свойства
- Вектор магнитной индукции
- Закон Био-Савара-Лапласа
- Сила Лоренца
- Литература

нца

ряженную частицу со стороны

дукции



**Правило левой руки** – определение направления силы Лоренца для движущейся положительно заряженной частицы



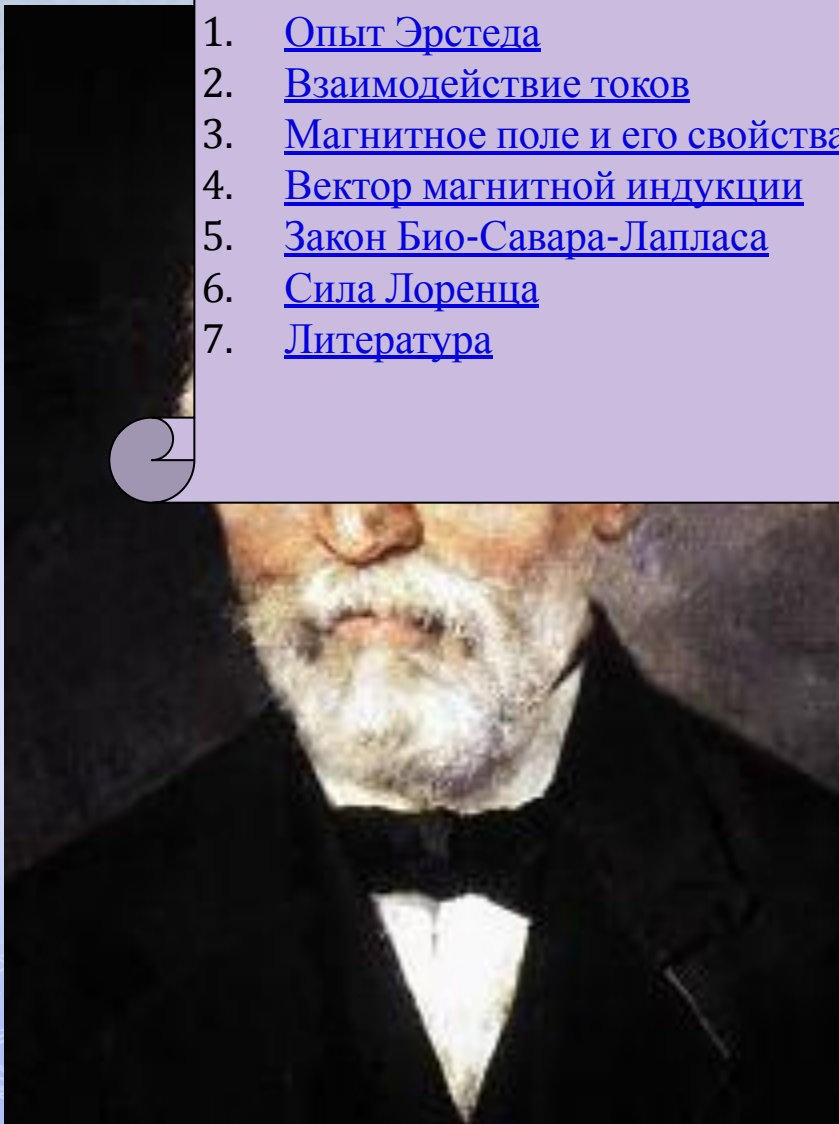
# Хендрик Антон Лоренц

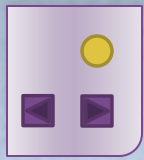
1. [Опыт Эрстеда](#)
2. [Взаимодействие токов](#)
3. [Магнитное поле и его свойства](#)
4. [Вектор магнитной индукции](#)
5. [Закон Био-Савара-Лапласа](#)
6. [Сила Лоренца](#)
7. [Литература](#)

**Хендрик Антон Лоренц** (18 июля 1853 – 4 февраля 1928) — выдающийся нидерландский физик.

Учился в университете Лейдена, в котором затем с 1878 г. был профессором математической физики. Он развил электромагнитную теорию света и электронную теорию материи, а также сформулировал самосогласованную теорию электричества, магнетизма и света.

- ▣ Развил теорию о преобразованиях состояния движущегося тела. Полученные в рамках этой теории преобразования Лоренца являются важнейшим вкладом в развитие теории относительности.
- ▣ За объяснение феномена, известного как эффект Зеемана, был удостоен в 1902 г. совместно с другим нидерландским физиком Питером Зееманом Нобелевской премии по физике.

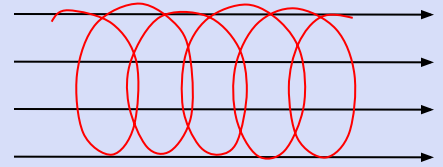




# Движение под действием Лоренца

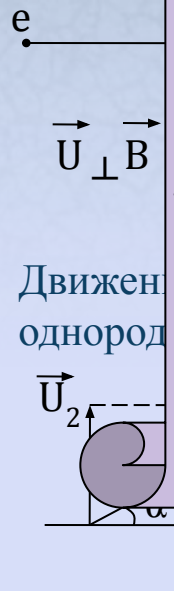
в будет происходить по окружности радиусом

- $m$  – масса электрона
- $e$  – заряд электрона
- $U$  – скорость электрона
- $B$  – величина магнитной индукции

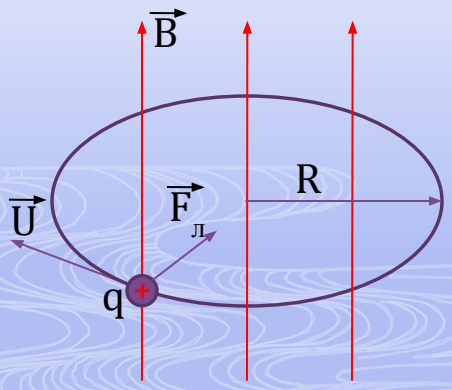


Движение частицы будет происходить по винтовой линии

- [1. Опыт Эрстеда](#)
- [2. Взаимодействие токов](#)
- [3. Магнитное поле и его свойства](#)
- [4. Вектор магнитной индукции](#)
- [5. Закон Био-Савара-Лапласа](#)
- [6. Сила Лоренца](#)
- [7. Литература](#)



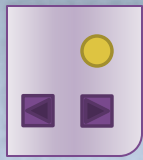
Если  $\vec{U}$  составляет с  $\vec{B}$  острый угол  $\alpha$



При движении заряженной частицы в магнитном поле сила Лоренца работы не совершает. Поэтому модуль вектора скорости при движении частицы не изменяется.

$$r = \frac{mU \sin \alpha}{Be}$$

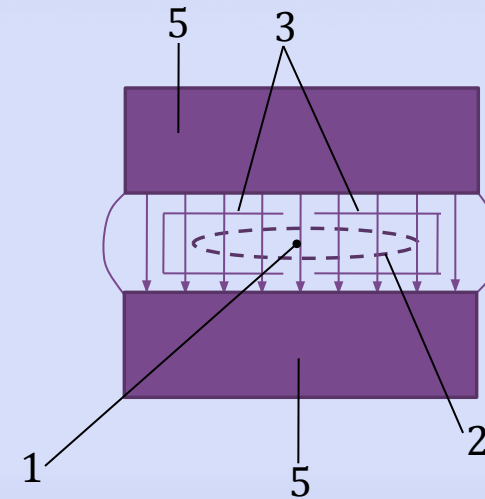
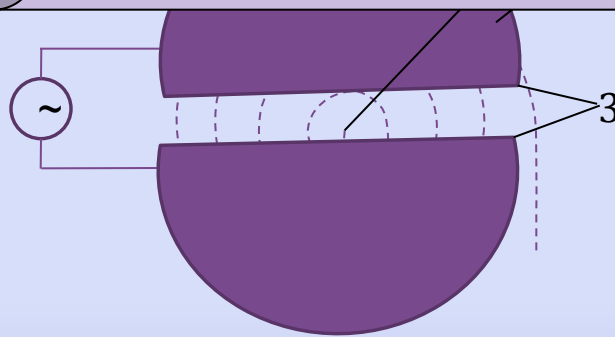
$$\text{Шаг винта } h = U \cos \alpha \frac{2\pi m}{Be}$$



# Циклотрон

- Циклотрон
- 1. [Опыт Эрстеда](#)
- 2. [Взаимодействие токов](#)
- 3. [Магнитное поле и его свойства](#)
- 4. [Вектор магнитной индукции](#)
- Пространство
- 5. [Закон Био-Савара-Лапласа](#)
- 6. [Сила Лоренца](#)
- 7. [Литература](#)

...релятивистских тяжёлых заряженных частиц  
...ются в постоянном и однородном магнитном  
...кочастотное электрическое поле неизменной  
...оен в 1931 году американскими физиками Э.



**Схема циклотрона:** вид сверху и сбоку:

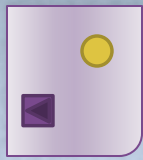
1. источник тяжелых заряженных частиц (протонов, ионов)
2. орбита ускоряемой частицы
3. ускоряющие электроды (дуанты)
4. генератор ускоряющего поля
5. электромагнит.



# Применение.

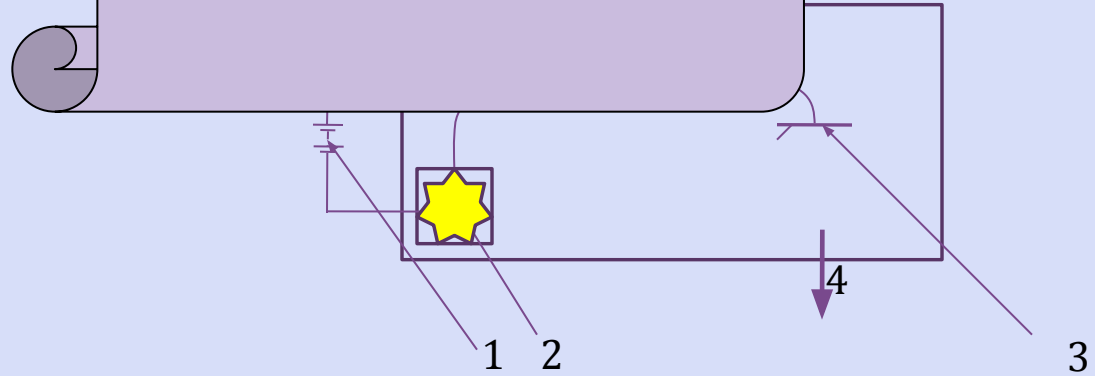
## Электрограф

...ия атомных и молекулярных масс. Действие  
...и по значениям их масс предварительно  
...тном или электрическом полях.



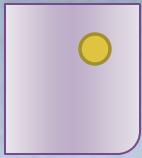
□ **Ма**  
мас  
ион

1. [Опыт Эрстеда](#)
2. [Взаимодействие токов](#)
3. [Магнитное поле и его свойства](#)
4. [Вектор магнитной индукции](#)
5. [Закон Био-Савара-Лапласа](#)
6. [Сила Лоренца](#)
7. [Литература](#)



### Схема Масс-спектрографа:

- Батарея, создающая ускоряющие напряжение
- Источник частиц
- Фотопластинка
- Выход к насосу



# Литература

1. [Опыт Эрстеда](#)
2. [Взаимодействие токов](#)
3. [Магнитное поле и его свойства](#)
4. [Вектор магнитной индукции](#)
5. [Закон Био-Савара-Лапласа](#)
6. [Сила Лоренца](#)
7. [Литература](#)

- 1. РЫМ
- 2. ЯВО
- 3. МЯК
- 4. [http](#)

я школа", 1985

ики. Том 2. - М.: "Наука", 1981

бник для 11 класса. - М.: "Просвещение", 2004.