

# ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ

ТБИЛИСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ВЫПОЛНИЛИ СТУДЕНТЫ 1 КУРСА  
ГРУППЫ №2

СИХАРУЛИДЗЕ МИХАИЛ  
И  
ГОГОЛАУРИ ТАИСИЯ



# Содержание:

1. Виды микроскопии;
2. История развития;
3. Виды электронной микроскопии;
4. Схема электронного микроскопа;
5. Основные типы сигналов, которые генерируются и детектируются в процессе работы РЭМ;
6. Характеристика современного микроскопа;
7. Ограничения и недостатки;
8. Список литературы;



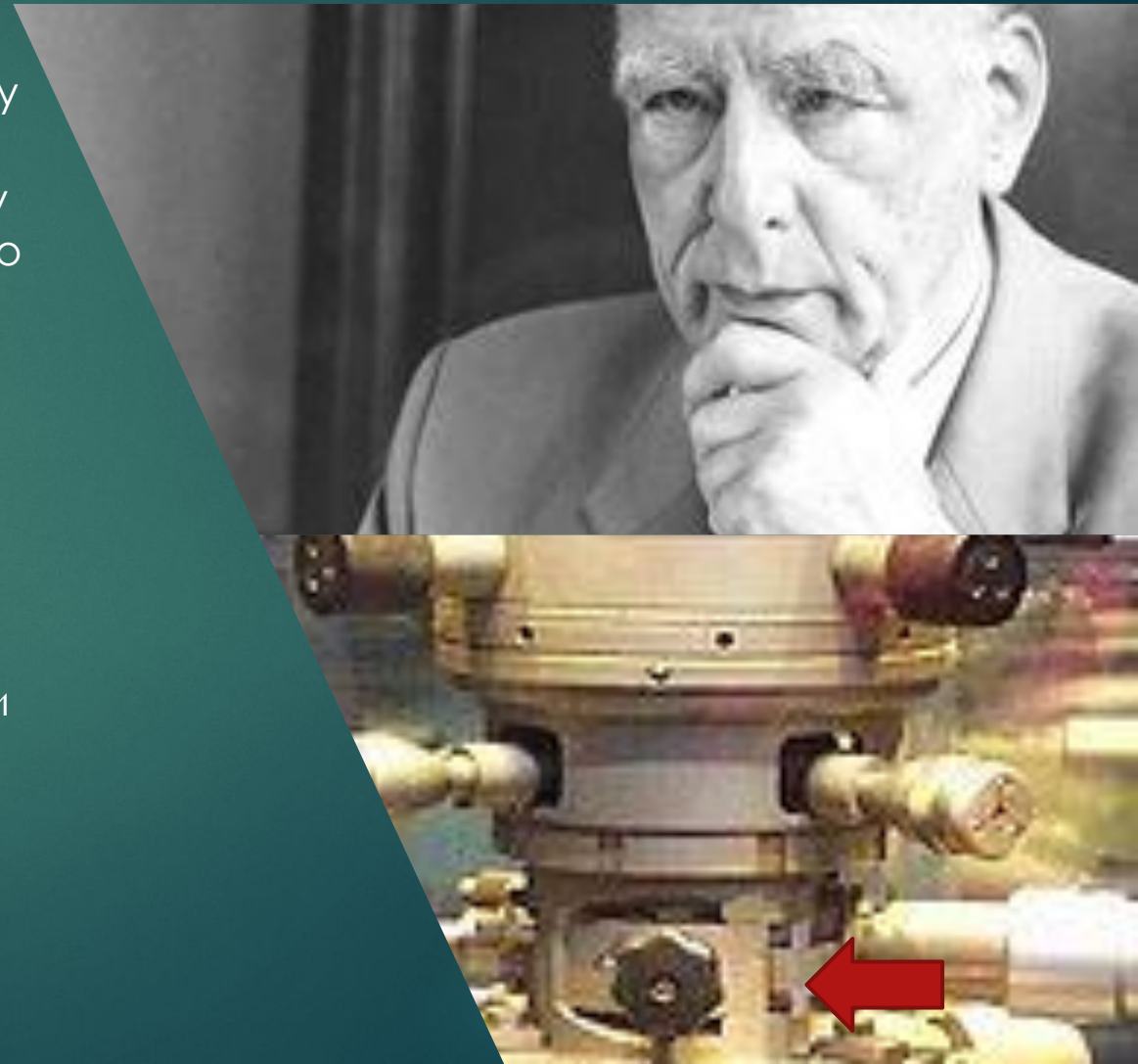
# Виды микроскопии:

- ▶ Световая микроскопия.
- ▶ Фазово-контрастная микроскопия.
- ▶ **Электронная микроскопия.**
- ▶ Атомно-силовой микроскоп.



# История развития электронного микроскопа.

- ▶ В 1931 году Р. Руденберг получил патент на просвечивающий электроны микроскоп, а в 1932 году М. Кнолль и Э.Руска построили первый прототип современного прибора. Эта работа Э. Руски в 1986 году была отмечена Нобелевской премией по физике, которую присудили ему и изобретателям . Использование просвечивающего электронного микроскопа для научных исследований было начато в конце 1930-х годов. В конце 1930-х — начале 1940-х годов появились первые растровые электронные микроскопы, формирующие изображение объекта при последовательном перемещении электронного зонда малого сечения по объекту. Массовое применение этих приборов в научных исследованиях началось в 1960-х годах, когда они достигли значительного технического совершенства.



# ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ

Просвечивающая  
электронная  
микроскопия

Просвечивающая  
растровая  
(сканирующая)  
электронная  
микроскопия (ПРЭМ)

Растровая  
(сканирующая)  
электронная  
микроскопия



# Просвечивающая электронная микроскопия

Просвечивающий (трансмиссионный) электронный микроскоп— устройство для получения изображения ультратонкого образца путём пропускания через него пучка электронов. Ультратонким считается образец толщиной порядка 0,1 мкм. Прошедший через образец и провзаимодействовавший с ним пучок электронов увеличивается магнитными линзами (объективом) и регистрируется на флуоресцентном экране, фотоплёнке или сенсорном приборе с зарядовой связью (на ПЗС-матрице).



# Просвечивающая растровая (сканирующая) электронная микроскопия (ПРЭМ)

**Просвечивающий растровый электронный микроскоп** (ПРЭМ, РПЭМ, редко СТЭМ - сканирующий трансмиссионный электронный микроскоп, - Как и в любой просвечивающей схеме освещения электроны проходят через весьма тонкий образец. Однако в отличие от традиционной ПЭМ в ПРЭМ электронный пучок фокусируется в точку, которой проводят растровое сканирование.

Обычно ПРЭМ - это традиционный просвечивающий электронный микроскоп, оснащенный дополнительными сканирующими линзами, детекторами и необходимыми схемами, однако также существуют и специализированные ПРЭМ приборы.

Применение корректора aberrаций позволяет получить электронный зонд суб-ангстремного диаметра, что заметно увеличивает разрешение.





# Растровая (сканирующая) электронная микроскопия

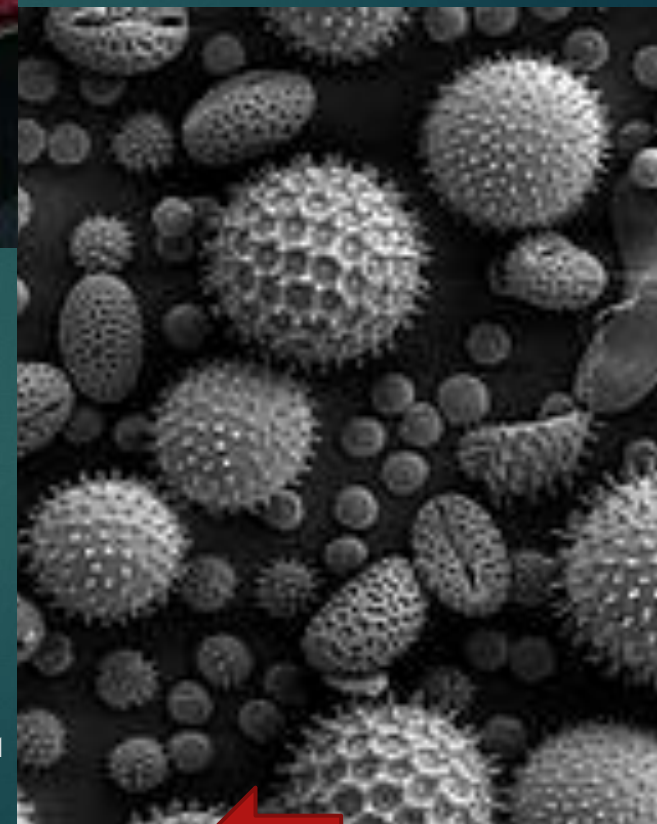
Растровый электронный микроскоп— прибор класса электронных микроскопов, предназначенный для получения изображения поверхности объекта с высоким (до 0,4 нанометра) пространственным разрешением, также информации о составе, строении и некоторых других свойствах приповерхностных слоёв. Основан на принципе взаимодействия электронного пучка с исследуемым объектом.

Современный РЭМ позволяет работать в широком диапазоне увеличений приблизительно от 3-10 крат (то есть эквивалентно увеличению сильной ручной линзы) до 1 000 000 крат, что приблизительно в 500 раз превышает предел увеличения лучших оптических микроскопов.

Сегодня возможности растровой электронной микроскопии используются практически во всех областях науки и промышленности, от биологии до наук о материалах. Существует огромное число выпускаемых рядом фирм разнообразных конструкций и типов РЭМ, оснащенных детекторами различных типов.



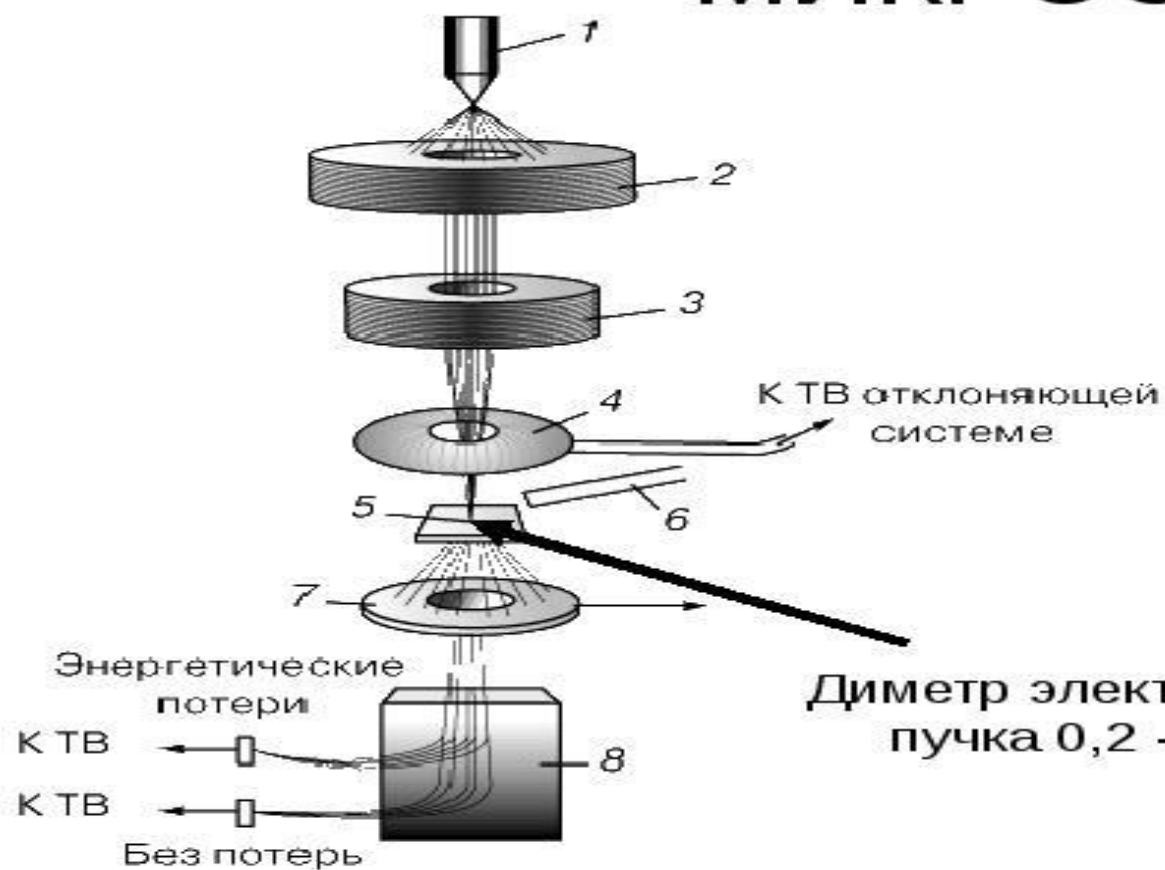
Растровый  
электронный  
микроскоп Zeiss  
Leo Supra 35



Микрофотография  
пыльцы позволяет  
оценить возможности  
режима ВЭ РЭМ



# СКАНИРУЮЩИЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ МИКРОСКОП



- 1 – источник электронов;
- 2 – ускоряющая система;
- 3 – магнитная линза;
- 4 – отклоняющие катушки;
- 5 – образец;
- 6 – детектор отраженных электронов;
- 7 – кольцевой детектор;
- 8 – анализатор.

Диаметр электронного пучка 0,2 - 10 нм



Основные типы сигналов, которые генерируются и детектируются в процессе работы РЭМ:

- ВТОРИЧНЫЕ ЭЛЕКТРОНЫ
- ОТРАЖЁННЫЕ ЭЛЕКТРОНЫ
- ПРОШЕДШИЕ ЧЕРЕЗ ОБРАЗЕЦ ЭЛЕКТРОНЫ, В СЛУЧАЕ УСТАНОВЛЕННОЙ STEM-ПРИСТАВКИ
- ДИФРАКЦИИ ОТРАЖЁННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ
- ПОТЕРИ ТОКА НА ОБРАЗЦЕ
- ТОК, ПРОШЕДШИЙ ЧЕРЕЗ ОБРАЗЕЦ
- ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЕ РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ
- СВЕТОВОЙ СИГНАЛ



# Вторичные и Обратнорассеянные

Вторичными электронами обычно называют электроны, эмитированные мишенью при бомбардировке её первичным электронным пучком. Такие электроны имеют энергию 50эв

отраженные электроны могут возникать как в результате однократного упругого отражения, так и в актах малоуглового многократного рассеяния.

# Характеристики современного растрового микроскопа

- РАЗРЕШЕНИЕ ПРИ ОПТИМАЛЬНОЙ РАБОЧЕЙ ДИСТАНЦИИ
  - 0,8 нм при 15 кВ
  - 0,8 нм при 2 кВ
  - 0,9 нм при 1 кВ
  - 1,5 нм при 200 В
- РАЗРЕШЕНИЕ В ТОЧКЕ СХОЖДЕНИЯ
  - 0,8 нм при 15 кВ
  - 0,9 нм при 5 кВ
  - 1,2 нм при 1 кВ



# Ограничения и недостатки, которые особенно сильно проявляются в субмикронном и нанометровом диапазонах измерений:

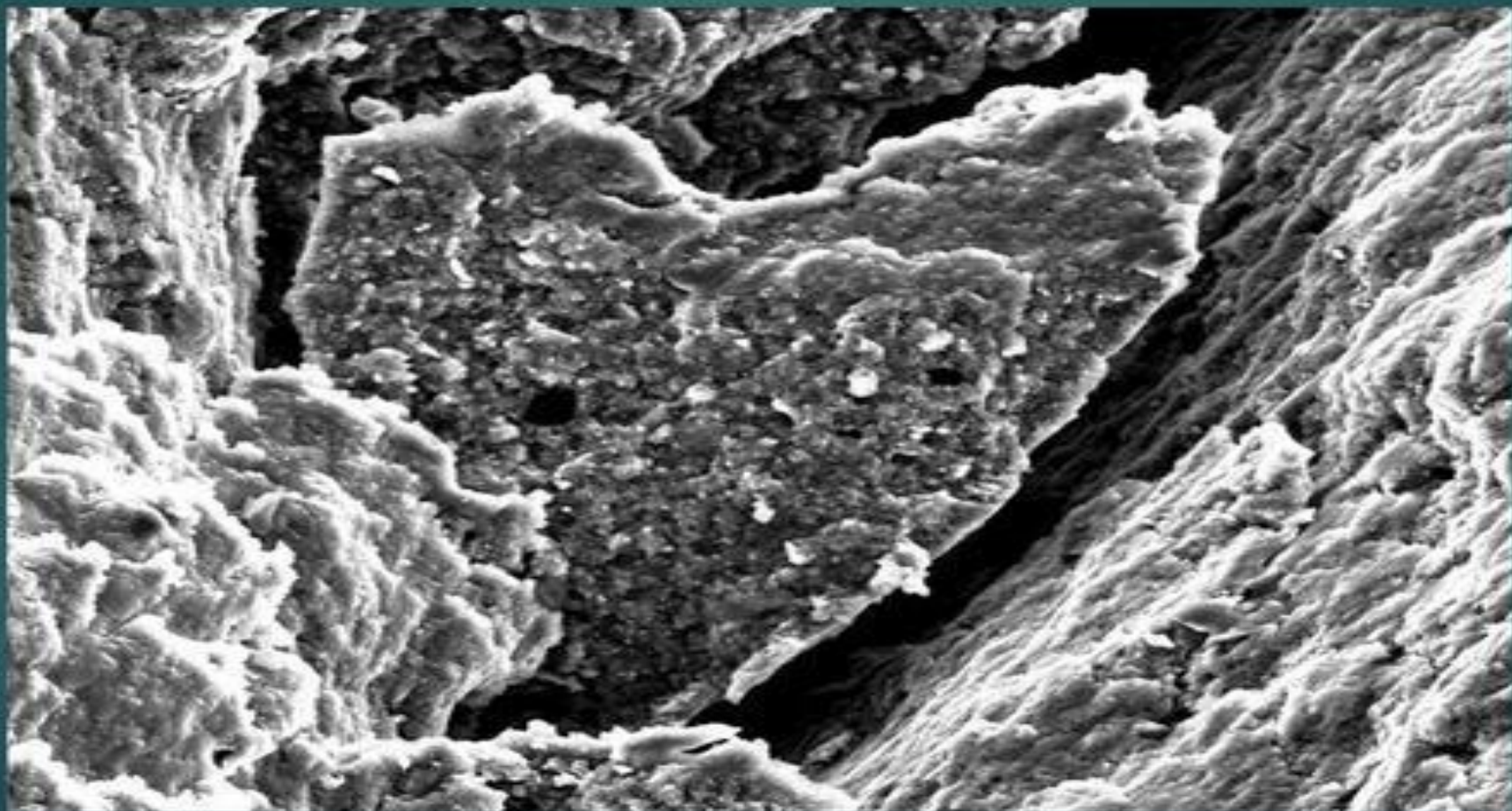
- ▶ НЕДОСТАТОЧНО ВЫСОКОЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗРЕШЕНИЕ;
- ▶ СЛОЖНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТИ, ОБУСЛОВЛЕННАЯ В ПЕРВУЮ ОЧЕРЕДЬ ТЕМ, ЧТО ВЫСОТА РЕЛЬЕФА В РЭМ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ПО ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРУГОГО И НЕУПРУГОГО РАССЕЯНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ И ЗАВИСИТ ОТ ГЛУБИНЫ ПРОНИКНОВЕНИЯ ПЕРВИЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ В ПОВЕРХНОСТНЫЙ СЛОЙ;
- ▶ НЕОБХОДИМОСТЬ НАНЕСЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ТОКОСЪЕМНОГО СЛОЯ НА ПЛОХОПРОВОДЯЩИЕ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЭФФЕКТОВ, СВЯЗАННЫХ С НАКОПЛЕНИЕМ ЗАРЯДА;
- ▶ ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ ТОЛЬКО В УСЛОВИЯХ ВАКУУМА;
- ▶ ВОЗМОЖНОСТЬ ПОВРЕЖДЕНИЯ ИЗУЧАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧНЫМ СФОКУСИРОВАННЫМ ПУЧКОМ ЭЛЕКТРОНОВ.



# Снежинки



# ИЗЛОМ СПЛАВА АЛЮМИНИЯ





# Список литературы:

- ▶ [wikipedia.org/wiki/Растровый\\_электронный\\_микроскоп](https://wikipedia.org/wiki/Растровый_электронный_микроскоп)
- ▶ [wikipedia.org/wiki/Просвечивающий\\_растровый\\_электронный\\_микроскоп](https://wikipedia.org/wiki/Просвечивающий_растровый_электронный_микроскоп)
- ▶ [myshared.ru/slide/1330990](https://myshared.ru/slide/1330990)
- ▶ [wikipedia.org/wiki/Руска,\\_Эрнст\\_Август](https://wikipedia.org/wiki/Руска,_Эрнст_Август)
- ▶ [wikipedia.org/wiki/Электронный\\_микроскоп](https://wikipedia.org/wiki/Электронный_микроскоп)
- ▶ [wikipedia.org/wiki/Сканирующий\\_атомно-силовой\\_микроскоп](https://wikipedia.org/wiki/Сканирующий_атомно-силовой_микроскоп)
- ▶ [studopedia.org/13-133503.html](https://studopedia.org/13-133503.html)
- ▶ [studfiles.net/preview/5244850/page:8/](https://studfiles.net/preview/5244850/page:8/)
- ▶ [studopedia.ru/3\\_210828\\_pravila-raboti-s-mikroskopom.html](https://studopedia.ru/3_210828_pravila-raboti-s-mikroskopom.html)



**Спасибо за внимание!**