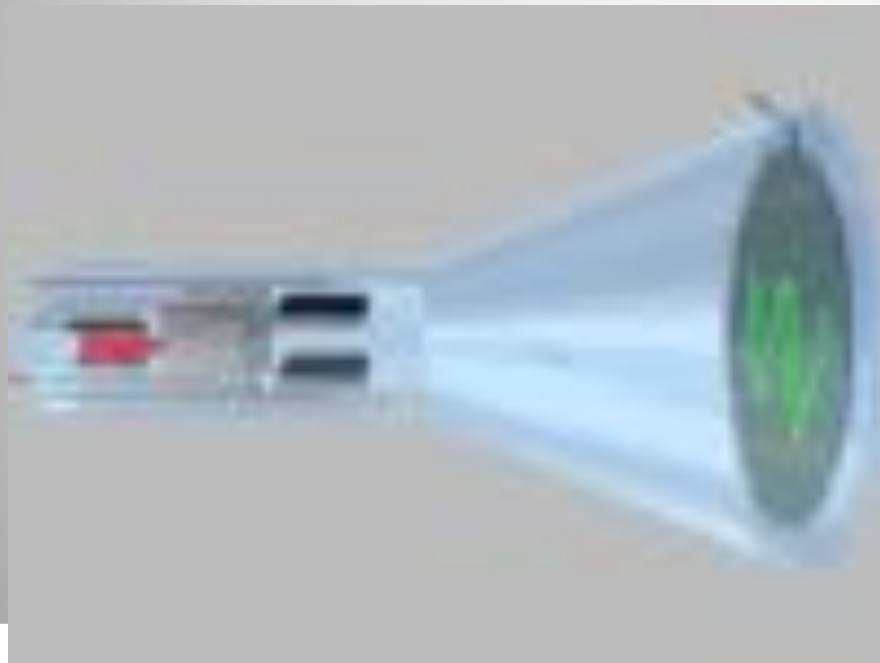


# Действие магнитного поля на движущийся заряд

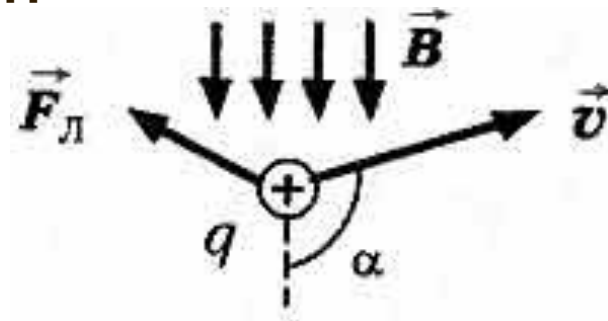


# Сила Лоренца

- сила, действующая со стороны магнитного поля на движущуюся электрически заряженную частицу.

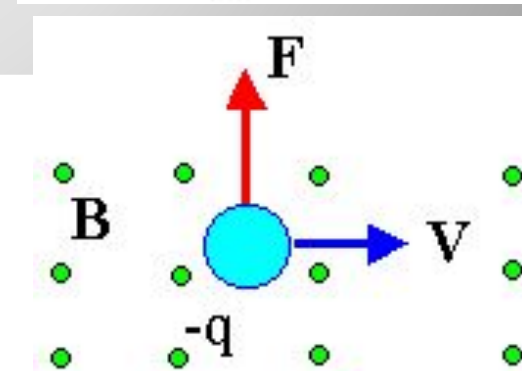
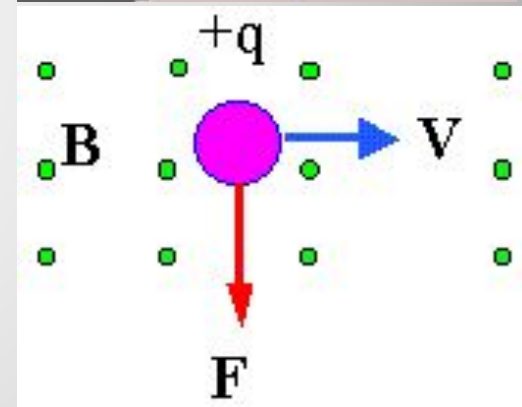
$$F_{\text{л}} = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha$$

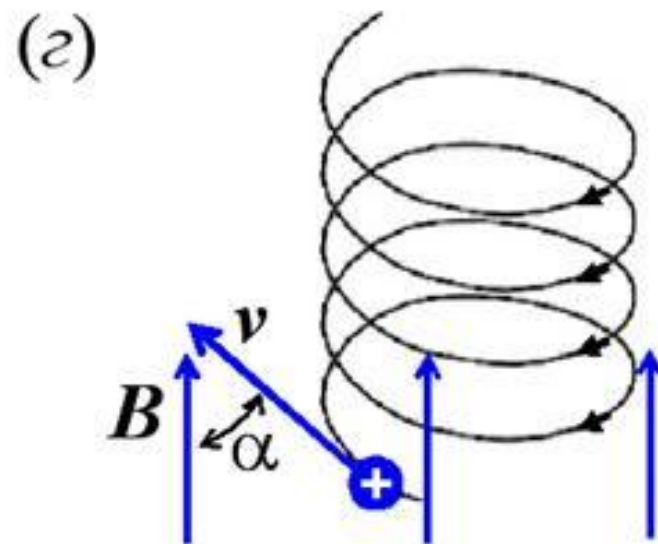
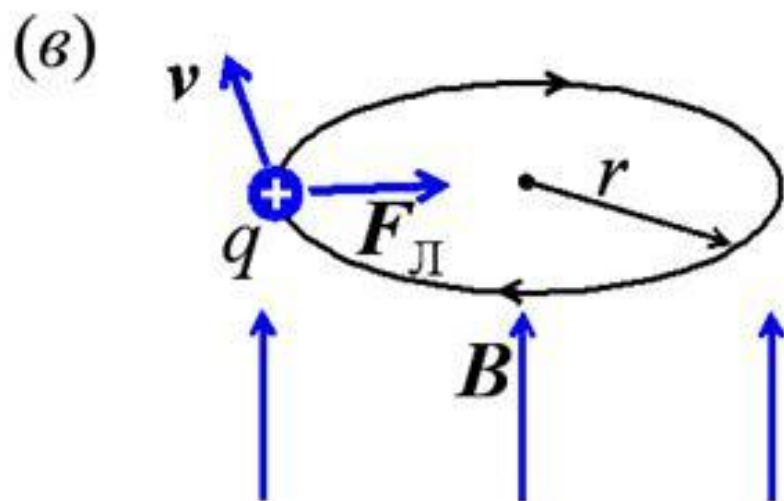
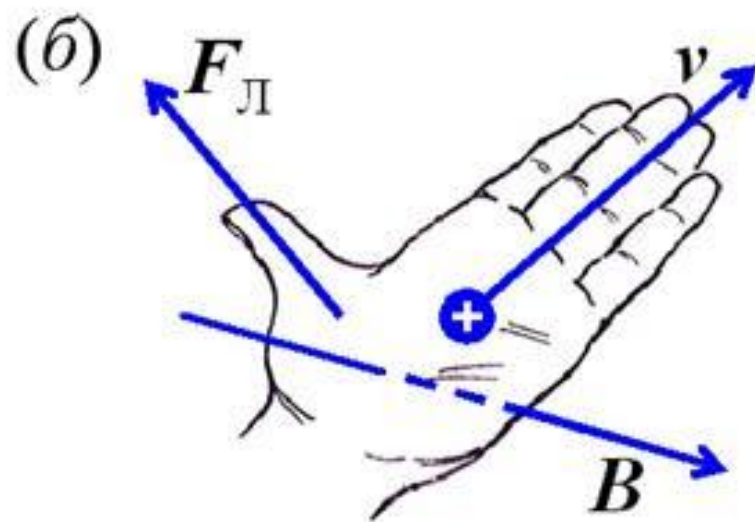
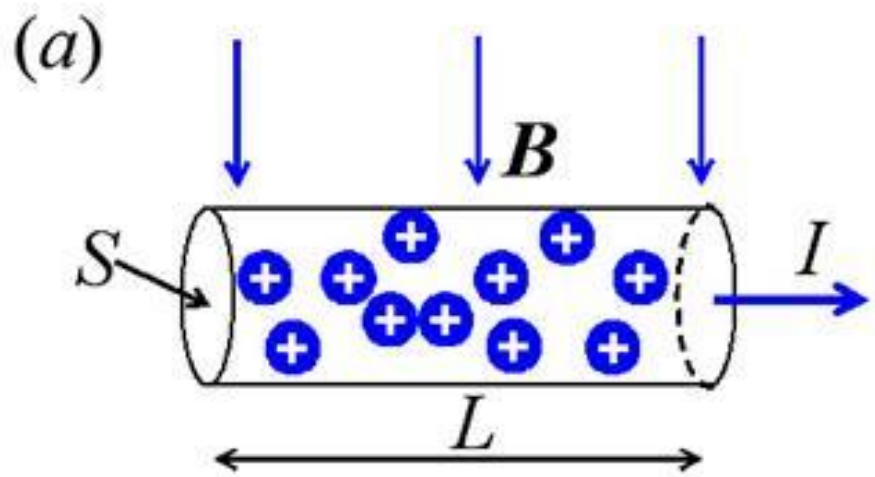
где  $q$  - заряд частицы;  
 $v$  - скорость заряда;  
 $B$  - индукции магнитного поля;  
 $\alpha$  - угол между вектором скорости заряда и вектором магнитной индукции.



# Направление силы Лоренца определяется по правилу левой руки:

Если поставить левую руку так, чтобы перпендикулярная скорости составляющая вектора индукции входила в ладонь, а четыре пальца были бы расположены по направлению скорости движения положительного заряда (или против направления скорости отрицательного заряда), то отогнутый большой палец укажет направление силы Лоренца

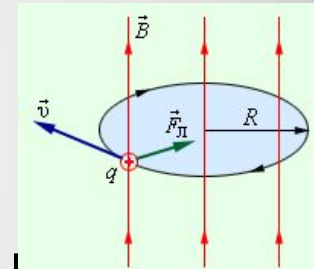




Сила Лоренца может стать центростремительной силой, если заряженная частица равномерно движется по окружности (имеющей постоянный радиус) в однородном магнитном поле, направленном перпендикулярно вектору скорости. Это выражается следующей формулой:

$$\frac{mv^2}{r} = |q|vB \Rightarrow r = \frac{m}{|q|} \cdot \frac{v}{B}$$

$$T = \frac{2\pi \cdot m}{q \cdot B}$$



Если при движении заряженной частицы в однородном поле вектор скорости составляет с вектором магнитной индукции угол  $\alpha$ , то траектория движения этой частицы будет представлять собой винтовую линию с радиусом  $r$  и шагом винта  $h$ :

$$r = \frac{m}{|q|} \cdot \frac{v \sin \alpha}{B}$$

$$h = \frac{2\pi}{B} \cdot \frac{m}{|q|} \cdot v \cos \alpha$$

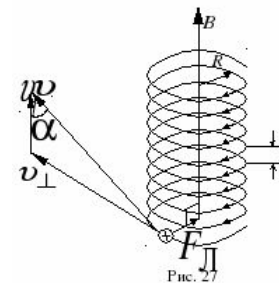
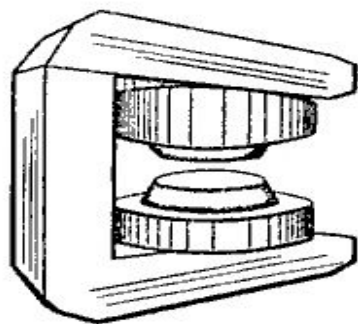
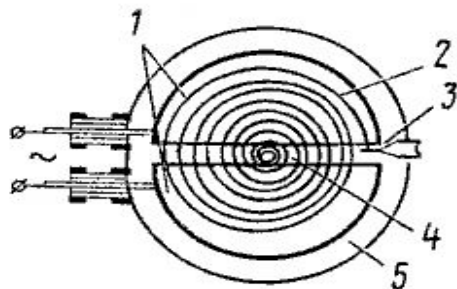


Рис. 27

**Циклотрон.** В этом ускорителе заряженные частицы — протоны, ядра атомов гелия — разгоняются переменным электрическим полем постоянной частоты в вакууме в зазоре между двумя металлическими электродами — дуантами. Дуанты находятся между полюсами постоянного электромагнита



а

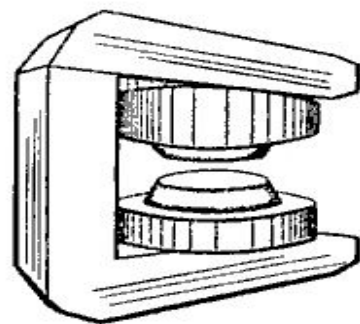


б

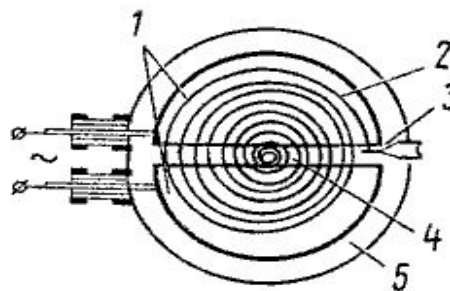
- 1- дуанты,
- 2- траектория частицы,
- 3- мишень,
- 4- ускоряющий промежуток,
- 5- вакуумная камера

- Под действием магнитного поля внутри дуантов заряженные частицы движутся по окружности. К моменту времени, когда они совершают половину оборота и подходят к зазору между дуантами, направление вектора напряженности электрического поля между дуантами изменяется на противоположное и частицы вновь испытывают ускорение. Каждую следующую половину оборота частицы пролетают по окружности все большего радиуса (рис. 188, б), но период их обращения остается неизменным. Поэтому для ускорения частиц на дуанты подается переменное напряжение с постоянным периодом.

Ускорение частиц в циклотроне с постоянным периодом возможно лишь до значений скоростей, значительно меньших скорости света. С приближением скорости частицы к скорости света в вакууме, равной  $c = 300000 \text{ км/с}$ , масса частицы возрастает, вследствие чего увеличивается период ее обращения в магнитном поле. Равенство периода обращения частицы и периода изменения электрического поля нарушается, ускорение прекращается.



а

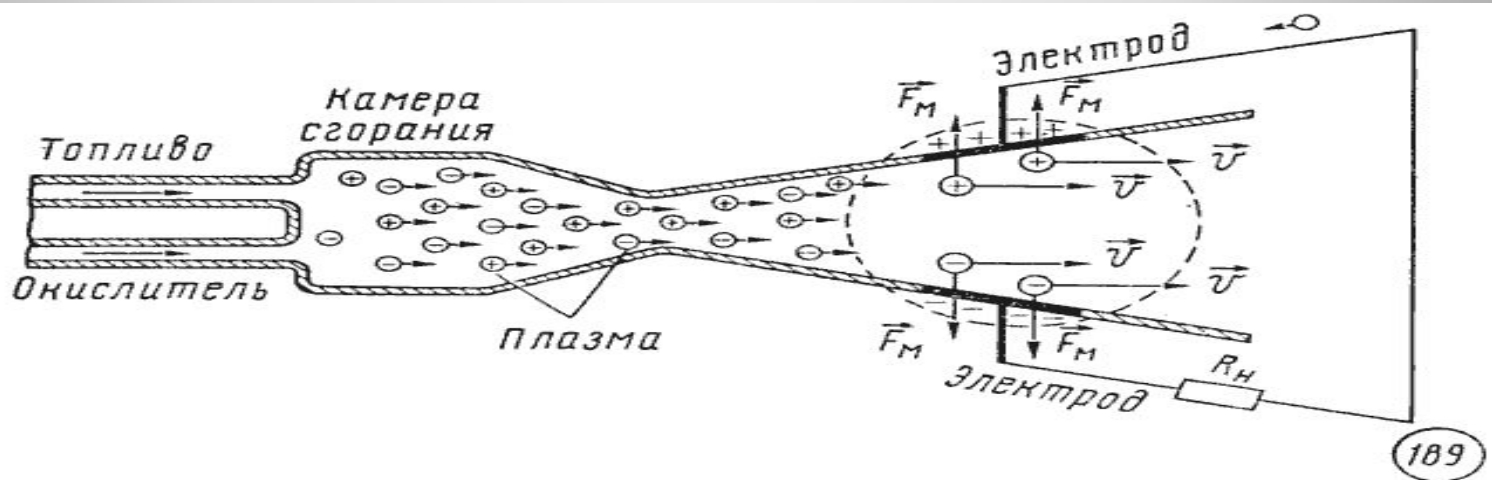


б

- 1- дуанты,
- 2- траектория частицы,
- 3- мишень,
- 4- ускоряющий промежуток,
- 5- вакуумная камера



- **МГД-генератор.** Действие магнитного поля на движущиеся электрические заряды плазмы используется для получения электроэнергии. Установка для магнитогидродинамического преобразования называется МГД-генератором.

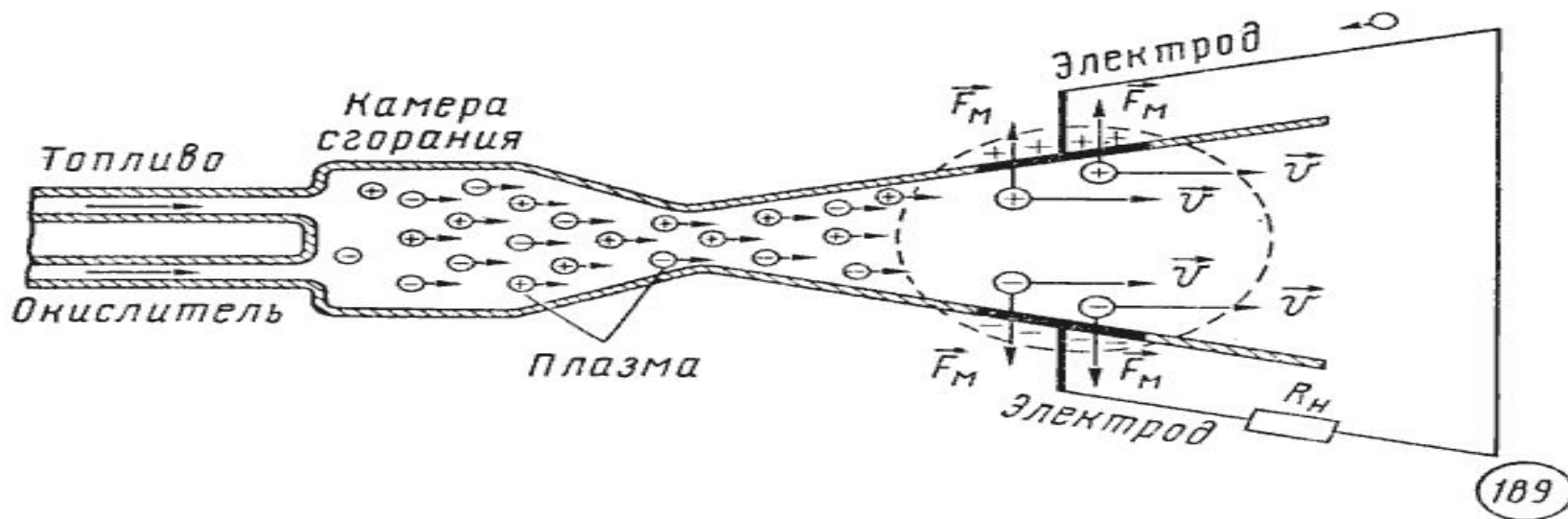




- В камере сгорания при сжигании нефти, керосина или природного газа создается высокая температура (2000—3000 К), при которой газообразные продукты сгорания ионизируются, образуя электронно-ионную плазму. Для повышения электропроводности плазмы в камеру сгорания вводят легкоионизирующиеся вещества, содержащие кальций, натрий, цезий. Раскаленная плазма движется по расширяющемуся каналу в несколько метров, в котором ее внутренняя энергия превращается в кинетическую энергию, и скорость возрастает до 2000 м/с и более. Так же, как и металлический проводник, плазма в целом нейтральна, но, влетая в область сильного магнитного поля, составляющие ее частицы разных знаков под действием силы Лоренца разделяются, как показано на рисунке 189. Электроны, достигнув нижнего электрода, движутся во внешней цепи по нагрузке сопротивлением  $R_H$  к другому электроду, где нейтрализуют положительные ионы. Мощность, выделяемая во внешней цепи, может быть использована для различных практических нужд.

В режиме холостого хода, когда внешняя цепь разомкнута, между электродами возникает наибольшая разность потенциалов, равная ЭДС. В зависимости от конструкции генератора она может достигать нескольких сотен или тысяч вольт.

В МГД-генераторе сильно нагрета только плазма и отсутствуют движущиеся детали, подвергаемые подобно лопаткам турбин одновременному воздействию больших механических напряжений и высоких температур. Возможность использовать огнеупорные материалы и применять охлаждение неподвижных металлических деталей, соприкасающихся с плазмой, позволяет повысить температуру рабочего тела, а значит, и КПД установки. Для температуры плазмы, равной на входе  $T_1 = 2500$  К, а на выходе  $T_2 = 300$  К, теоретическое значение КПД составляет примерно 90 %. Однако в реальных условиях температура отработанных газов на выходе из канала больше 300 К. Но если отработанные и уже не ионизированные продукты сгорания использовать для получения пара и приведения в действие турбины обычного электромашинного генератора, то реальный КПД такой установки будет равен 50—60 %. А это почти вдвое превышает реальный КПД тепловых электростанций. Следовательно, при том же расходе топлива с помощью МГД-генератора можно получить вдвое больше электроэнергии.



**В направлении, перпендикулярном линиям магнитной индукции, влетает в магнитное поле электрон со скоростью 10 Мм/с. Найти индукцию поля, если электрон описал в поле окружность радиусом 1 см.**

**Решение:**

Дано:	Формулы:	Расчёты:
$q = e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$ $v = 10 \text{ Мм/с,}$ $R = 1 \text{ см} = 0,01 \text{ м,}$ $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг.}$ <b>В</b> перпендикулярно $v$ .	$F = qvB \sin \alpha$ $ma = qvB \sin \alpha$ $mv^2/R = qvB \sin \alpha$ $B = mv^2 / (Re \sin \alpha)$	$B = (9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 10 \cdot 10^3 \text{ м/с})^2 / (0,01 \text{ м} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19})$ $= 5,7 \cdot 10^{-3} \text{ Тл.}$
В - ?		Ответ: $B = 5,7 \cdot 10^{-3} \text{ Тл.}$



Северное сияние получается, когда **заряженные частицы** солнечного ветра встречаются с **магнитным полем** Земли. Зрелище завораживающее.