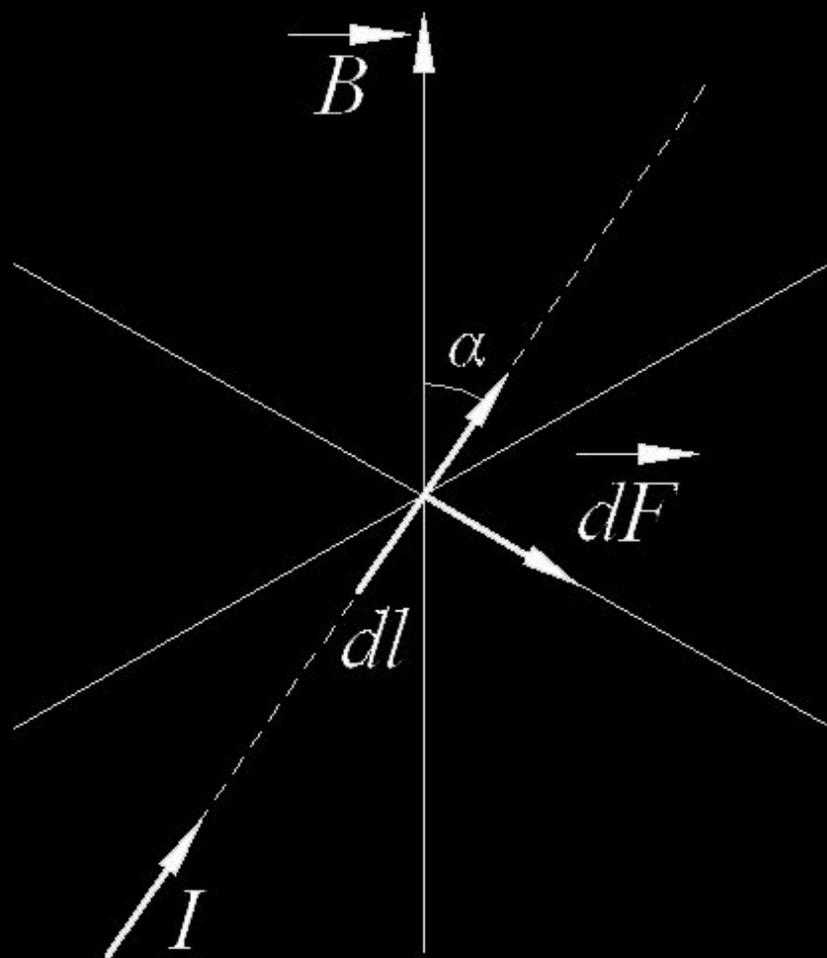


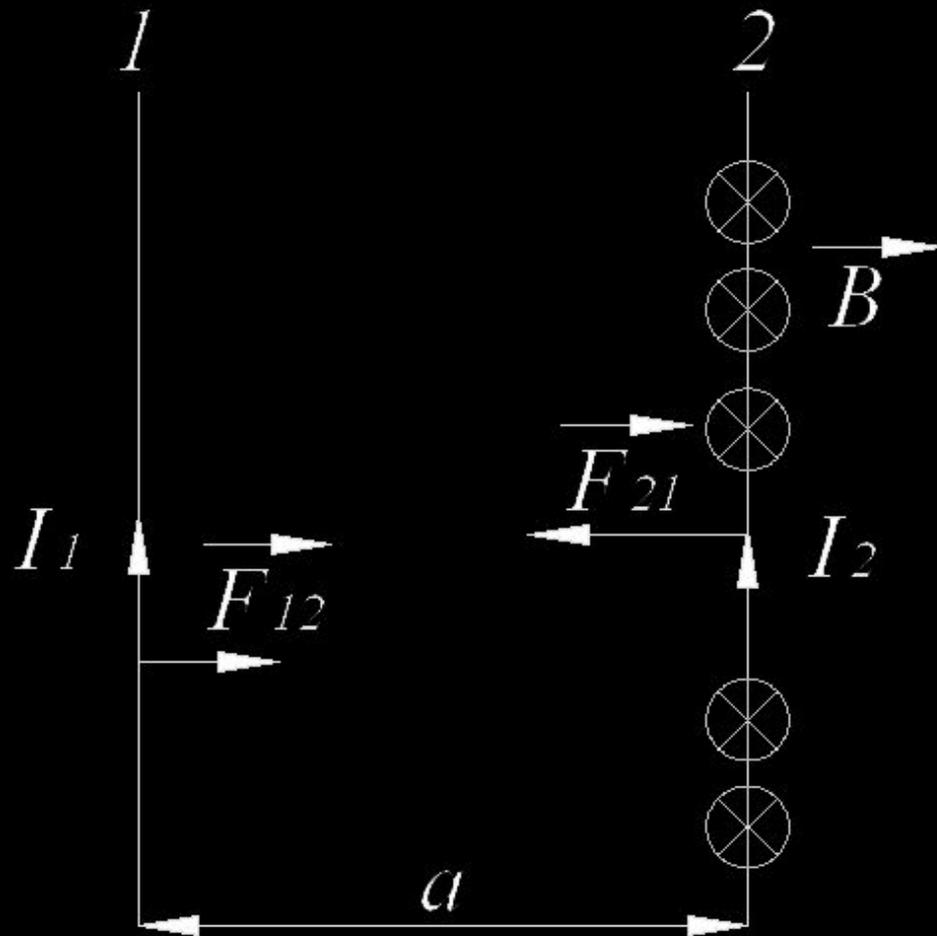
§ 22 Силы, действующие в магнитном поле:  
сила Ампера, сила Лоренца

**Глава 3**  
**Электричество и магнетизм**

На ток, помещенный в магнитное поле, согласно закону Ампера, действует сила:



С помощью закона Ампера можно определить силу взаимодействия двух параллельных токов

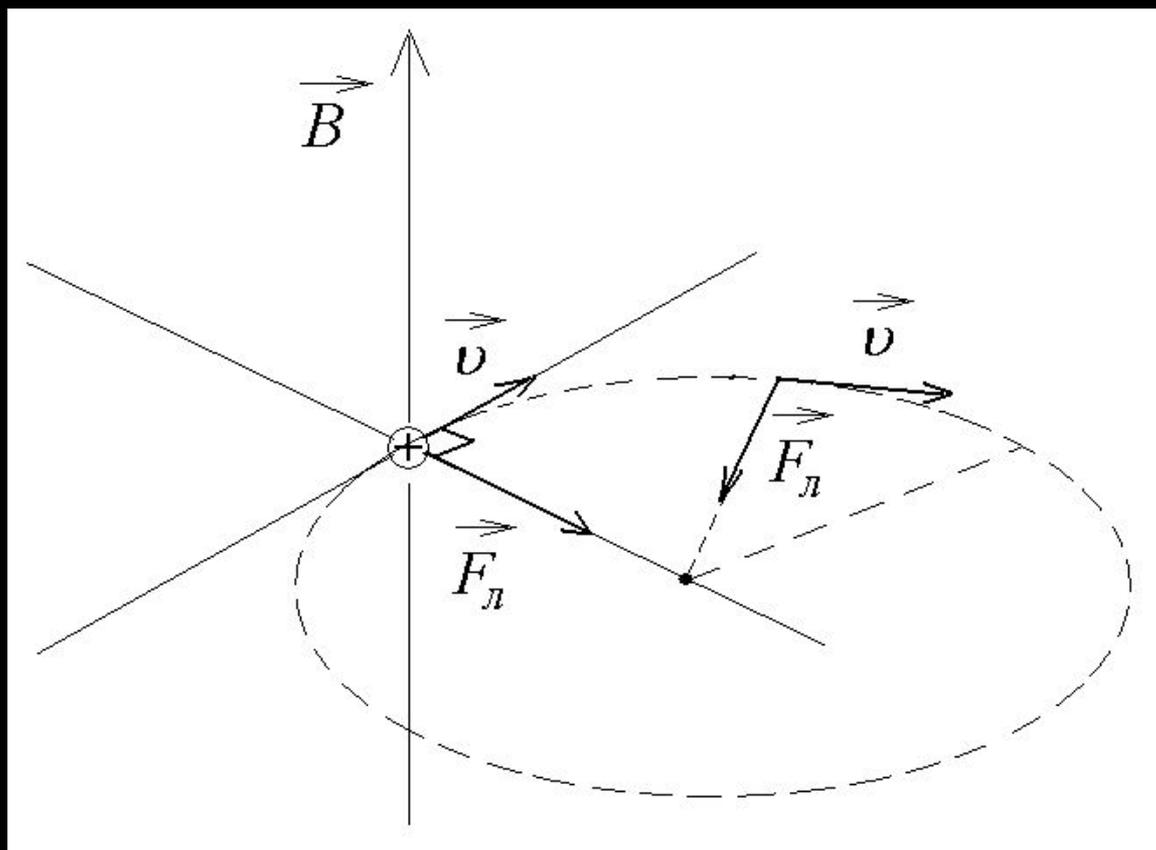


Сила Лоренца представляет собой силу, действующую на элементарный заряд, движущейся в магнитном поле.



- сила Лоренца

В магнитном поле заряд движется по окружности.



Период вращения и радиус окружности в магнитном поле

(1)

(2)

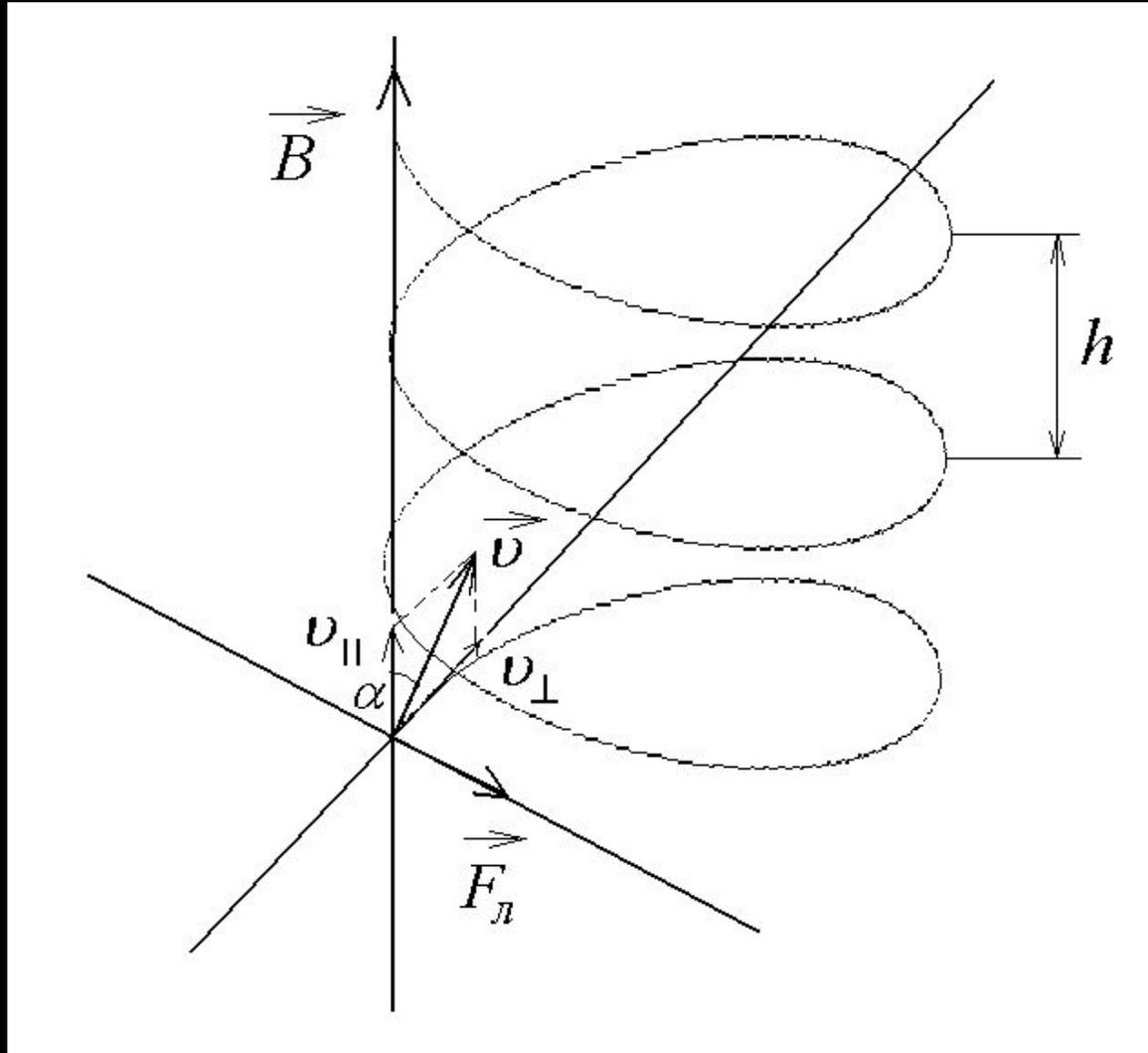
Движение частиц в магнитном поле является синхронным, т.е. с одинаковым периодом. Радиус окружности пропорционален скорости движения.

При больших скоростях масса частиц зависит от скорости и синхронность нарушается.

## Ускорители элементарных частиц:

1. Циклотрон. Период постоянен. Ускоряемые частицы – протоны. Ускорение происходит между дуантами.
2. Фазотрон (синхроциклотрон). Изменяется частота ускоряемого напряжения.
3. Синхротрон. Изменяется индукция поля. Для ускорения электронов.
4. Синхрофазотрон. Изменяется частота ускоряемого напряжения и индукция поля.

Если заряженная частица попадает в магнитное поле под произвольным углом к магнитным линиям, то движение осуществляется по винтовой линии – спирали.

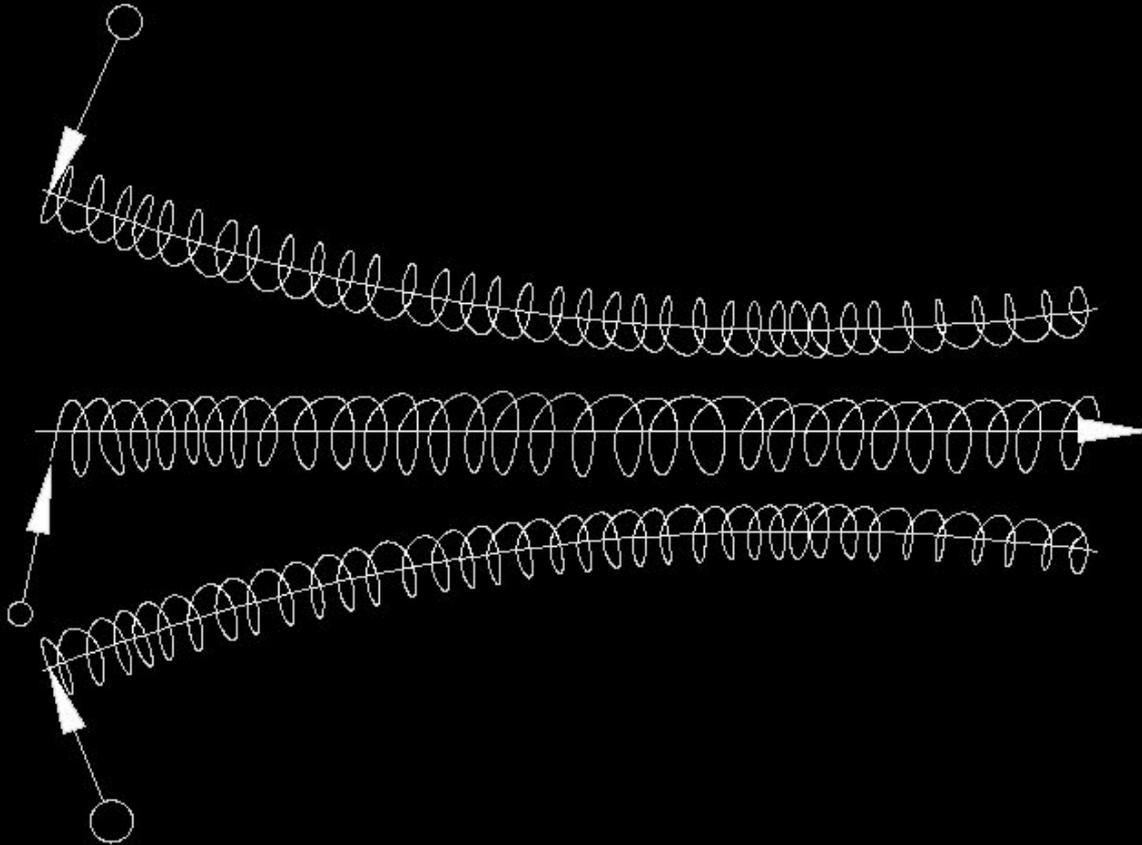


Определим радиус винтовой линии

Период обращения не зависит от угла

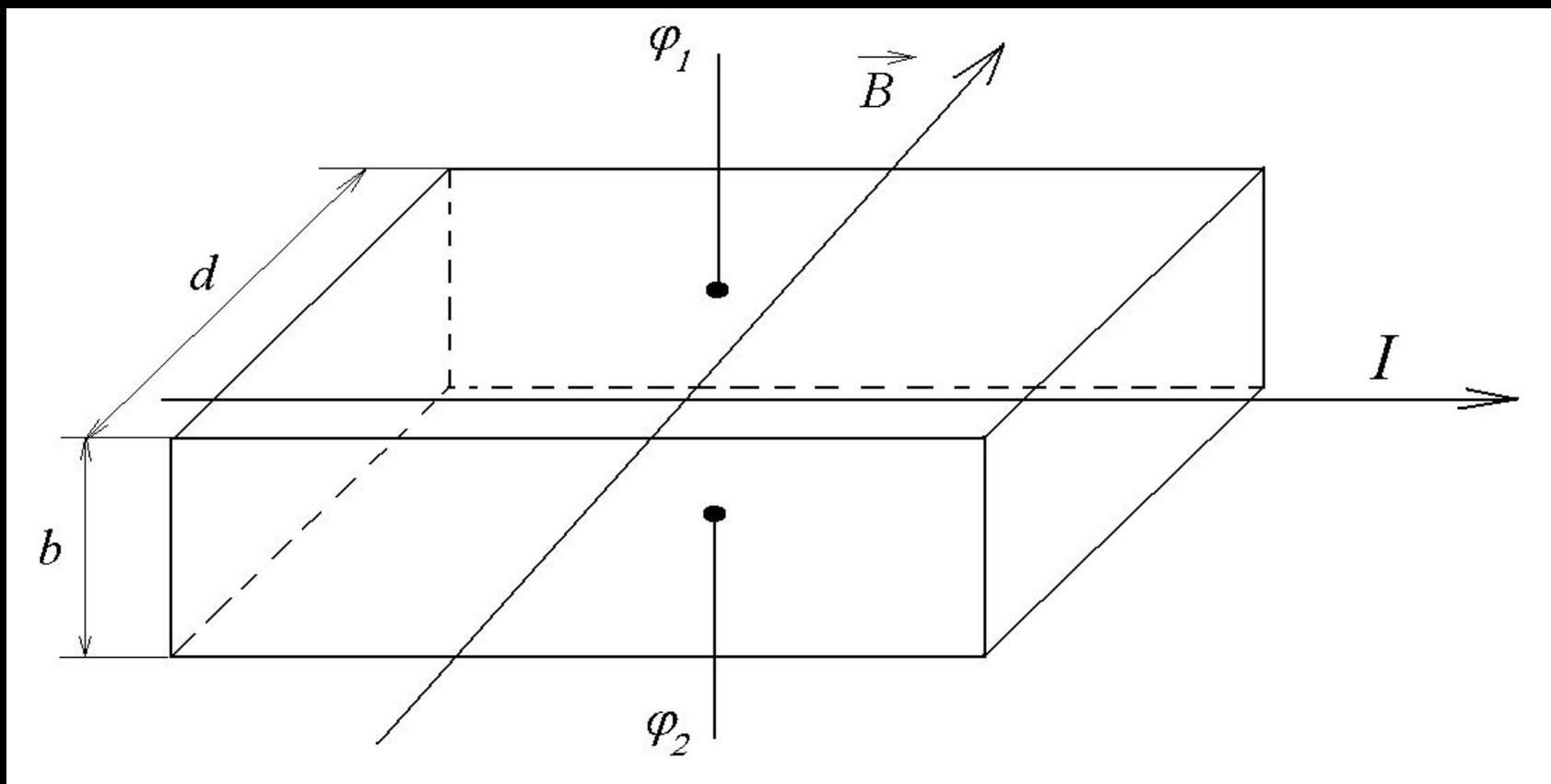
Шаг винтовой линии

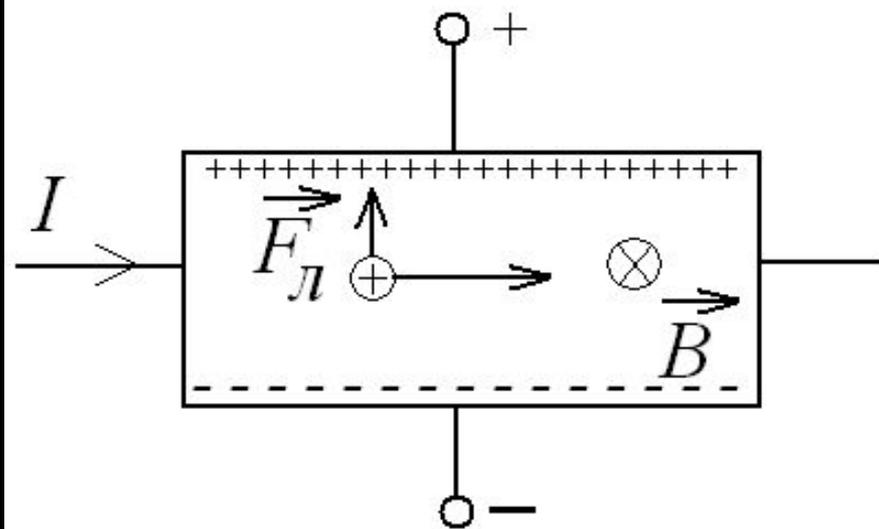
При попадании в неоднородное магнитное поле заряды движутся по винтовой линии, накручиваясь на нее. Примеры: северное сияние, магнитные ловушки, магнитные линзы.



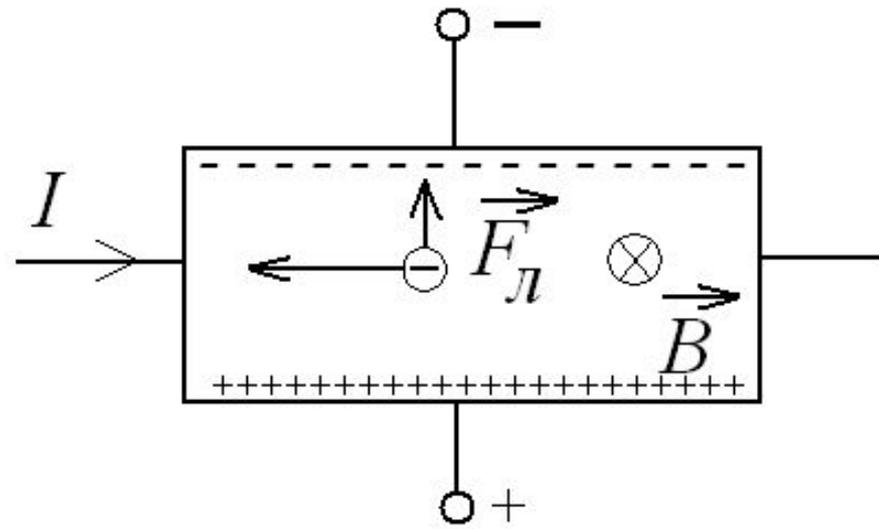
## 23. Эффе́кт Холла

Эффект Холла состоит в возникновении поперечной разности потенциалов в проводнике, помещенном в скрещенные электрическое и магнитное поля.





а)



б)

В случае, когда носители заряда положительные частицы (а), разность потенциалов  $U > 0$ . Если отрицательные (б), тогда  $U < 0$ . Знак напряжения определяет тип носителей заряда.

Возникшую разность потенциалов называют напряжением Холла

В установившемся режиме справедливо равенство сил

Учитывая

# Напряжение Холла

## Постоянная Холла

Постоянная Холла принимает более сложный вид при понятии двух типов носителей заряда и при различных температурах

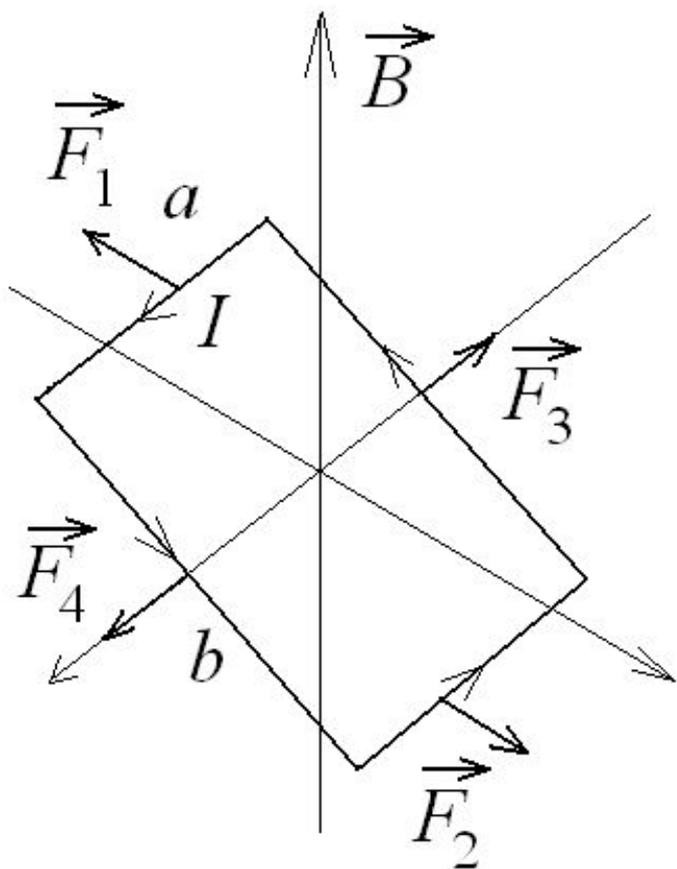
Зная постоянную Холла и удельную проводимость можно определить подвижность носителей заряда.

Эффект Холла в сочетании с измерением удельной проводимости позволяет определить основные характеристики проводника - концентрацию, подвижность и тип носителей заряда. Проводя измерения при различных температурах можно исследовать механизмы рассеяния носителей заряда.

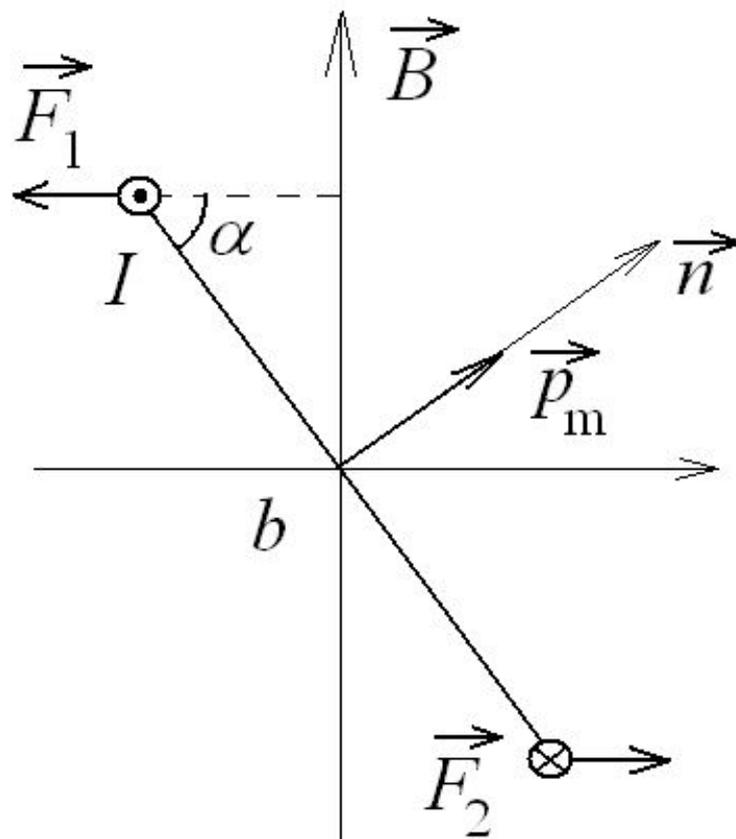
На эффекте Холла основана работа различных датчиков магнитного поля, бесконтактное измерение силы тока в проводниках, частотомеров, расходомеров, бесконтактных выключателей, управление двигателями, чтение магнитных кодов.

## 24. Работа по перемещению контура и проводника с током в магнитном поле

На контур действуют растягивающие и поворачивающие моменты сил.



а)



б)

Силы  $F_1$  и  $F_2$  стремятся повернуть рамку вокруг оси  $x$ . Силы  $F_3$  и  $F_4$  растягивают, уравновешивая друг друга. Суммарный момент сил:

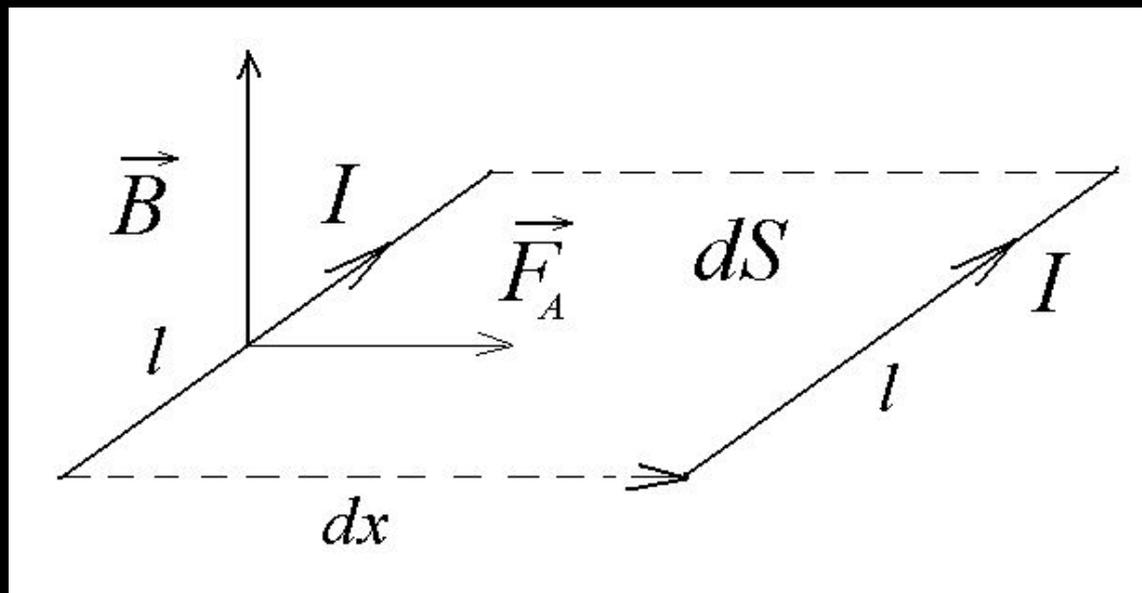
Вектор момента сил, действующих на рамку в магнитном поле определяется векторным произведением:

При изменении угла совершается механическая работа:

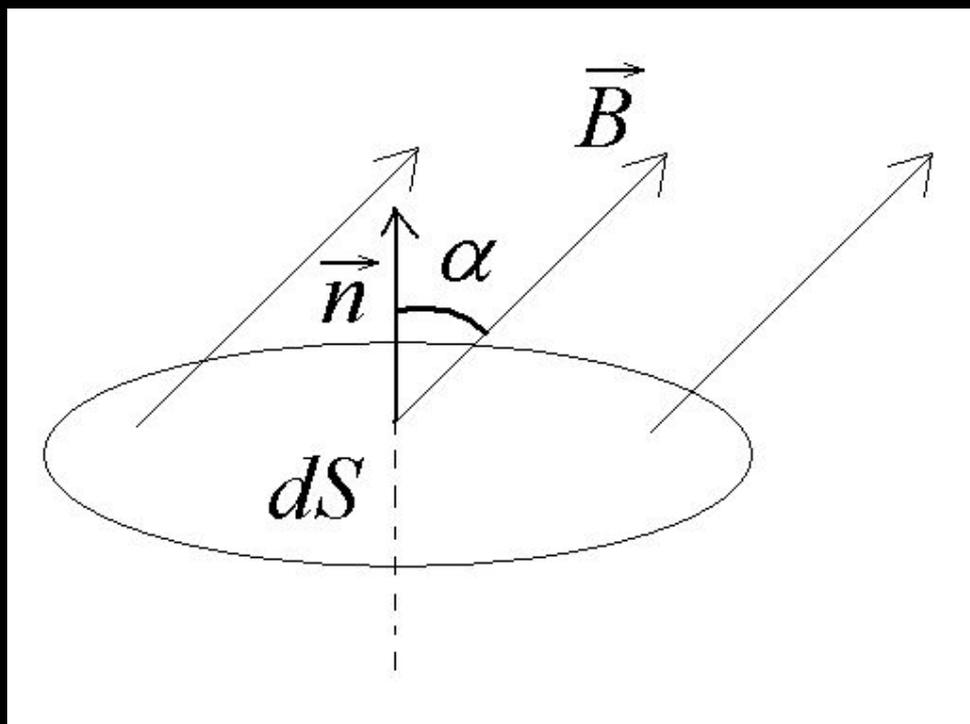
Интегрируя по углу поворота, вычисляем работу:

**Энергия контура с  
ТОКОМ В МАГНИТНОМ  
поле**

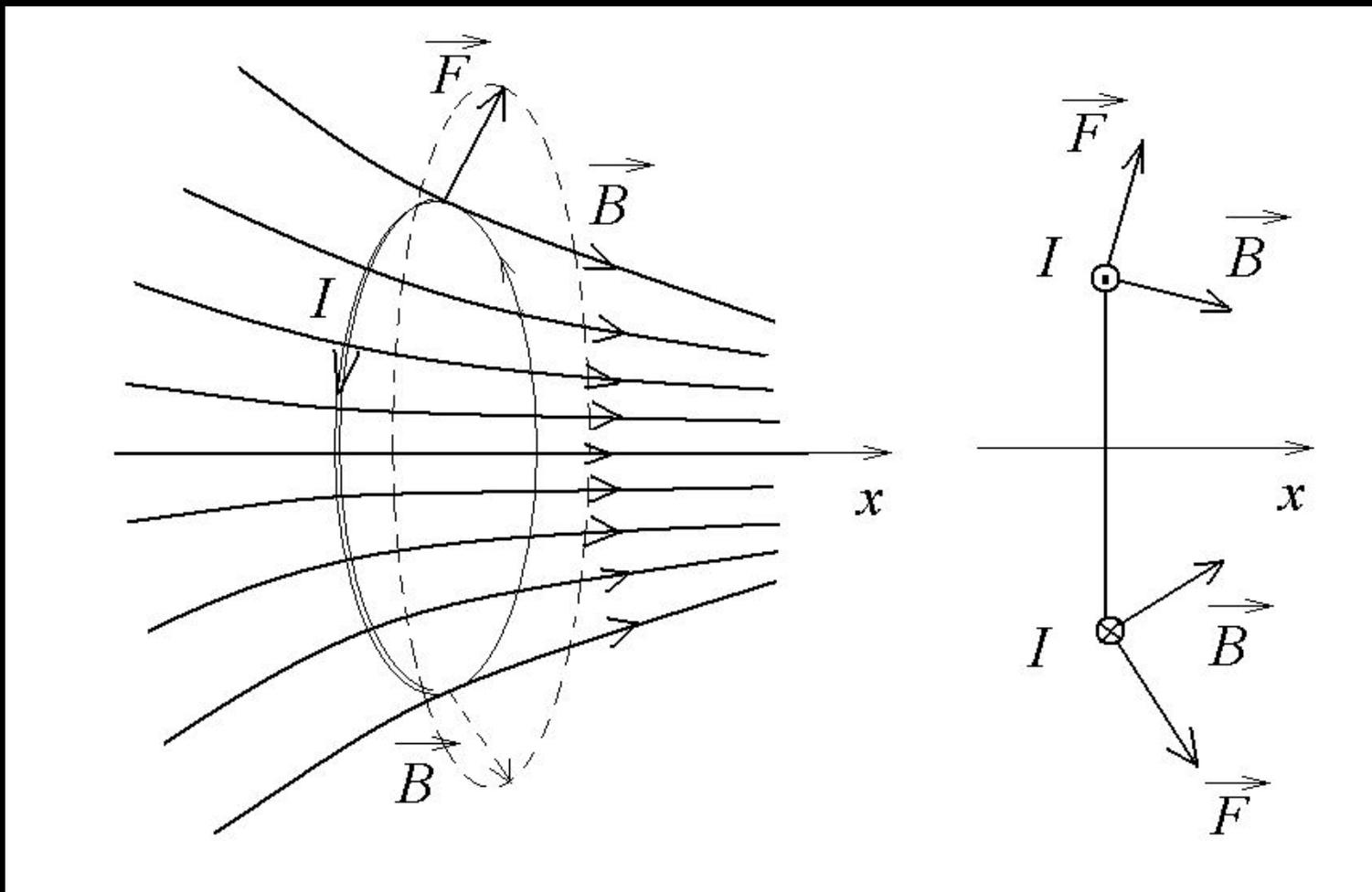
# Работа при перемещении проводника с током



Магнитный поток определяется скалярным произведением индукции магнитного поля и вектора площади.



Рассмотрим плоский контур с током в неоднородном магнитном поле.  
Результирующая сила направлена вдоль оси  $x$ .



Для определения силы  $F_x$  можно воспользоваться соотношением между силой энергией:

$$F_x = - \frac{dW}{dx}$$

Проекция силы  $F_x$  пропорциональна градиенту индукции магнитного поля.

Т.о. в магнитном поле контур ориентируется магнитным моментом по полю и втягивается в область сильного магнитного поля.