

Рентгеновские лучи

Рентгеновские лучи – электромагнитное излучение с длинами волн $10^{-4} - 10^{-5}$ А ($10^{-5} - 1$ нм).



Рентгеновская фотография руки своей жены, сделанная В. К. Рентгеном.

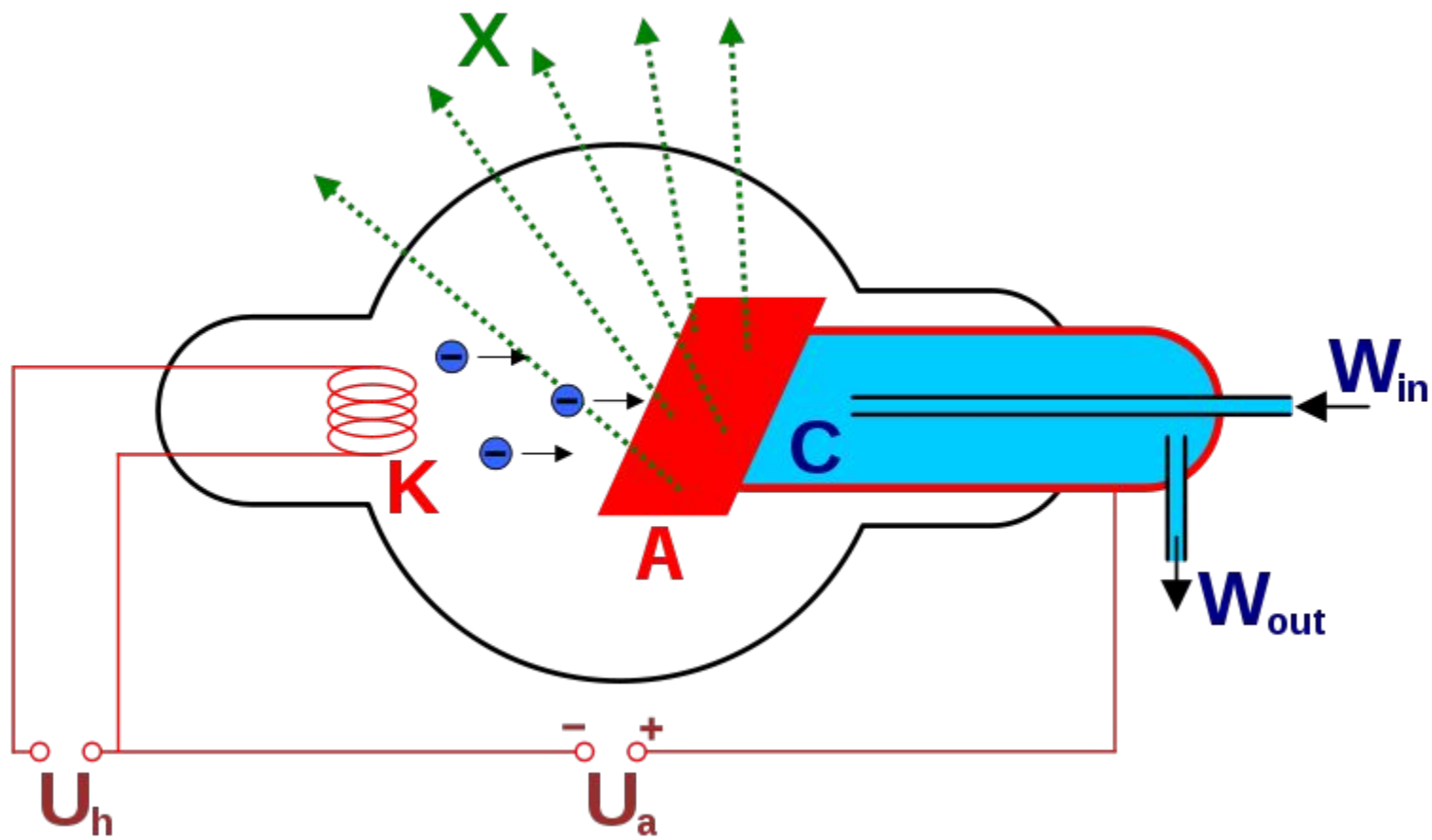
Открытие рентгеновских лучей

- Открыты в 1895 г. Вильгельмом Конрадом Рентгеном.
 - Катодолучевая трубка, которую Рентген использовал в своих экспериментах, была разработана И. Хитторфом и В. Круксом.
 - М.Лауэ предположил:
 1. что рентгеновские лучи являются таким же электромагнитным излучением, как лучи видимого света, но с меньшей длиной волны и к ним применимы все законы оптики;
 2. что рентгеновские лучи имеют длину волны, близкую к расстоянию между отдельными атомами в кристаллах, т.е. атомы в кристалле создают дифракционную решетку для рентгеновских лучей.
 3. возможна дифракция.
-

Получение

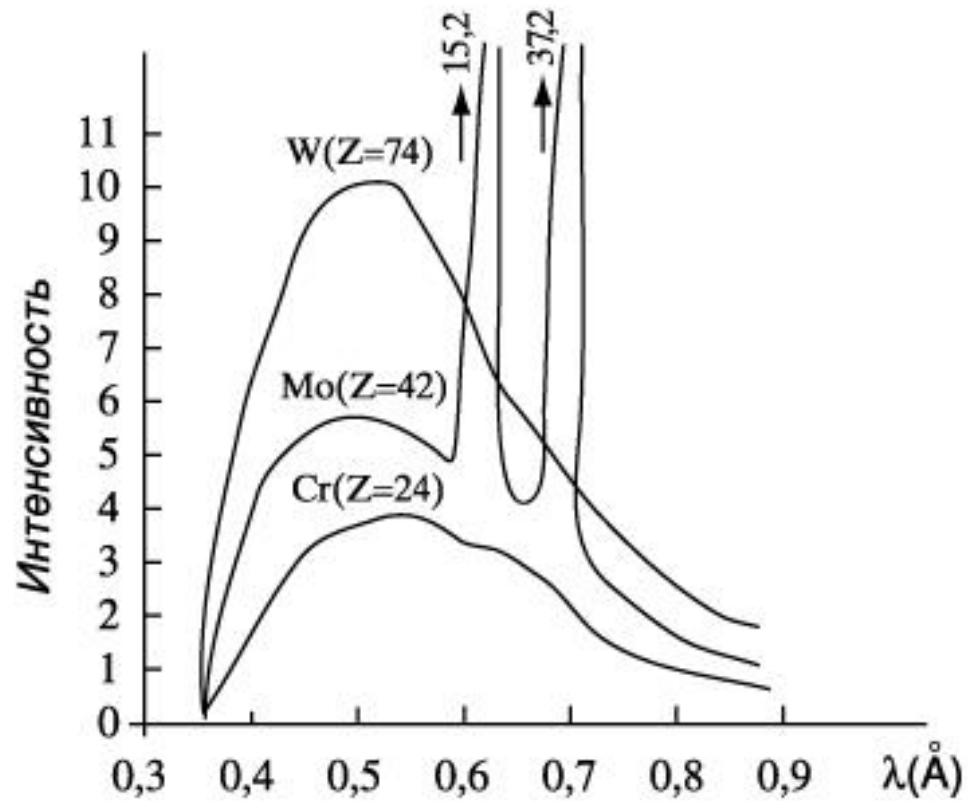
- Рентгеновские лучи возникают при сильном ускорении заряженных частиц либо при высокоэнергетичных переходах в электронных оболочках атомов или молекул.
 - В процессе ускорения-торможения лишь около 1% кинетической энергии электрона идёт на рентгеновское излучение, 99 % энергии превращается в тепло.
 - Рентгеновское излучение можно получать также и на ускорителях заряженных частиц.
 - Синхротронное излучение возникает при отклонении пучка частиц в магнитном поле, в результате чего они испытывают ускорение в направлении, перпендикулярном их движению.
-

Схематическое изображение рентгеновской трубки



Свойства рентгеновских лучей

- Источник - рентгеновская трубка, в которой есть два электрода – катод и анод.
 - Вследствие высокой интенсивности и узкого интервала длин волн характеристическое рентгеновское излучение является основным типом излучения, используемым в научных исследованиях и при технологическом контроле.
 - Источниками рентгеновского излучения могут быть радиоактивные изотопы.
 - Синхротронное рентгеновское излучение получают в ускорителях электронов, длина волны этого излучения значительно превышает получаемую в рентгеновских трубках (мягкое рентгеновское излучение), интенсивность его на несколько порядков выше интенсивности излучения рентгеновских трубок.
 - Природные источники рентгеновского излучения - радиоактивные примеси, обнаруженные во многих минералах, рентгеновское излучение космических объектов.
-



Зависимость интенсивности рентгеновского излучения от длины волны для различных материалов анодов рентгеновских трубок

Дифракция рентгеновских лучей

- Дифракция рентгеновских лучей - явление, возникающее при упругом рассеянии рентгеновского излучения в кристаллах, аморфных телах, жидкостях или газах и состоящее в появлении отклонённых лучей, распространяющихся под определёнными углами к первичному пучку.
 - Дифракционная картина может быть зафиксирована на фотоплёнке; её вид зависит от структуры объекта и метода.
 - Д.Р.Л. впервые была экспериментально обнаружена на кристаллах физиками М.Лауэ, В.Фридрихом и П. Книппингом в 1912 и явилась доказательством волновой природы рентгеновских лучей.
 - Наиболее чётко Д.Р.Л. выражена на кристаллах.
-

Направление D . \max удовлетворяет условиям Лауэ:

$$\begin{aligned}a(\cos \alpha - \cos \alpha_0) &= h\lambda, \\ b(\cos \beta - \cos \beta_0) &= k\lambda, \\ c(\cos \gamma - \cos \gamma_0) &= l\lambda.\end{aligned}$$

1. a, b, c — периоды кристаллической решётки по трём её осям;
 2. $\alpha_0, \beta_0, \gamma_0$ — углы, образуемые падающим;
 3. α, β, γ — углы, образуемые рассеянным лучом с осями кристалла;
 4. h, k, l — целые числа (индексы Миллера).
-

-
- Интенсивность дифрагированного луча определяется атомными факторами, которые зависят от электронной плотности атомов, расположением атомов в ячейке, а также интенсивностью тепловых колебаний атомов кристаллической решётки. Также влияют размеры и форма объекта, степень совершенства кристалла и др. характеристики.
 - Зависимость величины и пространственного распределения интенсивности рассеянного рентгеновского излучения от структуры и др. характеристик объекта легла в основу рентгеновского структурного анализа и рентгенографии материалов.
 - Д.Р.Л. на кристаллах даёт возможность определять длину волны рентгеновского излучения.
 - Д.Р.Л. на аморфных твёрдых телах, жидкостях и газах позволяет оценивать средние расстояния между молекулами или расстояния между атомами в молекуле и определять распределение плотности вещества.
-

Рентгеновские спектры

- Рентгеновские спектры - спектры испускания (эмиссионные) и поглощения (абсорбционные) рентгеновского излучения.
 - Могут быть непрерывными или линейчатыми.
 1. линейчатый - испускает атомы и ионы после ионизации их внутренних оболочек при последующем заполнении образовавшихся вакансий (др. – характеристический),
 2. непрерывным является тормозной Р.С., спектр синхротронного излучения или излучения в рентгеновском диапазоне
 - Большой интерес представляет изучение Р.С. многозарядных ионов и плазмы.
 - Спектрометры 2 типов: спектрометры с диспергирующим элементом и спектрометры на основе детектора и амплитудного анализатора импульсов.
-

Применение рентгеновских лучей

- При помощи рентгеновских лучей можно «просветить» человеческое тело.
 - Выявление дефектов в изделиях (рельсах, сварочных швах и т. д.) с помощью рентгеновского излучения называется рентгеновской дефектоскопией.
 - В материаловедении, кристаллографии, химии и биохимии рентгеновские лучи используются для выяснения структуры веществ на атомном уровне при помощи дифракционного рассеяния рентгеновского излучения (рентгеноструктурный анализ).
 - При помощи рентгеновских лучей может быть определён химический состав вещества. В электронно-лучевом микронзонде анализируемое вещество облучается электронами, при этом атомы ионизируются и излучают характеристическое рентгеновское излучение. Этот аналитический метод называется рентгенофлуоресцентным анализом.
 - В аэропортах активно применяются рентгенотелевизионные интроскопы.
-