

## Zdroje světla

$$c = \lambda_0 f, \quad \omega = 2\pi f, \quad k = 2\pi n / \lambda_0$$

$$\delta = n_1 d_1 + n_2 d_2 + \dots, \quad \phi = \omega t - 2\pi\delta$$

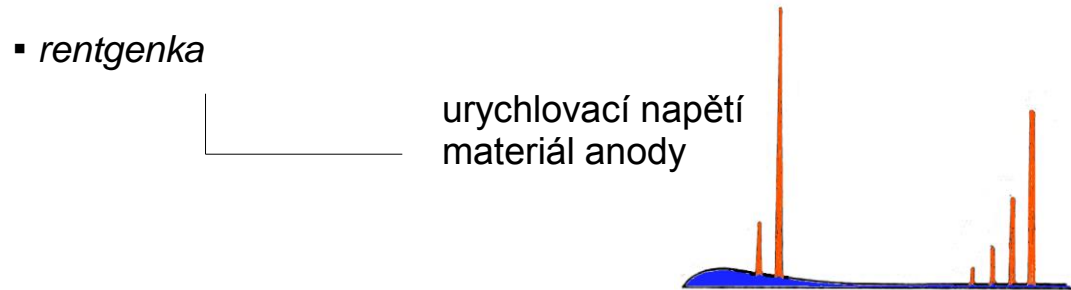
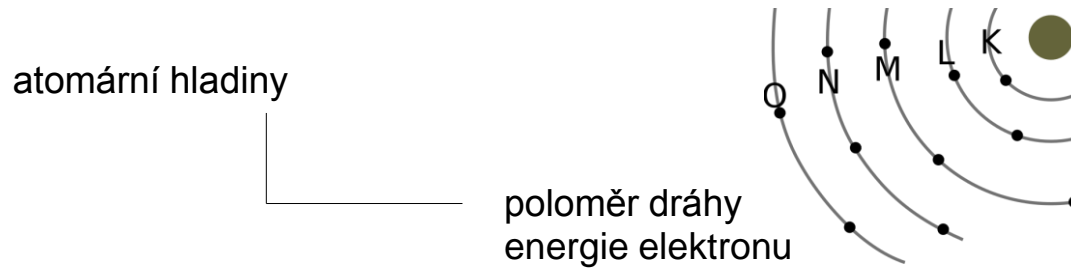
$$\vec{k} = (k_x, k_y, k_z) := (0, 0, k_z)$$

$$\vec{E} = \begin{pmatrix} E_x \\ E_y \\ E_z \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} E_{0x}(k) \cdot \cos(\omega t - k_z z + \phi_{0x}) \\ E_{0y}(k) \cdot \cos(\omega t - k_z z + \phi_{0y}) \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$I = |\vec{E}_0|^2 = E_{0x}^2 + E_{0y}^2 \quad \vec{E} \perp \vec{H} \perp \vec{k} \perp \vec{E}, \quad \delta_c = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda}$$

$$I = I_1 + I_2 + 2\gamma\sqrt{I_1 I_2} \cos \Delta\phi, \quad \mu = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

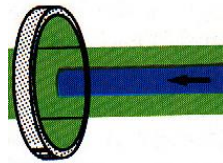
## Bohrův model atomu



## luminiscence

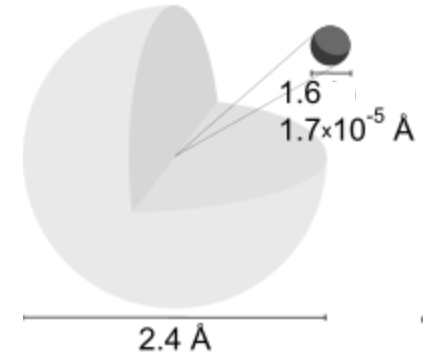
Stokesův zákon

- angiograf



Kladný náboj je soustředěný v jádru atomu, jádro zabírá zlomek velikosti atomu.  
(soudržnost jádra je zajištěna dostatečným počtem neutronů)

Elektrony obíhají kolem jádra po kruhových drahách (resp. na kulových slupkách)



$$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m} = 0.1 \text{ nm}$$

**Poloměry jednotlivých drah nejsou libovolné, ale vyjádřeny vztahem**

$$r_n = \frac{n^2 \hbar^2}{k_e e^2 m_e Z} = \frac{n^2}{Z} a_0$$

$a_0 = 0,522 \text{ \AA}$  je tzv. **Bohrův poloměr**  
(poloměr prvního orbitalu v atomu vodíku)

**S každou kruhovou orbitou je spojena energie**

$$E_n = -\frac{m_e c^2 \alpha^2 Z^2}{2 n^2} = -13.6 \text{ eV} \frac{Z^2}{n^2}$$

**-13,6 eV** je energie první hladiny  
atomu vodíku

$$E[\text{eV}] = E[\text{J}] / |e|$$

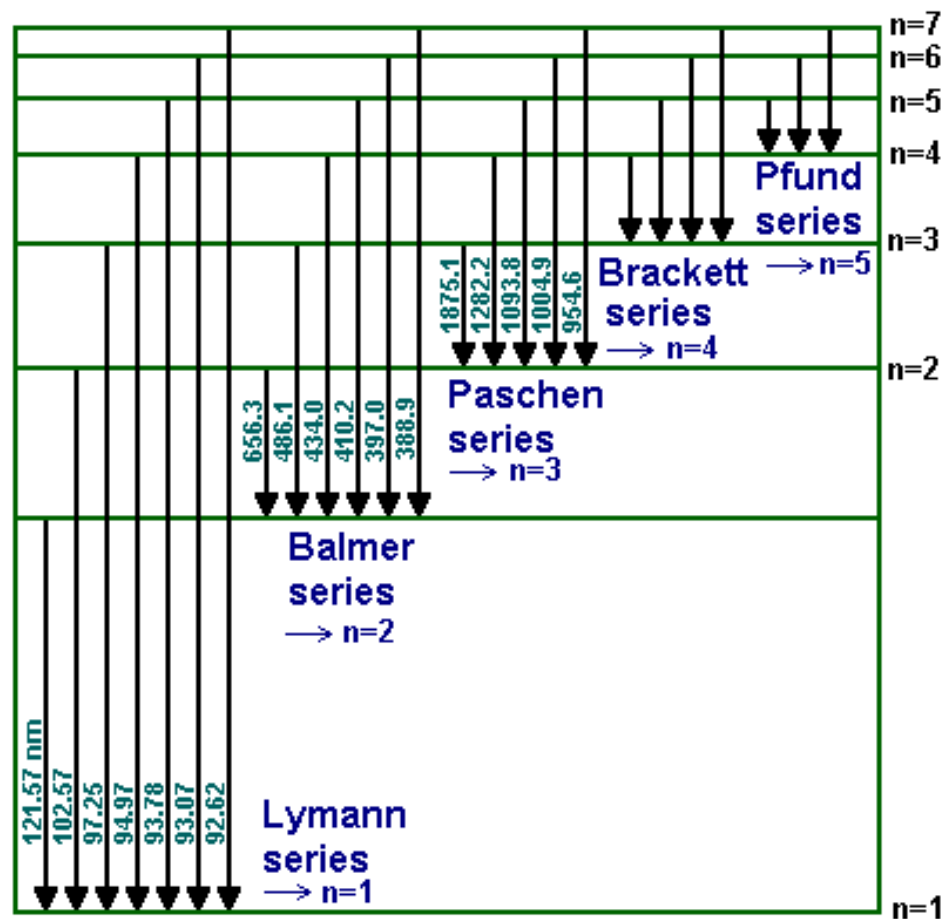
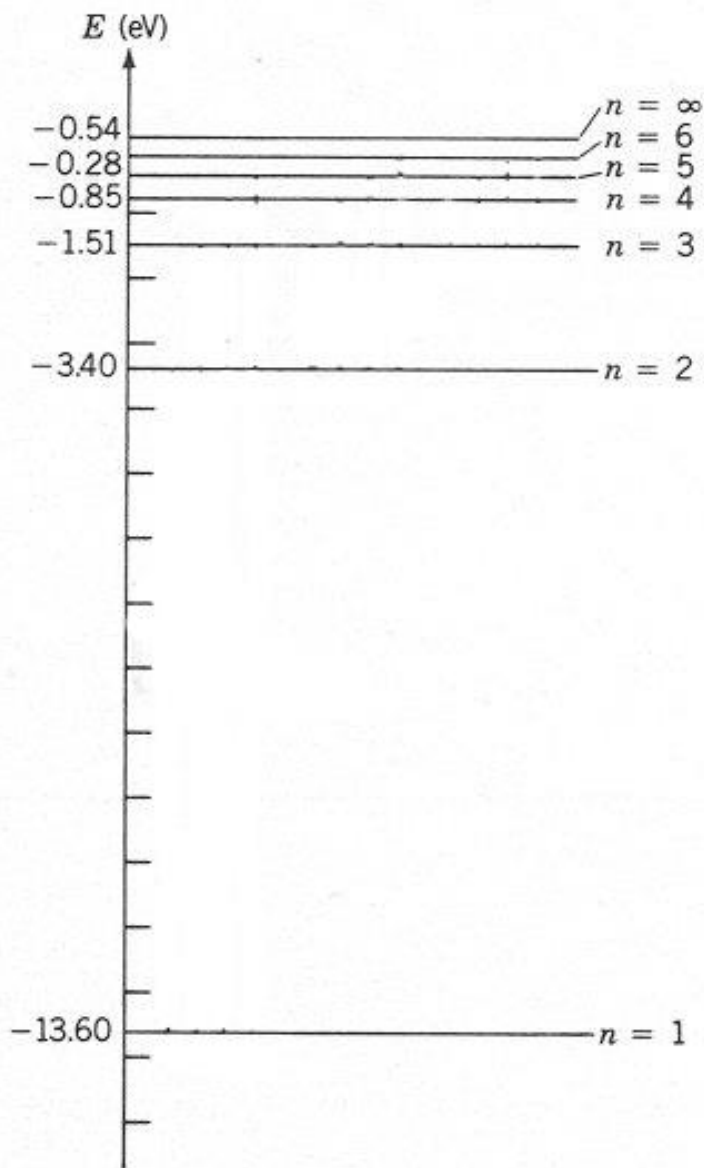
Záporné energie představují hladiny, na nichž jsou elektrony vázány k jádru,  
kladné hodnoty energie mají volné elektrony.

**S přechodem elektronu mezi dvěma hladinami dojde k pohlcení/vyzáření fotonu s energií právě rovnou rozdílu energií obou zúčastněných hladin**  
(znaménko závisí na směru přechodu).

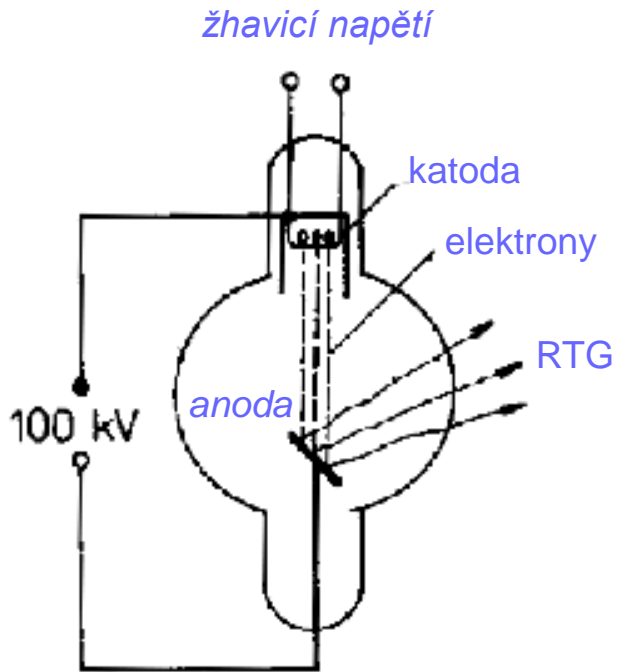
atom vodíku

$$Z = 1$$

schematický zápis energií hladin a přeskoků mezi nimi:



# rentgenka



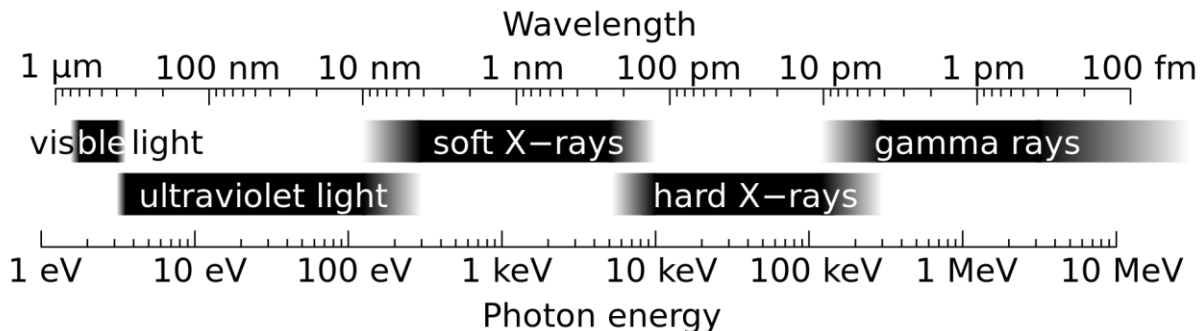
rentgenka je tvořena evakuovanou trubicí se speciálně připravenými elektrodami:

průtok proudu katodou, způsobený žhavicím napětím způsobuje silný ohřev materiálu katody;

elektrony se díky získané energii vytrhávají z katody, kde je začíná okamžitě urychlovat napětí urychlovací (dopadová rychlost elektronů na anodu při 100 kV je přes 150 000 km/s )

čím těžší materiál anody, tím tvrdší záření je emitováno

+ rentgenku lze řídit a vypnout

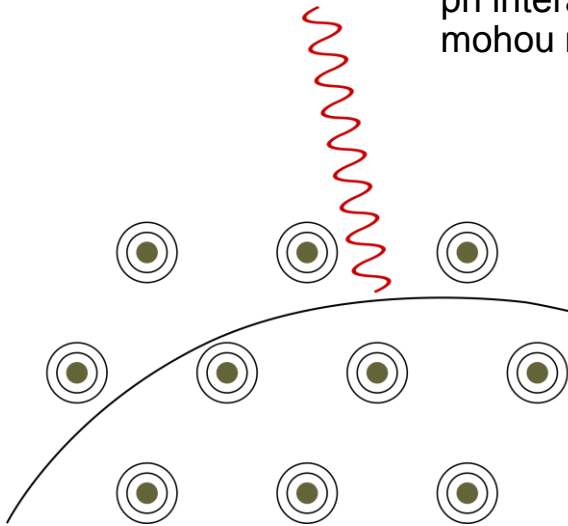


měkké RTG záření  
silně absorbováno  
přeměna na teplo

tvrdé RTG záření  
méně absorbováno  
ionizující účinek

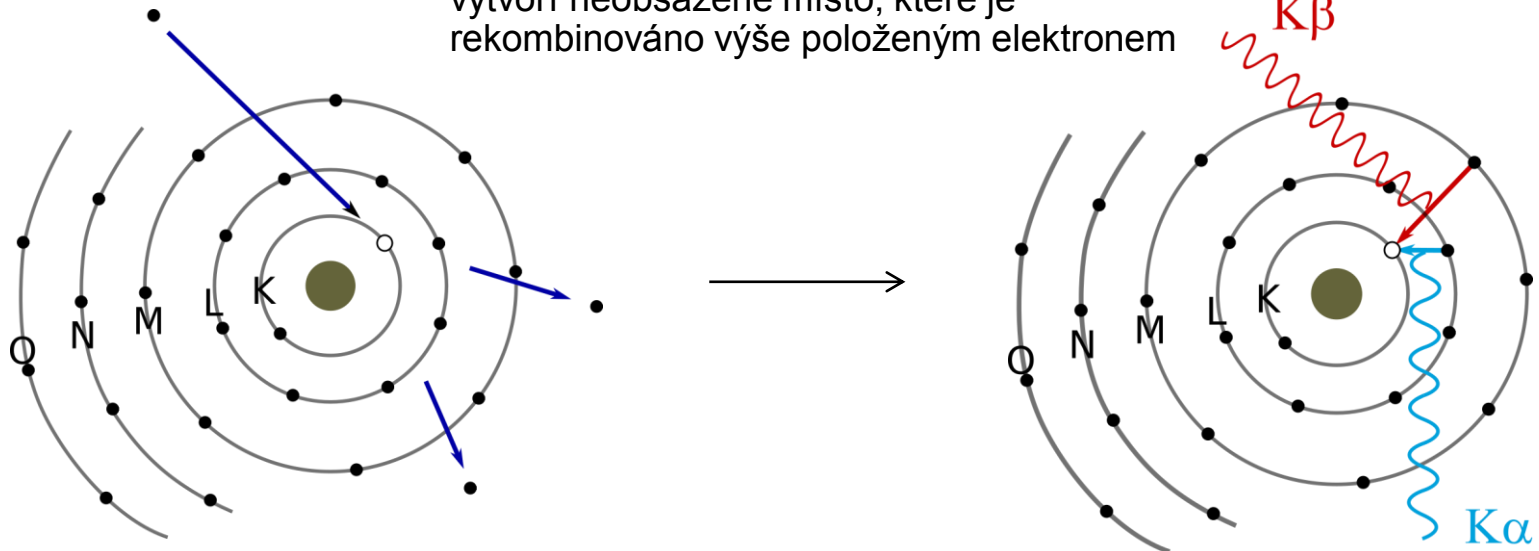
# rentgenka

při interakci urychlených elektronů s terčem anody mohou nastat dva jevy:



- rozptyl přilétajících elektronů spojený s **brzdým zářením**  
urychlený elektron při průletu anodou nezasáhne žádný konkrétní atom, ale je v jejich poli (postupně) brzděn

- vyražení elektronů (blízkých atomovému jádru) spojené s emisí **charakteristického záření**  
po zásahu konkrétního atomu se v jeho elektronovém obalu vytvoří neobsazené místo, které je rekombinováno výše položeným elektronem



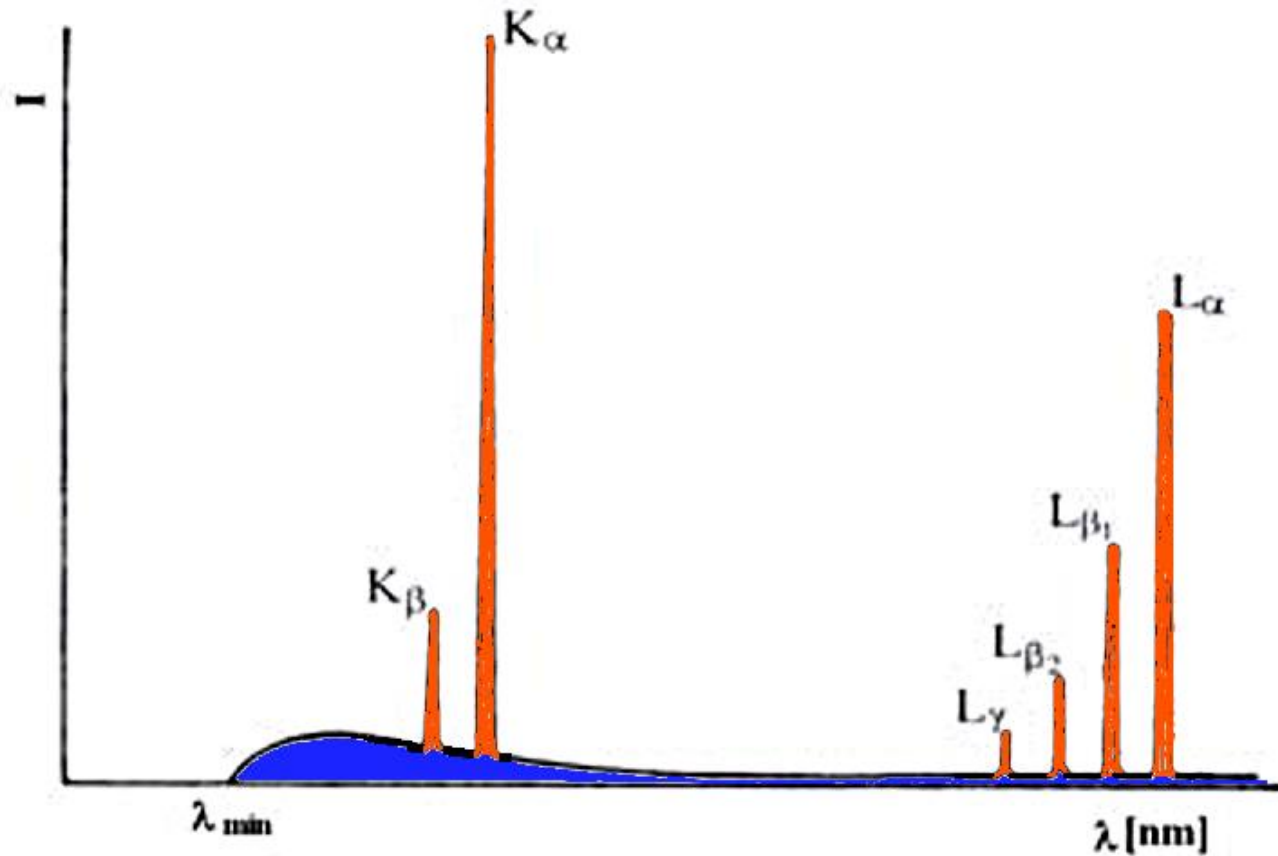
Ve svém důsledku oba jevy vedou k silnému zahřívání anody

## brzdné záření:

nezávisí na materiálu anody  
závisí na urychlovacím napětí

## charakteristické záření:

závisí na materiálu anody  
nezávisí na urychlovacím napětí



práh brzdného záření závisí na urychlovacím napětí:

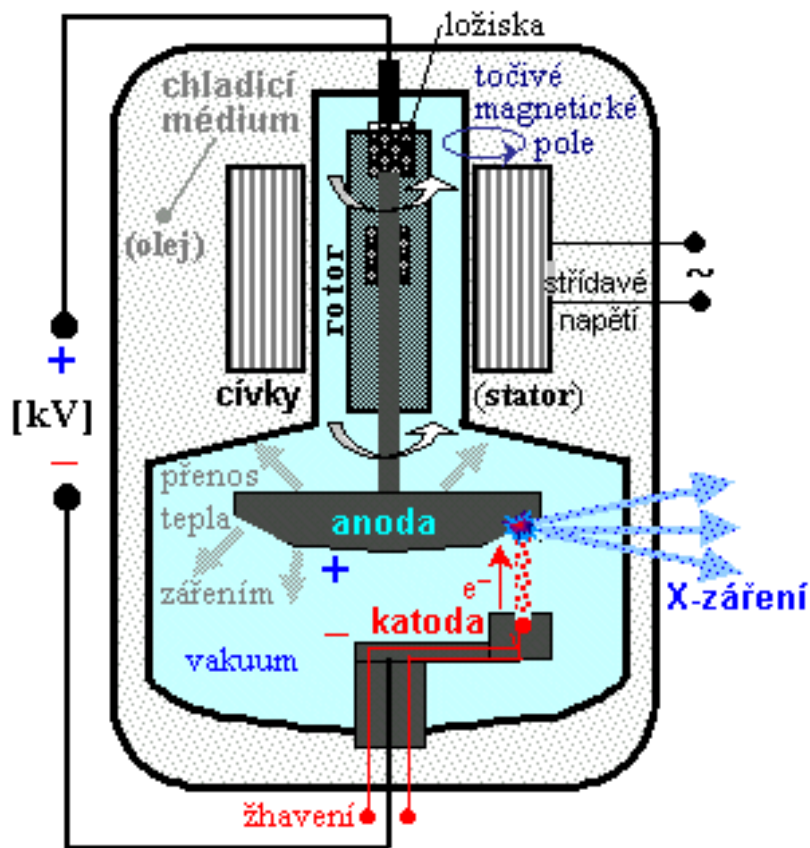
$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{e \cdot V}$$

(Duane – Hunt)

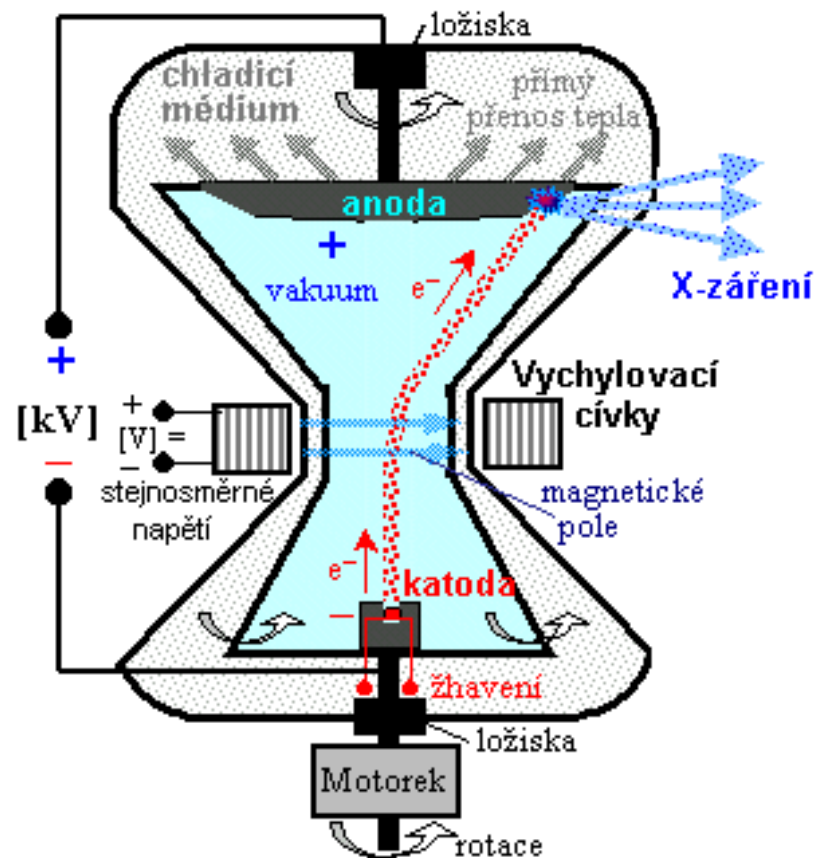


# rentgenka

## technická realizace rentgenek



Rentgenka s excetrickou katodou a s anodou rotující uvnitř vakuové trubice



Rentgenka rotující jako celek s čelní anodou a magnetickým vychylováním elektronového svazku

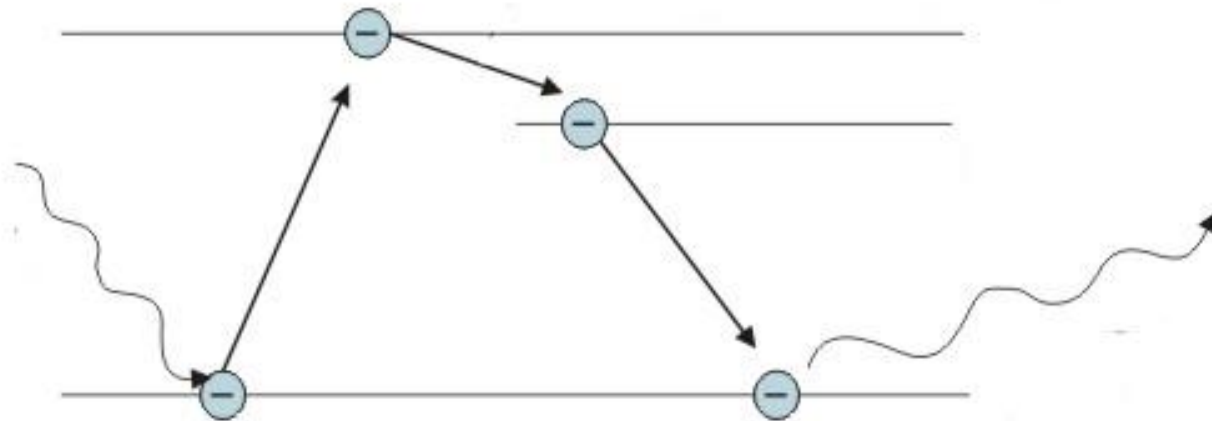
většina medicínských zařízení registruje záření brzdné, výjimkou je mamografie



# Luminiscence

luminiscence je souhrnné označení emise světla, která nastává po pohlcení záření látkou, ale které předchází nezářivé deexcitační procesy

odezva na buzení je časově zpožděna, při dlouhém dozvuku emise hovoříme o fosforescenci

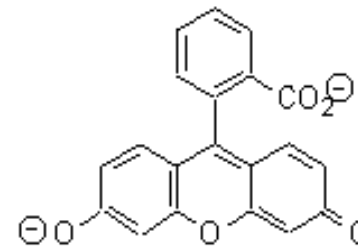


**Stokesův zákon: záření emitované luminiscencí má větší vlnovou délku než pohlcené.**

příklad: zelené signální doutnavky – emise v UV + luminofor

## fluorescenční (fluoresceinová) angiografie (FAG)

fluorescein neprostupuje stěnami sítnicových cév, ale zbarvuje kůži a sliznice a moč (většinou mizí během 6 hodin)

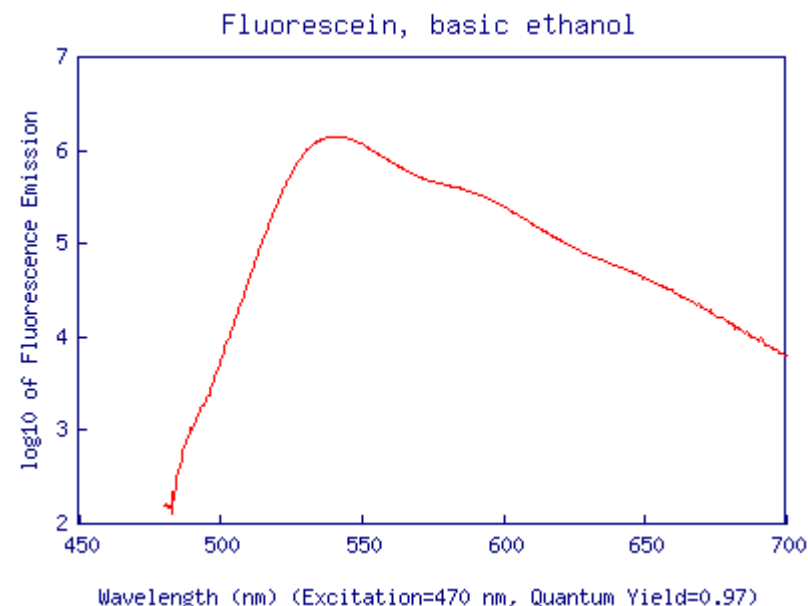
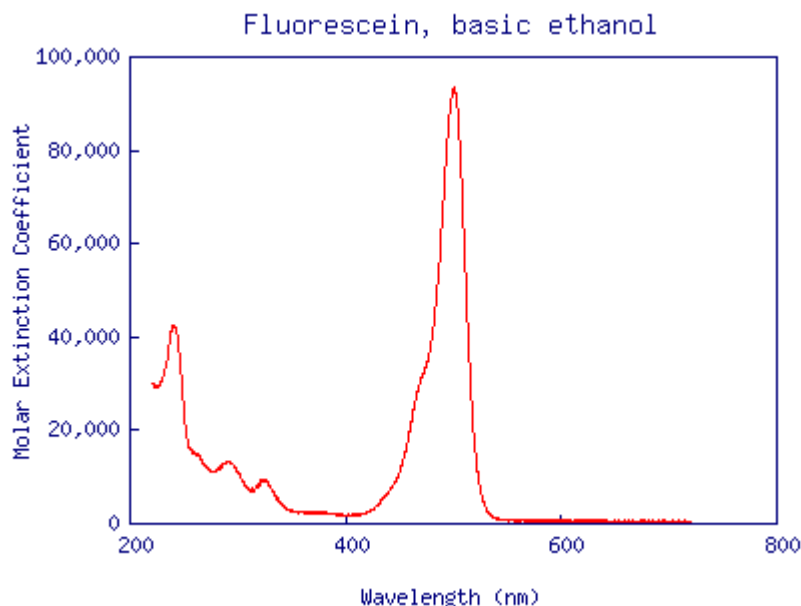


jednotlivé snímky angiografie:

fotografie očního pozadí v bezčerveném světle – zachycení autofluorescence

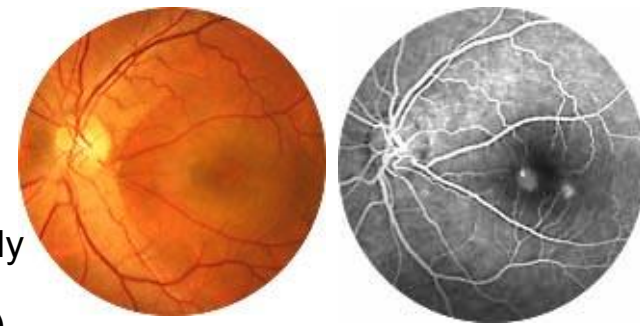
aplikace 5ml 10-15% roztoku fluoresceinu intravenózně + fotografie fundu do 5-10 min. (zpočátku po 1 vteřině)

event. pozdní snímky po 10 min, 20 min



do 24 hod. po podání fluoresceinu neaplikovat argonový laser – jeho světlo excituje fluorescein

## Retinální fotografie a fluorescenční angiografie



**fluorescence** – světelná odezva materiálu po osvětlení, časově milisekundy zpravidla na jiných vlnových délkách, než bylo buzení (pokud k posunu dochází, jedná se vždy o posun červený)

při delších časech dozvuku (jednotky sekund a více) hovoříme o **fosforescenci**

některé části lidských tkání jsou přirozenými fluorofory, stačí je tedy silně krátce osvětlit a snímat odezvu s výhodou lze využít do krve uměle dodaného fluroforu, který po osvětlení trasuje cévní řečiště, např:

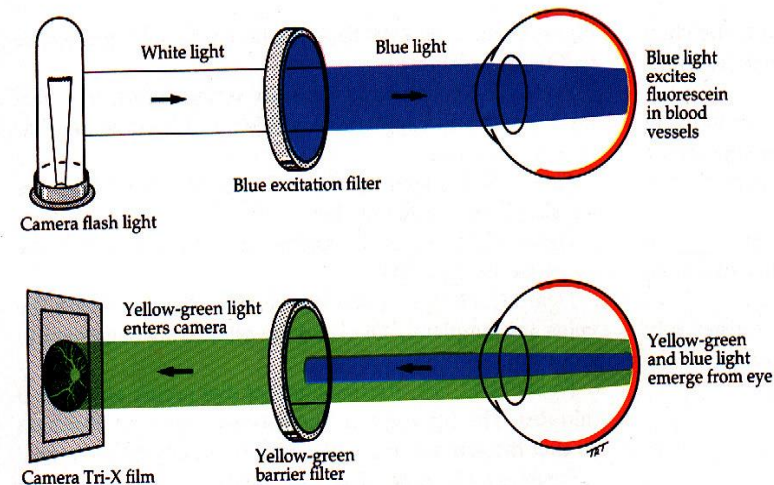
**fluorescein** absorbuje v modrém spektru 485-500 nm a emituje paprsky blízké zelenému spektru 525-530 nm

**indocyaninová zeleň (ICG)** má excitační maximum při 800 nm a emituje světlo kolem 835 nm (celý jev se tedy odehrává v IČ oblasti)



k osvětlení sítnice lze využít **retinální fotografie**

- jako objektiv fotoaparátu se používá speciálně upravený mikroskop
- je třeba silného zdroje zábleskového světla



obě metody se zpravidla použijí současně