

# Квазичастицы в наноструктурах

Выполнила:  
Кипина О.А.  
19ФПФМ1



# Содержание

- Введение
- Наноструктуры и их классификация
- Конденсированная материя
- Квазичастицы и их характеристики
- Виды квазичастиц
  - Фононы
  - Квазиэлектрон
  - Электроны проводимости и дырки
  - Полярон
  - Экситоны
  - Магنون
  - Плазмоны
  - Поляритоны
  - Полярон
  - Куперовская пара
  - Флуктоны и фазоны
  - Спиноны, хононы, орбитоны
  - Электроны и дырки
- Заключение
- Список источников



# Введение

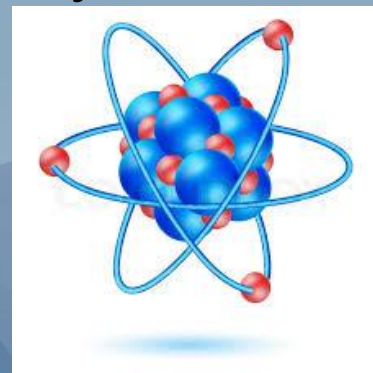
Исследования наноструктур начинаются с середины двадцатого столетия. Эти исследования важны для решения фундаментальных научных проблем и для перспективного создания на основе открытых явлений совершенно новых квантовых устройств и систем с широкими функциональными возможностями.

Вводимое в физику понятие квазичастица позволяет упростить описание сложных квантовых систем, таких как твёрдые тела и квантовые жидкости.

# Введение

Наноматериалы обладают исключительными свойствами, что делает их уникальными и перспективными для использования.

Вводимое в физику понятие квазичастица позволяет упростить описание сложных квантовых систем, таких как твёрдые тела и квантовые жидкости. Например, чрезвычайно сложное описание движения электронов в полупроводниках может упроститься введением квазичастицы под названием электрон проводимости, отличающейся от электрона массой и движущейся в свободном пространстве.



# Целью данного реферата является:

- описать поведение квазичастиц в наноструктурах.

Исходя из цели, вытекают следующие задачи:

1. Дать определение квазичастицам и наноструктурам;
2. Классифицировать наноструктуры по разным признакам;
3. Рассмотреть свойства квазичастиц.



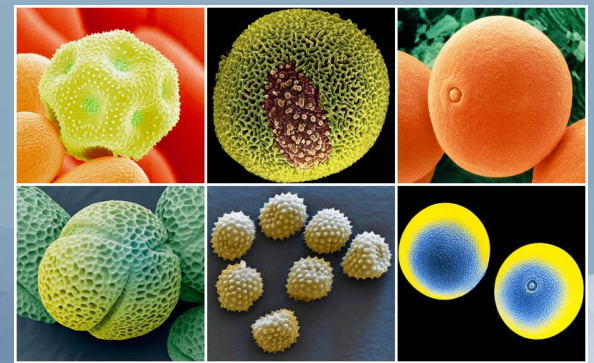
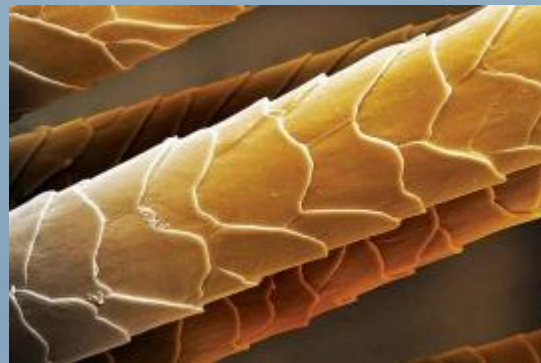
# 1. Наноструктуры и их классификация

**Структурные единицы вещества** — это строительный материал, из которого состоит материя.

**Наноструктуры** (согласно определению Большой российской энциклопедии) – это собирательное название объектов (веществ, материалов, конструкций) искусственного или естественного происхождения, представляющих собой совокупность элементов, размеры которых лежат в пределах от нескольких нанометров до нескольких десятков нанометров и не превышает 100 нм.

# 1. Наноструктуры и их классификация

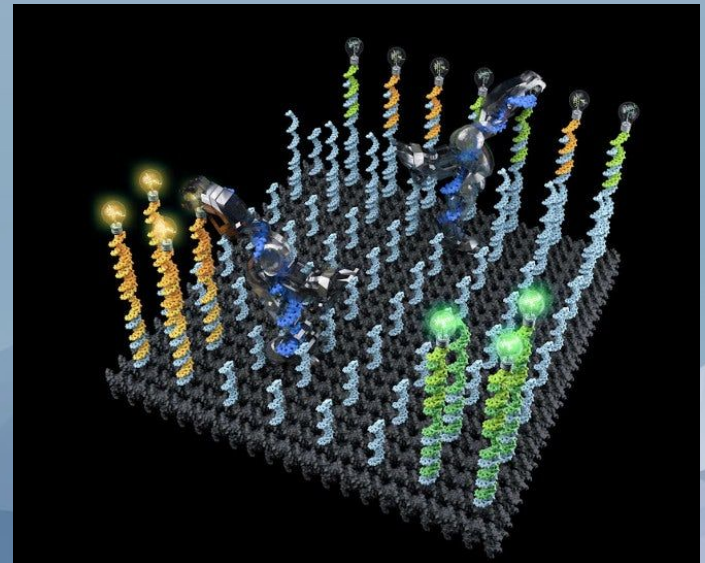
Живая природа состоит в основном из элементов и блоков в единицы и десятки нанометров. Например, ракушки моллюсков, волосы, сажа, пыльца цветов, цемент являются наноструктурированными, обладают необычными свойствами, известными и используемыми очень давно.



# 1. Наноструктуры и их классификация

Начиная с середины XX столетия внимание ученых сосредоточилось на объектах нанометрового масштаба ( $10^{-7} - 10^{-9}$ )м .

Уровень наноразмеров – это уровень перехода от законов классической механики к действию законов квантовой механики.





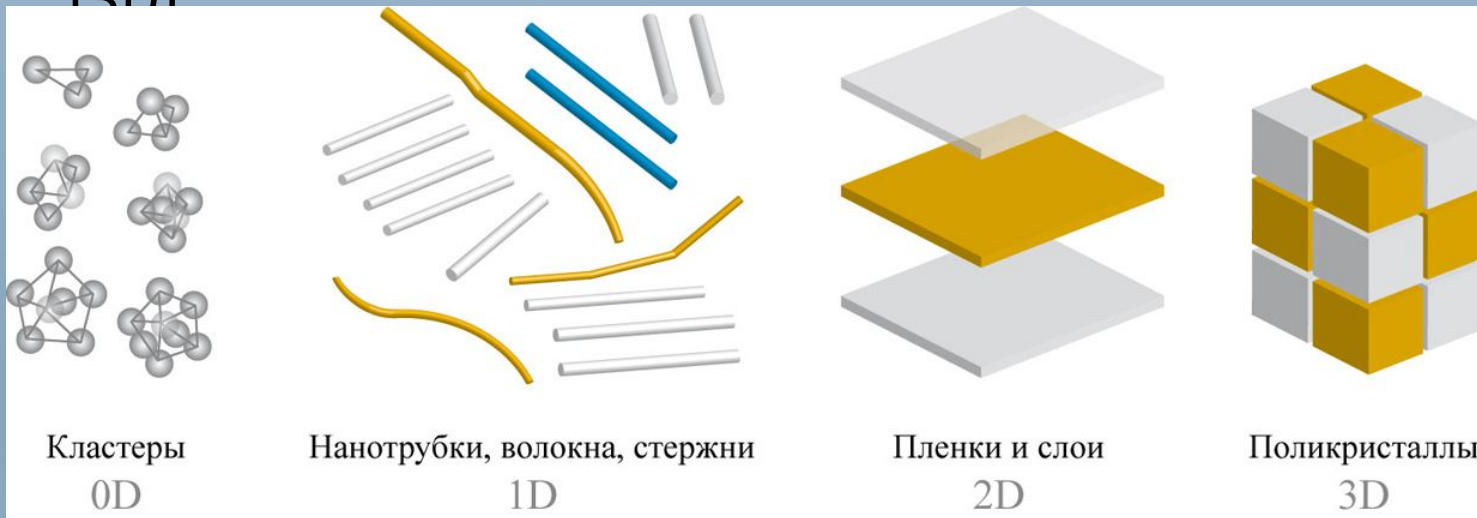
# Классификация наноструктур

по:

- Размерности;
- Морфологии(геометрической форме);
- Агрегатному состоянию;
- Взаимному пространственному положению структурных элементов и др.

# По размерности наноструктуры подразделяют на:

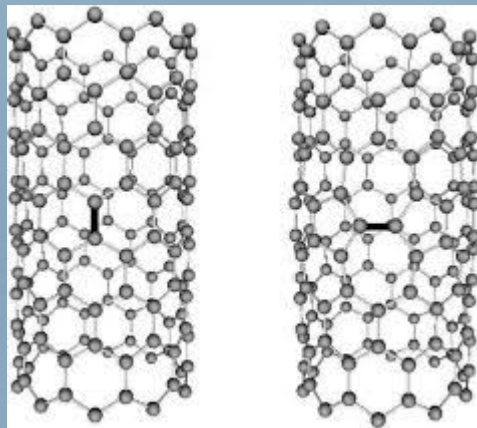
1. Нульмерные(0D) кластеры и наночастицы (нанокристаллы);
2. Одномерные(1D) волоконные;
3. Двумерные(2D) пленочные и многослойные;
4. Трехмерные поликристаллические наноструктуры (3D)



# Морфология

Зависит от их состава, кристаллической структуры и способа получения.

- сферической,
- стержневой,
- трубчатой,
- игольчатой и др. форм.



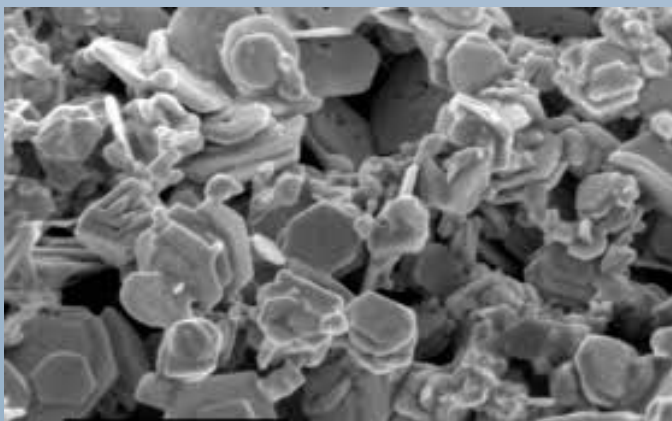


Рис. 1. Наноструктура карбида ванадия.

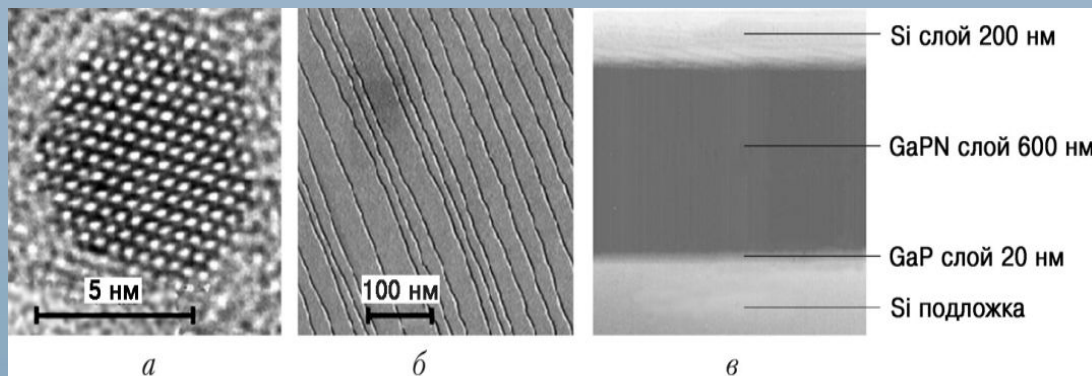


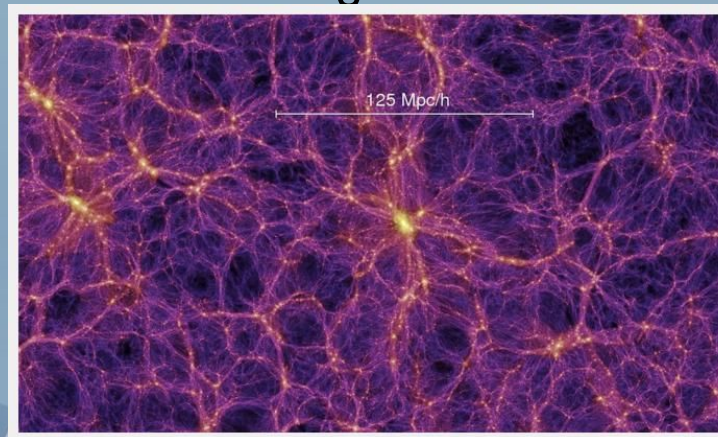
Рис. 2. Типы полупроводниковых наноструктур: а- квантовая точка селенида кадмия CdSe; б – квантовые проволоки из окисленных медных волокон толщиной 2-4 нм на поверхности молибдена; в- квантовая яма, поперечное сечение GaP – GaPN со сферхтонким слоем фосфида галлия GaP на кремниевой подложке.



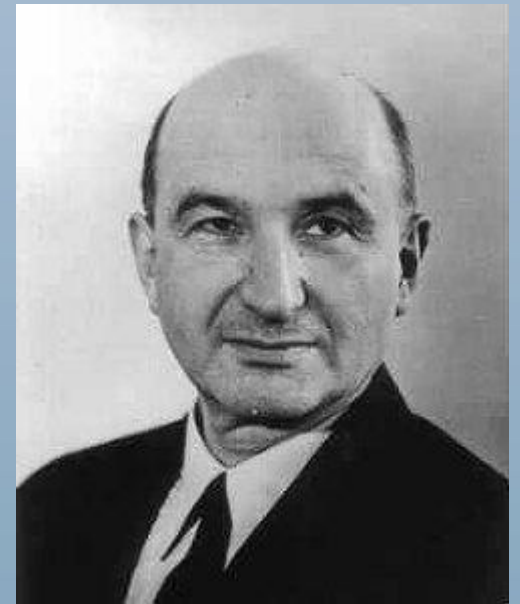
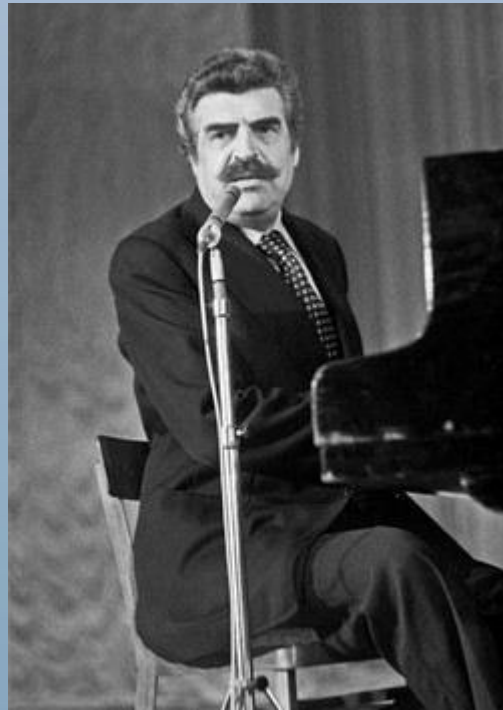
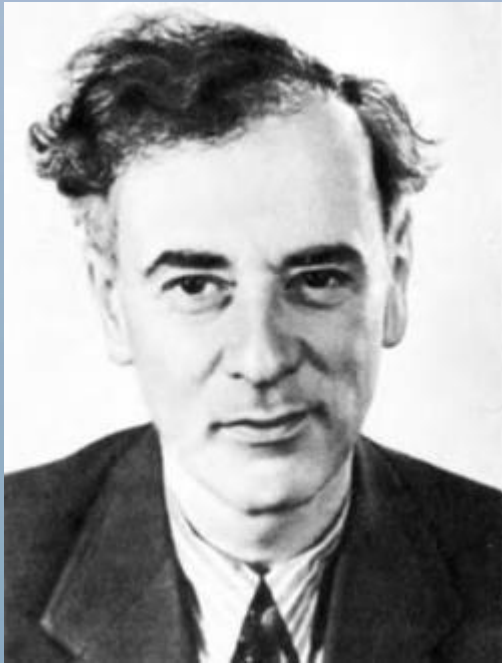
## 2. Конденсированная материя

Конденсированная материя — это чрезвычайно сложное образование. Она представляет собой систему сильно взаимодействующих структурных единиц, совершающих сложные колебательные движения как целое.

Наиболее широко используются в настоящее время **квазичастичные методы** описания возбуждённых конденсированных сред.



Л.Д. Ландау Я.И. Френкель И.М. Лифшиц

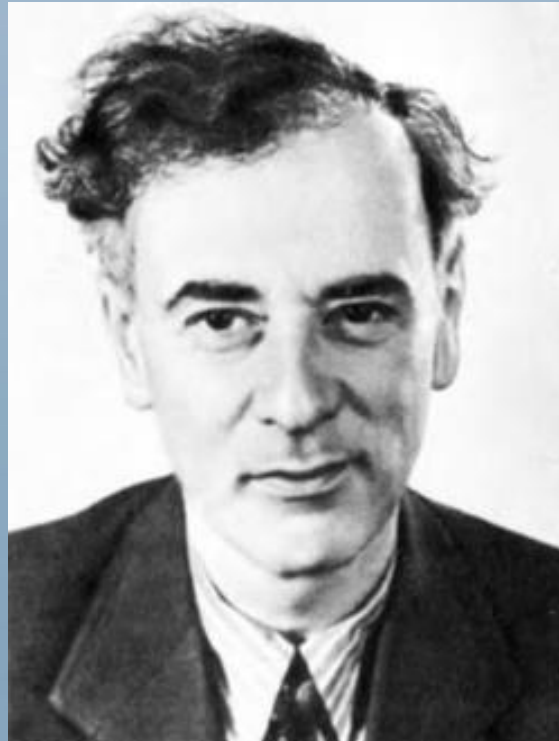


### 3. Квазичастицы и их характеристики

В том случае, когда элементарные возбуждения, на которые можно разложить состояние ансамбля структурных единиц при низких уровнях возбуждения, могут распространяться в среде, их принято называть *квазичастицами*.

Если квазичастицы существуют достаточно долго в неизменном виде, они подобны частицам, т.е. характеризуются определёнными значениями энергии и импульса.

Идея существования квазичастиц была впервые выдвинута Л.Д. Ландау в 40-х годах прошлого века.






# Квазичастицы можно разделить на два типа

1. Элементарные возбуждения, которые после выключения взаимодействия структурных единиц переходят в частицы идеального газа.
2. Элементарные возбуждения, которые обусловлены исключительно силами взаимодействия между структурными единицами и отсутствуют в идеальном газе структурных единиц.

# Основные характеристики квазичастиц :

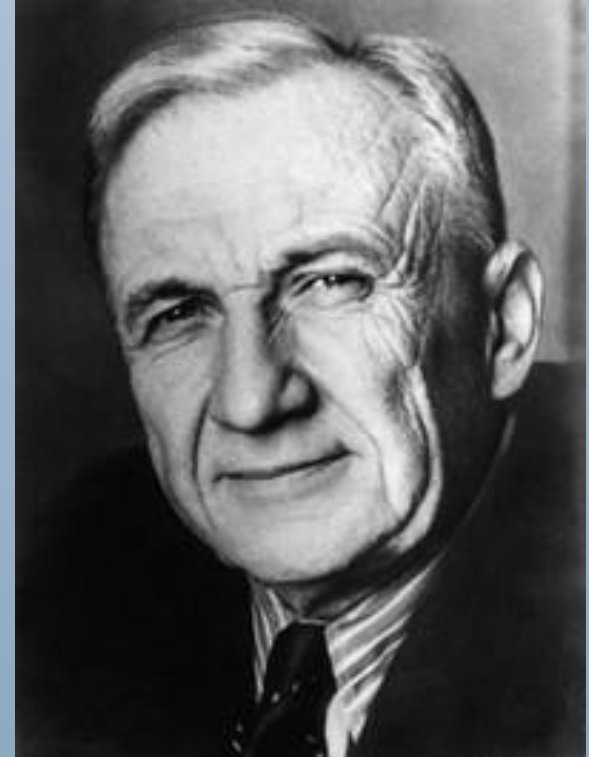
- Энергия;
  - Квазиимпульс;
  - Закон дисперсии – зависимость энергии квазичастицы от ее квазиимпульса;
  - Эффективная масса – условное понятие, зависящее от способа ее определения и описывающее поведение квазичастицы при определенных внешних условиях;
  - Константа взаимодействия – заряд;
- 

# Основные характеристики квазичастиц :

- Константа взаимодействия – заряд;
- Статистика, которой описывается «ансамбль» квазичастиц;
- Энергетический спектр – структура энергетических состояний, в которых может находиться квазичастица;
- Функция спектральной плотности состояний, описывающая зависимость числа состояний, в которых может находиться частица в интервале энергий, от энергии частицы.

# 4.1 Фононы

- Впервые обнаружил в 1930 году советский физик Игорь Евгеньевич Тамм.
- Фонон – это квант колебаний атомов в узлах кристаллической решетки, которые волнообразно распространяются вдоль нее.





## 4.2 Квазиэлектрон

Электрон в электронном газе с однородным фоном положительного заряда отталкивает от себя другие электроны и таким образом оказывается окруженным положительным экранирующим облаком. Электрон плюс экранирующее облако и образуют квазиэлектрон.

## 4.3 Электроны проводимости и дырки

- Находясь в периодическом потенциале кристалла, электрон рассматривается как квазичастица, эффективная масса которой может значительно отличаться от массы покоя электрона.
- Дырка – незаполненная валентная связь, которая проявляет себя как положительный заряд, по абсолютной величине равный заряду электрона.

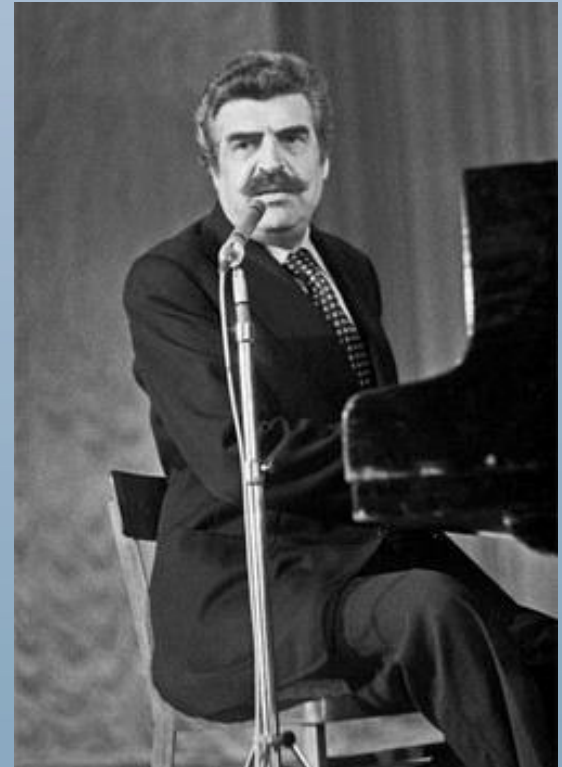
## 4.4 Полярон

- Понятие о поляроне введено советским физиком Пекаром в 1946 году.
- Полярон – составная квазичастица в кристалле, состоящая из электрона и сопровождающего его поля упругой деформации (поляризации) решетки.



## 4.5 ЭКСИТОНЫ

- Экситон (от лат. «эксито» - «возбуждаю») – квазичастица, представляющая собой электронное возбуждение в диэлектрике, полупроводнике или металле, мигрирующее по кристаллу и не связанное с переносом электрического заряда и массы.
- Представление об экситонах было введено Я.И. Френкелем в 1931 году.



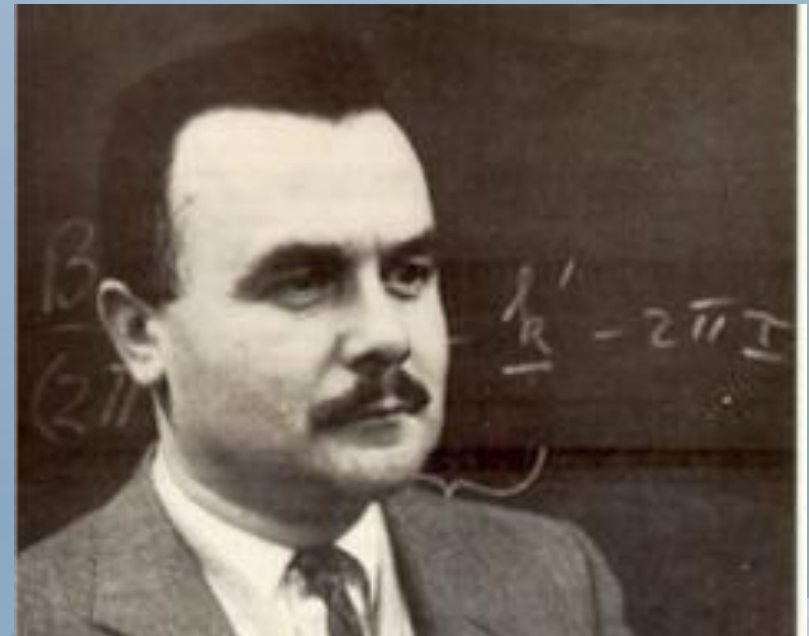
## 4.6 Магنون

- Магنون – квазичастица, соответствующая элементарному возбуждению системы взаимодействующих спинов, то есть, магنون соответствует кванту спиновых волн в магнитоупорядоченных средах.

Феликс Блох

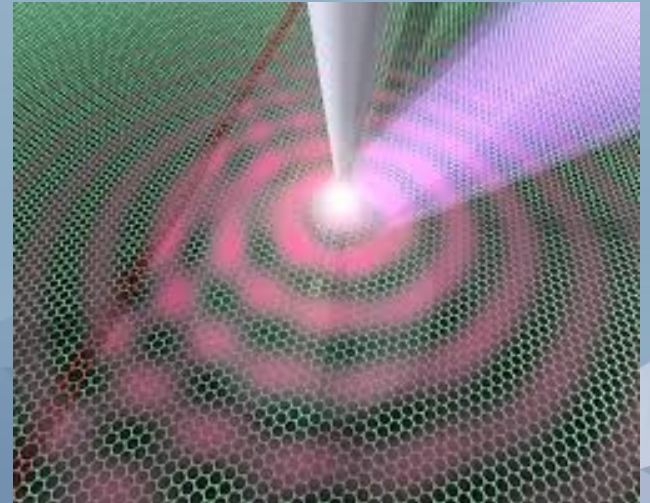


Бертрам Брокхауз



## 4.7 Плазмоны

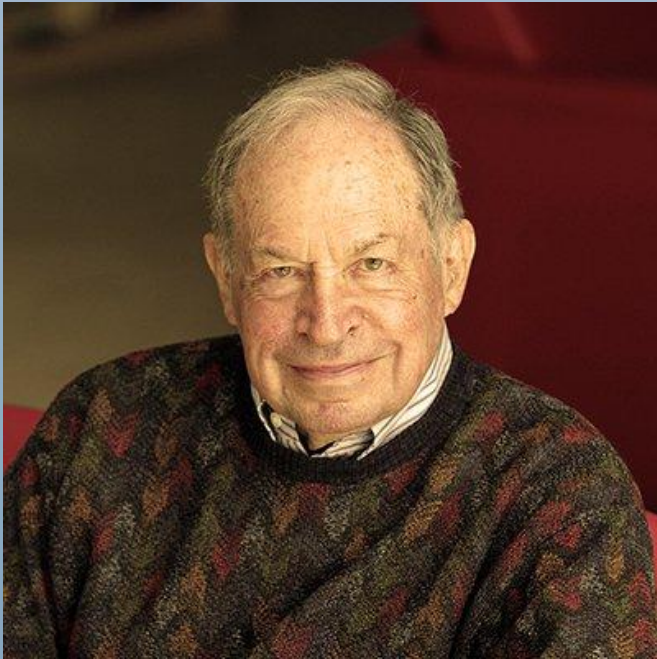
Плазмон (иначе квант плазменных колебаний) – квазичастица, отвечающая квантованию плазменных колебаний, которые представляют собой коллективные колебания плотности заряда свободного электронного газа.





## 4.7 Плазмоны

- Термин «плазмон» был введён в 1952 году американскими физиками Дэвидом Пайнсом и Дэвидом Бомом.



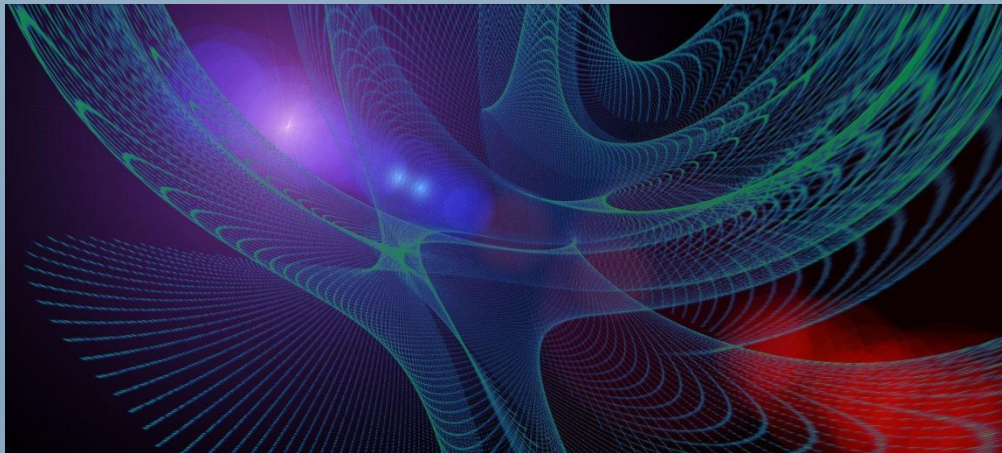
## 4.7 Плазмоны

**Объемные плазмоны** описывают колебания электронов внутри ионной решетки кристалла.

**Поверхностные плазмоны** – это кванты колебаний плотности свободных электронов металла, распространяющихся только вдоль его границы с диэлектриком.

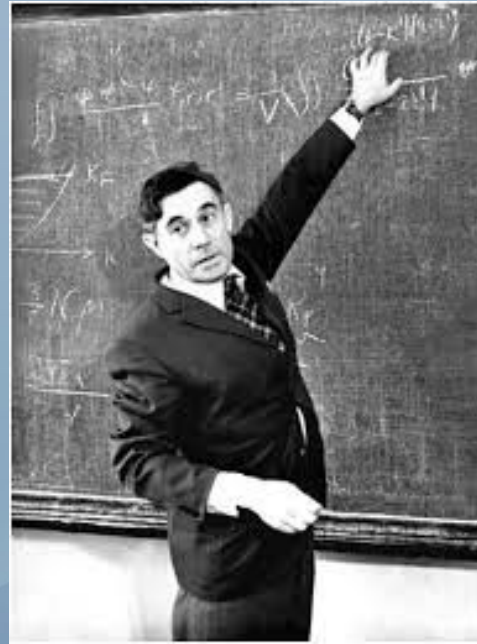
## 4.8 Поляритоны

Поляритон – составная квазичастица, возникающая при взаимодействии фотонов с электронными возбуждениями среды – оптическими фононами, экситонами, плазмонами, магнонами.



## 4.8 Поляритоны

- Впервые спектр поляритона был рассмотрен советским физиком Кириллом Толпыго в 1950 году.



## 4.9 Куперовская пара



- Куперовская пара представляет собой два электрона с противоположными импульсами и, следовательно, с нулевым полным импульсом, связанных за счет испускания и поглощения фонона.
- Ввел понятие Леон Купер в 1956 году.

## 4.10 Флуктуоны и фазоны

Флуктуон – составная частица, образованная в среде электроном, локализованным в потенциальной яме.

Фазон - это флуктуон, сопровождающийся изменением фазы.



# 4.11 Спиноны, хононы, орбитоны

- Существование было предсказано в 1980 году.
- Хонон переносит только заряд, в то время как спинон переносит только спин, орбитон определяет орбитальное положение электрона.
- Увидеть спиноны и хононы удалось в 2009 году, хотя разделили электрон еще в 1996 году.

# Заключение

Наноиндустрии придается значительная роль.

Использование нанотехнологий приводит к прогрессу прежде всего в сфере энергетики, в том числе солнечной, электроники, биологии, медицины.

Изучение, развитие и практическое применение наноматериалов и нанотехнологий позволит улучшить качество и увеличить продолжительность жизни людей, повысить производительность труда, оптимизировать распределение и использование ресурсов.

Спасибо за внимание!

