

## Rentgenovo záření

- Elmagetické záření s **malou vlnovou délkou**  $\lambda \in (10^{-12}, 10^{-8}) \text{ m}$   
s **vysokou frekvencí**  $f \in (10^{16}, 10^{20}) \text{ Hz}$

- Objev – prosinec **1895 Wilhelm Conrad RÖNTGEN** pozoroval **katodové záření** ( elektrony uvolněné ve vakuové trubici). Zjistil, že při dopadu katodového záření na anodu vzniká záření , které



-  
z katody  
snadno

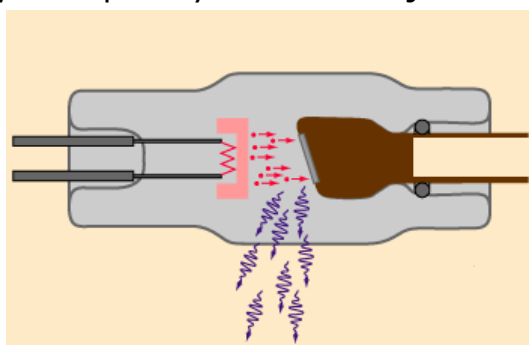


prochází i neprůhlednými látkami. Nazval toto záření **X paprsky**.

- za tento objev a studium záření dostal v roce **1901 1. NC za fyziku**

### **Zdroje a vznik**

- RTG záření vzniká v každé **vakuové trubici**, v níž mohou elektrony před dopadem na kovovou překážku (anodu) získat dostatečnou kinetickou energii (**10keV**)  $1\text{eV} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  ...elektronvolt
- **RENTGENTKA**
  - skleněná trubice vyčerpaná na **vysoké vakuum** ( $10^{-1} - 10^{-6} \text{ Pa}$ )
  - **katoda** – žhavený wolframový drát , který emituje elektrony a ty jsou urychlovány elektrickým polem (**U = 10kV – 400 kV** ) směrem k **anodě**
  - **anoda** – těžko tavitelný kov (platina, wolfram)
  - anoda **chlazena**, aby snesla zahřátí při dopadu elektronů nebo **rotuje**, aby elektrony nedopadaly stále do stejného místa anody



### **Vlastnosti**

- ionizuje vzduch
- **vyvolává zčernání fotografické desky**
- je různě pohlcováno různými látkami – pohlcování závisí na atomovém čísle  $Z$  látky, **těžší prvky více pohlcují RTG záření**
- **tvrdé RTG** – krátké vlnové délky, vysoká frekvence – lépe proniká
- **měkké RTG** – delší vlnové délky, nižší frekvence

## Spektrum rentgenového záření

RTG obsahuje **dva druhy záření**:

### 1. BRZDNÉ ZÁŘENÍ

- **Vzniká zabrzděním elektronů o anodu**, nabitá částice s brzdným zrychlením dle Maxwella generuje elmag.záření
- **spojité spektrum**, ohraničené nejkratší vlnovou délkou  $\lambda_{\min}$  (ex. max. frekvence  $f_{\max}$ )
- hranice  $\lambda_{\min}$  – závisí na napětí mezi katodou a anodou tj. na rychlosti dopadajících elektronů  $U \uparrow \Rightarrow v \uparrow \Rightarrow \lambda_{\min} \downarrow (f_{\max} \uparrow)$   
- nezávisí na materiálu anody

- **existenci minimální vlnové délky neumí klasická fyzika vysvětlit!!  
Další neschopnost klasické fyziky!!  
vysvětlení: RTG záření jako proud fotonů- nejvíce energetický foton ve spektru má energii odpovídající celé energii dopadajícího elektronu (větší energii už foton mít nemůže)**

tj.

$$\begin{array}{ccc} e \cdot U & = & h \cdot f_{\max} \\ \text{energie} & & \text{energie fotonu...nejvyšší možná} \\ \text{dopadu elektronu} & & \end{array}$$

$$f_{\max} = \frac{c}{\lambda_{\min}}$$

### 2. CHARAKTERISTICKÉ ZÁŘENÍ

- objev CH.G.Barkl **NC 1917**
- nespojitě **čarové spektrum**, složené z jednotlivých čar (podobně jako u světelných spekter plynů)
- **vlnové délky příslušné jednotlivým čarám závisí na materiálu anody** (vždy mají vlnovou délku větší než je minimální  $\lambda_{\min}$ )
- vzniká **při přeskoku elektronů v atomech anody z vysoce excitované energetické hladiny**, tato excitace je vyvolána dopadem elektronů na atomy anody
- tzv. **RTG spektroskopie** – analýza materiálů, materiál se bombarduje urychlenými nabitými částicemi, atomy materiálu se excitují a vyzařují charakteristické čarové RTG spektrum

## **OBJEV KRYSTALICKÉ MŘÍŽKY**

- 1912 – bylo prokázáno, že **RTG má vlnovou povahu** – jedná se o elektromagnetické vlnění s **krátkou vlnovou délkou**
- **Max von Laue** (NC 1914) – navrhl pokus, který tuto povahu prokázal. Pokus realizovali Fridrich a Knipping



- Povaha byla prokázána pomocí jevu typického pro vlnění – **ohybu**.

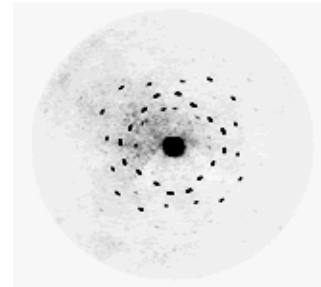
**Ohyb je pozorovatelný na překážkách,**

**jejichž rozměry jsou srovnatelné s vlnovou vlněním,**

v případě RTG musí být rozměry velmi malé – překážkou byla **krystalová mřížka**. Při pokusu byla zářením ozařována destička z krystalu o tloušťce cca mm, na fotografické desce vznikla pravidelná soustava osvětlených plošek (interferenčních maxim).

**Význam pokusu:**

1. Dokázal vlnovou povahu RTG
2. Poprvé dokázal existenci krystalové mřížky !



**délkou**

RTG  
0,5

**Užití RTG záření:**

**rtg diagnostika – ZOBRAZOVACÍ METODA**

( poprvé na bojištích 1.světové války – pojízdné rentgeny)

- rtg záření prochází tělem pacienta, těžší atomy pohlcují záření více – např. vápník v kostech, lehké atomy měkkých tkání méně, vzniká kontrastní zobrazení na fotografické desce – **rtg snímek**, případně je záření snímáno a zpracováno digitálně

**CT TOMOGRAFIE** - RTG zdroj osnímkuje pacienta v různých směrech pod úhly 0 – 180 ° – velký počet snímků s malou dávkou záření ... po digitálním zpracování počítačem lze vyvolat obraz libovolného řezu orgánem pacienta ( tomé = řez )  
...3D zobrazení

**RTG defektoskopie** - obdobná aplikace v technice, zobrazení defektů výrobků a stavebních konstrukcí, únavy materiálu – pneumatiky závodních vozů F1; celní kontroly kamionů ...pojízdné RTG zdroje