

# Технологии на квантовых эффектах

Неженцев А.В.  
Аспирант кафедры КФН  
НИУ МИЭТ



# Содержание:

- 1) Квантовые размерные эффекты
- 2) Квантовое туннелирование через потенциальные барьеры
- 3) Поглощение и излучение света
- 4) Сверхпроводимость
- 5) Спинтроника

# Квантовый размерный эффект

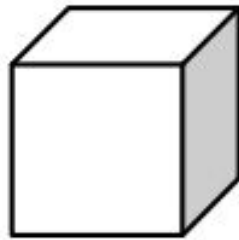


Луи де Бройль

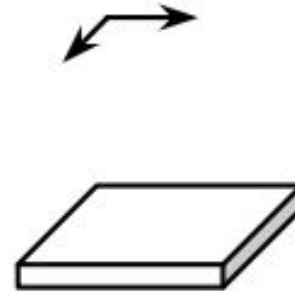
(15 августа 1892 — 19 марта 1987)

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} \quad - \text{длина волны де Бройля}$$

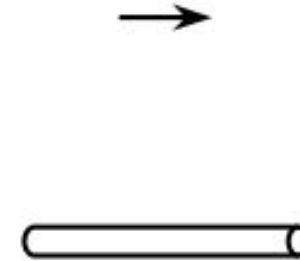
3D



2D



1D

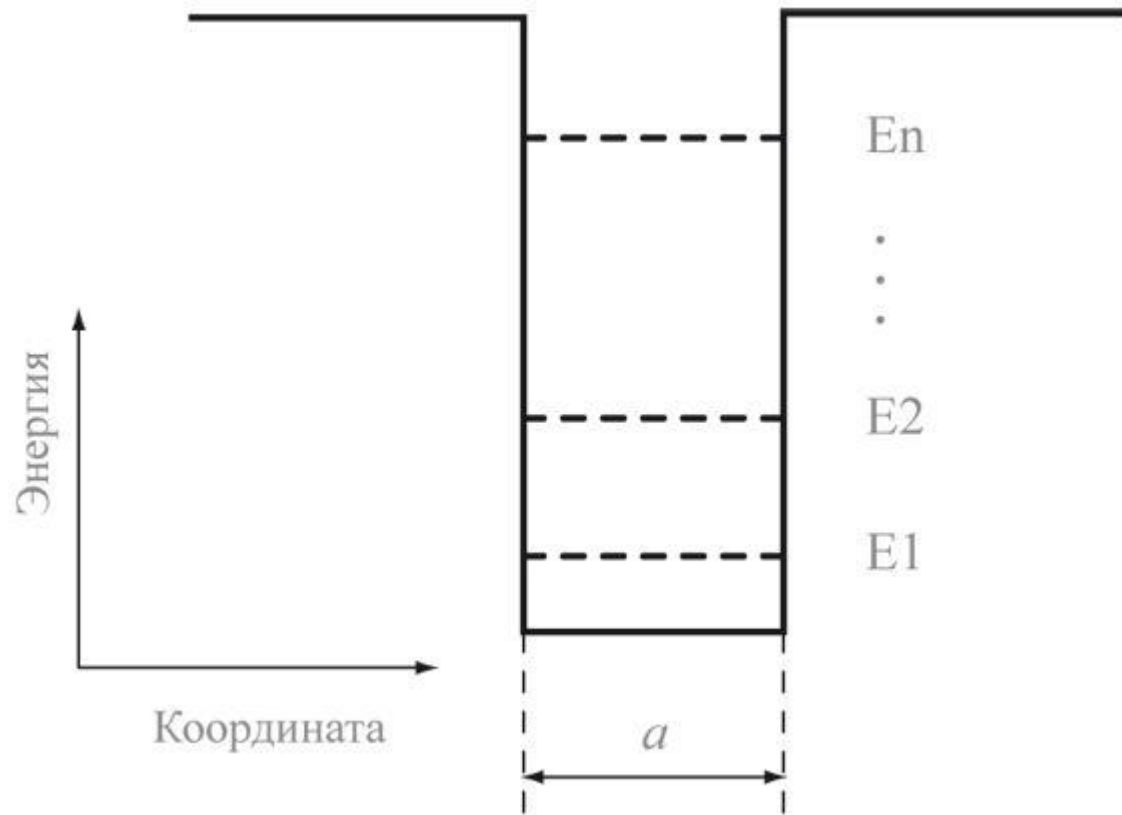


0D

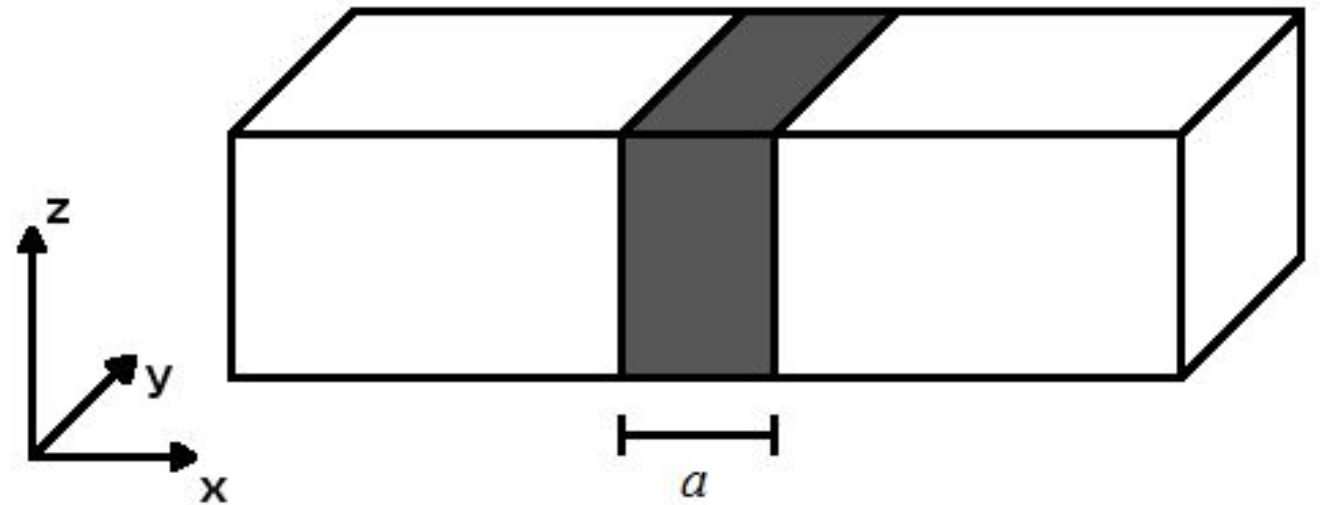


# 2D-объект

Идеальная квантовая потенциальная яма

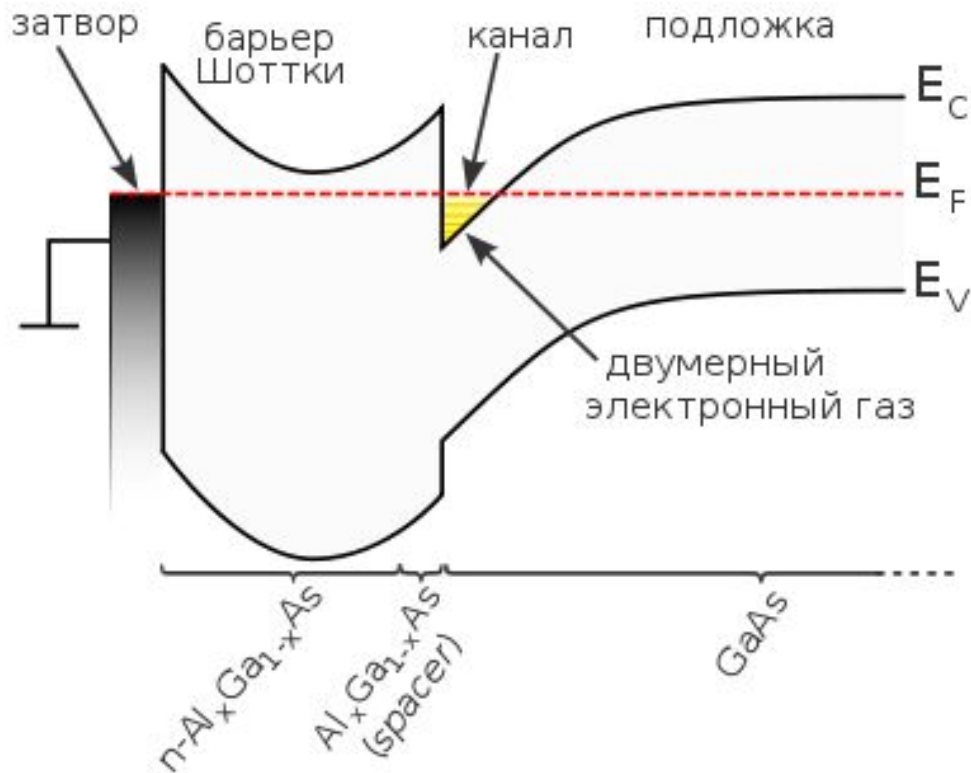


Схематическое изображение квантовой ямы

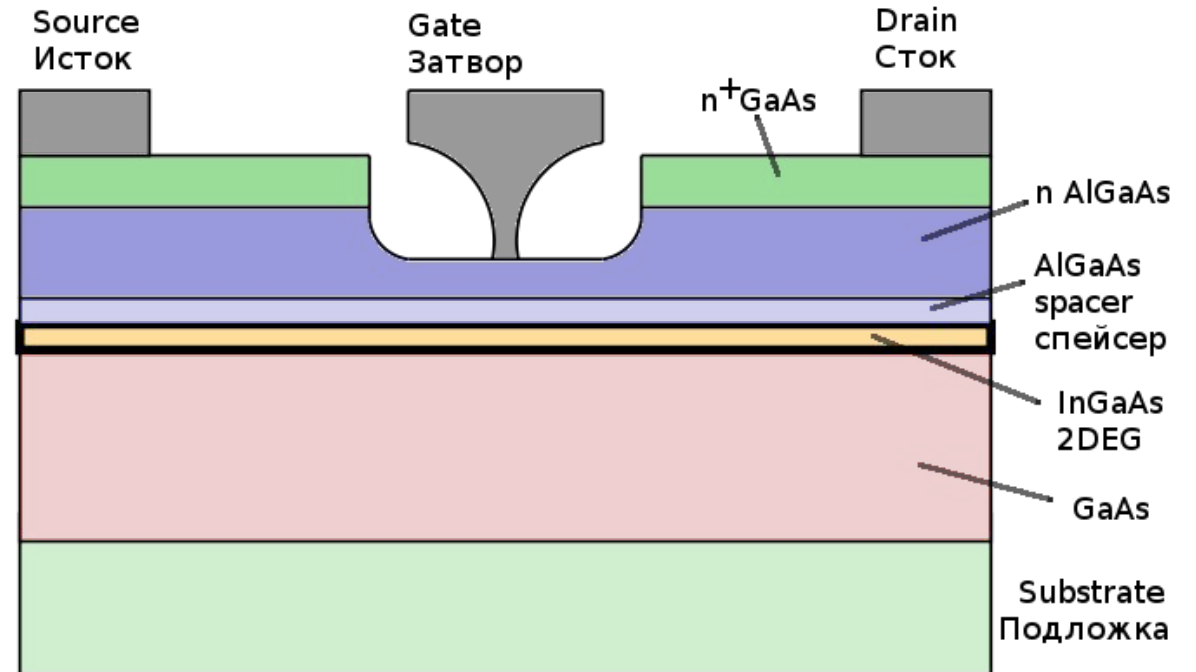


Реализация квантовой ямы

# Двумерный электронный газ

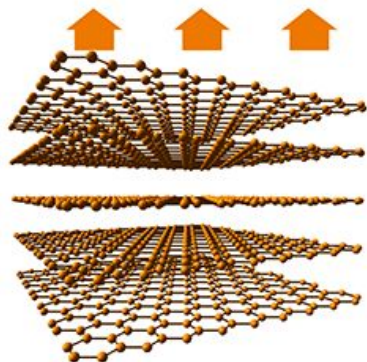


Энергетическая диаграмма

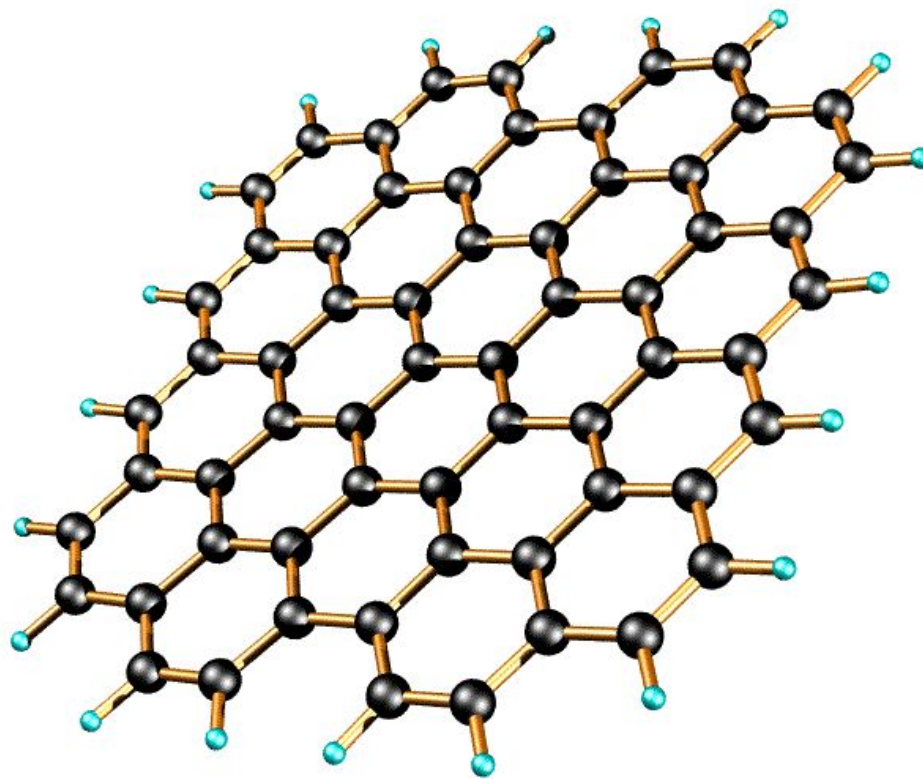


Транзистор с двумерным электронным газом

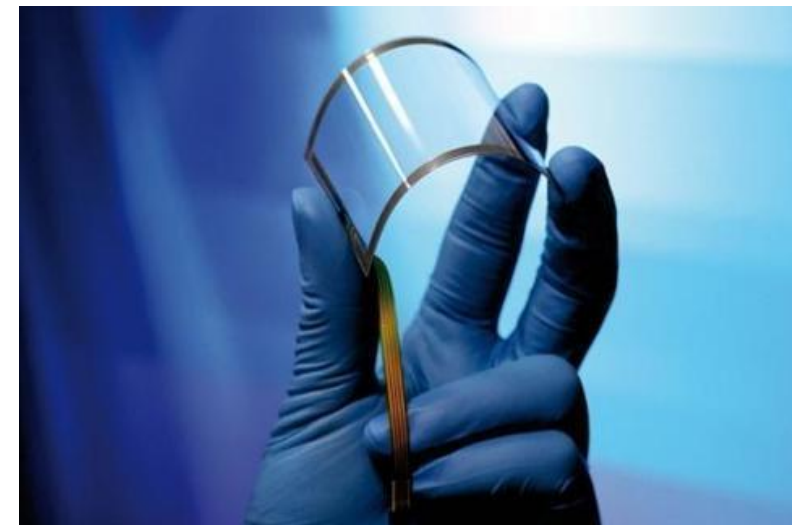
# Графен



Получается путем  
отслаивания слоя  
графита толщиной в  
один атом



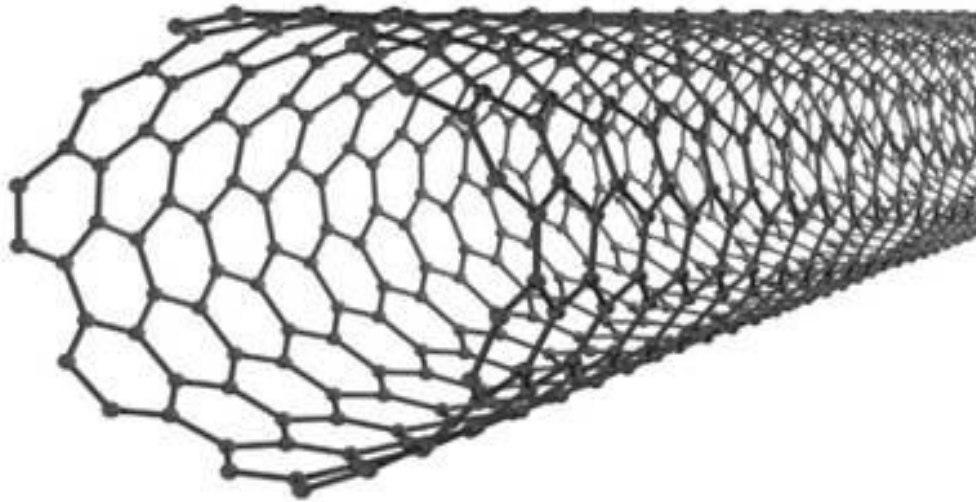
Кристаллическая структура



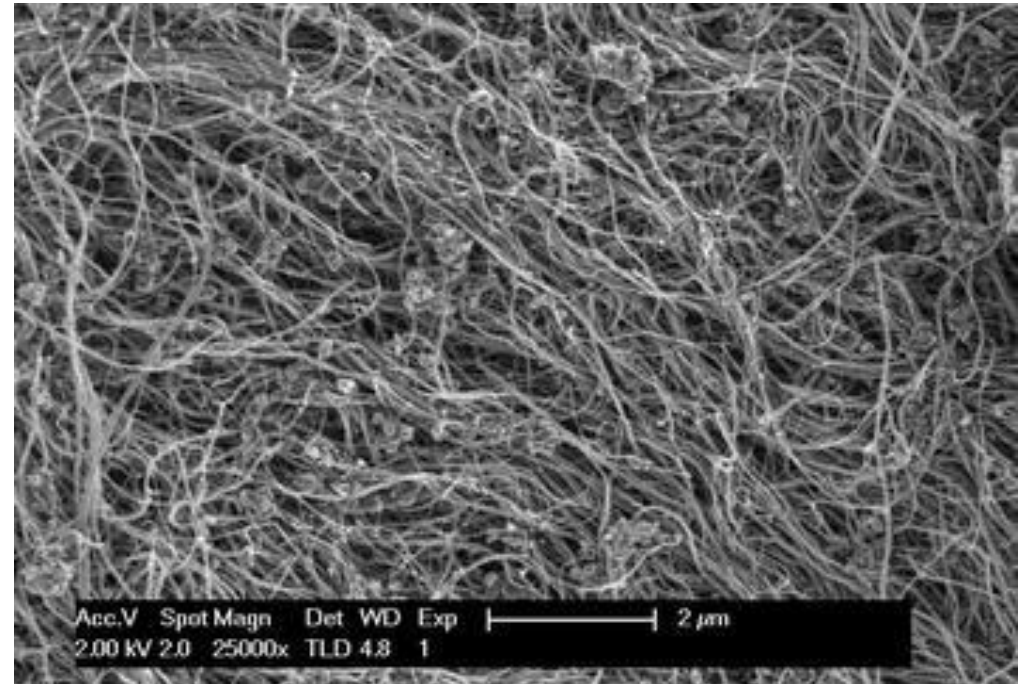
Применение

# 1D -объекты

## Углеродные нанотрубки



Структура УНТ

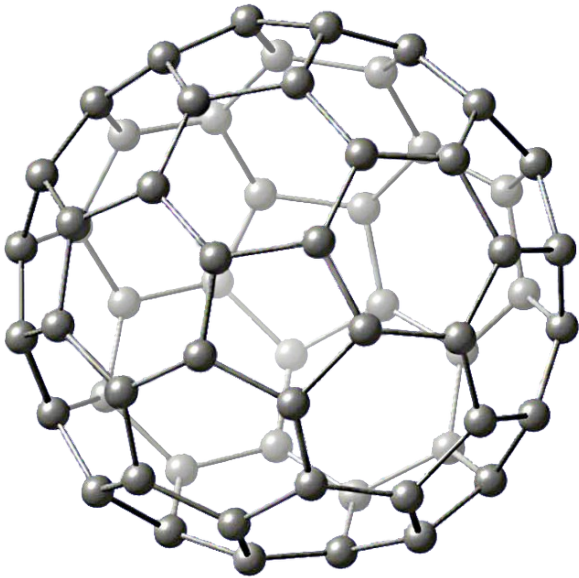


Массив УНТ



# 0D -объекты

## Фуллерены



## Применение фуллеренов

Как полупроводник  
(акцептор электронов)

Добавки для получения  
искусственных  
алмазов

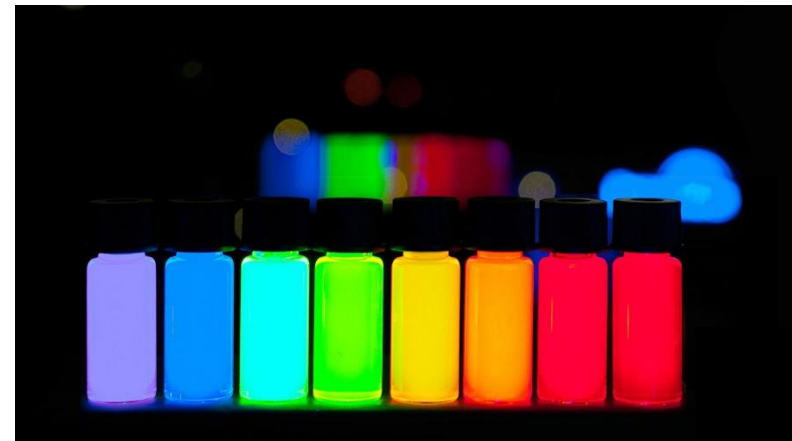
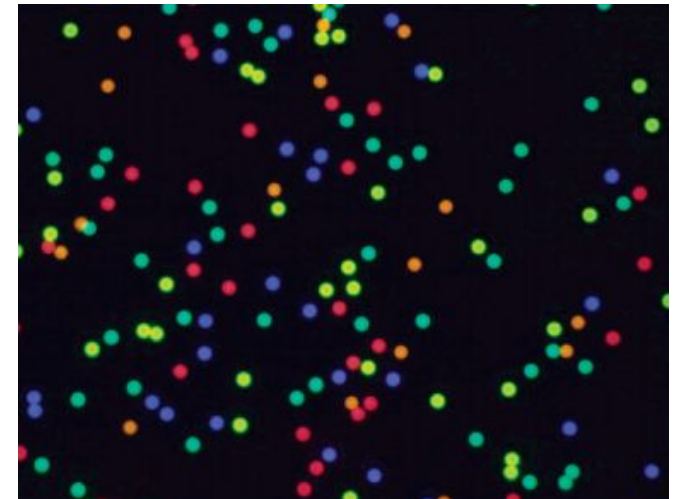


Антиоксиданты и  
биофармпрепараты



Сверхпроводящие  
соединения с C60

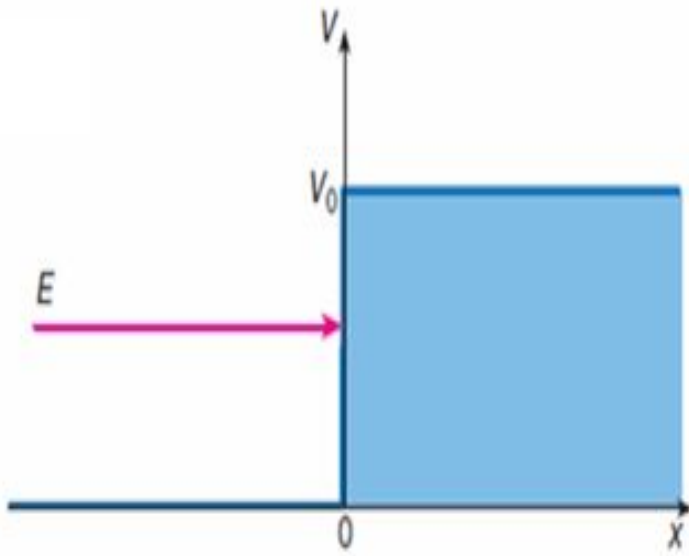
## Квантовые точки



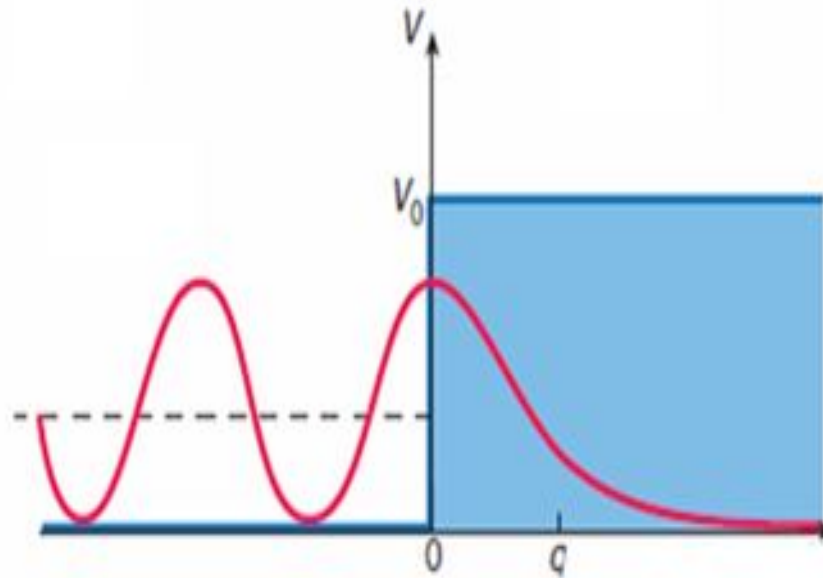


# Туннельный эффект

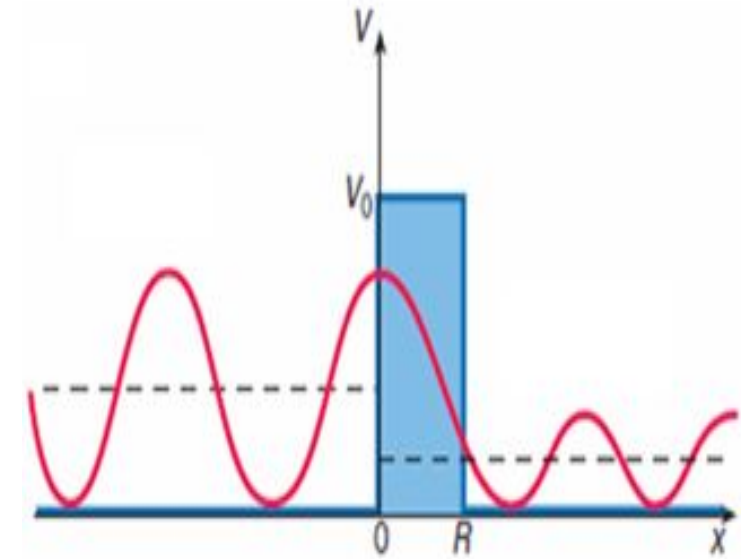
Прохождение частицы сквозь область пространства, пребывание в которой запрещено классической механикой.



Классический случай

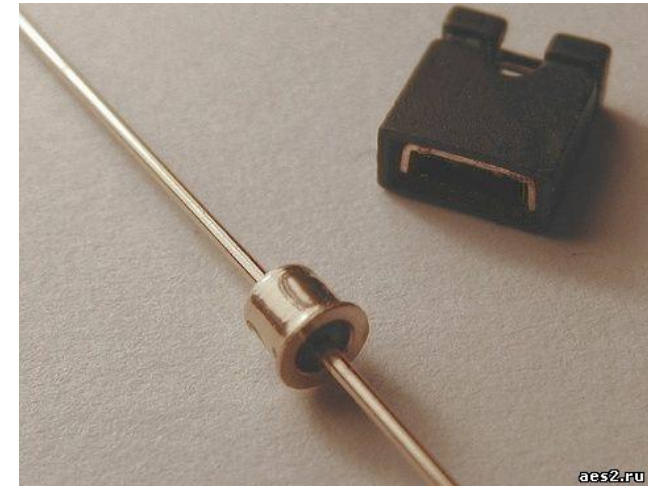
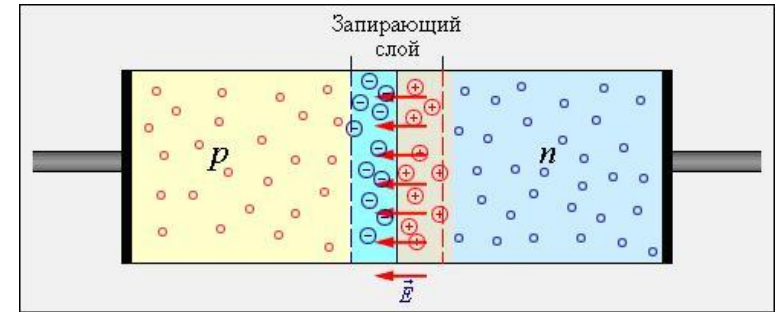
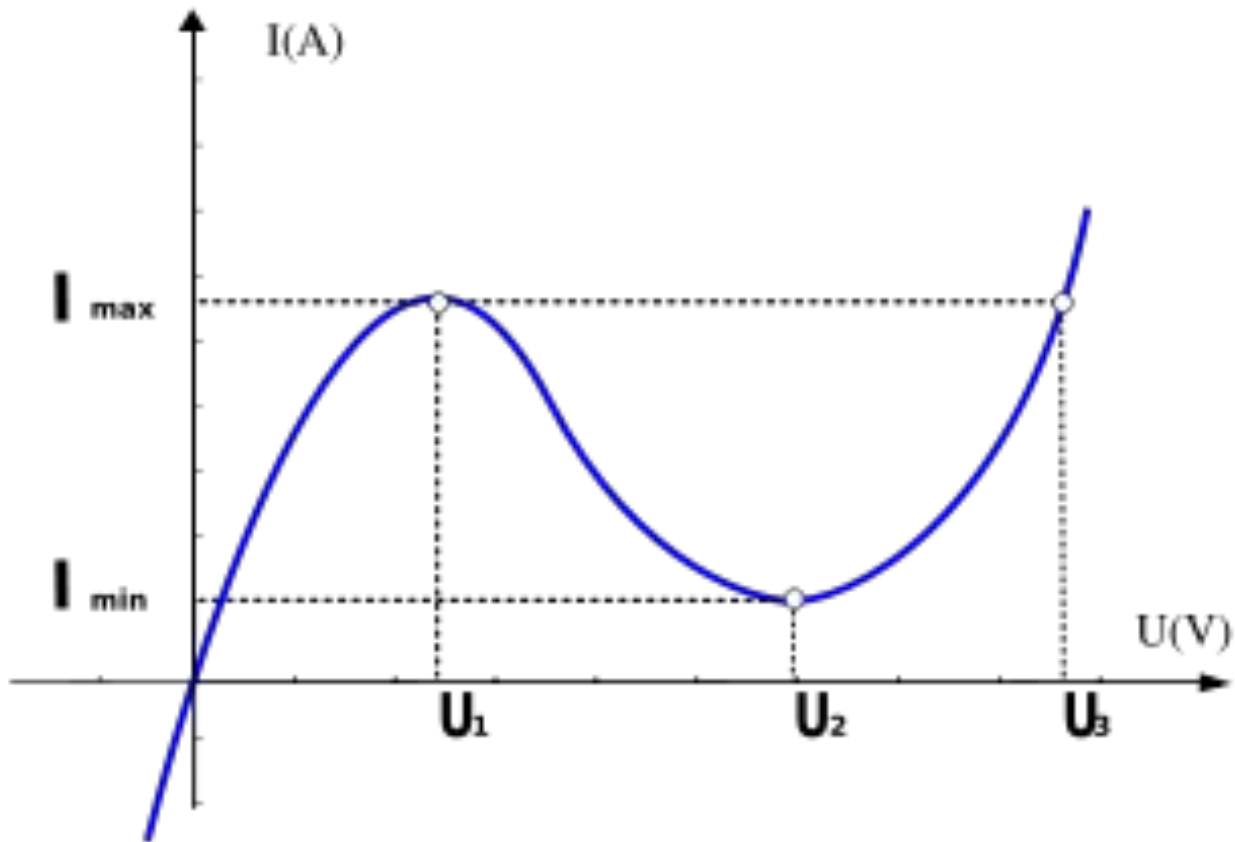


Случай широкого барьера



Случай оптимальной ширины барьера

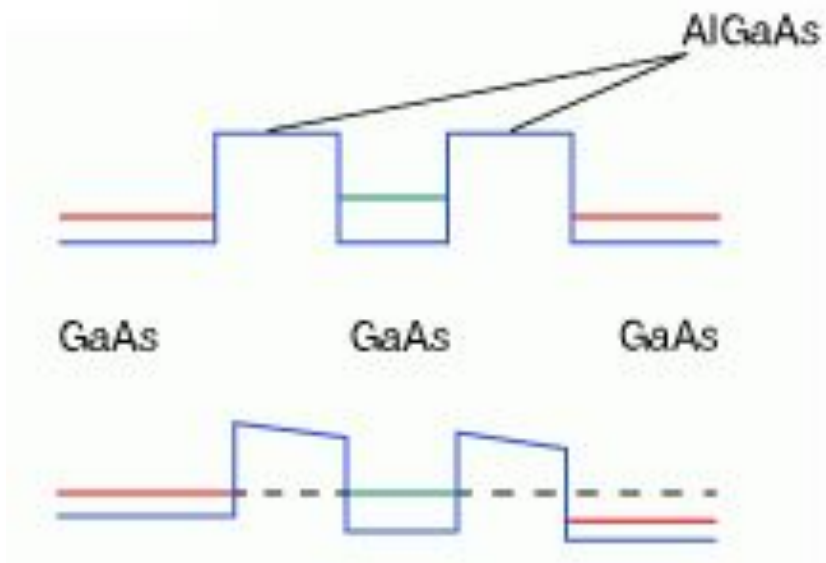
# Туннельный диод



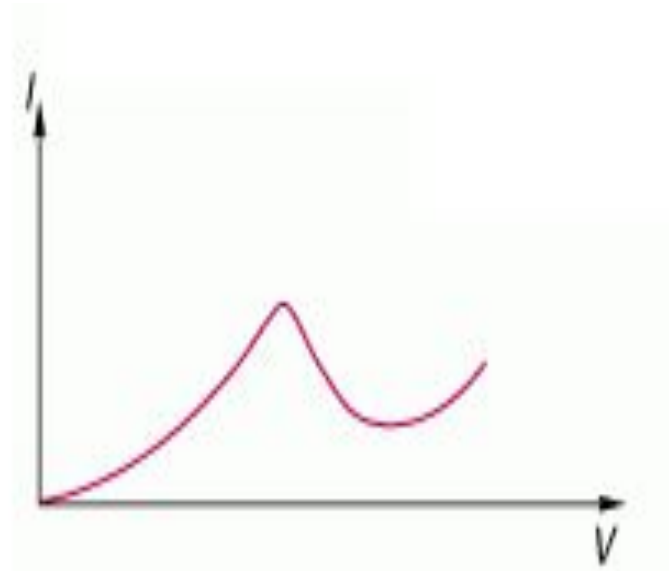
Вольтамперная характеристика туннельного диода

Фото и структура туннельного диода

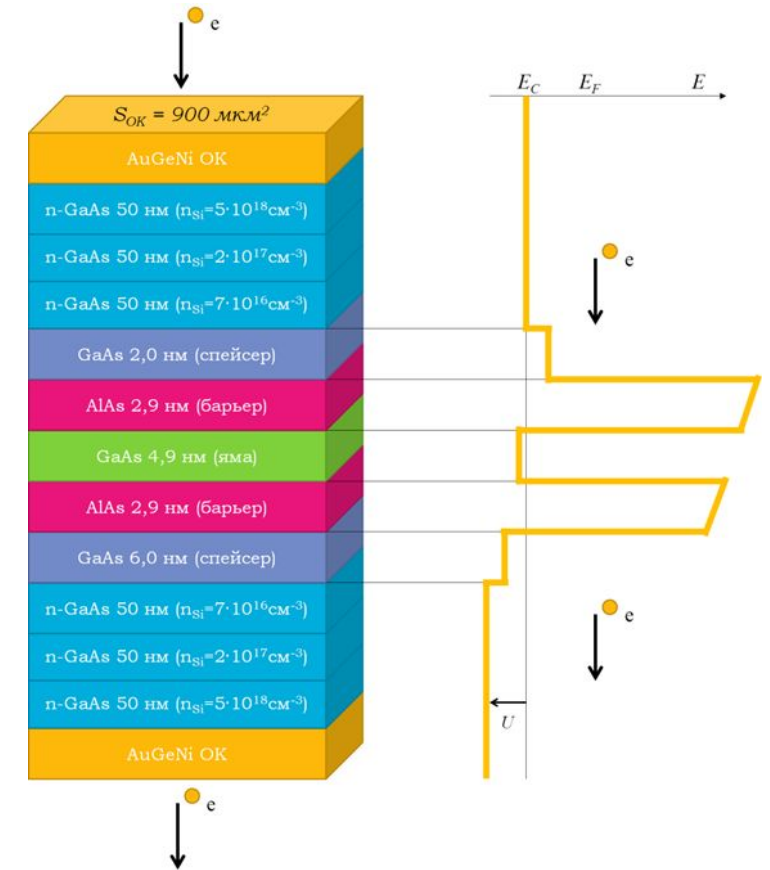
# Резонансно-туннельный ДИОД



Принцип работы РТД

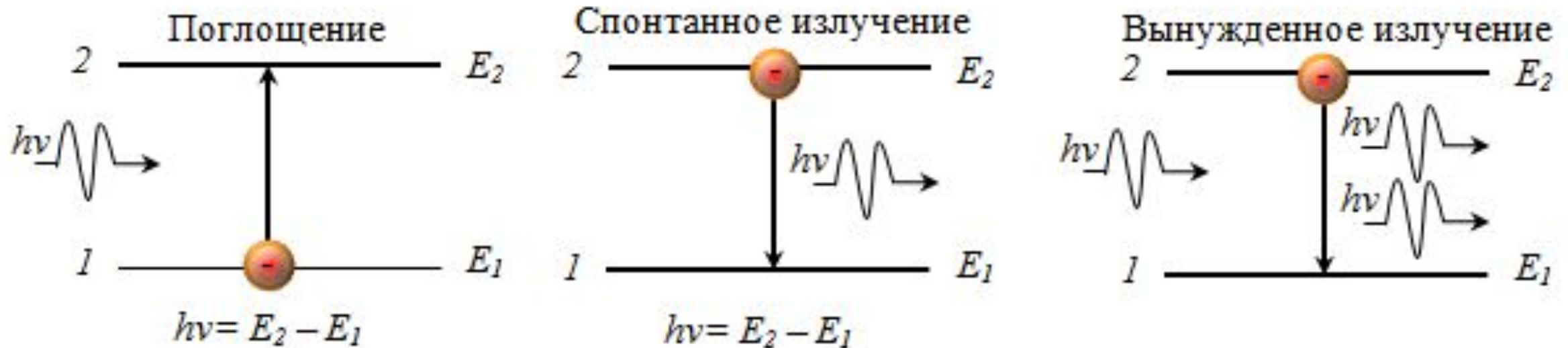


ВАХ РТД



Структура РТД

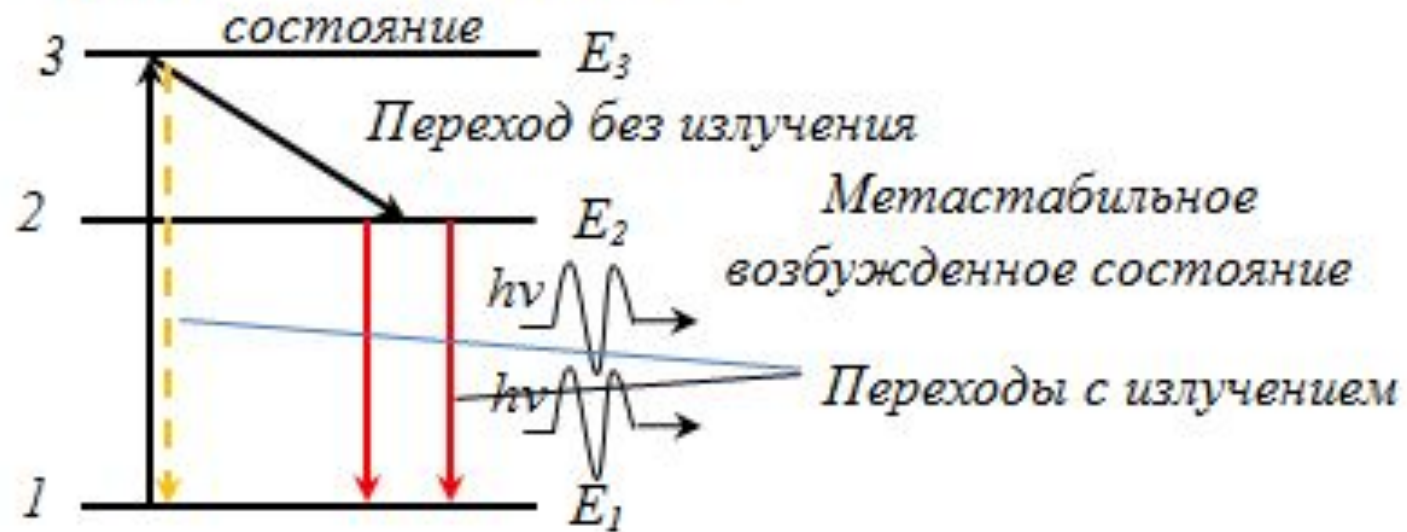
# Поглощение, спонтанное и вынужденное излучение



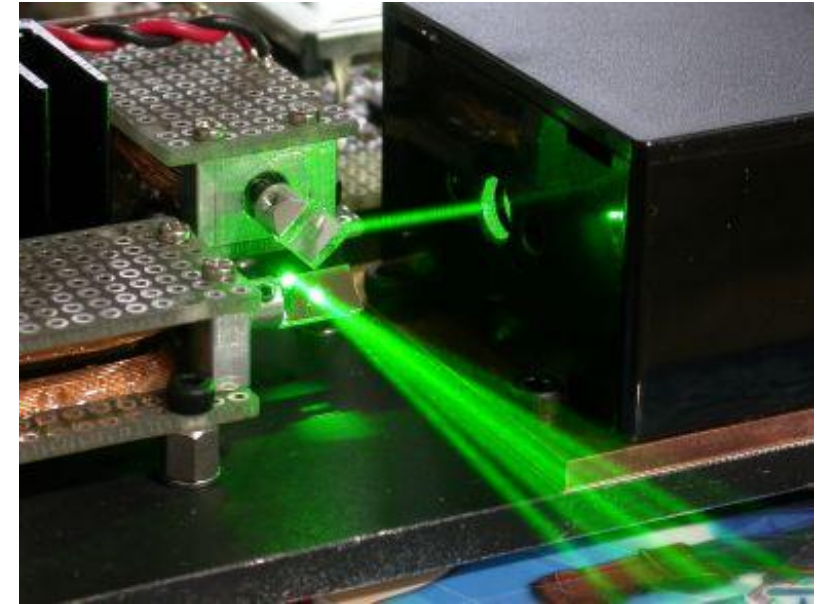
Энергетические уровни атома при поглощении, спонтанном и вынужденном излучении

# Лазеры

*Нормальное возбужденное*

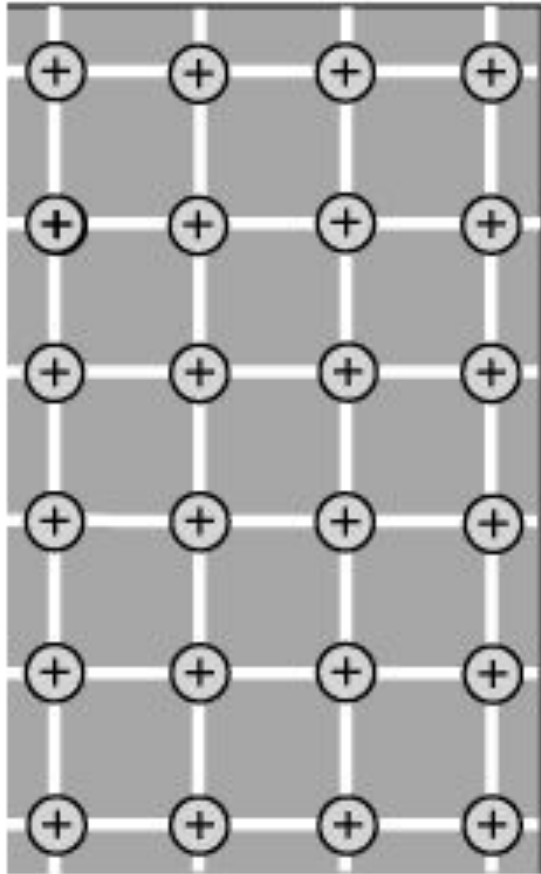


Принцип действия



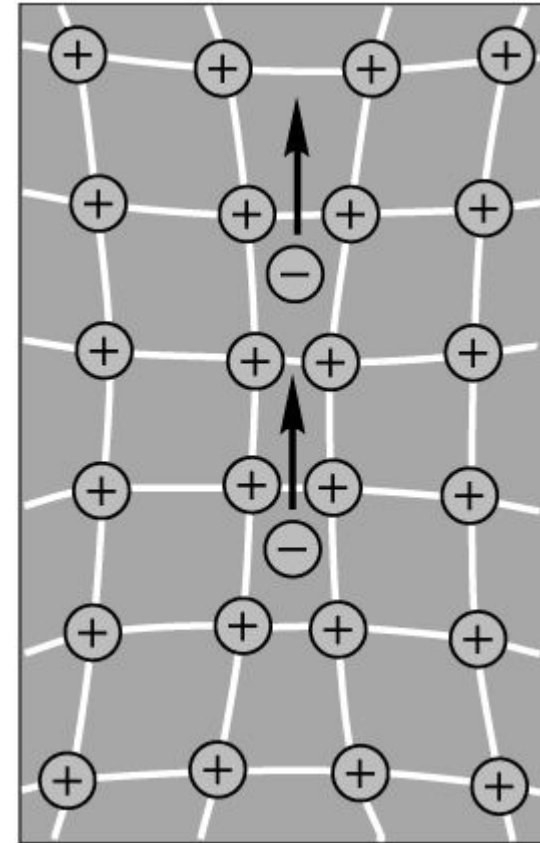
Структура и внешний вид

# Сверхпроводимость



Кристаллическая структура

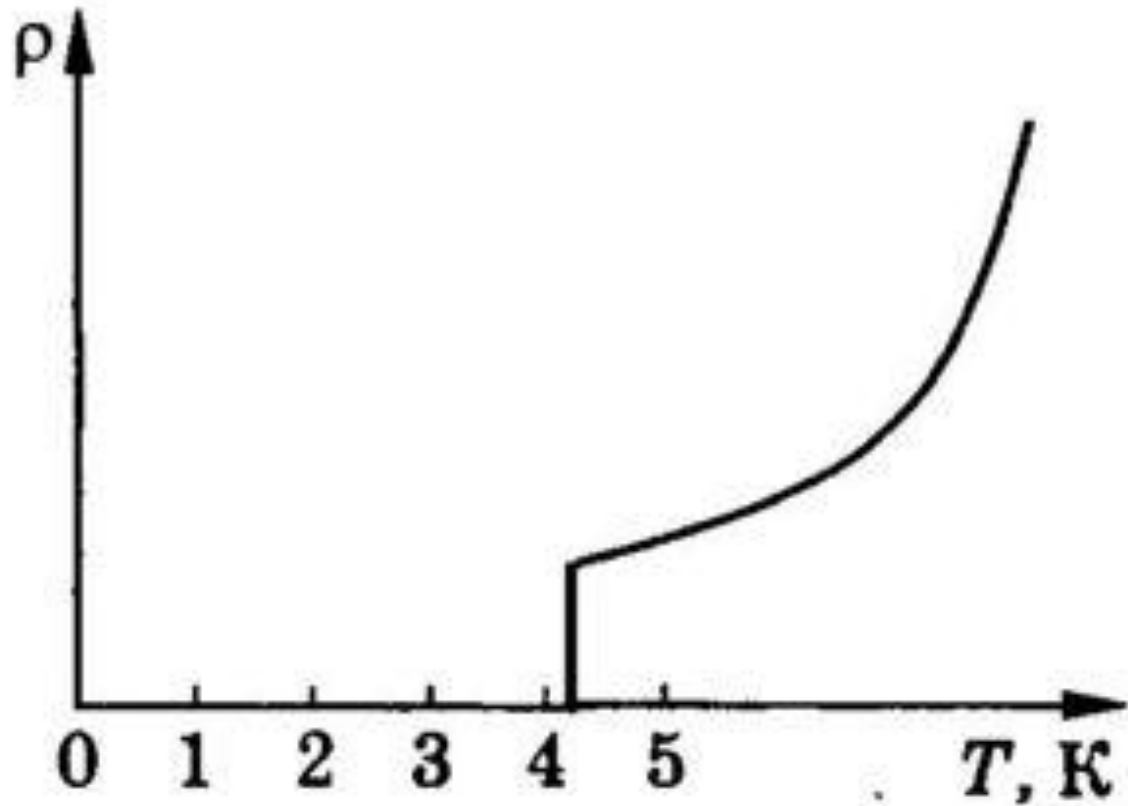
Первый электрон искажает решетку, создавая область повышенного положительного заряда, в которую втягивается второй электрон



Связывание электронов в пары



# Сверхпроводники



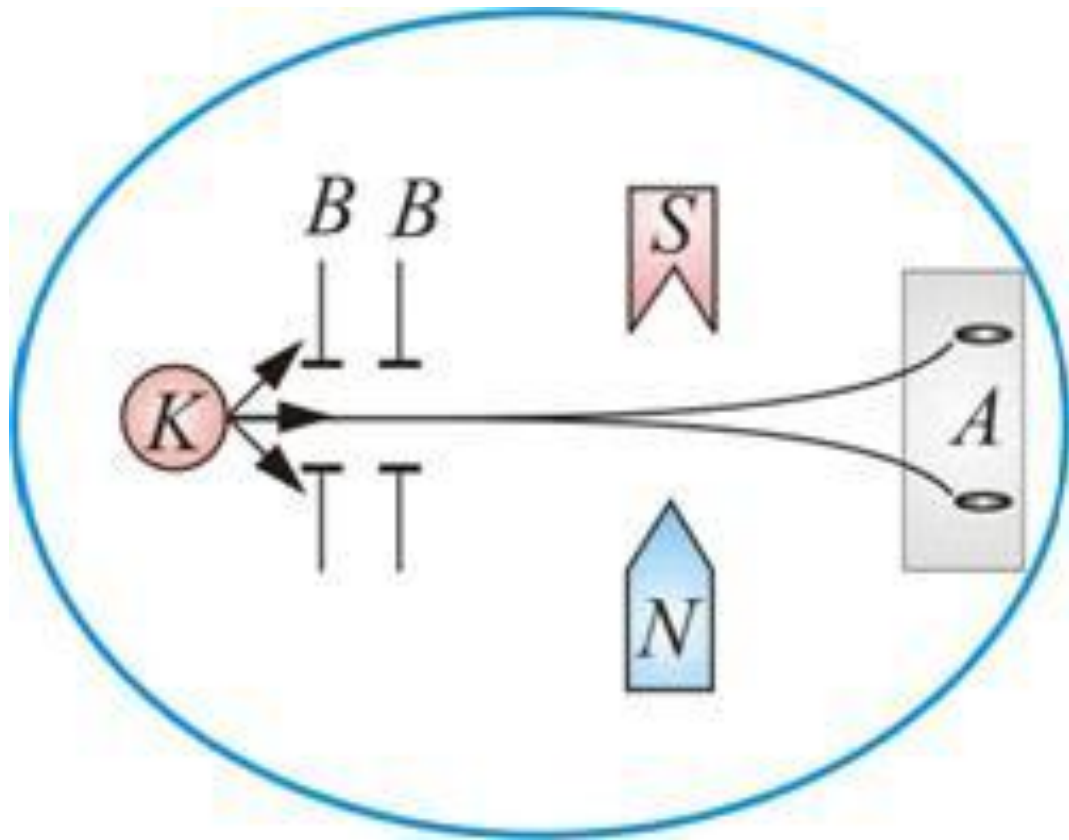
Температурная зависимость  
сопротивления



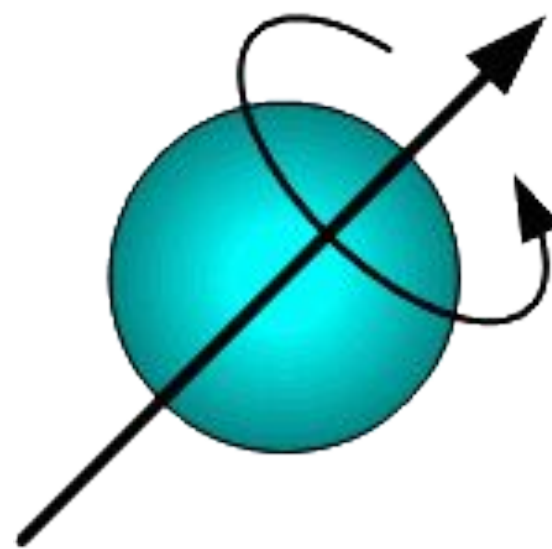
Левитация (Эффект Мейснера)



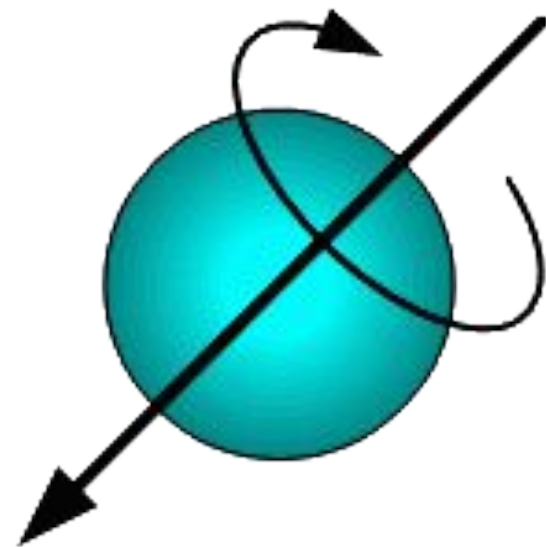
# Спин



Опыт О. Штерна и В. Герлаха



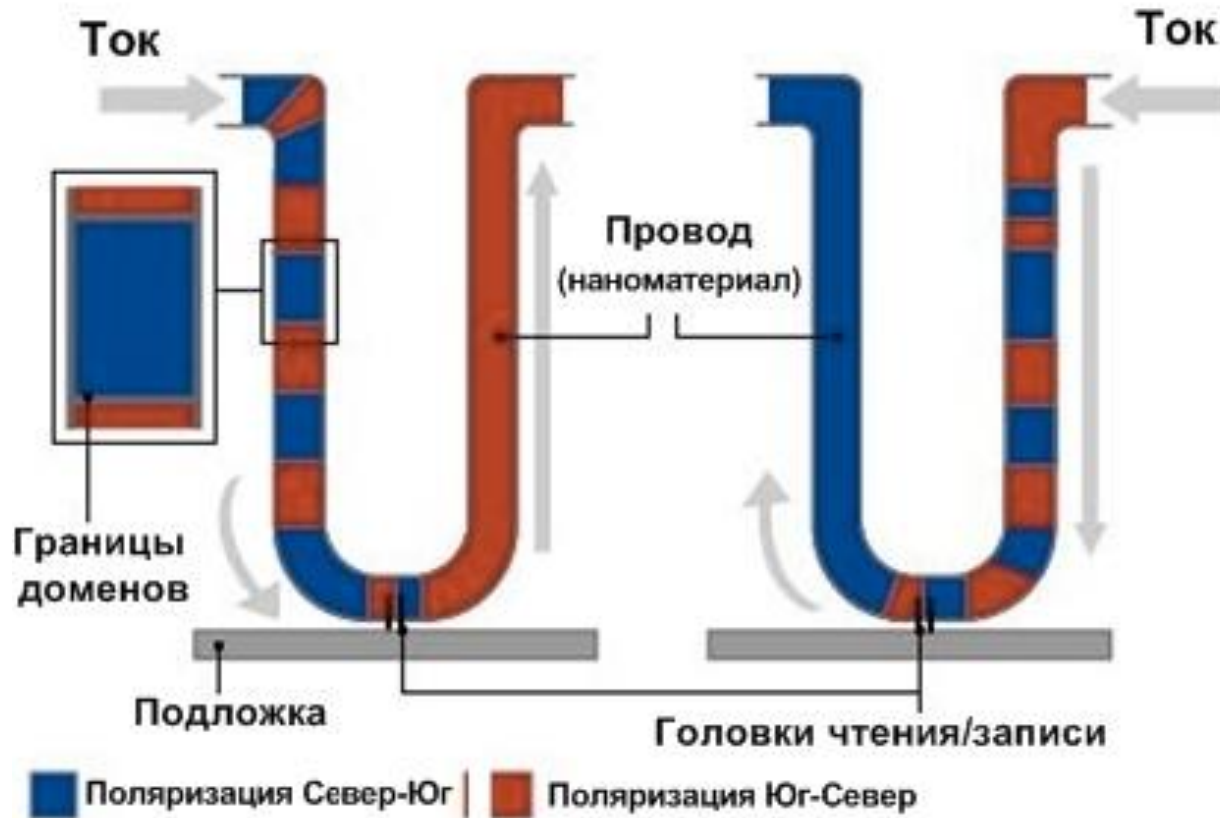
$+1/2$



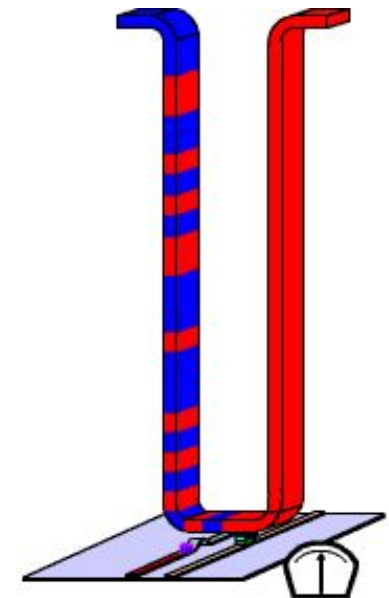
$-1/2$

Представление о спине

# Спинтроника



В спинтронных устройствах переворот спина практически не требует затрат энергии, а в промежутках между операциями устройство отключается от источника питания. Если изменить направление спина, то кинетическая энергия электрона не изменится. Это означает, что тепла почти не выделяется. Скорость изменения положения спина очень высока. Эксперименты показали, что переворот спина осуществляется за несколько пикосекунд.



**Спасибо за внимание!**