

# Rtg záření - mechanismus vzniku

Rentgenové záření je elektromagnetické vlnění, pro které jsou charakteristické krátké vlnové délky a vysoká energie. Jako základní zdroj rentgenového záření slouží rentgenka (dříve se používaly iontové lampy). Základem mechanismu vzniku rentgenového záření je interakce elektronů uvolněných termoemisí z katody s atomy anody. Při dopadu elektronů na anodu se přes 99 % jejich kinetické energie přemění na teplo, zbylá energie se přemění v rentgenové záření. Rentgenové záření vzniká v rentgence dvěma způsoby – jako brzdné a charakteristické záření.

## Stavba a funkce rentgenky

Jedná se o evakuovanou skleněnou trubici, tzv. **Coolidgeovu lampu**, v níž jsou zabudovány elektrody – katoda a anoda. Žhavená **wolframová katoda** má tvar spirály a je umístěna v záporně nabitě molybdenové misce. Hlavní funkcí této misky je odpuzování a soustředování (fokusace) uvolněných elektronů na plošku na anodě. **Anoda** je vyrobena obvykle rovněž z wolframu, který se vyznačuje vysokým atomovým číslem, vysokým bodem tání a dobrou tepelnou vodivostí. Vysoký bod tání zabraňuje roztavení anody, tepelná vodivost zajišťuje odvod tepla vzniklého při dopadu elektronů. Při mamografii se můžeme setkat s molybdenovou anodou.

Katoda je žhavená ze žhavicího transformátoru. Elektrony se termoemisí z katody uvolňují a vytvářejí různě hustý mrak. Vlivem vysokého napětí vloženého mezi elektrody (desítky až stovky kV) jsou elektrony přitahovány a urychlovány k anodě. Prudce dopadají na tzv. dopadové ohnisko, které je skloněno a svírá s výstupním okénkem rentgenky úhel přibližně  $19^\circ$ . Díky tomuto sklonu má ploška, na kterou elektrony dopadají, tvar úzkého obdélníku a nazývá se termické ohnisko. Projekcí termického ohniska ve směru centrálního paprsku je ohnisko optické. Na velikosti optického ohniska závisí ostrost rentgenového obrazu. Čím je optické ohnisko menší, tím větší je ostrost obrazu. S ostroستí obrazu ovšem klesá zatížitelnost rentgenky. (Zatížitelnost udává příkon, který rentgenka snese po dobu jedné sekundy.) Proto se někdy používají tzv. rotační anody tvořené otáčejícím se wolframovým diskem. Dochází ke zvětšení termického ohniska. Zatížitelnost pak závisí na průměru anody a na rychlosti jejího otáčení.

Při dopadu elektronů na anodu vzniká velké množství tepla, anodu proto musíme chladit. Rozlišujeme chlazení vzduchové a olejové, které se někdy kombinuje s vodním.

Rentgenka je mechanicky chráněna kovovým krytem, který zajišťuje i celou řadu dalších funkcí (připojení kabelů vysokého napětí, upevnění primární clony, ochrana pracovníků před vysokým napětím (díky uzemnění) a před ionizujícím zářením). Mezi krytem a rentgenkou je ještě vrstva izolačního oleje. V krytu rentgenky je umístěna beryliová destička – výstupní okénko. Destičkou nemohou procházet elektrony, ale pouze využitelné rentgenové záření.

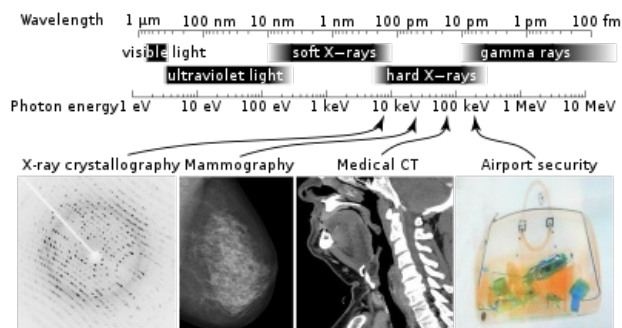
Pronikavost rentgenových paprsků závisí na vlnové délce, a tedy na napětí mezi elektrodami (čím větší napětí, tím kratší vlnová délka), intenzita paprsků závisí na počtu uvolněných elektronů, a tedy na teplotě žhaveného vlákna katody.

## Brzdné rentgenové záření (Bremsstrahlung)

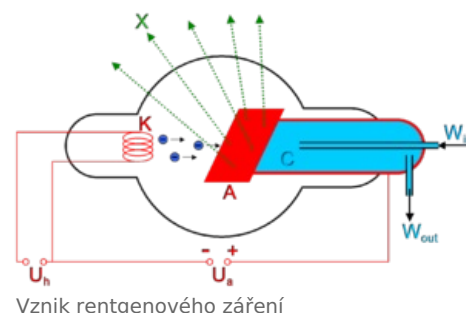
Když se rychle letící elektron dostane do elektrostatického pole jádra atomů anody, dochází k elektromagnetické interakci, která způsobí zakřivení dráhy a prudké snížení rychlosti elektronu. Zabrzdění elektronu způsobí, že elektron ztratí část své kinetické energie. Tato energie se přemění na foton rentgenového záření. Fotony rentgenového záření mají různé vlnové délky a nesou různé energie, brzdné záření má proto spojité spektrum. S rostoucí energií elektronu roste frekvence vzniklého rentgenového záření, vlnová délka se naopak zmenšuje. Kvalita brzdného záření závisí jen na anodovém napětí.

## Charakteristické rentgenové záření

Charakteristické rentgenové záření vzniká jinak než záření brzdné. Mají-li elektrony dopadající na anodu dostatečnou energii, dochází k předávání této energie elektronům vnitřní slupky elektronového obalu, což má za následek jejich přemístění (excitaci) do vyšších energetických hladin nebo častěji úplné vyražení z atomu (ionizace). Na uvolněné místo pak přeskakují elektrony z vyšších energetických hladin atomu (nebo i volné elektrony), čímž se



Rentgenové záření je součástí elektromagnetického spektra o kratších vlnových délkách než je viditelné spektrum. Různé aplikace vyžadují různé části rentgenového spektra.



Vznik rentgenového záření



Rentgenka

atom snaží získat zpět svoji stabilitu. Jelikož se jedná o značné energetické rozdíly mezi jednotlivými energetickými hladinami, je rozdíl energií vyzářen ve formě fotonu elektromagnetického záření, neboli charakteristického rentgenového záření.

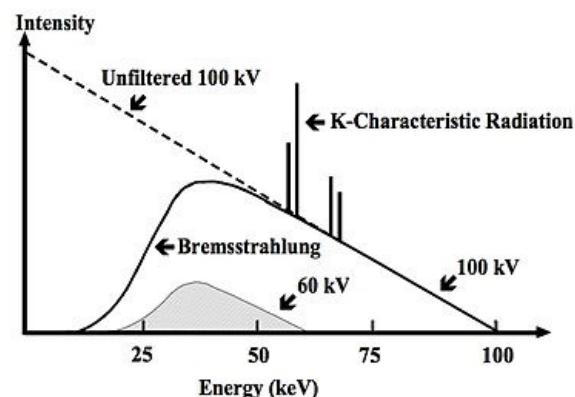
Atom každého prvku (v tomto případě kovu – např. vanad, měď) má své charakteristické hodnoty energetických hladin elektronů v obalu. Každý prvek má proto typické spektrum, které se pro svoji diskrétní energii označuje jako spektrum čárové, podle kterého může být identifikován. Mluvíme tedy o záření, které je charakteristické pro materiál, z něhož je anoda vyrobena. Podíl charakteristického rentgenového záření na celkovém spektru rentgenových paprsků závisí na anodovém napětí. Zvyšuje-li se na rentgence postupně napětí, je při nízkých hodnotách napětí emitováno rentgenové záření se spojitým spektrem. Pokud toto napětí začne stoupat, jsou rentgenkou produkovány oba dva druhy rentgenového záření a jejich spektra se skládají.

## Odkazy

### Související články

### Použitá literatura

- NAVRÁTIL, Leoš a Jozef ROSINA, et al. *Medicínská biofyzika*. 1. vydání. Praha : Grada, 2005. 524 s. ISBN 80-247-1152-4.
- BENEŠ, Jiří, et al. *Základy lékařské biofyziky*. 1. vydání. Praha : Karolinum, 2005. 196 s. ISBN 80-246-1009-4.



Spektrum rentgenového záření