

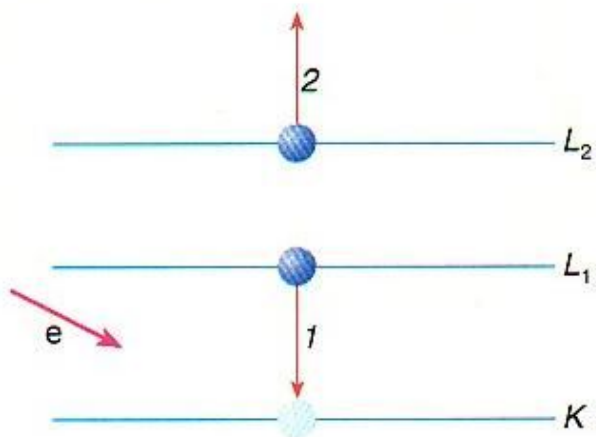
# **ОСНОВЫ НАНОИНЖЕНЕРИИ**

**Инструменты и методы  
наноинженерии**

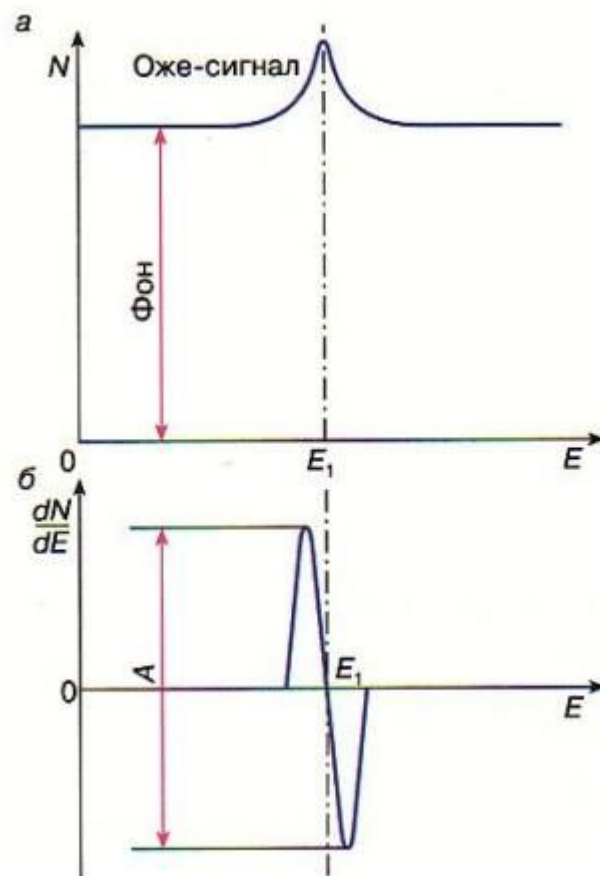
# СПЕКТРОСКОПИЯ

- Оже-спектроскопия
- Рамановская спектроскопия
- ИК-спектроскопия
- Радиомпектроскопия
- Фотоэмиссионная спектроскопия
- Рентгеновская спектроскопия

# Оже-спектроскопия



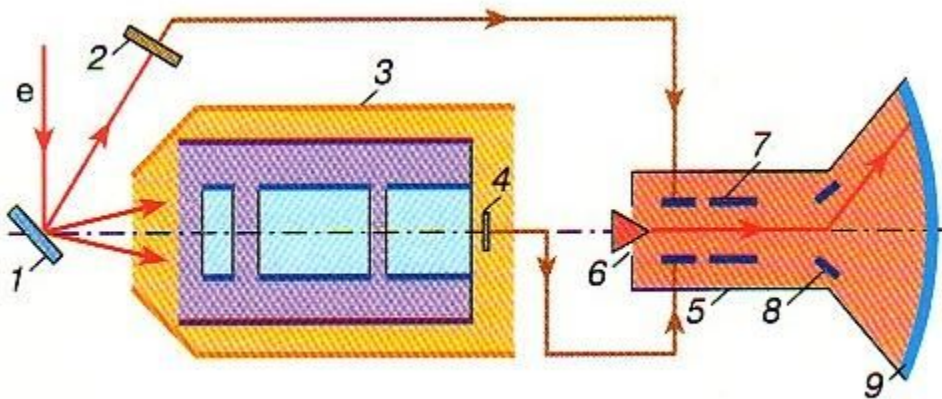
Схематическое изображение оже-процесса в атоме



Участок энергетического спектра вторичных электронов:

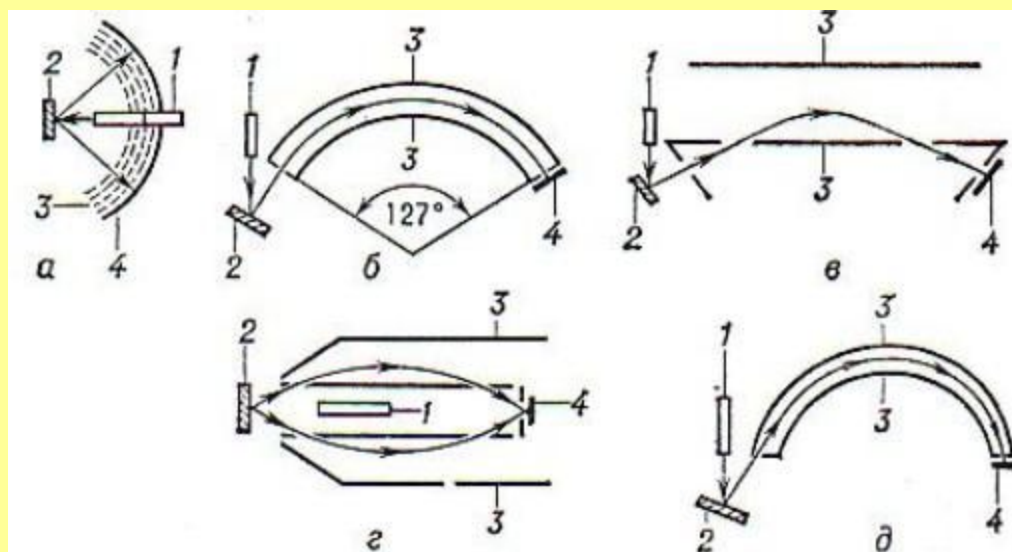
а – до дифференцирования, б – после дифференцирования

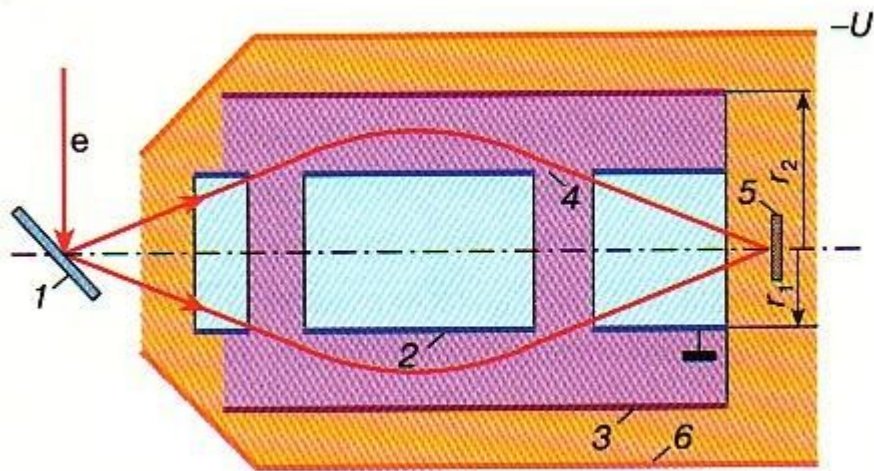
# Растровый оже-спектрометр



- 1 – образец,
- 2 – коллектор для сбора вторичных электронов,
- 3 – энергоанализатор,
- 4 – детектор энергоанализатора,
- 5 – электронно-лучевая трубка,
- 6 – катод электронной пушки,
- 7 – модулятор электронной пушки,
- 8 – отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки, служащие для получения раstra,
- 9 – экран электронно-лучевой трубки.

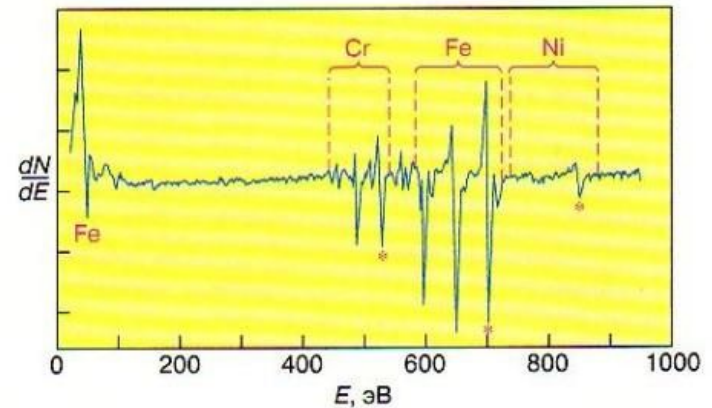
Энергоанализаторы оже-электронов с продольным (а) и поперечным (б, в, г, д) электрическими полями





Схематическое изображение  
энергоанализатора типа  
“цилиндрическое зеркало”:

- 1 – образец,
- 2 – внутренний цилиндр,
- 3 – внешний цилиндр,
- 4 – окна для входа и выхода электронов,
- 5 – коллектор,
- 6 – магнитный экран.



Спектр оже-электронов  
от поверхности  
нержавеющей стали.

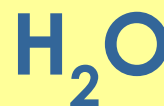
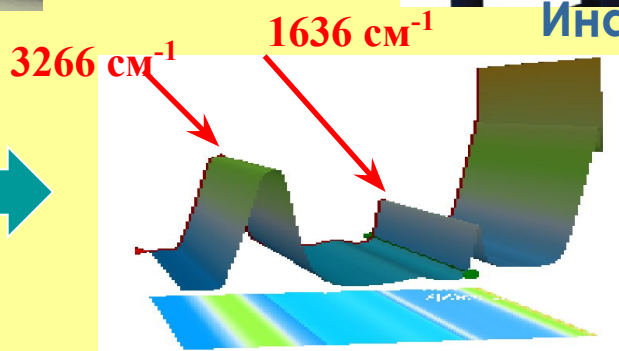
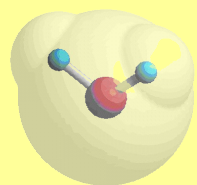
# ИНФРАКРАСНАЯ И РАМАНОВСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ



Рамановский  
микроскоп-  
спектрометр



Инфракрасный Фурье-спектрометр



## Применение

Идентификация органических соединений; количественный анализ органических и неорганических веществ; контроль качества лекарственных препаратов; диагностика материалов; количественные исследования химических процессов.



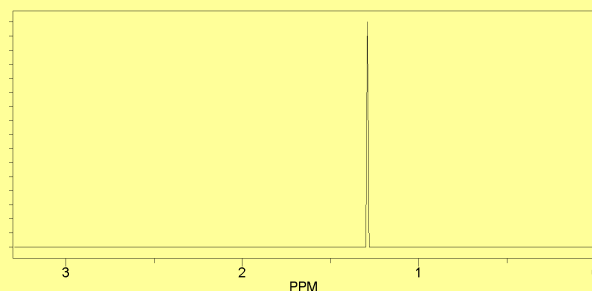
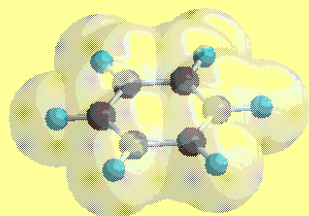
# СПЕКТРОСКОПИЯ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА



Спектрометр ЯМР AVANCE-400



Спектрометр ЯМР AVANCE-500



# Возможности метода ЯМР-спектроскопии

Количественный и качественный анализ индивидуальных соединений и многокомпонентных систем

Установление точной химической структуры

Подтверждение идентичности и определение степени чистоты химических соединений

Определение трехмерного стереохимического строения молекул и конформационный анализ

Исследование динамики молекул, межмолекулярного взаимодействия, механизмов химических реакций

Определение топологии схем связывания сложных молекул (полипептиды)

Исследование динамических процессов (химический обмен)

Полный ЯМР анализ, включая двумерные методики COSY, NOESY, ROESY, TOCSY, HSQC, HMQC, HMBC и др.



# СПЕКТРОСКОПИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

## ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА:

восстановление трехмерного атомного строения вещества (в том числе в наноплёнках и нанокластерах);

определение расстояний между соседними атомами с точностью ~ 0,0005 нм;

определение энергетике химических связей;

определение электронного строения вещества;

определение локального химического состава вещества.

Метод применим для любого агрегатного состояния вещества: кристаллического, аморфного, жидкого, газообразного.

### Исследуемые материалы

Полупроводники, металлы, керамика, композитные материалы, минералы, углеродные материалы (в том числе наноразмерные объекты), многослойные эпитаксиальные структуры, лазерные кристаллы, сцинтилляторы, люминофоры, геологические объекты.

# Рентгеноспектральный микроанализатор MICROBEAM с КЛ- спектрометром



## Возможности метода

- Качественный и количественный анализ состава материала в микрообъеме порядка 1-3 мкм на все элементы таблицы Менделеева, начиная с бора. Предел обнаружения для элементов, начиная с натрия, составляет порядка 0,01 масс.%, для легких элементов порядка процента.
- Определение состава тонких пленок с толщиной от 50 нм.
- Получение профилей (распределения) элементов в многослойных структурах по сколу образца
- Получение распределения элементов по поверхности неоднородных по составу образцов.
- Получение изображения поверхности в режиме растровой электронной микроскопии (во вторичных или поглощенных электронах)

