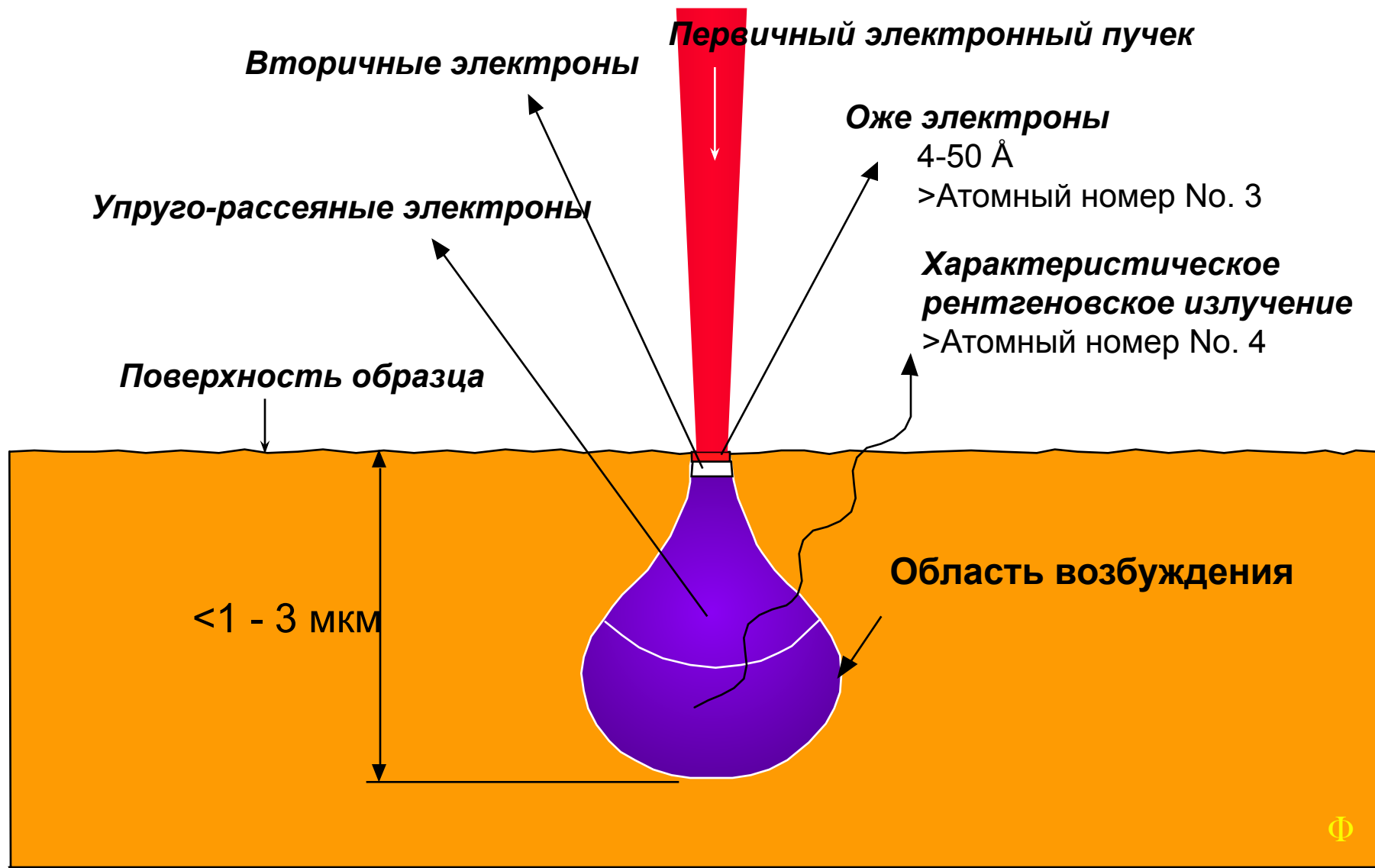


Методы исследования поверхности и/или тонких слоев

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА С ПОВЕРХНОСТЬЮ ОБРАЗЦА



ОЖЕ-СПЕКТРОСКОПИЯ

- ОЖЕ-ЭФФЕКТ - эмиссия электрона из атома, происходящая в результате безызлучательного перехода при наличии в атоме вакансии на внутренней электронной оболочке. Эффект обнаружен П. Оже (P. V. Auger) в 1925 г.
- ОЖЕ-СПЕКТРОСКОПИЯ - область электронной спектроскопии, в основе которой лежат измерение энергии и интенсивностей токов оже-электронов, а также анализ формы линий спектров оже-электронов, эмитированных атомами, молекулами и твёрдыми телами в результате оже-эффекта.

- Эмиссия Оже электронов является следствием взаимодействия двух электронов с образованием свободной вакансии на электронном уровне атома
- Ионизация электронных уровней атома
- Релаксация возбужденного состояния путем перехода вышележащих электронов на свободные уровни с последующей эмиссией Оже электронов или рентгеновских фотонов



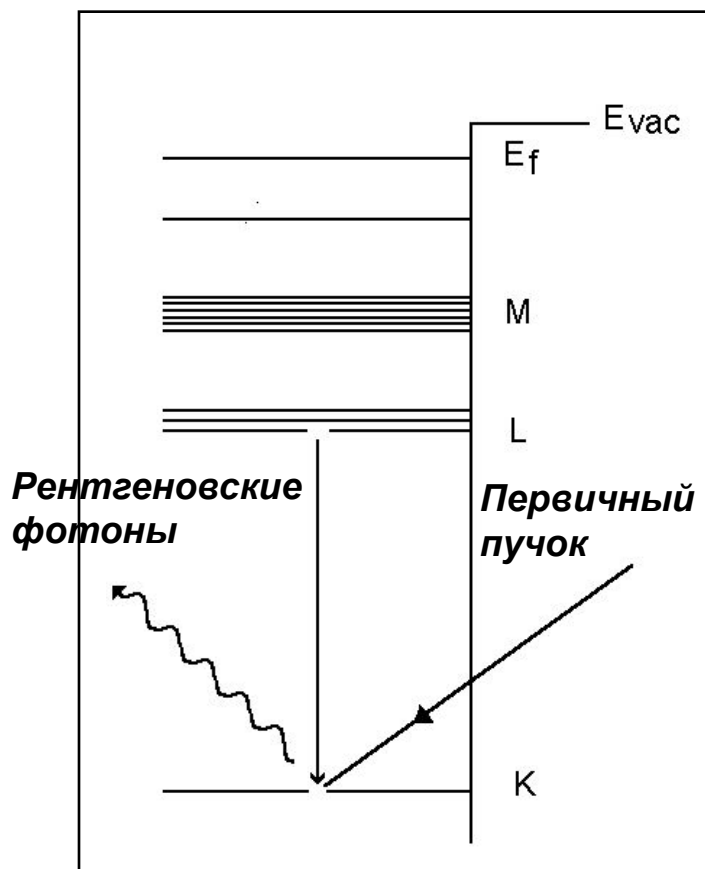
ЭЛЕКТРОННЫЙ ОЖЕ-СПЕКТРОМЕТР PHI-680
фирмы "PHYSICAL ELECTRONICS"

ЭЛЕКТРОННАЯ ОЖЕ СПЕКТРОСКОПИЯ (AES – Auger Electron Spectroscopy)

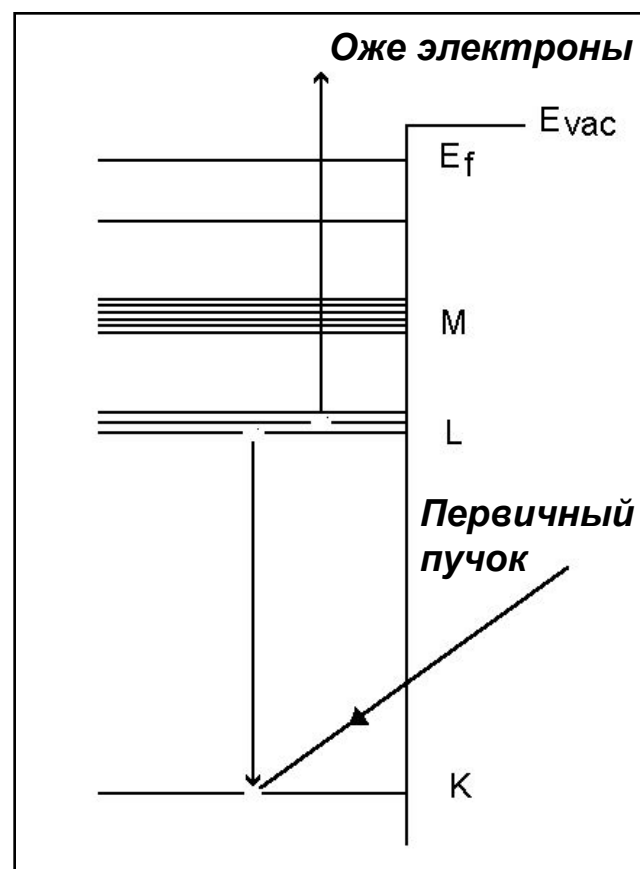
- **Электронная Оже (Auger) спектроскопия** – аналитический метод, дающий комплексную информацию о нескольких поверхностных монослоях твердых материалов
- Детектируются все элементы с атомным номером выше **He**
- Предел детектирования: ~1 - 0.1 атомного %
- Глубина анализа: поверхность - 4-50 Å
- Пространственное разрешение: ≤ 100 Å

ЭЛЕКТРОННАЯ ОЖЕ СПЕКТРОСКОПИЯ

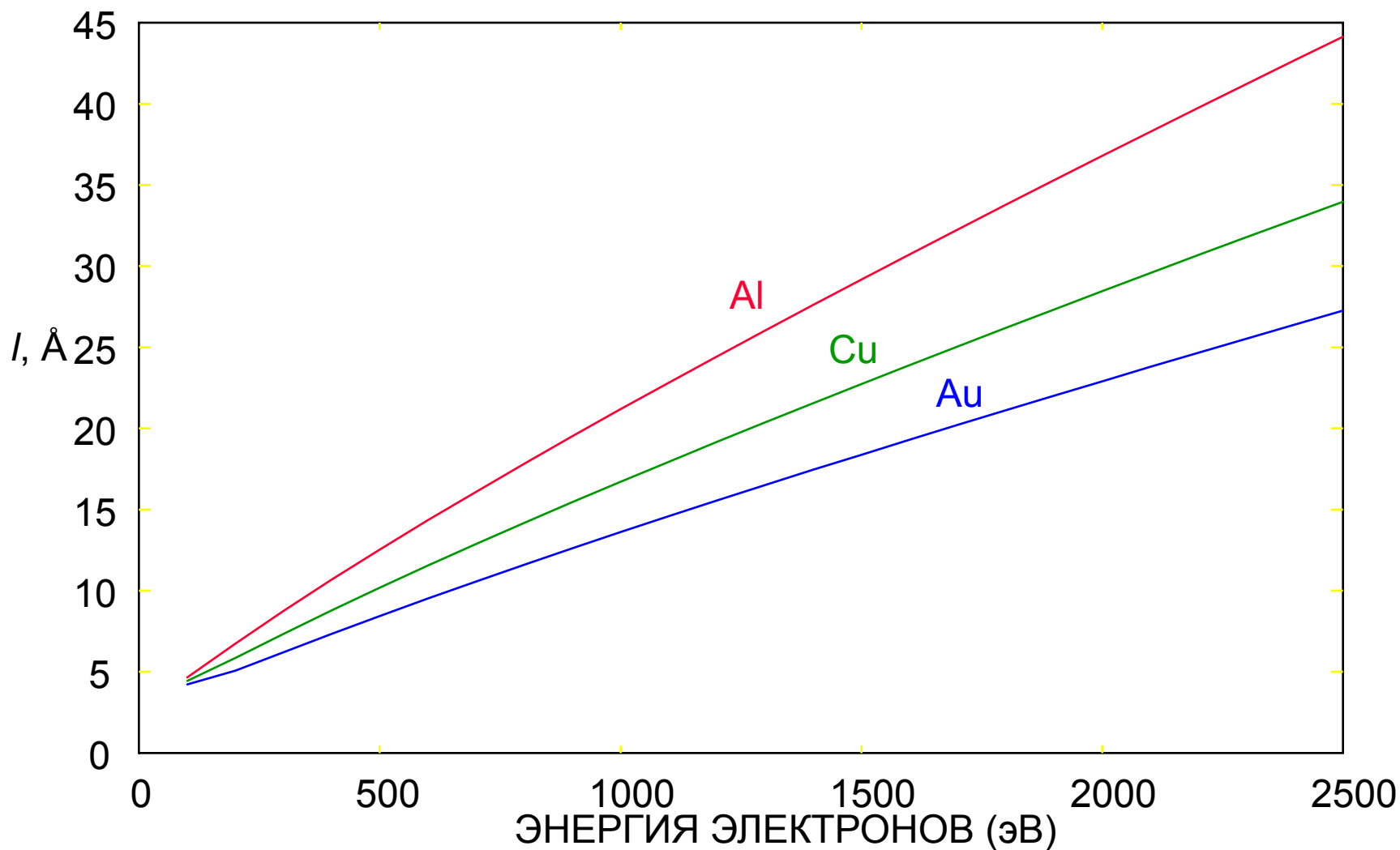
Рентгеновская
флюоресценция



Эмиссия
Оже электронов

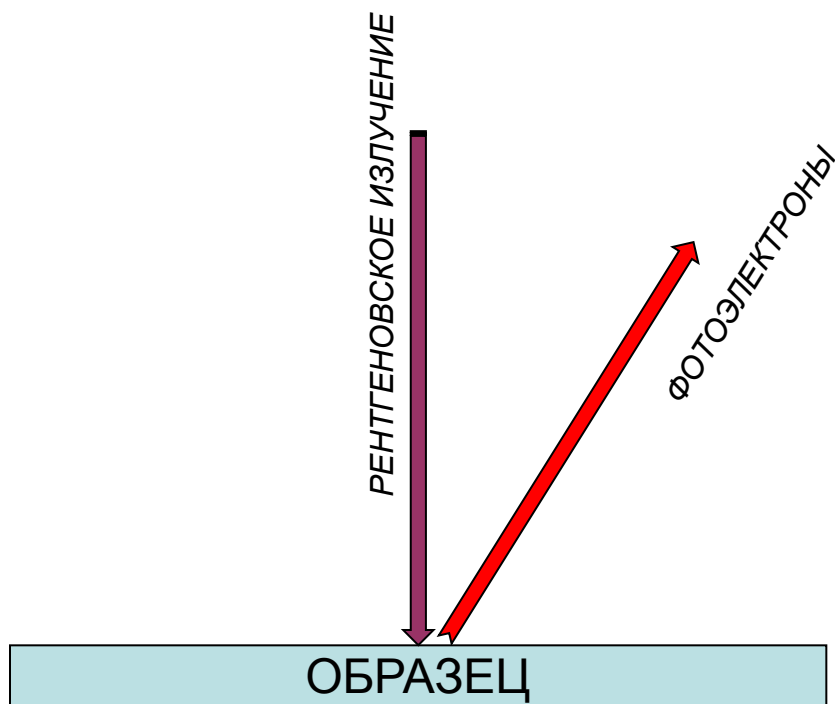


Длина свободного пробега электронов



РФС/ЭСХА – Рентгеновская фотоэлектронная
спектроскопия / Электронная спектроскопия для
химического анализа

XPS/ESCA – X-ray Photoelectron Spectroscopy/Electron
Spectroscopy for Chemical Analysis



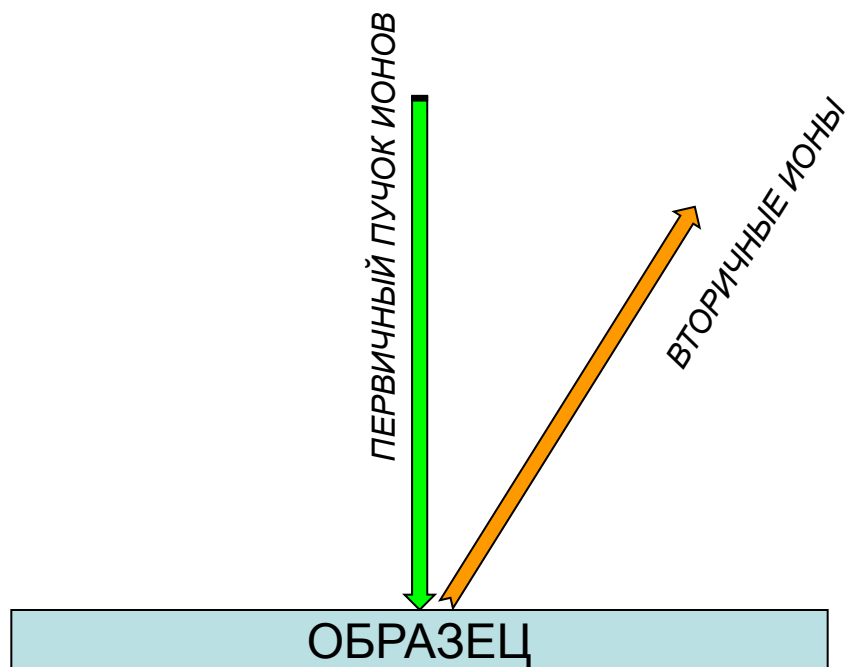
РЕНТГЕНОВСКИЙ
ФОТОЭЛЕКТРОННЫЙ СПЕКТРОМЕТР
PHI-5500
фирмы “**PERKIN ELMER**”

ВИМС – Вторичная ионная масс-спектрометрия

SIMS – Secondary Ion Mass-Spectrometry

Времяпролетный ВИМС – Времяпролетная вторичная
ионная масс-спектрометрия

TOF-SIMS – Time Of Flight Secondary Ion
Mass-Spectrometry



ВТОРИЧНЫЙ ИОННЫЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТР PHI-6600
фирмы "PERKIN ELMER"

СРАВНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА

	ЭОС	РФС (ЭСХА)	Динамический ВИМС	Времяпролетный ВИМС
Область применения	<i>Поверхность, частицы, анализ дефектов, профилирование</i>	<i>Поверхность органических и неорганических материалов, профилирование</i>	<i>Профилирование остаточных и легирующих примесей, объемные материалы и тонкие пленки</i>	<i>Поверхность органических и неорганических материалов, химическое картирование</i>
Анализируемые частицы	<i>Оже электроны</i>	<i>Фотозэлектроны</i>	<i>Вторичные ионы</i>	<i>Вторичные ионы, атомы, молекулы</i>
Анализируемые элементы	<i>Li-U</i>	<i>Li-U Валентная зона</i>	<i>H-U ppb-ppm</i>	<i>H-U молекулы</i>
Пределы детектирования	<i>0,1-1 ат % Несколько монослоев</i>	<i>0,01-1 ат % Несколько монослоев</i>	<i>10^{-12}-10^{16} ат/см³</i>	<i>10^{-7}-10^{10} ат/см³ Несколько монослоев</i>
Глубина анализа	<i>3 нм 2-20 нм (при профилировании)</i>	<i>1-10 нм 2-20 нм (при профилировании)</i>	<i>2-30 нм</i>	<i>1-3 монослоя</i>
Глубина профилирования	<i>До 1 мкм</i>	<i>До 1 мкм</i>	<i>До 10 мкм</i>	<i>До 3 мкм</i>
Получаемая информация	<i>Элементный</i>	<i>Элементный и фазовый</i>	<i>Элементный</i>	<i>Элементный Молекулярный</i>
Преимущества метода	<i>Элементный анализ нанообъектов</i>	<i>Фазовый полуколичественн ый анализ</i>	<i>Глубинное профилирование, детектирование остаточных примесей</i>	<i>Комплексный химический и молекулярный анализ</i>

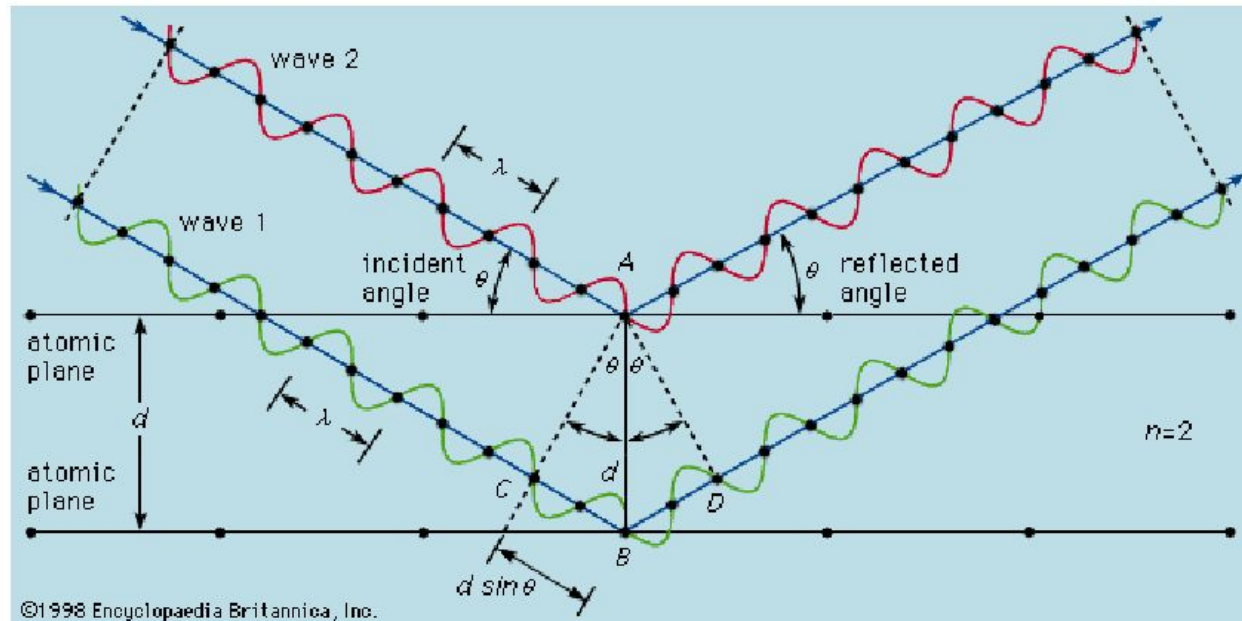
Дифракция рентгеновских лучей на кристаллической решетке (брэгговская дифракция)



William **Bragg** (1862-1942)

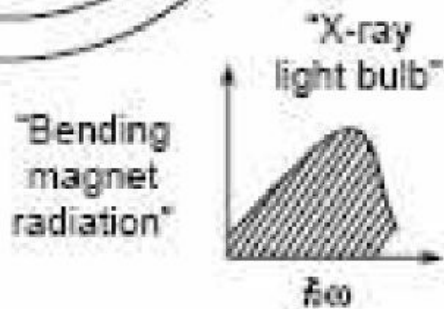
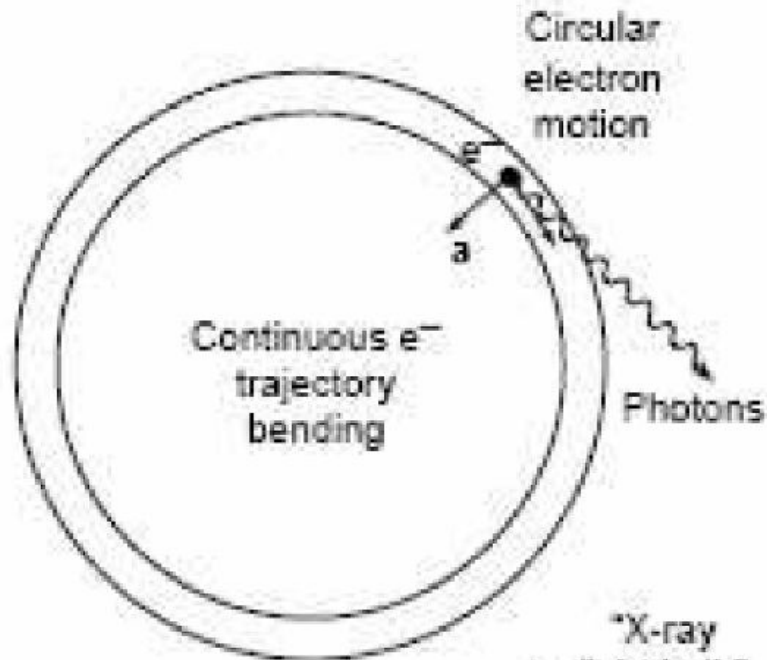
William Lawrence **Bragg** (1890-1971)

$$n\lambda = 2d \sin(\theta)$$



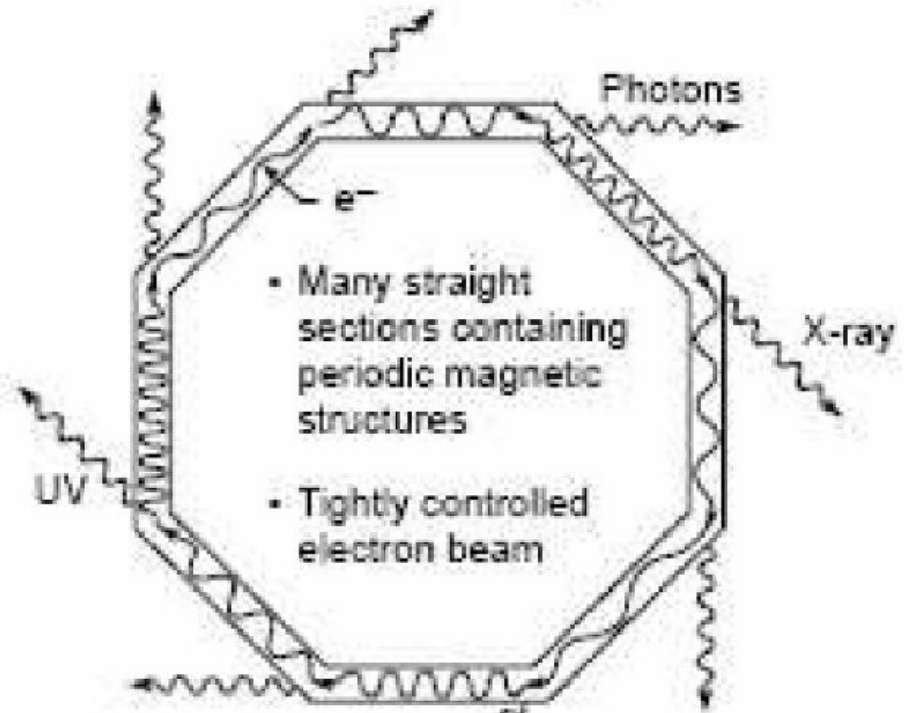
Синхротронное излучение

Older Synchrotron Radiation Facility

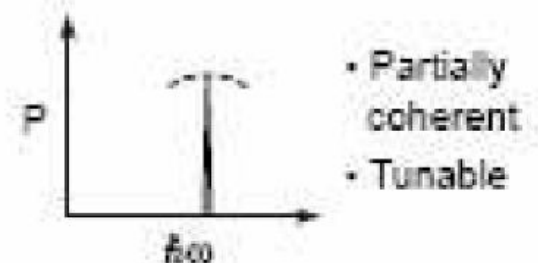


Волнообразное излучение
Раскачка

Modern Synchrotron Radiation Facility



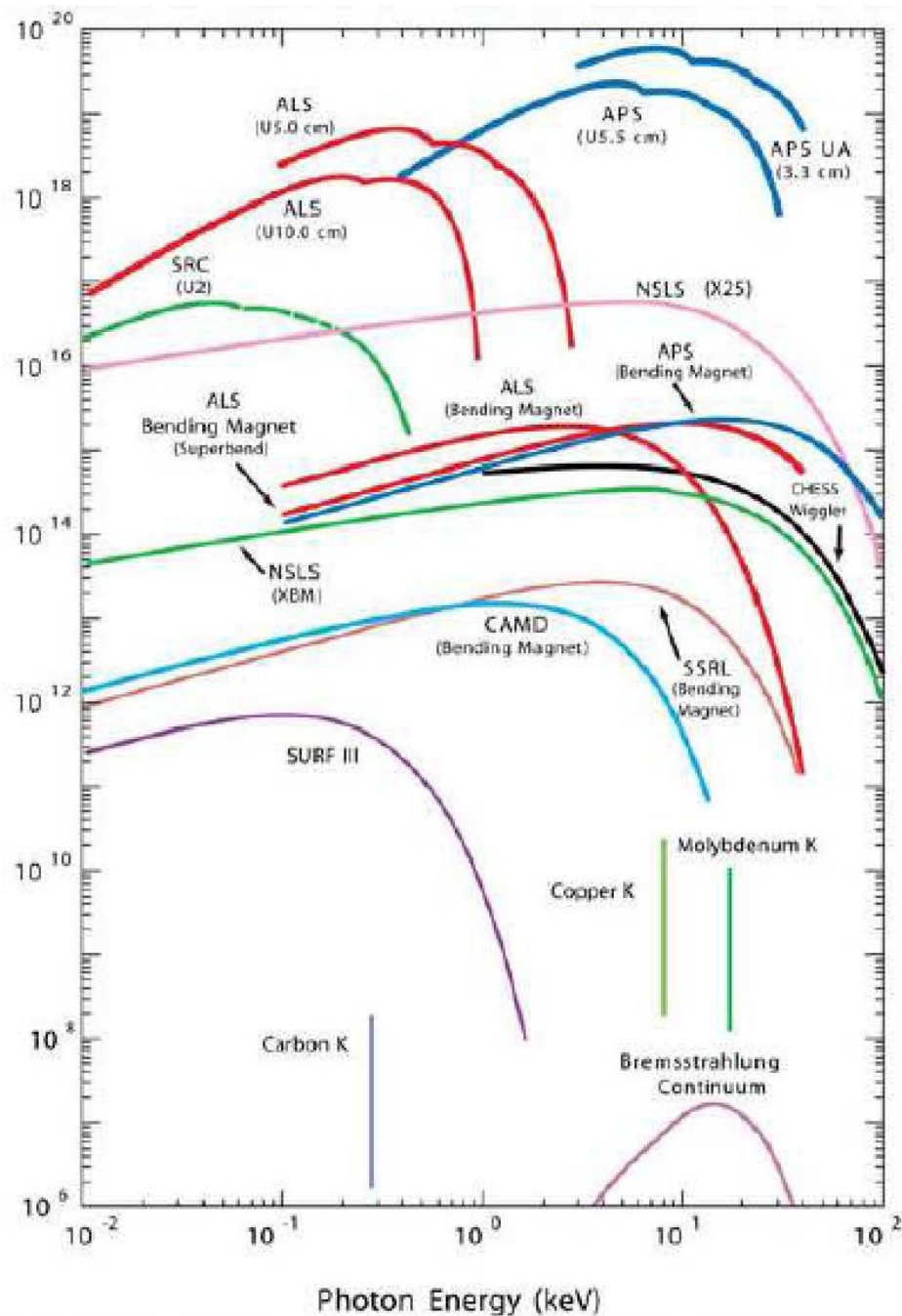
"Undulator and wiggler radiation"

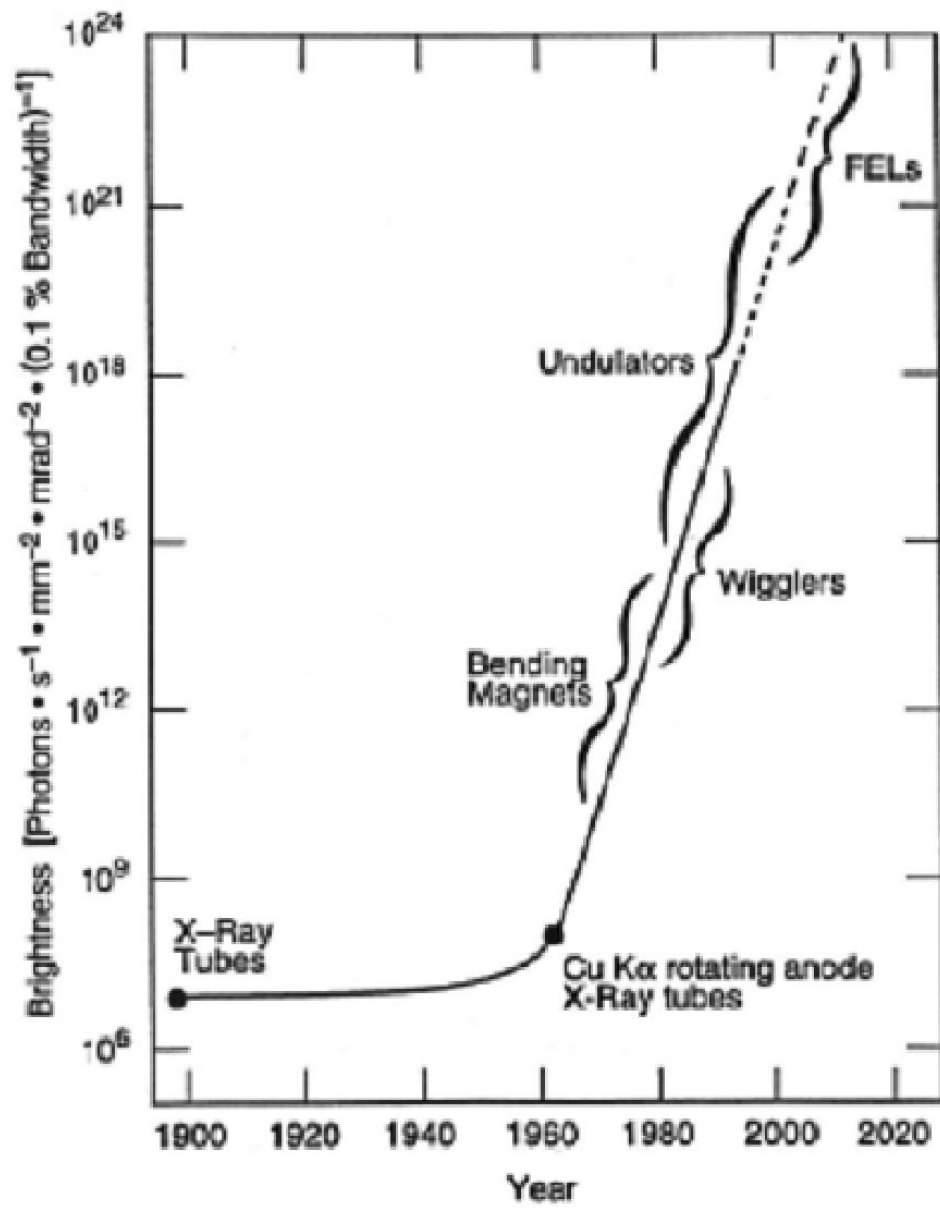


Спектральная яркость синхр. излучения

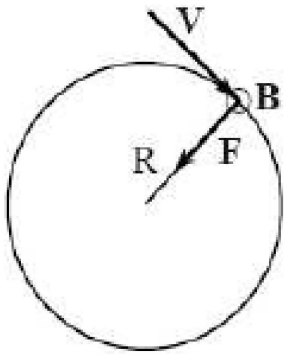
- Спектральная яркость – функция количества фотонов, излученных
 - в единицу времени
 - в единичном телесном угле
 - на единицу площади поверхности
 - в единичной полосе частот вокруг заданной.
- $0.1\%BW$ – ширина полосы $10^{-3} \omega$ вокруг частоты ω

Осевая спектр. яркость, фотон/с/мм²/мрад²/0.1%BW

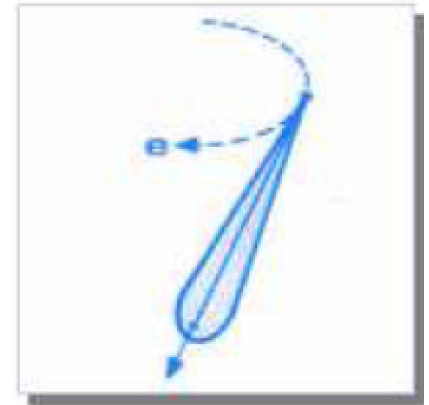
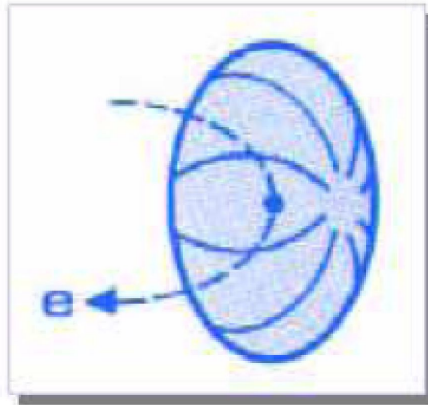




Возникновение и направленность синхротронного излучения



$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$



$$R = \frac{\gamma m v}{e B} \approx \frac{\gamma m c}{e B}$$

$v \ll c$

$v \approx c$

