

Rentgenové záření

Rentgenové záření objevil roku 1895 v podstatě náhodou **Wilhelm Conrad Röntgen**.

Rentgenové paprsky jsou **elektromagnetické ionizující záření** s vlnovou délkou $10\text{ nm} - 1\text{ pm}$ ($10^{-8} - 10^{-12}\text{ m}$). Vzhledem ke kvantové dualitě je můžeme nahlížet též jako **fotony** s energií $5 - 200\text{ keV}$ ^[1], dostačující k vyražení elektronu z atomového obalu (ionizaci).

Zdroje RTG záření

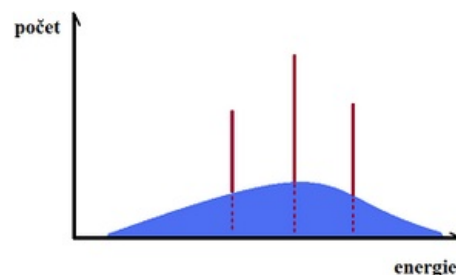
- **Přírozenými zdroji RTG je záření hvězd (např. slunce)**, ale i dalších kosmických zdrojů.
- **Umělým zdrojem RTG záření je například rentgenová lampa – rentgenka**.

Typy RTG záření

Původ RTG záření je v elektronovém obalu. Podle vlnové délky můžeme rozlišit **2 typy RTG záření**, měkké (s větší vlnovou délkou $\lambda = 10^{-8} - 10^{-10}\text{ m}$) a tvrdé ($\lambda = 10^{-10} - 10^{-12}\text{ m}$). Používané zdroje RTG produkují dva typy záření (podle odlišného rozložení energie ve spektru):

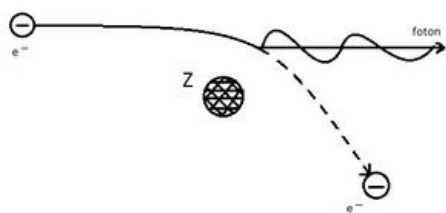
Brzdné rentgenové záření

Elektron rychle letící (při napětí 100 kV je jejich rychlost cca 165.000 m/s) od katody k anodě se při nárazu do anody dostává do silného elektrostatického pole, kde dochází k zakřivení jeho dráhy a ke zbrždění. Kinetická energie, kterou elektron ztratil, je vyzařena ve formě fotonu RTG záření. Při tomto procesu jsou vyzařovány fotony o různých vlnových délkách. Čím více se elektron přiblíží k jádru a čím větší je jeho energie, tím větší je energie vznikajícího kvanta RTG záření. Energie brzdného rentgenového záření závisí na protonovém čísle anody a na rychlosti elektronů (tedy na velikosti napětí mezi elektrodami rentgenky). Toto záření se vyznačuje širokým spojitým energetickým spektrem, protože rychlost elektronů emitovaných katodou není jednotná. Brzdné RTG záření vytváří **spojité spektrum**. Elektrony ale mohou být urychleny i jiným způsobem než pouhým vystavením velmi vysokému napětí – v urychlovačích částic jako je např. lineární urychlovač, betatron nebo mikrottron se dosahuje výrazně vyšších energií než u rentgenky a vznikající RTG záření je podstatně tvrdší.



Spektrum rentgenového záření: modře spojitě, červeně charakteristické

Brzdné záření se využívá v lékařské diagnostice a v radioterapii, příp. v průmyslu v defektoskopii.



Charakteristické rentgenové záření

Charakteristické RTG záření se liší podle materiálu, ze kterého je zhotovena anoda. Elektrony dopadající na anodu (většinou wolframovou) předávají svoji energii elektronům v atomech anody, tyto elektrony jsou excitovány (vyraženy do vyšší energetické hladiny), nebo úplně ionizovány (vytrženy z obalu). Pokud byl elektron pouze excitován, následně se vrací zpět do původního základního stavu, pokud byl "vyražen", potom se jeho místo zaplní elektronem z jedné z energeticky bohatších hladin vzdálenějších od jádra. Při obou variantách sestupu elektronu se uvolní značné množství energie ve formě RTG záření. Energie fotonu záření je rovna energetickému rozdílu mezi elektronovými hladinami, mezi kterými došlo k přesunutí elektronu. Rozdíl energie mezi jednotlivými hladinami je stále stejný, proto vzniká RTG záření pouze o určitých vlnových délkách – odtud plyne název charakteristické záření, protože onen energetický rozdíl, který určuje vlnovou délku záření, závisí na materiálu, ze kterého je anoda vyrobená. Získáme tedy RTG záření charakteristické pro určitý konkrétní prvek (materiál anody); jeho energie je tím vyšší, čím vyšší je protonové číslo prvku tvořícího anodu. Vzniklé záření tvoří tzv. **diskrétní – čárové spektrum**.

Charakteristické rentgenové záření se využívá v analytické chemii.

Výsledné záření reálného zdroje RTG je součtem brzdného a charakteristického záření.

Vlastnosti rentgenového záření

(uplatňující se v diagnostice)

- Schopnost pronikat látkami – tato schopnost závisí na vlastnostech absorbující hmoty a na energii záření (energie je tím větší, čím je vlnová délka kratší);
- Diferencovaná absorpce – schopnost různých látek pohlcovat rentgenové paprsky závisí například na protonovém čísle prvků absorbující tkáň, tloušťce vrstvy (kosti – Ca, P → velká absorpce);
- Fotochemické účinky – způsobuje zčernání fotografické desky nebo filmu (záleží na intenzitě záření);
- Luminiscenční účinky – vznik viditelného záření při dopadu na některé materiály;
- Přímocharé šíření ze zdroje – šíří se do prostoru na všechny strany a intenzita ubývá se čtvercem vzdálenosti;
- Rozptyl záření – negativní vlastnost pro diagnostiku, snižuje kontrast, při interakci fotonu s elektronem dojde k vychýlení paprsku a snížení energie (zvětší se vlnová délka);
- Ionizační účinky – negativní vlastnost, může mít škodlivé biologické účinky.

Rentgenka

Jedná se o vakuovou trubici obsahující 2 elektrody: katodu a anodu.

Nejčastěji bývají obě zhotoveny z wolframu, pro mamografické vyšetření se používá molybdenová anoda (*měkké* RTG záření). Pro snížení radiační dávky a vyšší ostrost při zobrazování se stíní (nejčastěji olovem). Na elektrody je přiváděno velmi vysoké napětí, což vede k urychlení elektronů.

Katoda

Katoda má tvar spirály. Při rozžhavení katody dojde k emisi elektronů a vzniká elektronový mrak. Hustota mraku je dána žhavicím proudem katody. Po připojení vysokého stejnosměrného napětí začnou záporně nabité elektrony vylétávat z oblaku směrem k anodě (+ současné urychlování silným elektrickým polem). Při zbrzdění na anodě vzniká RTG záření pouze z 1 % pohybové energie elektronů. Zbytek je přeměněn v teplo.

Anoda

Anoda může být pevná nebo rotační. Při dopadu elektronů na anodu dochází totiž k jejímu zahřívání a proto je nutné chlazení. Pro rentgenky s nízkým výkonem stačí chlazení vzduchem. Rentgenka s vysokým výkonem má uvnitř dutinku pro chladicí kapalinu.

Princip

U rentgenky lze nezávisle na sobě regulovat napětí mezi katodou a anodou (**anodové napětí**) a intenzitu žhavicího proudu katody (**katodový proud**).

Na katodovém proudu závisí intenzita záření. Čím vyšší bude katodový proud, tím vyšší bude intenzita záření.

Na anodovém napětí závisí tvrdost, penetrace, absorpce a vlnová délka záření. S rostoucím anodovým napětím poroste tvrdost a penetrace záření a naopak bude klesat absorpce a vlnová délka. Čím je potenciál mezi katodou a anodou větší, tím větší je urychlení elektronů a tím kratší vlnovou délku má vznikající RTG záření.

Parametry záření

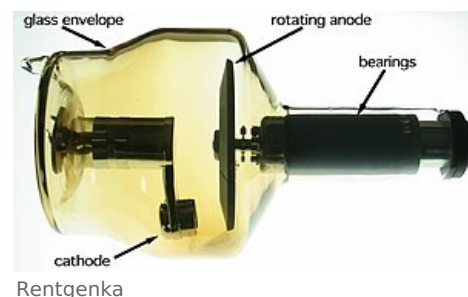
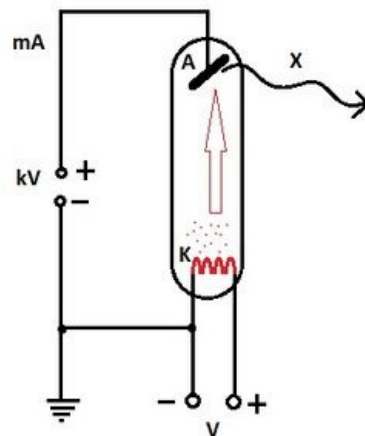
- energie fotonů – je přímo úměrná napětí mezi katodou a anodou;
- intenzita záření – souvisí se žhavicím proudem katody;
- používaná napětí – 20–80 kV, pro klasické zobrazování asi 70 kV, pro mamografii 20–30 kV;
- energie záření – při vyšší energii získáme nižší kvalitu zobrazení, při nižší energii získáme vyšší kvalitu zobrazení (kontrast), ale zároveň docílíme větší radiační zátěže pacienta;

Detekce záření

- film – při skiografii, jedná se o fotochemický proces;
- fluorescenční stínítko – při skiaskopii;
- digitálně – při CT, stimulace fosforové vrstvy na záznamovém médiu, následná luminiscence detekována digitálně;
- CCD – přímá digitalizace, při viziografii;
- pevné velkoplošné detektory pro digitalizaci, při přímé radiografii (DR).

Comptonův jev

Jedná se o pružný rozptyl fotonů RTG záření na volných elektronech, přičemž vlnová délka rozptýleného záření je větší než vlnová délka záření dopadajícího. Frekvence rozptýleného záření je menší než frekvence záření dopadajícího.



Comptonův posun je rozdíl mezi vlnovou délkou záření dopadajícího a vlnovou délkou záření rozptýleného. Comptonův jev dokazuje **částicovou povahu RTG záření**. Rentgenové záření má však i **vlnové vlastnosti**, důkazem je jeho schopnost polarizace a difrakce.

Využití v medicíně

Rentgenové paprsky mohou procházet lidskými tkáněmi a v důsledku svého průchodu vytvářet stíny podobné obrazu struktur v těle (př.: kosti, některé orgány a v neposlední řadě různé patologické stavy). Rentgenový snímek je nepohyblivý obraz, zjednodušeně řečeno jde o rentgenovou fotografii. Jedním z nejznámějších přístrojů využívající rentgenové záření v medicíně je beze sporu **CT** (Výpočetní tomografie). Charakteristickým rysem rentgenového záření je, že má mnohem vyšší energii než viditelné světlo, a ta je právě z části pohlcena během průchodu lidským tělem. Absorbovaná energie rentgenového záření může mít i různé biologické účinky uvnitř tkáně a jejímu množství se říká **dávka záření**. Velmi velké dávky záření se používají v radiační onkologii nebo při terapii k zastavení množení nádorových buněk. Ovšem dávka záření v průběhu zobrazovacích metod je velmi malá. K vytvoření potřebné kvality obrazu při diagnostických zobrazovacích metodách se totiž používá co nejmenší možná dávka záření.

Další využití:

- Rentgenová diagnostika – kosti mající převahu vápníku pohlcují rentgenové záření více než svaly a tkáně (převážně voda). Kosti se pak jeví na RTG snímku světlejší (negativ);
- Rentgenová strukturní analýza;
- Rentgenová defektoskopie;
- V archeologii;
- Rentgenová astronomie;
- Skiografie;
- Skiaskopie;
- Angiografie;

Odkazy

Související články

- Výpočetní tomografie
- Skiografie
- Ionizace

Použitá Literatura

- SVOBODA, Emanuel, et al. *Přehled středoškolské fyziky*. 4. vydání. Praha : Prometheus, 2010. ISBN 9788071963073.
- NAVRÁTIL, Leoš a Jozef ROSINA, et al. *Medicínská biofyzika*. 1. vydání. Praha : Grada, 2005. 524 s. ISBN 80-247-1152-4.
- TARÁBEK, Pavol a Petra ČERVINKOVÁ, et al. *Odmaturuj! z fyziky*. 2. vydání. Brno : Didaktis, 2004. ISBN 8073580586.

Reference

1. ULLMANN, Vojtěch. Jaderná fyzika, radiační fyzika, radioisotopy: Rentgenová diagnostika. [online]. [cit. 2012-02-13]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/JadRadMetody.htm#2>

Externí odkazy

- ULLMANN, Vojtěch. Jaderná fyzika, radiační fyzika, radioisotopy: Rentgenová diagnostika. [online]. [cit. 2012-02-13]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/JadRadMetody.htm#2>
- Příspěvatelé Wikipedie, Rentgenové záření [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, c2015, Datum poslední revize 17. 10. 2015, 04:20 UTC, [citováno 30. 11. 2015] <https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Rentgenov%C3%A9_z%C3%A1ření&oldid=12970975>

- Šprindrich Jan: Radiologické zobrazovací metody. Multimediální podpora výuky klinických a zdravotnických oborů :: Portál 3. lékařské fakulty UK [online] 6.2.2011, poslední aktualizace 6.2.2011 [cit. 2011-12-22] Dostupný z WWW: <<http://portal.lf3.cuni.cz/clanky.php?aid=71>>. ISSN ISSN 1804-3143
- Šprindrich Jan: Rtg dynamické metody a kontrastní látky. Multimediální podpora výuky klinických a zdravotnických oborů :: Portál 3. lékařské fakulty UK [online] 6.3.2011, poslední aktualizace 16.3.2011 [cit. 2011-12-22] Dostupný z WWW: <<http://portal.lf3.cuni.cz/clanky.php?aid=85>>. ISSN ISSN 1804-3143

Zdroj

- CHUDÁČEK, Z.: Radiodiagnostika, 1. vydání Vydavatel'stvo Osveta, 1993, 440 s.