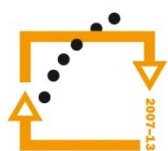




MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

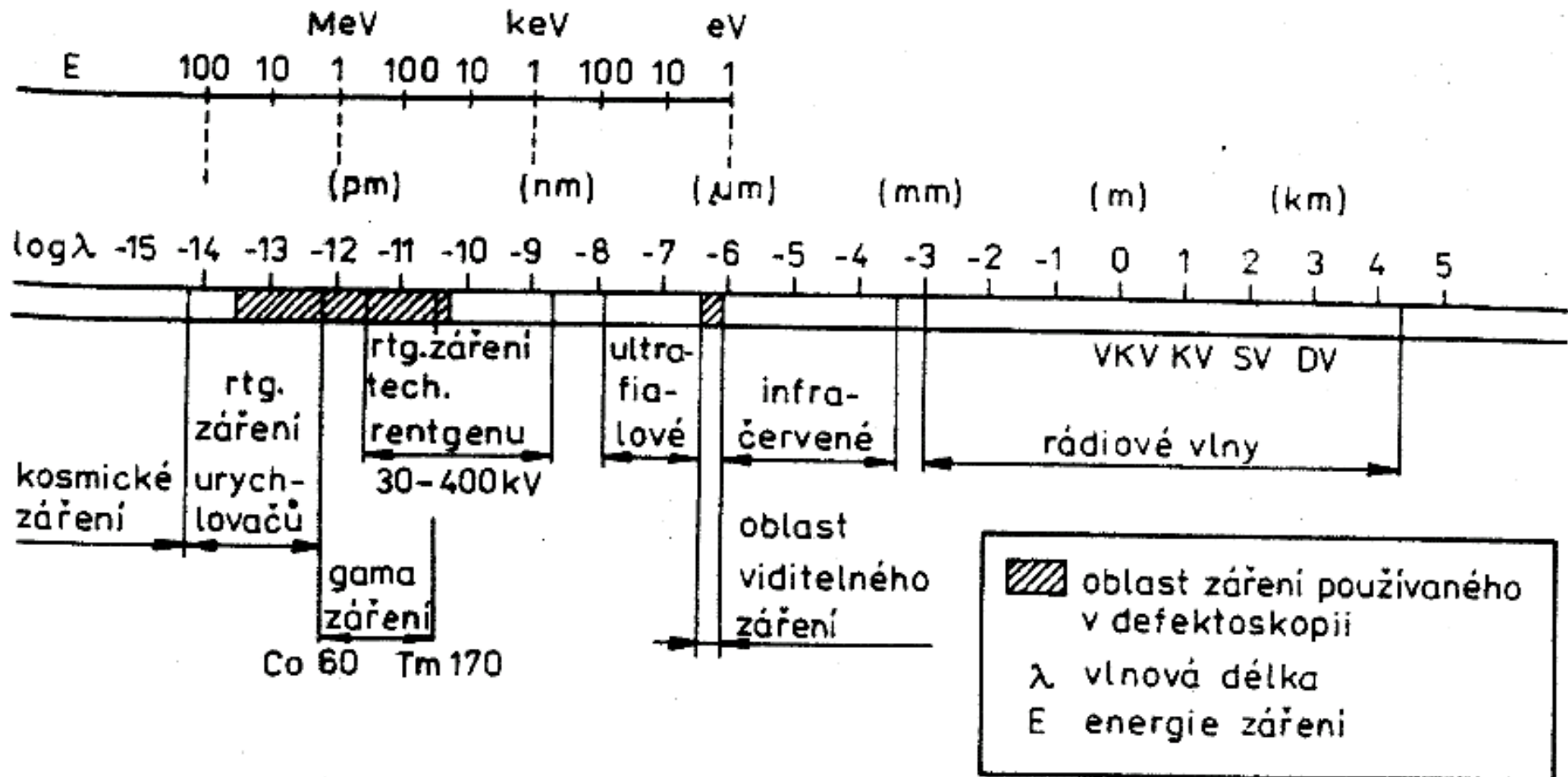
Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola technická Brno, Sokolská 1

- Šablona: Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT
- Název: Kontrola a měření strojních součástí a jejich polotovarů
- Téma: **Nedestruktivní defektoskopie**  
**Zkoušky prozařováním - Radiodefektoskopie**
- Autor: Ing. Smolek Jan
- Číslo: VY\_32\_INOVACE\_23-19
- Anotace: Prezentace jako podpora k výkladu o metodách zjišťování vad strojních součástí bez jejich porušení.  
Problematika je zmiňována ve Strojních a technologických laboratořích středních průmyslových škol.  
DUM je určen pro čtvrté ročníky všech oborů.  
Materiál byl vytvořen v květnu 2013

# Radiodefektoskopie - osnova:

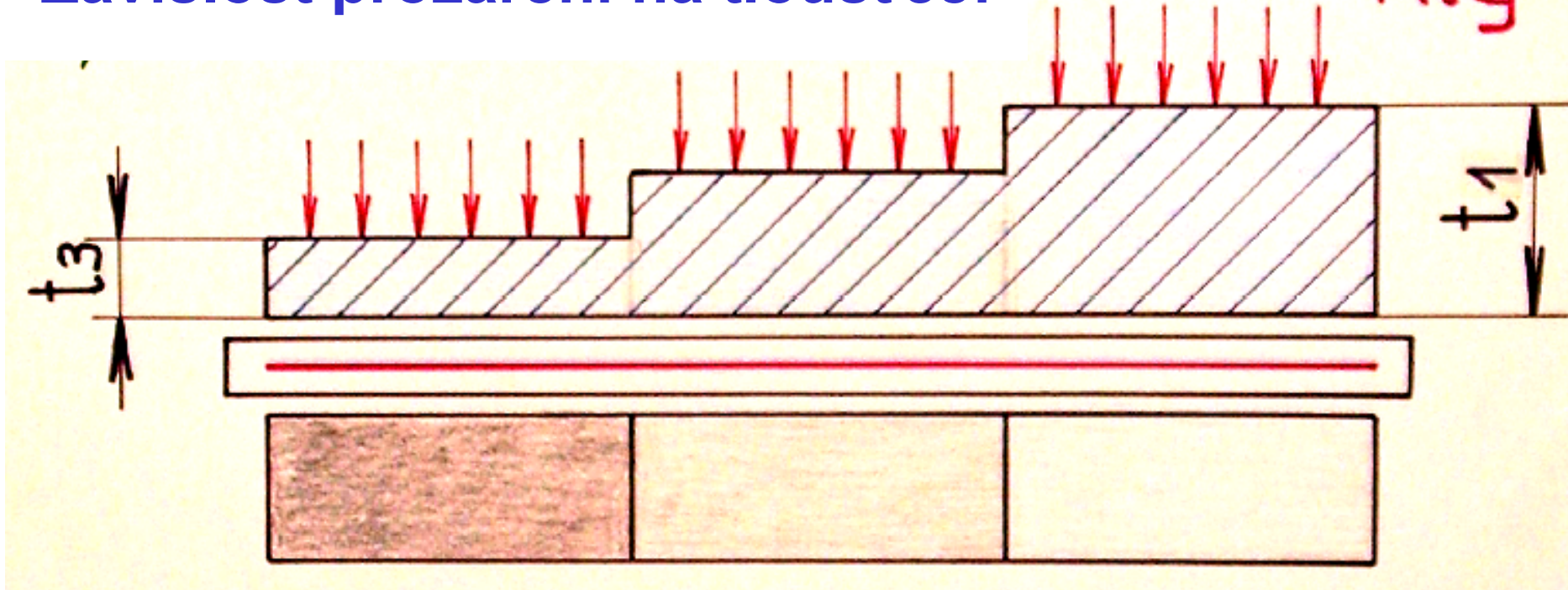
- **Fyzikální úvod;**
- **Zkoušky Rentgenovým zářením (Rentgenografie);**
- **Zkoušky zářením gama (Gamagrafie);**
- **Zkoušky velmi tvrdým zářením z Betatronu nebo urychlovače;**
- **Zkoušky použitím neutronů;**
  
- **Příklady snímků, vad a pomůcek;**
- **Další zobrazovací metody;**

# Spektrum elektromagnetického záření:



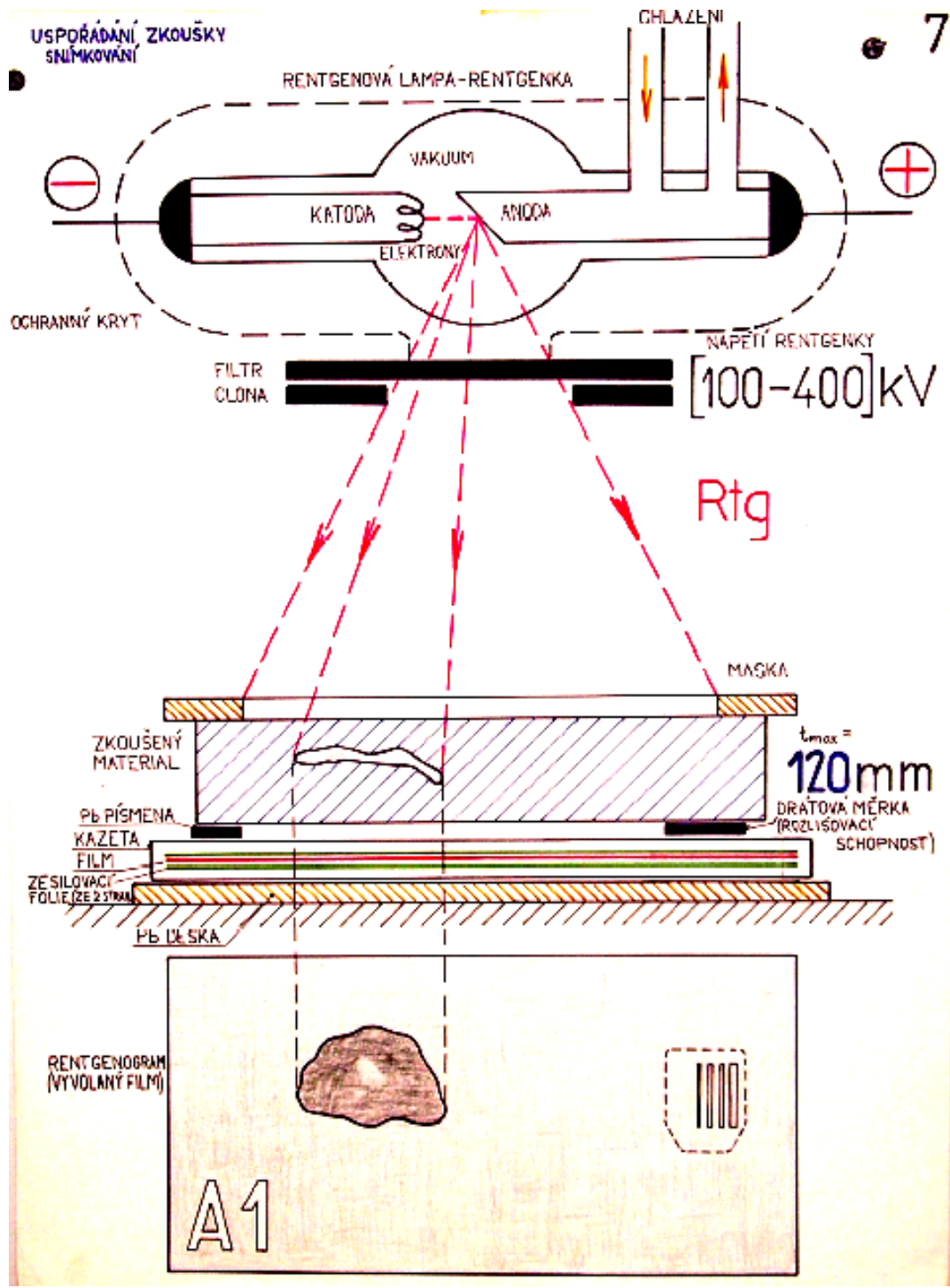
**Závislost prozáření na tloušťce:**

$R_{tg}$

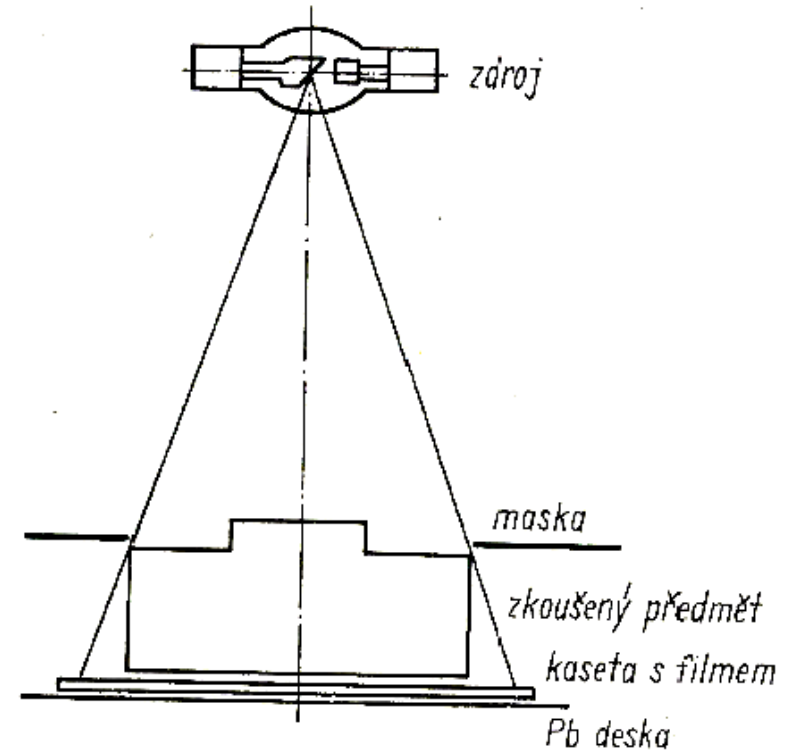


## Závislost prozáření na hustotě:

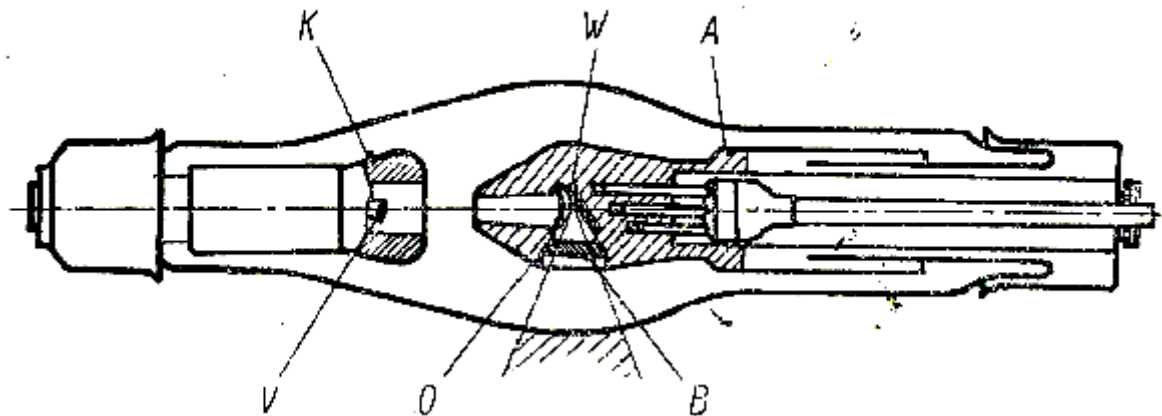
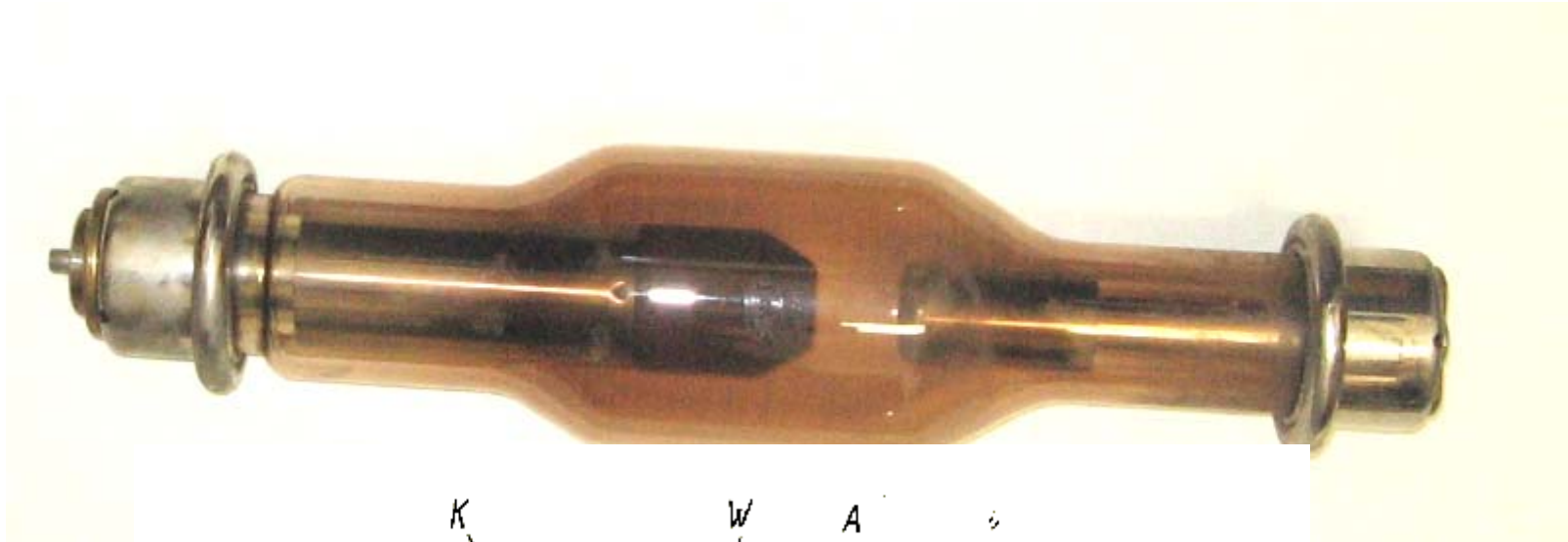


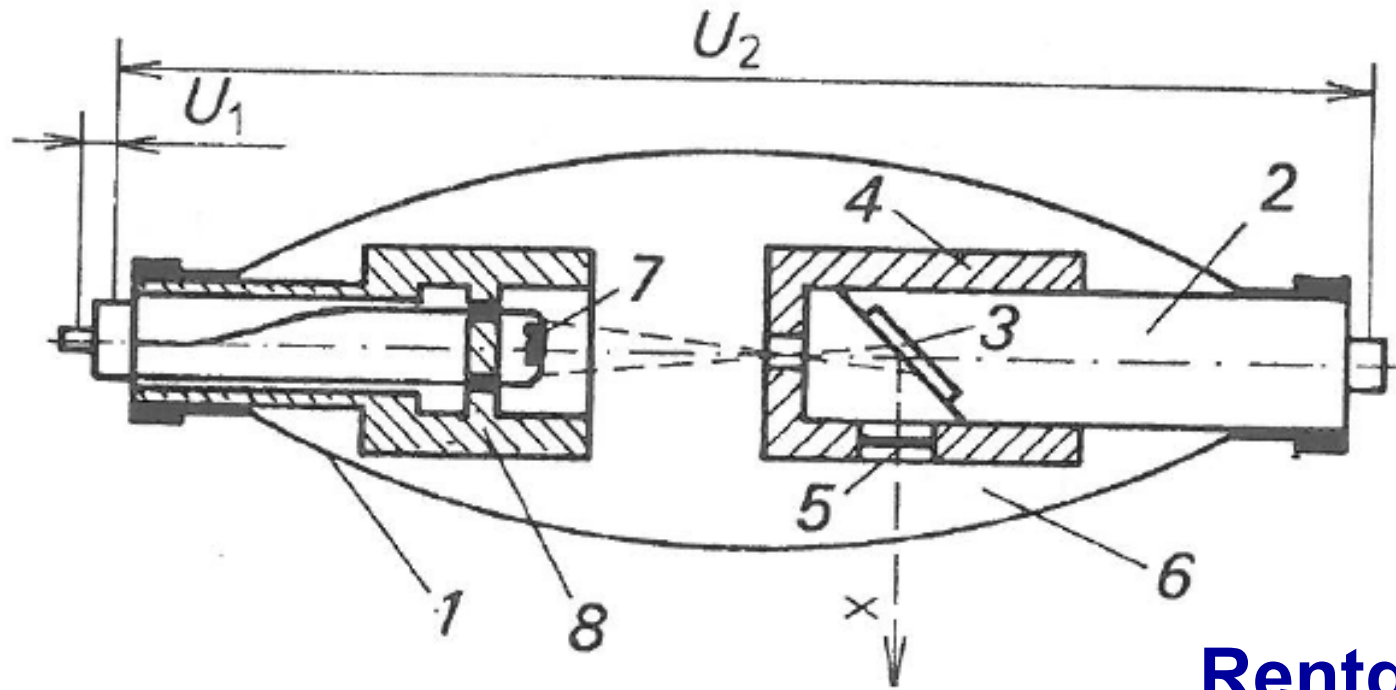


### Uspořádání při snímkování:



## Röntgenka:



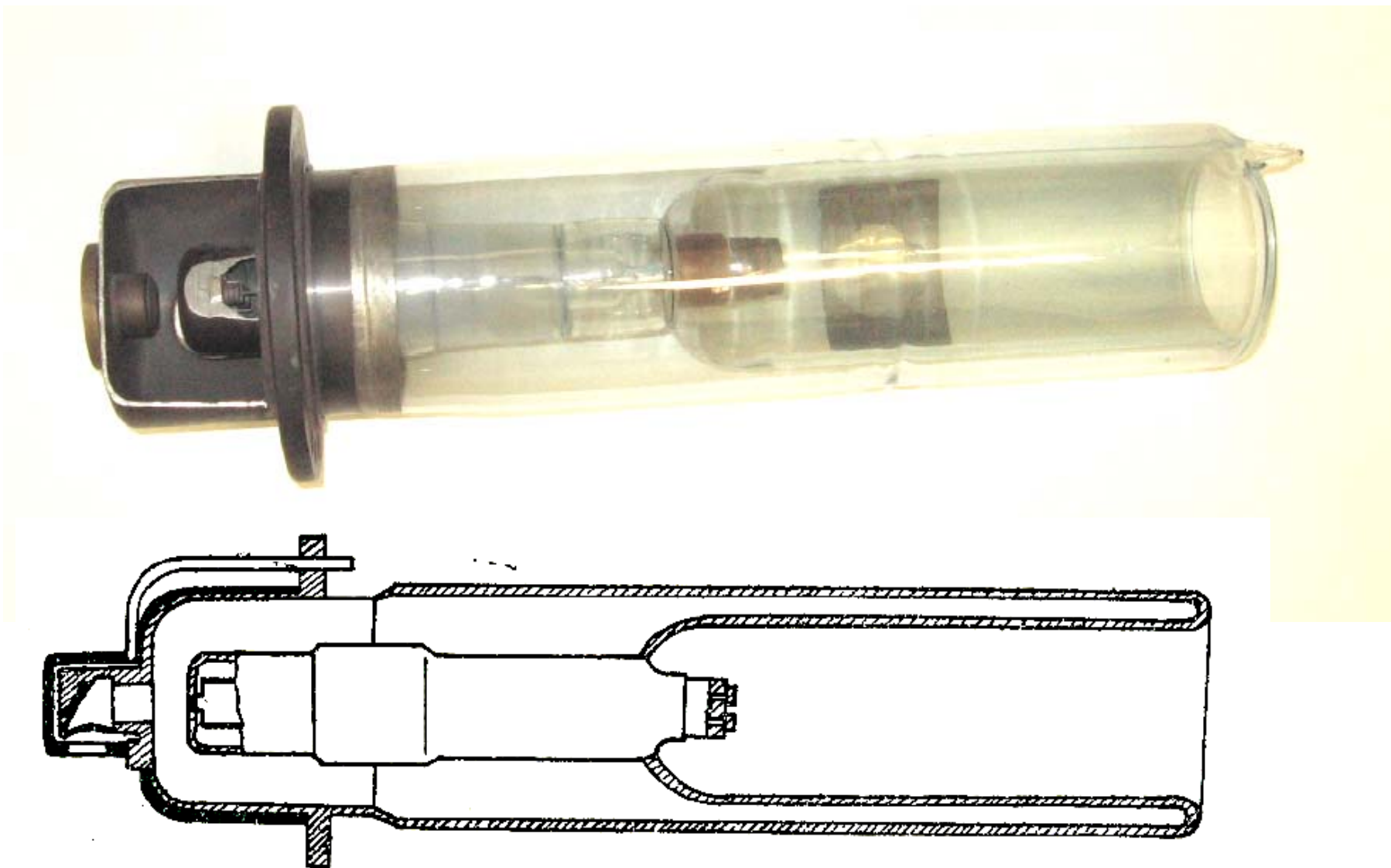


**Rentgenka**

**otočit:**



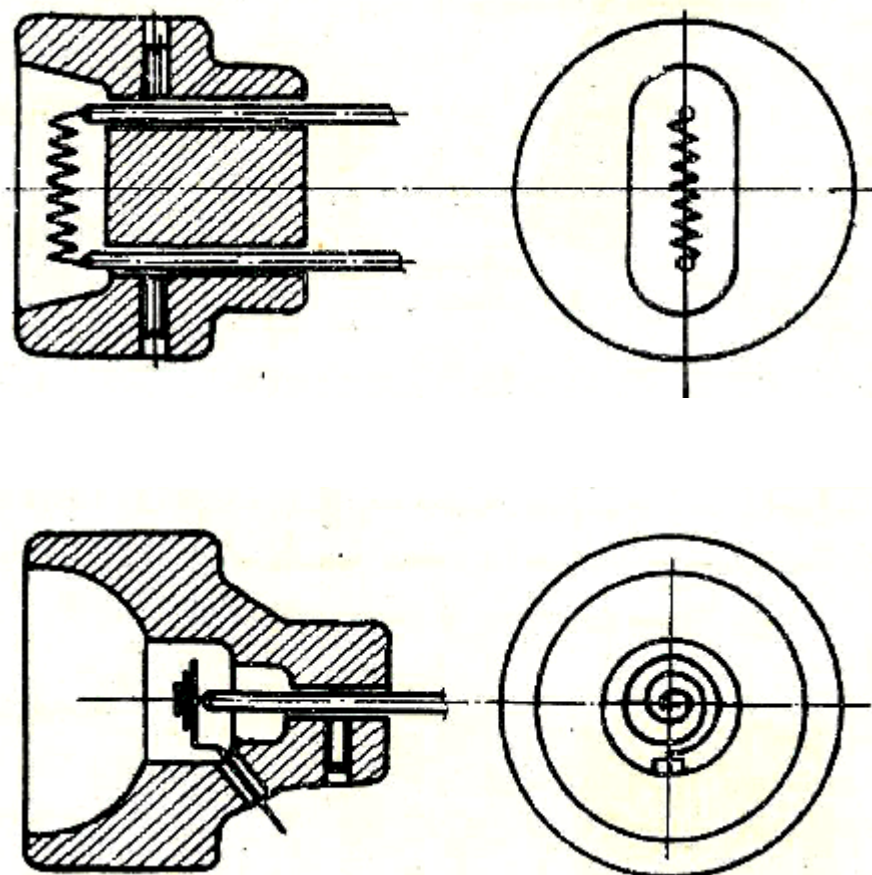
## Rentgenka s krátkou anodou:



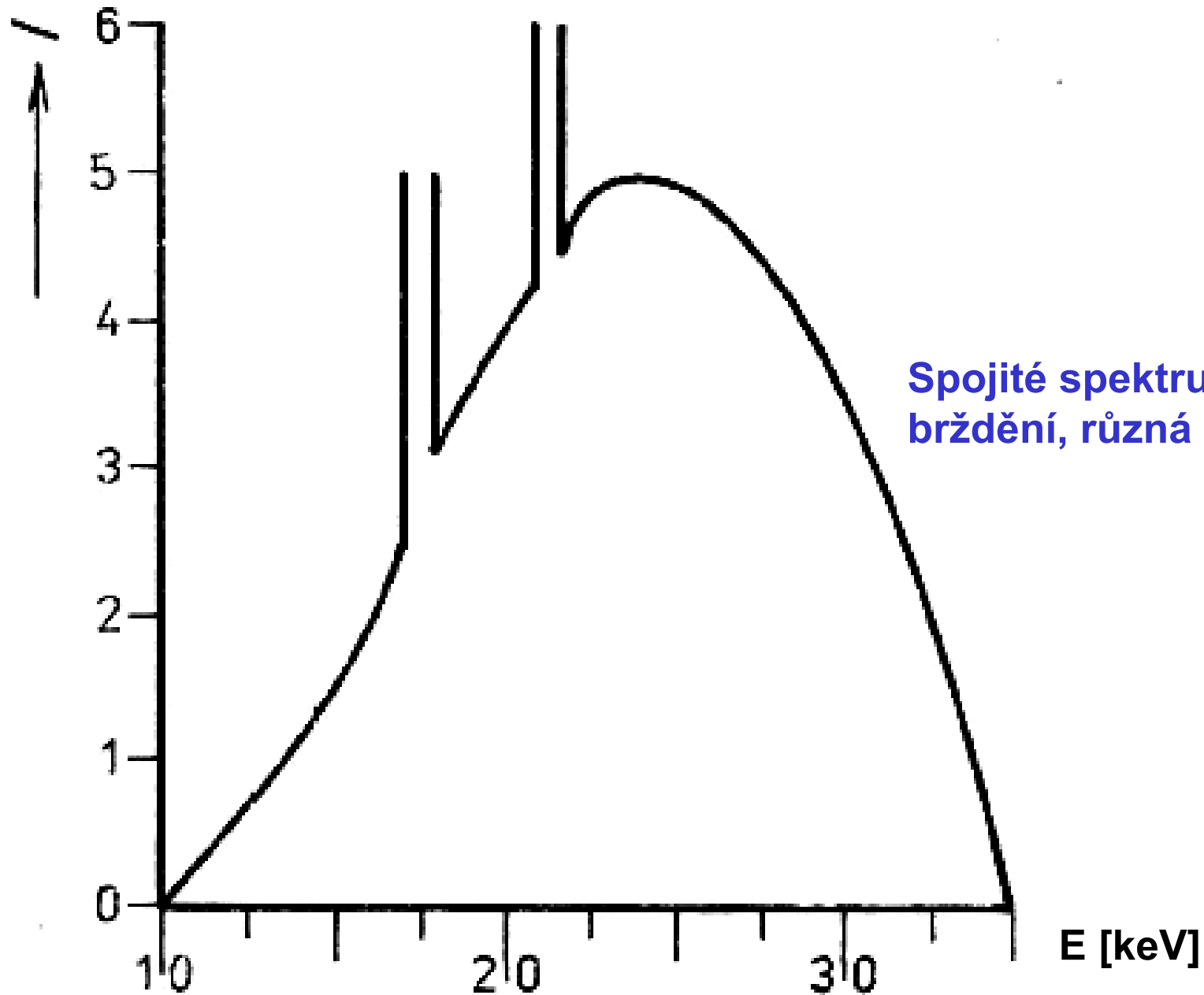
**Anody rentgenky:**



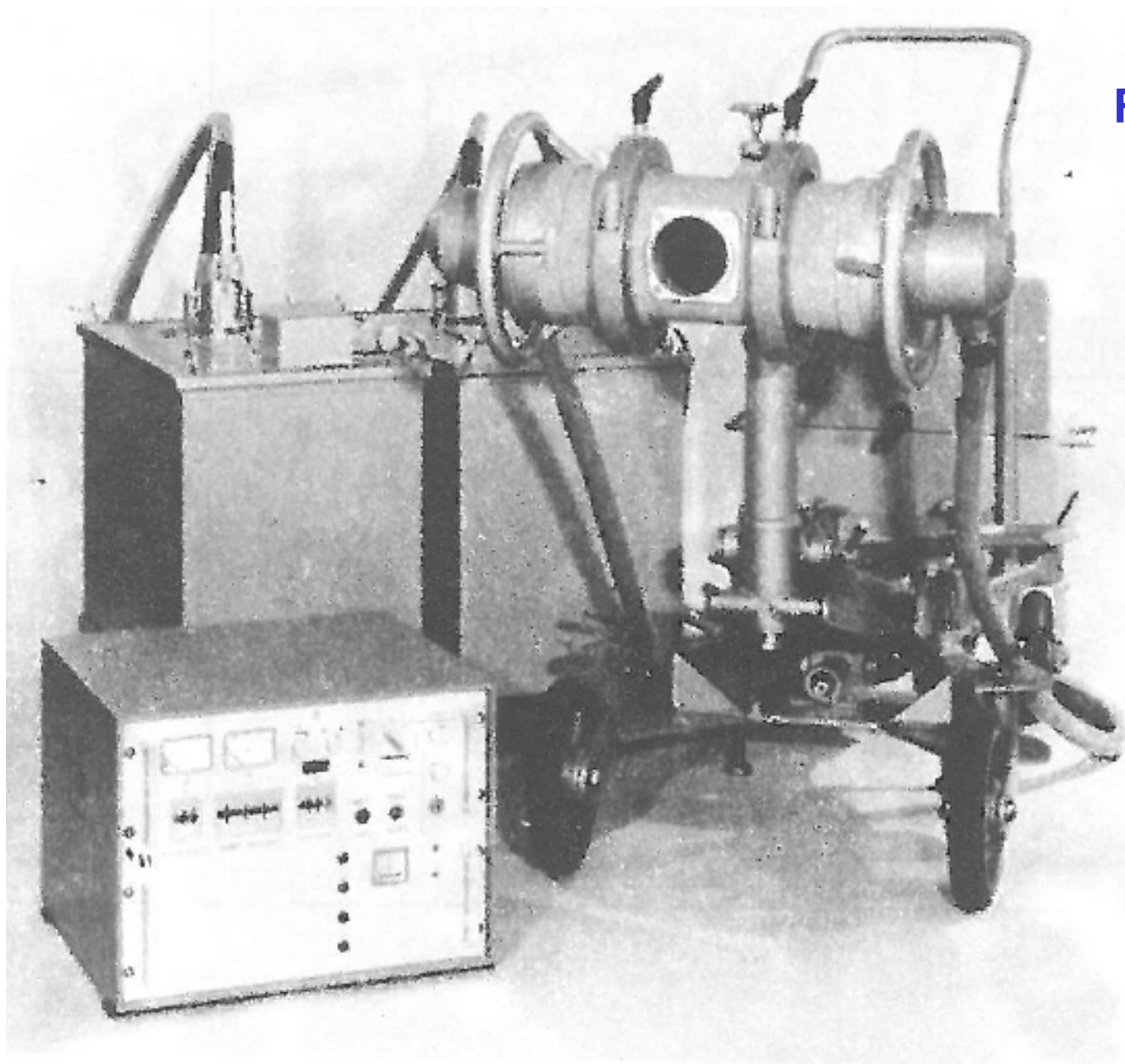
**Katody rentgenky:**



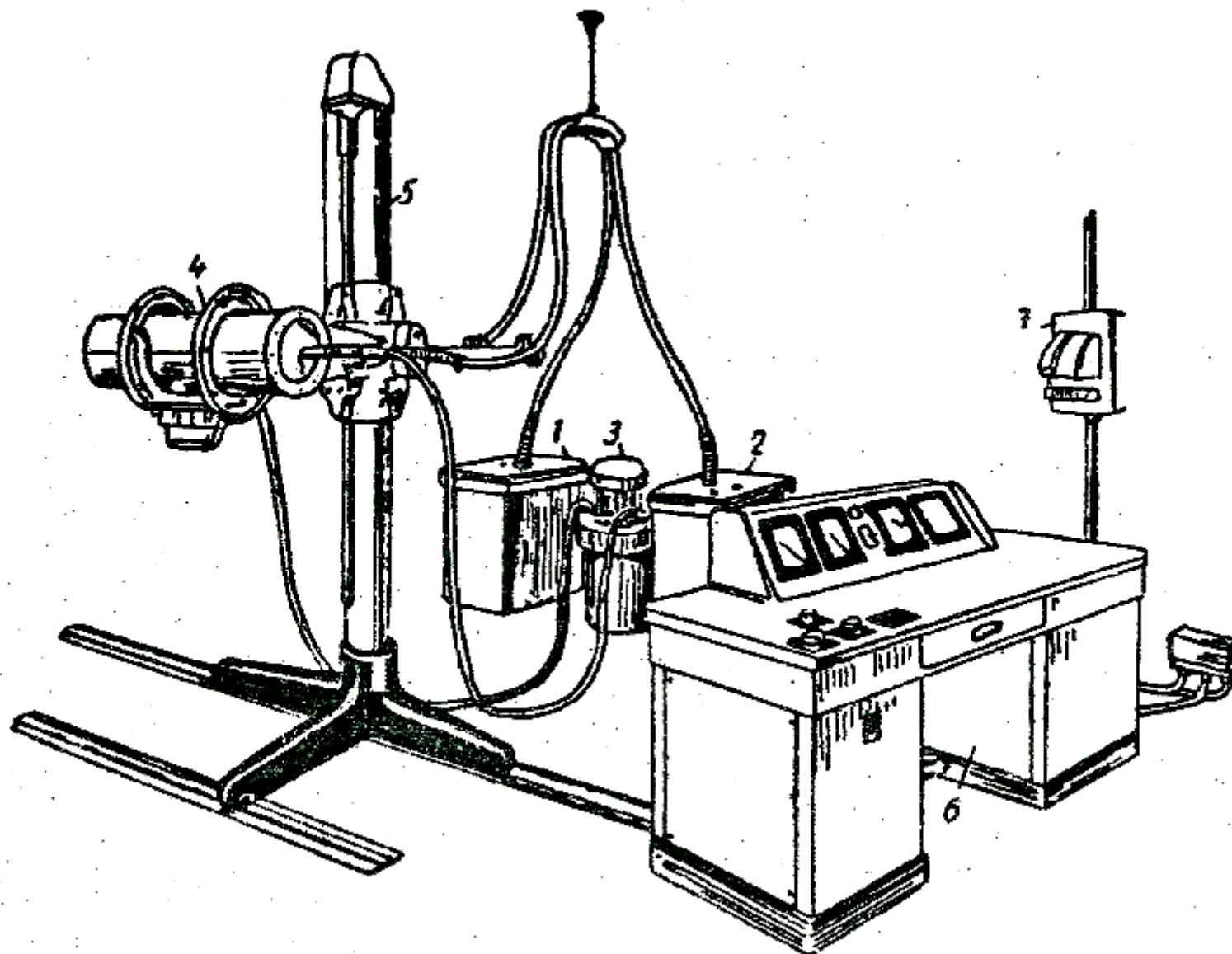
Přeskok elektronu z vyšší energ. hladiny, rozdíl vyzáření ve formě fotonu char. záření (molybdenový terčik, 35kV):



## Rentgenový přístroj:



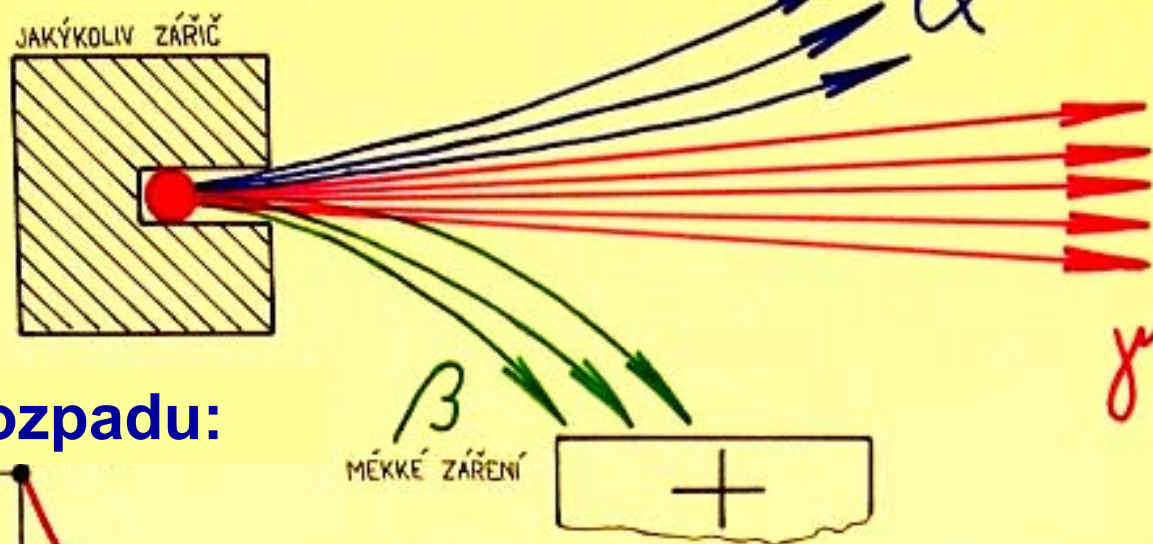
## Rentgenový přístroj:



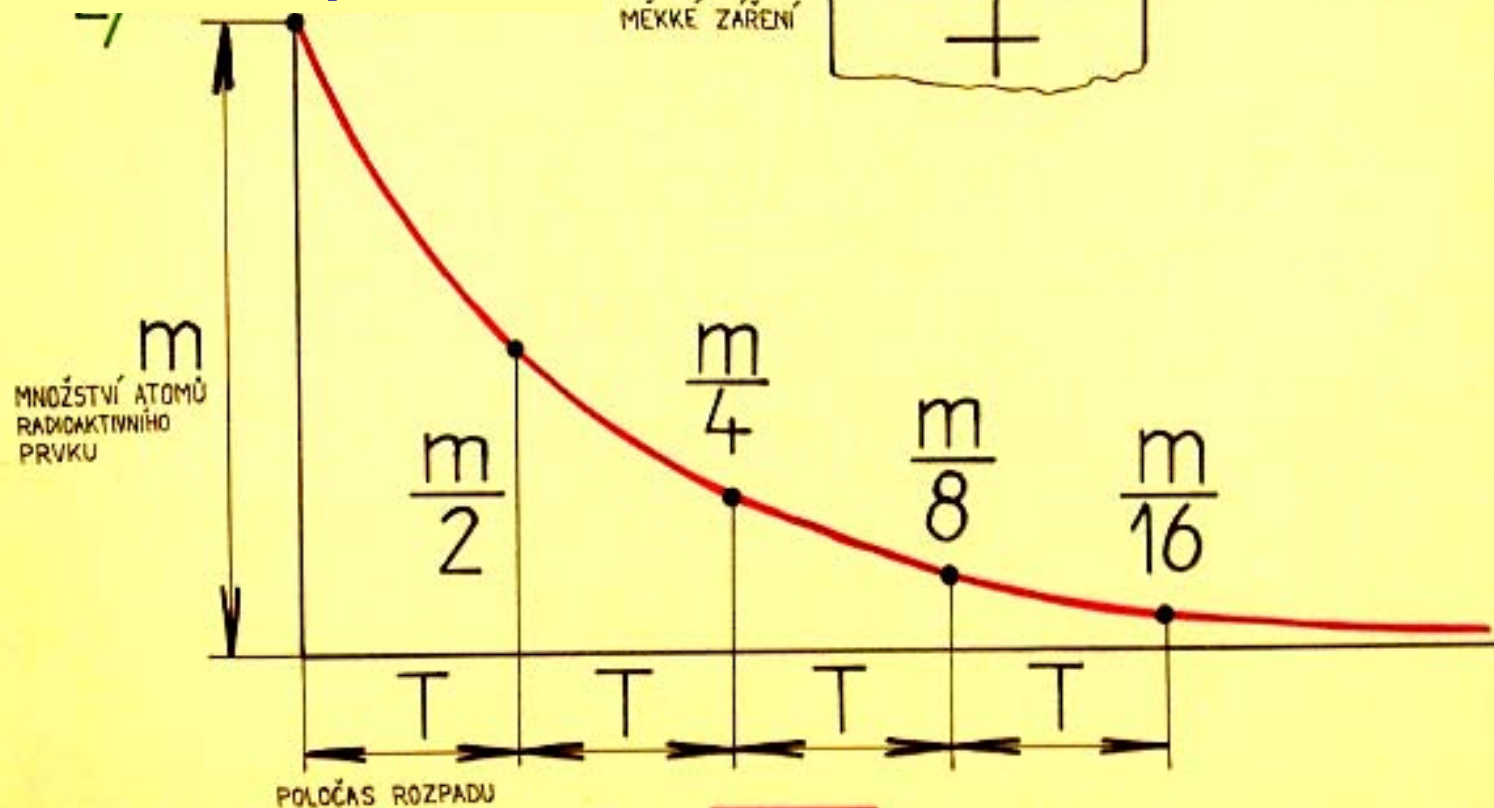
**Radioizotopy:**

**Menděl. tab.**

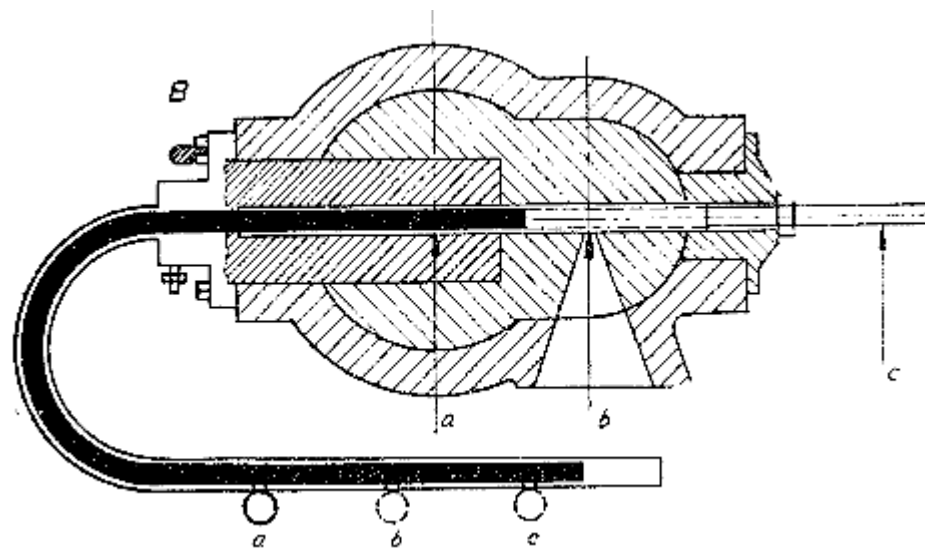
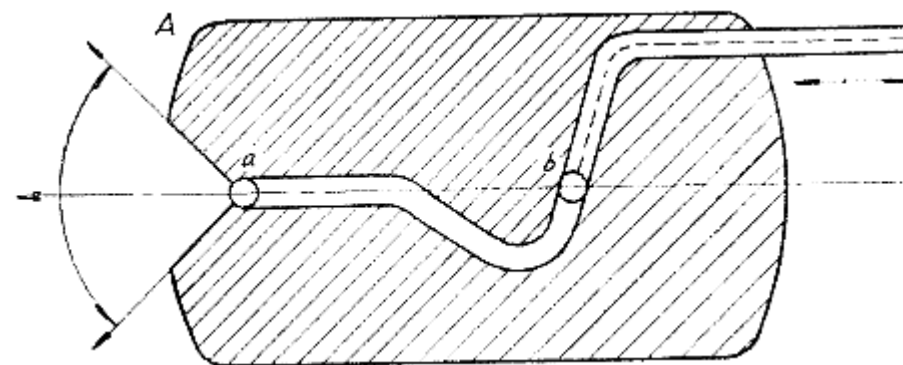
## Vliv magnetického pole:



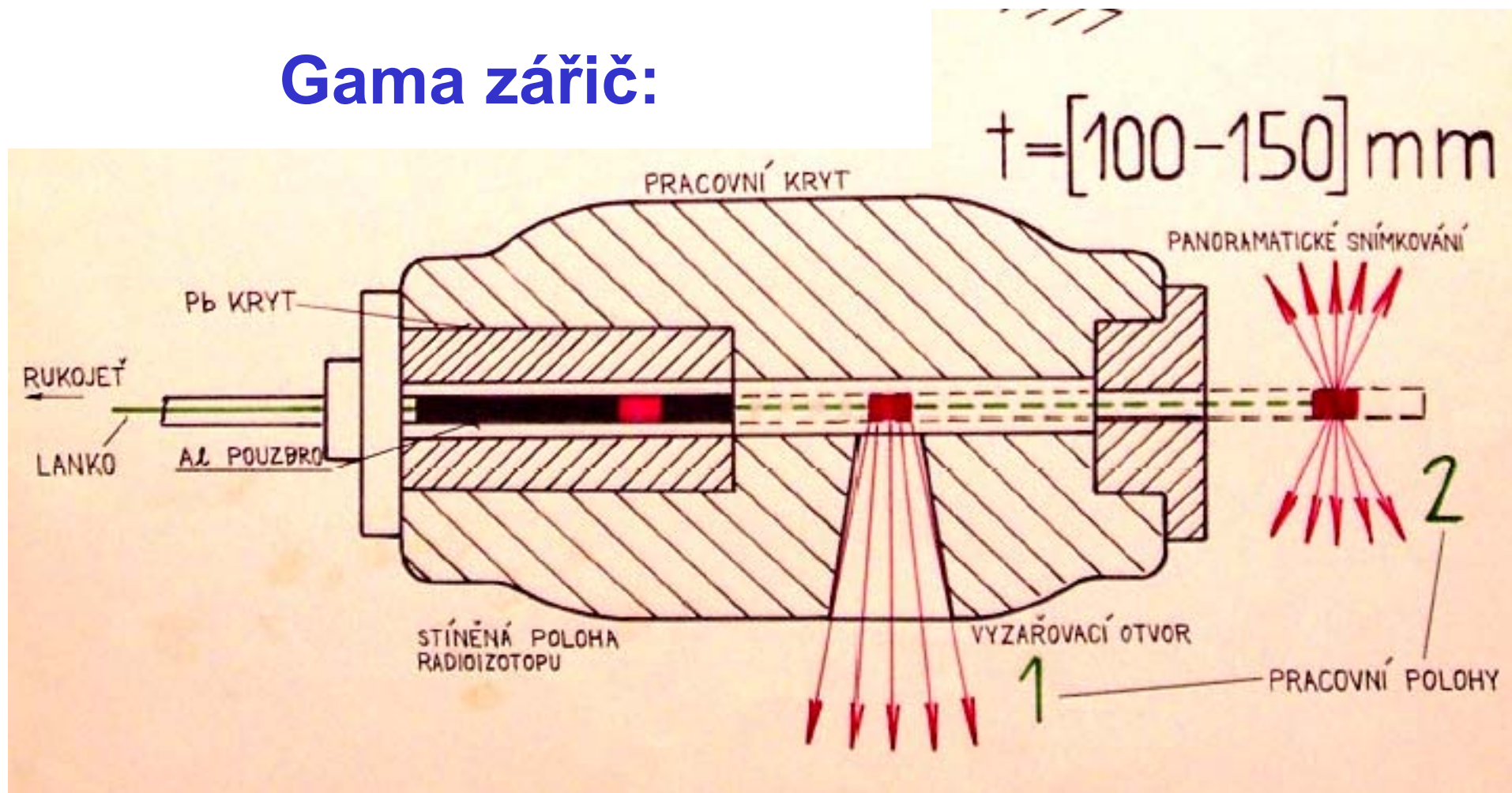
## Křivka rozpadu:



(KOBALTOVÉ ZÁŘIČE)



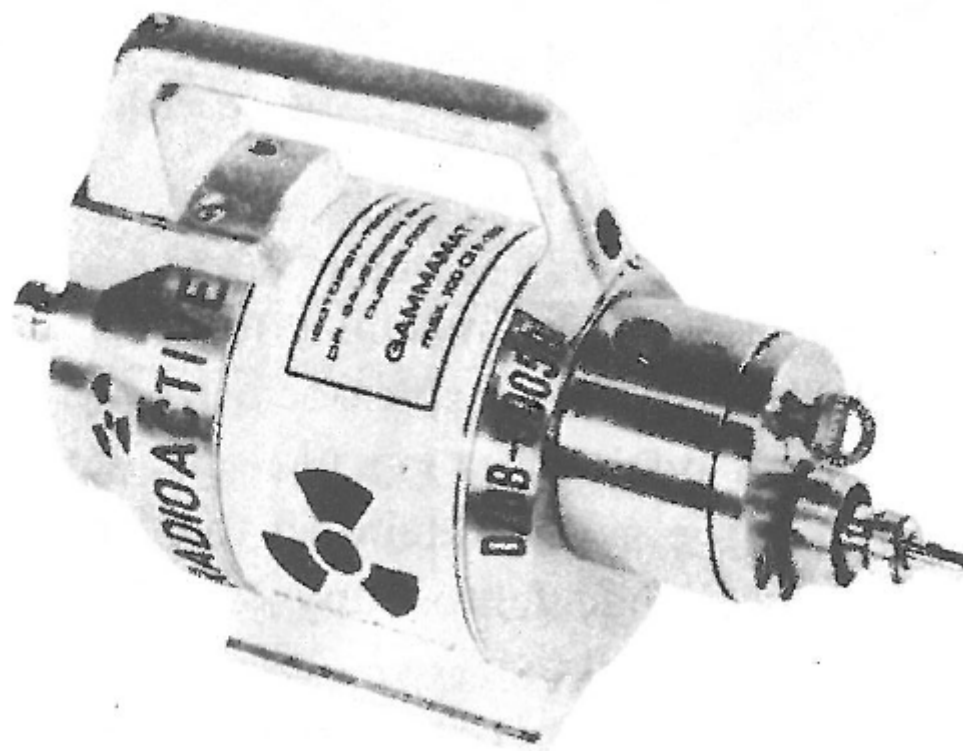
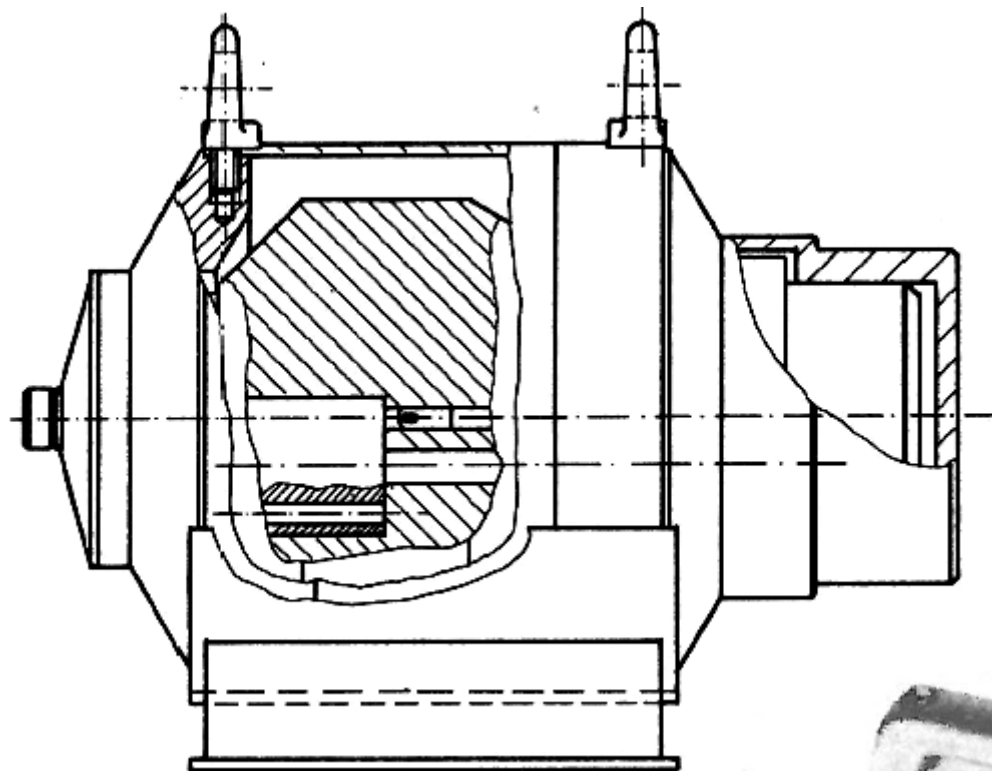
## Gama zářič:



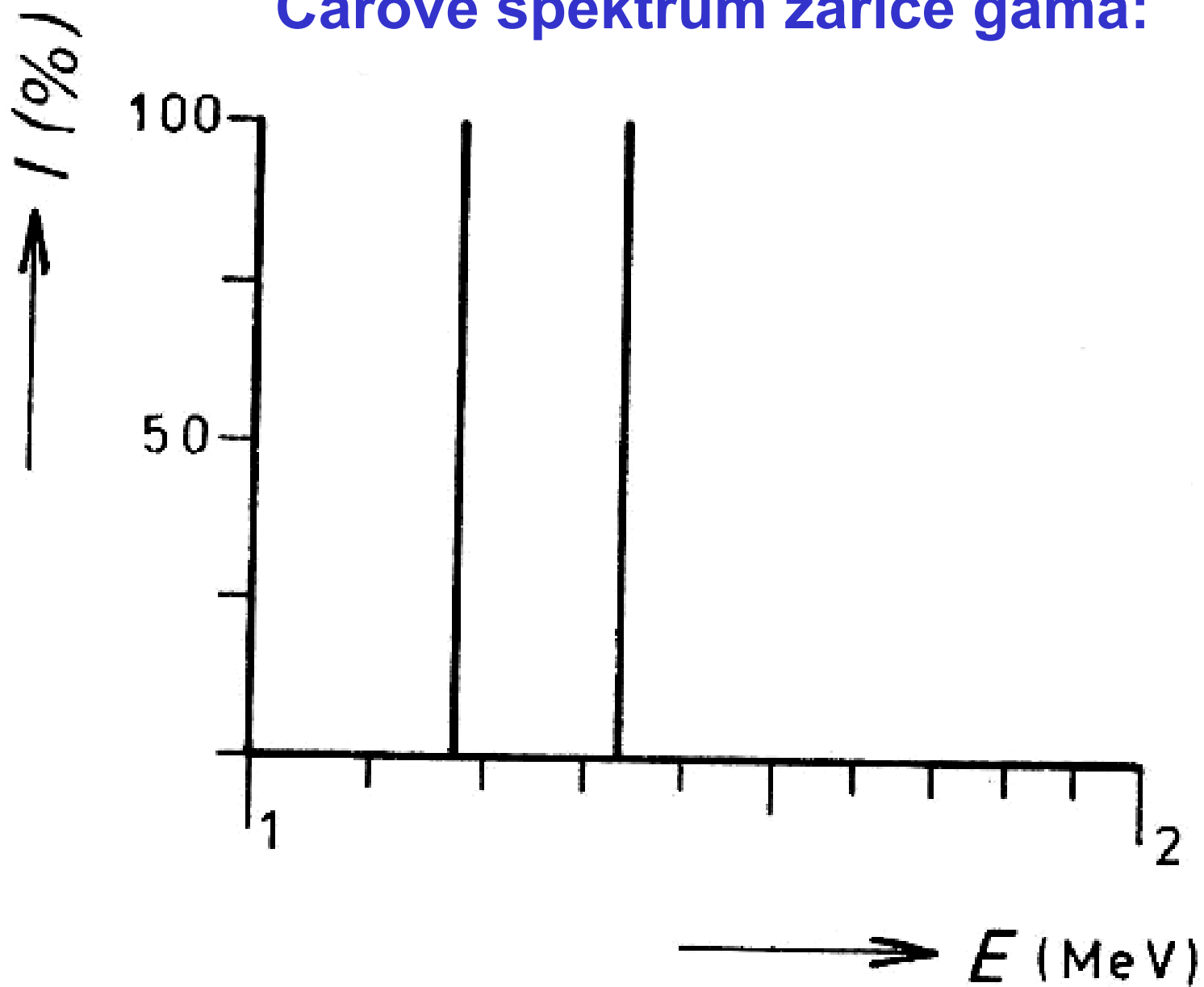
tzv. „Tužka“



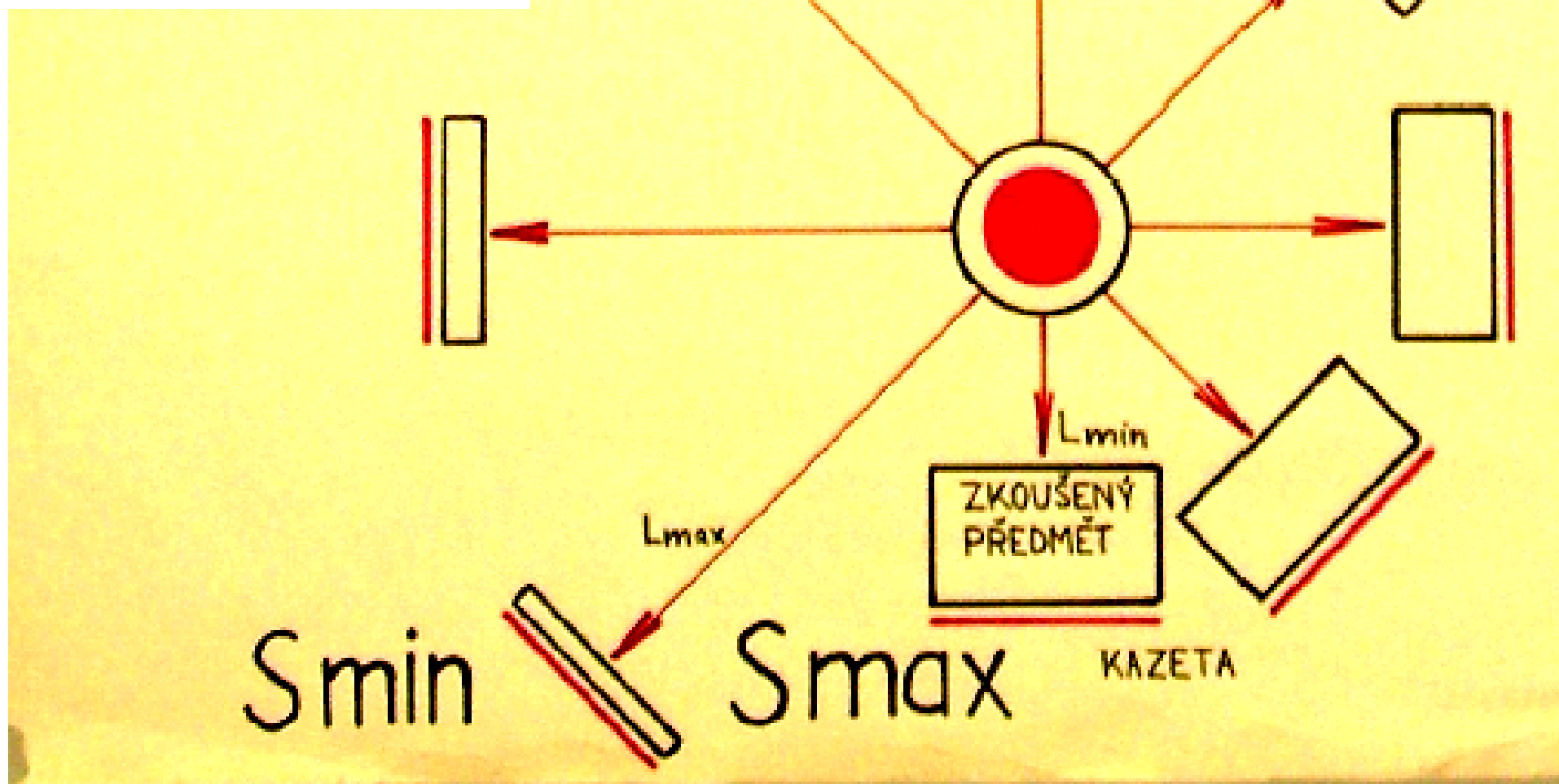
## Přístroj Gammamat:

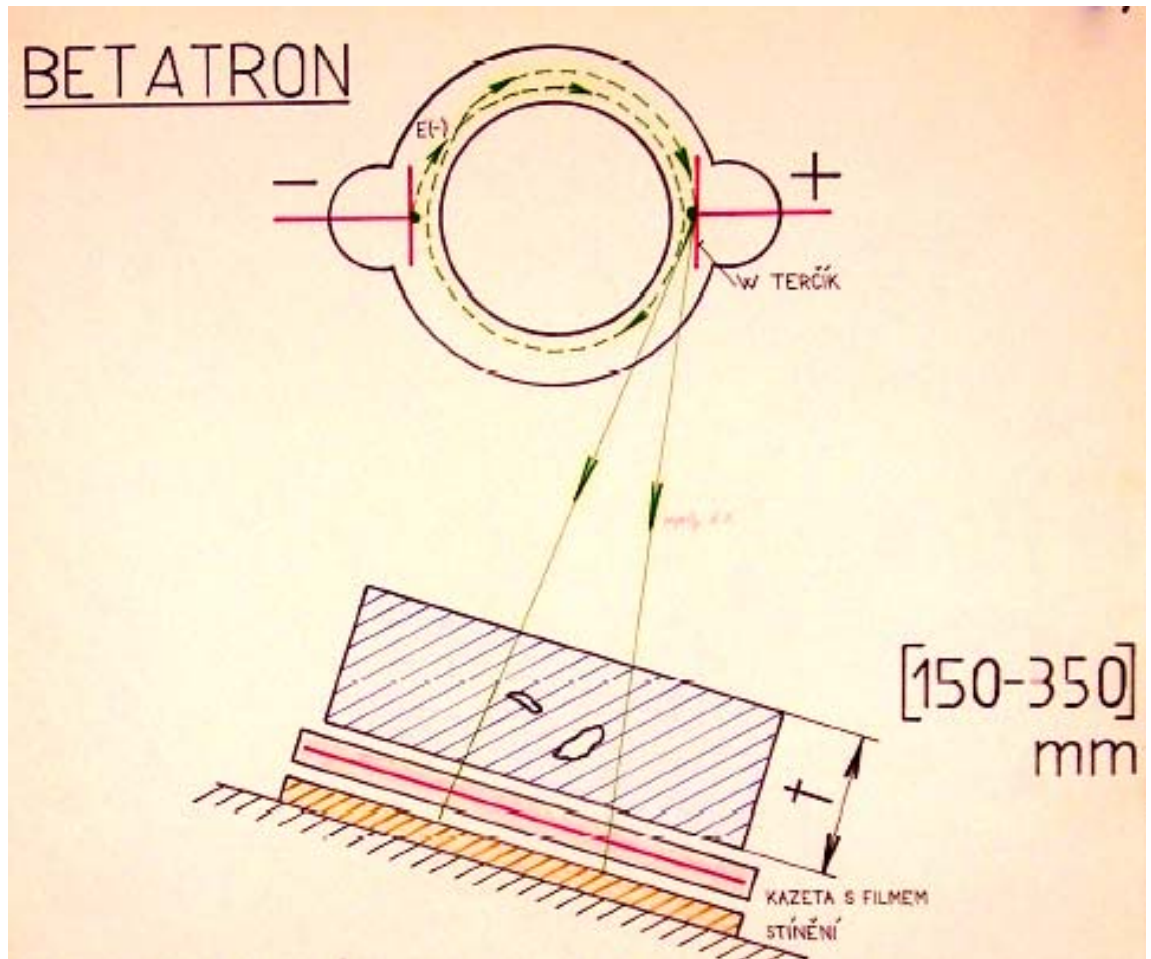
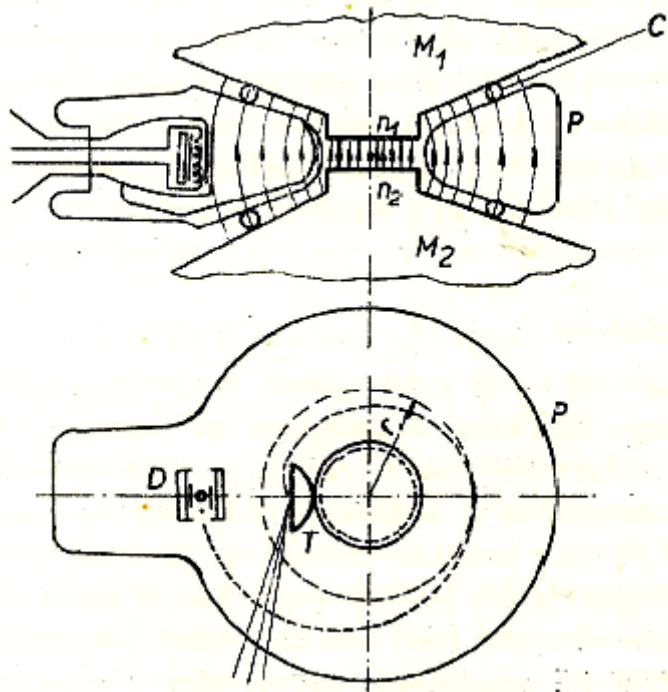
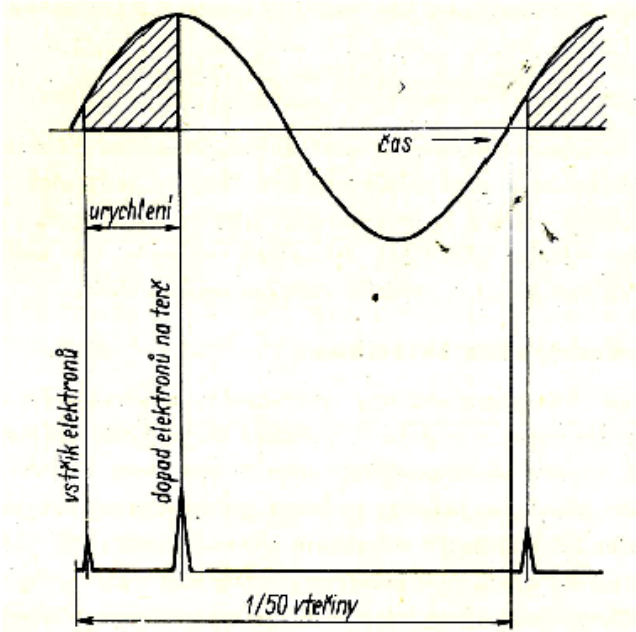


## Čárové spektrum zářiče gama:



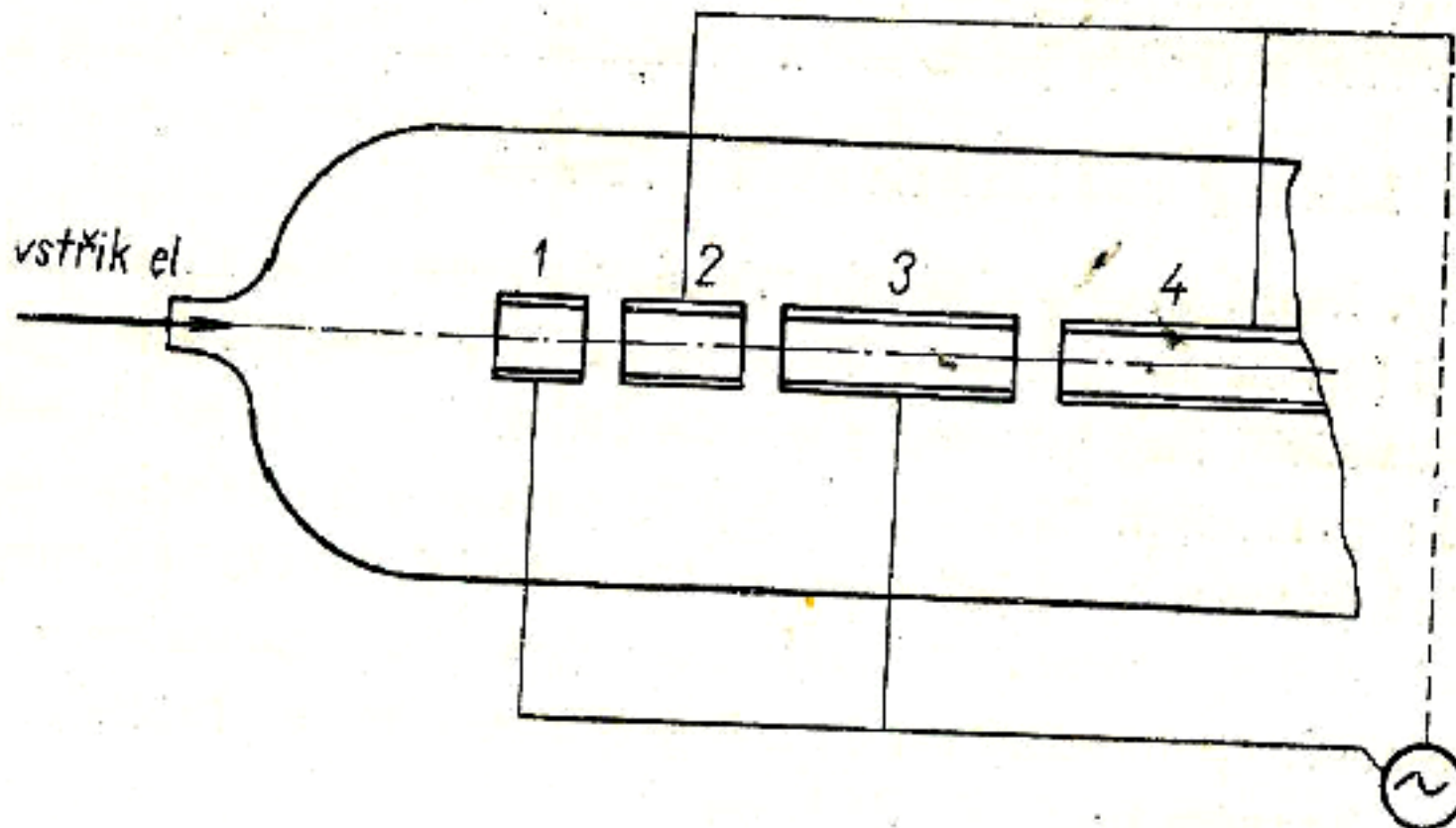
Rozložení  
předmětů  
prozařovaných  
jedním zářičem:





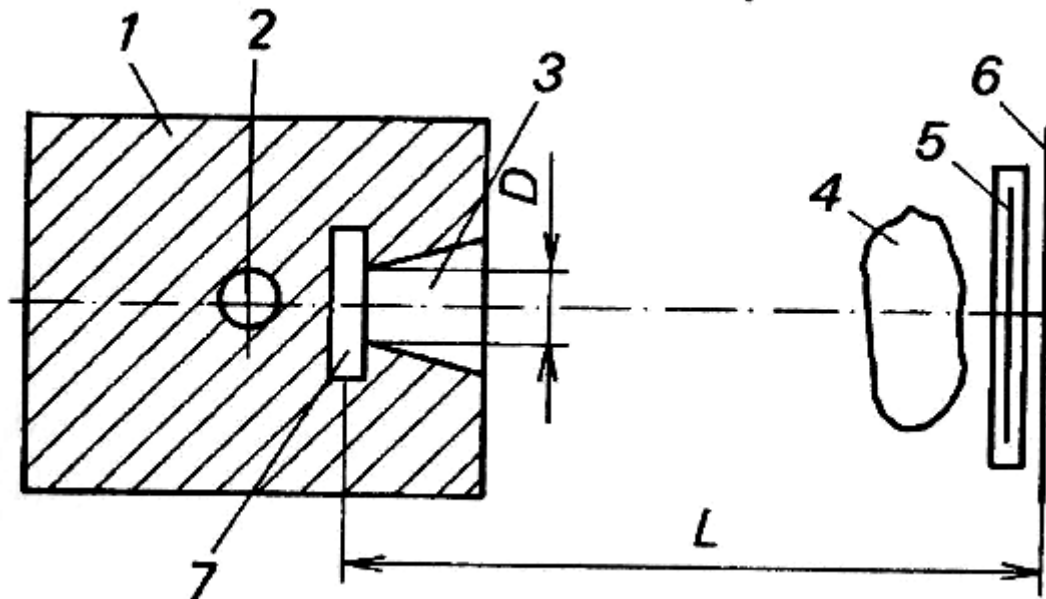
## Urychlovací trubice BETATRONu

## Lineární urychlovače:



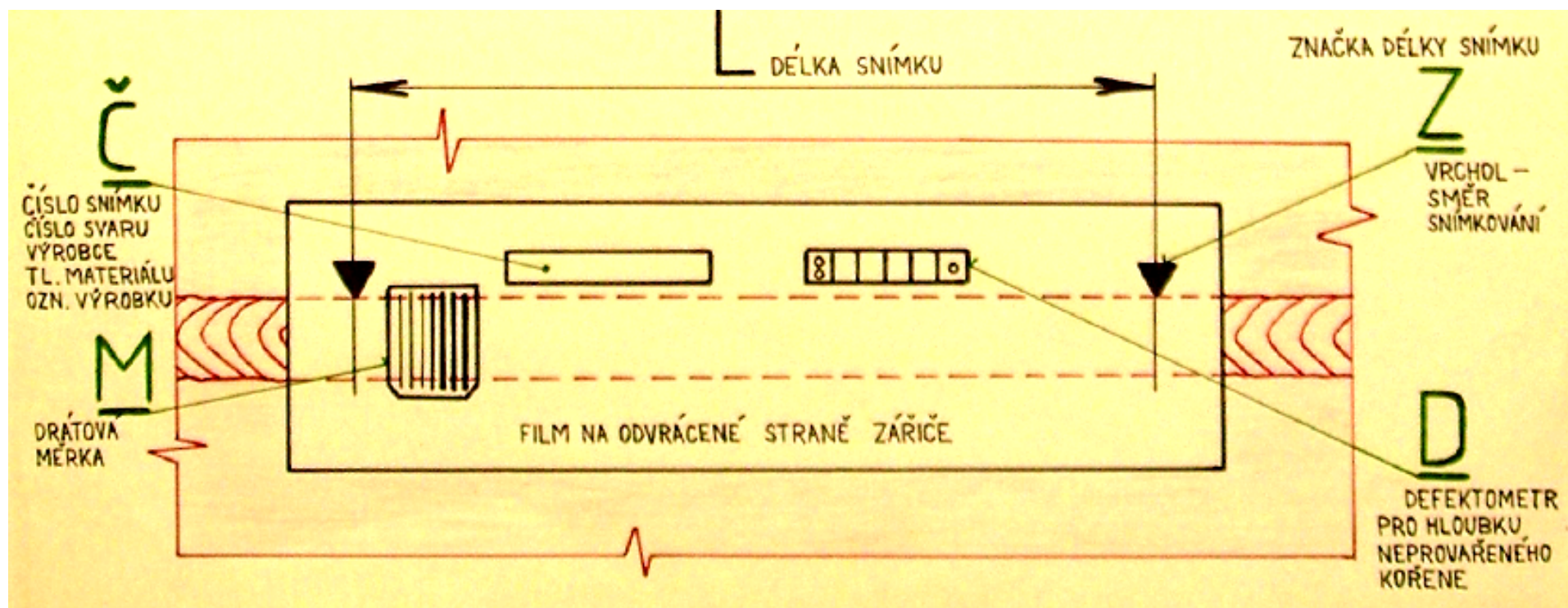
## Zkoušky použitím neutronů:

Zdroj	Tok neutronů ( $n \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1}$ )	Citlivost metody	Charakteristika
Reaktor	$10^5$ až $10^8$	vynikající	stabilní
Podkritický soubor	$10^4$ až $10^6$	dobrá	mobilní s obtížemi
Urychlovač	$10^4$ až $10^6$	střední	mobilní
Izotop	$10^1$ až $10^4$	nizká	mobilní

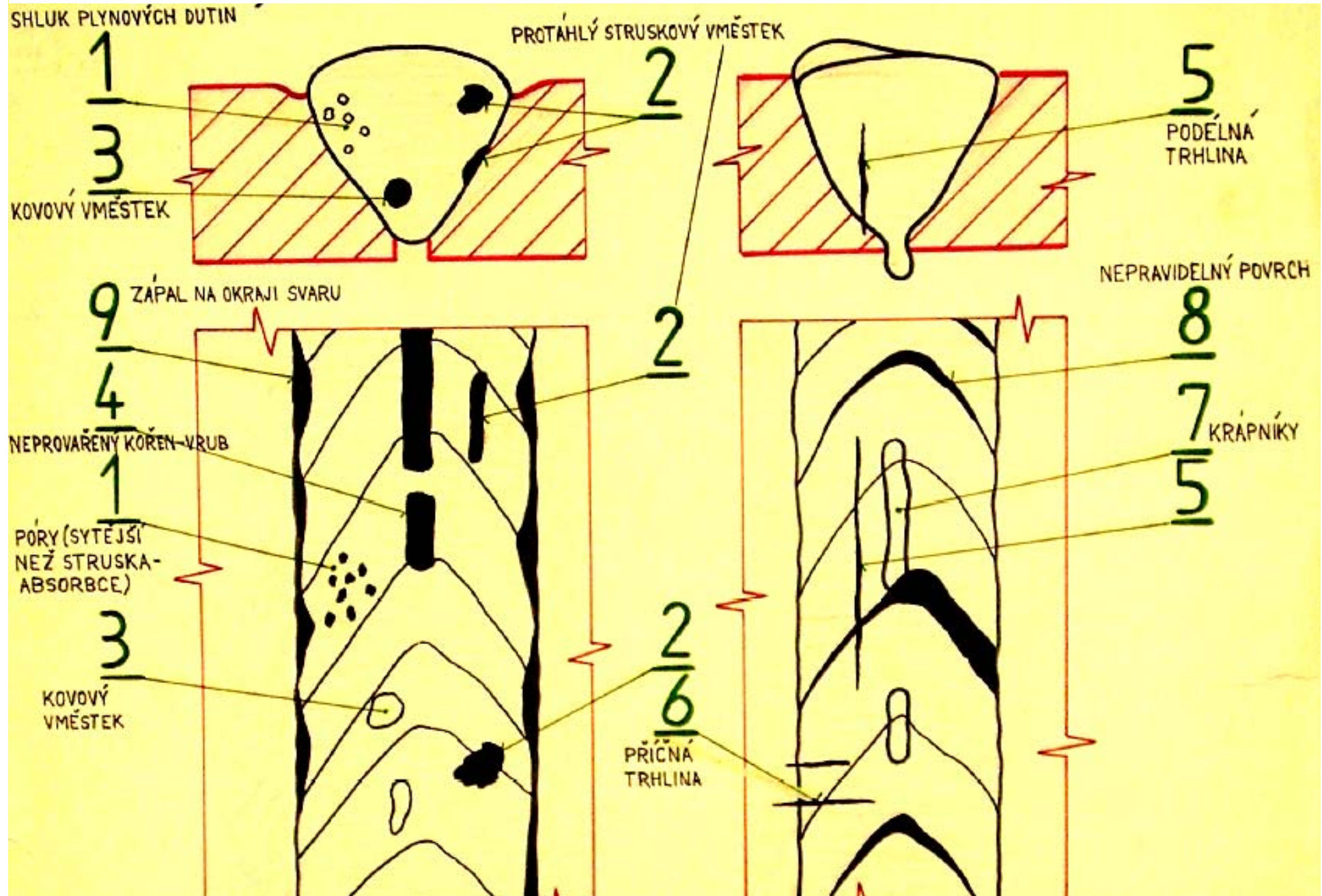


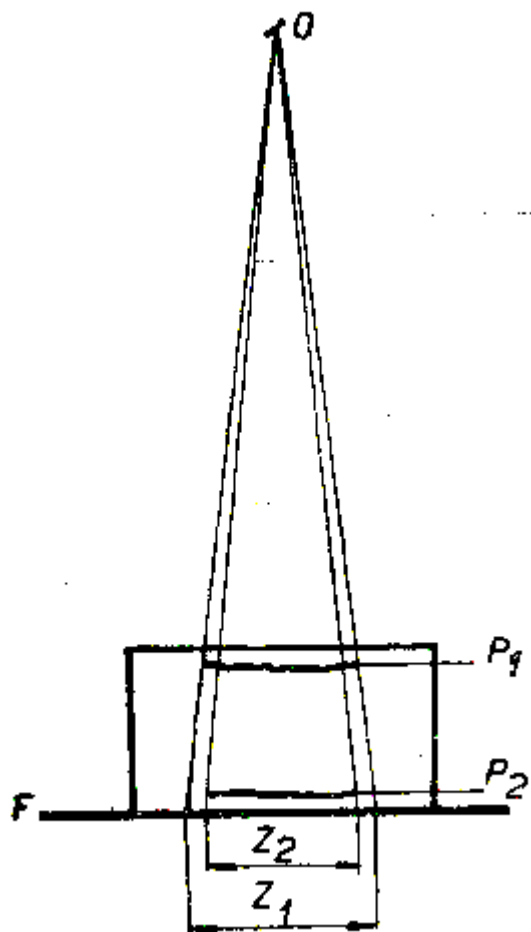
- 1 – moderátor, 2 – zdroj  
 rychlých neutronů,  
 3 – kolimátor,  
 4 – zkoušený předmět,  
 5 – kazeta s filmem,  
 6 – konverzní fólie,  
 7 – filtr záření gama

## Uspořádání při snímkování svaru:

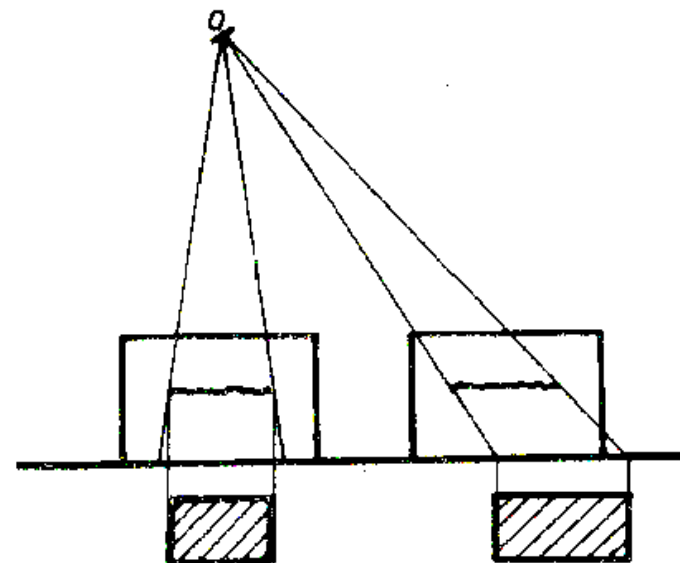


# Vady svarů:

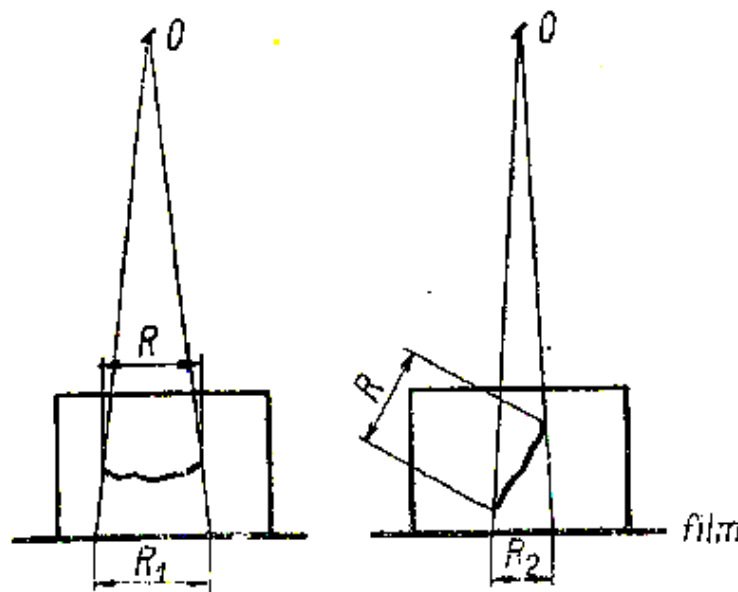




Zvětšení obrazu.

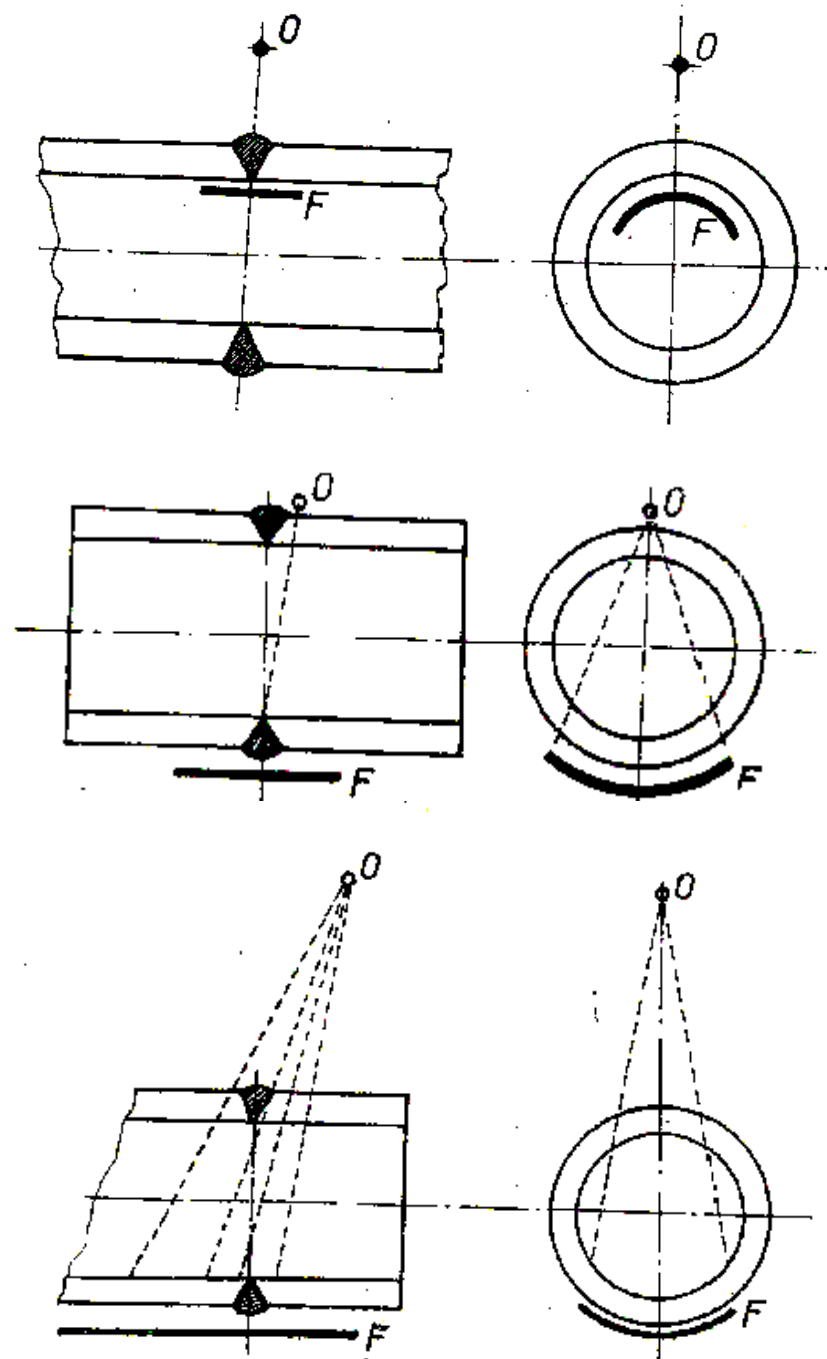


Vliv přímé a šikmé projekce.

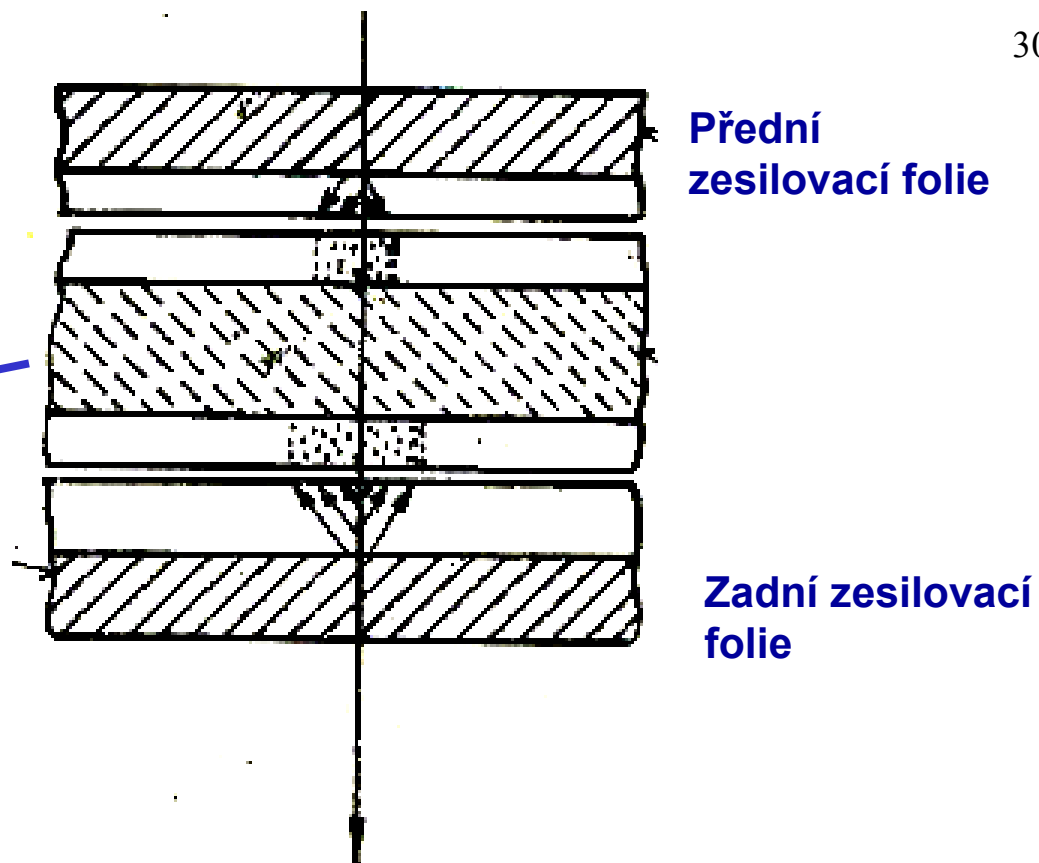
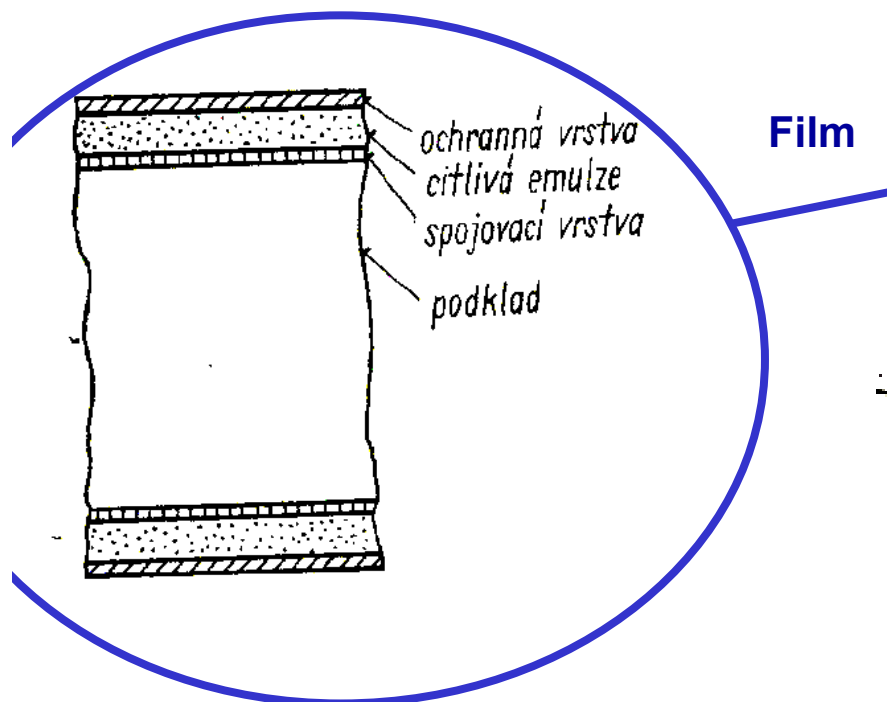


Vliv polohy vady na tvar jejího obrazu.

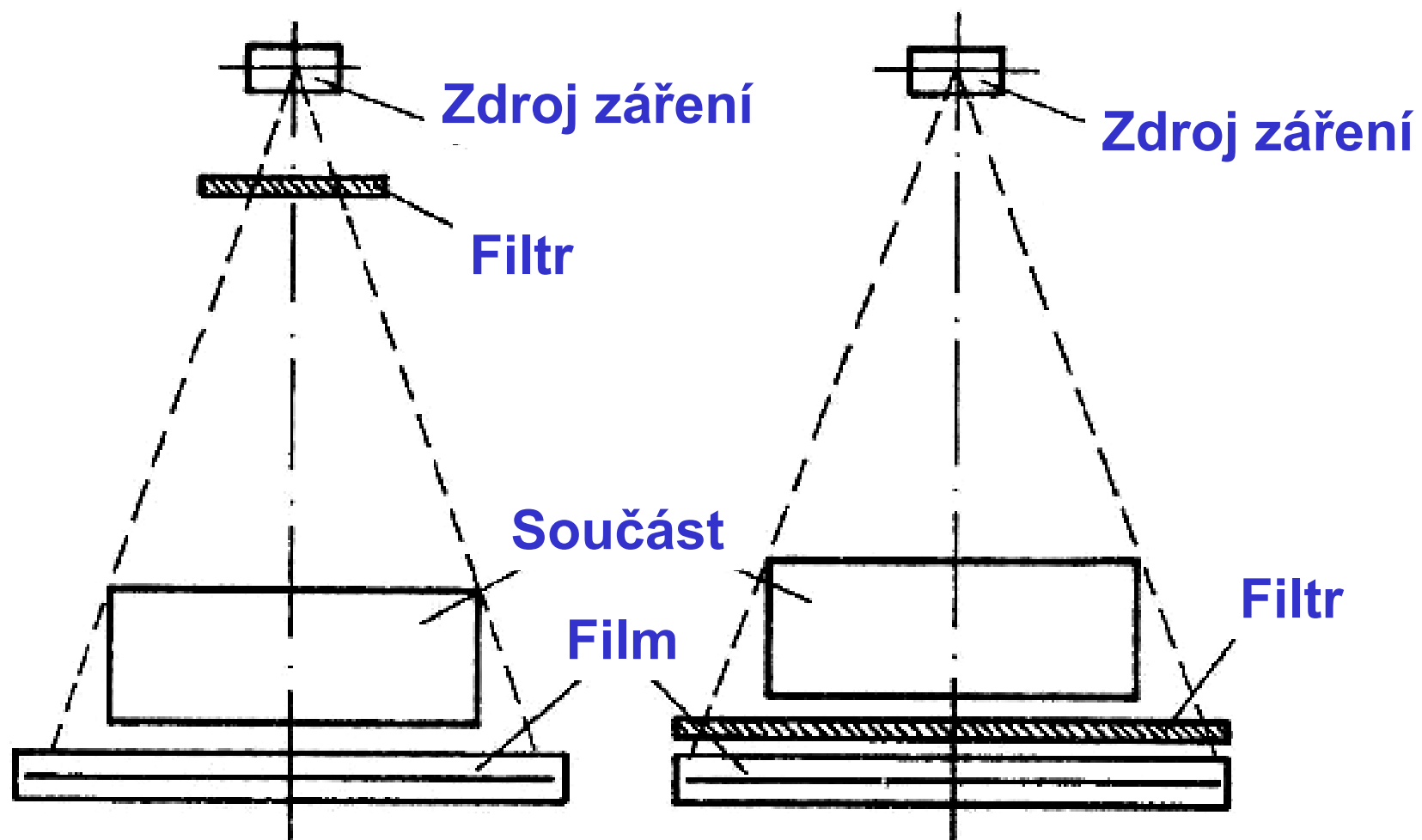
## Snímkování svarů trubek:

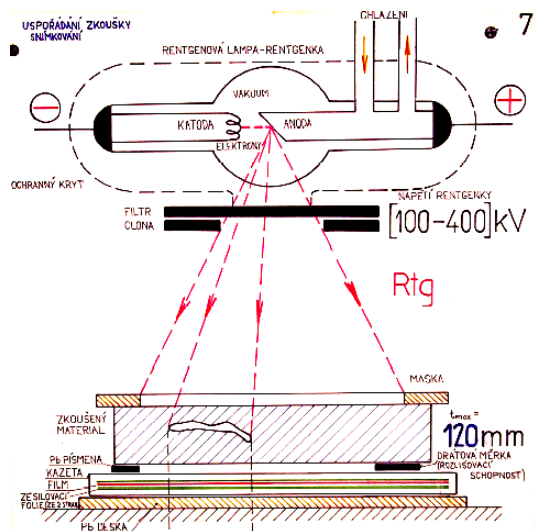


# Radiografický film:

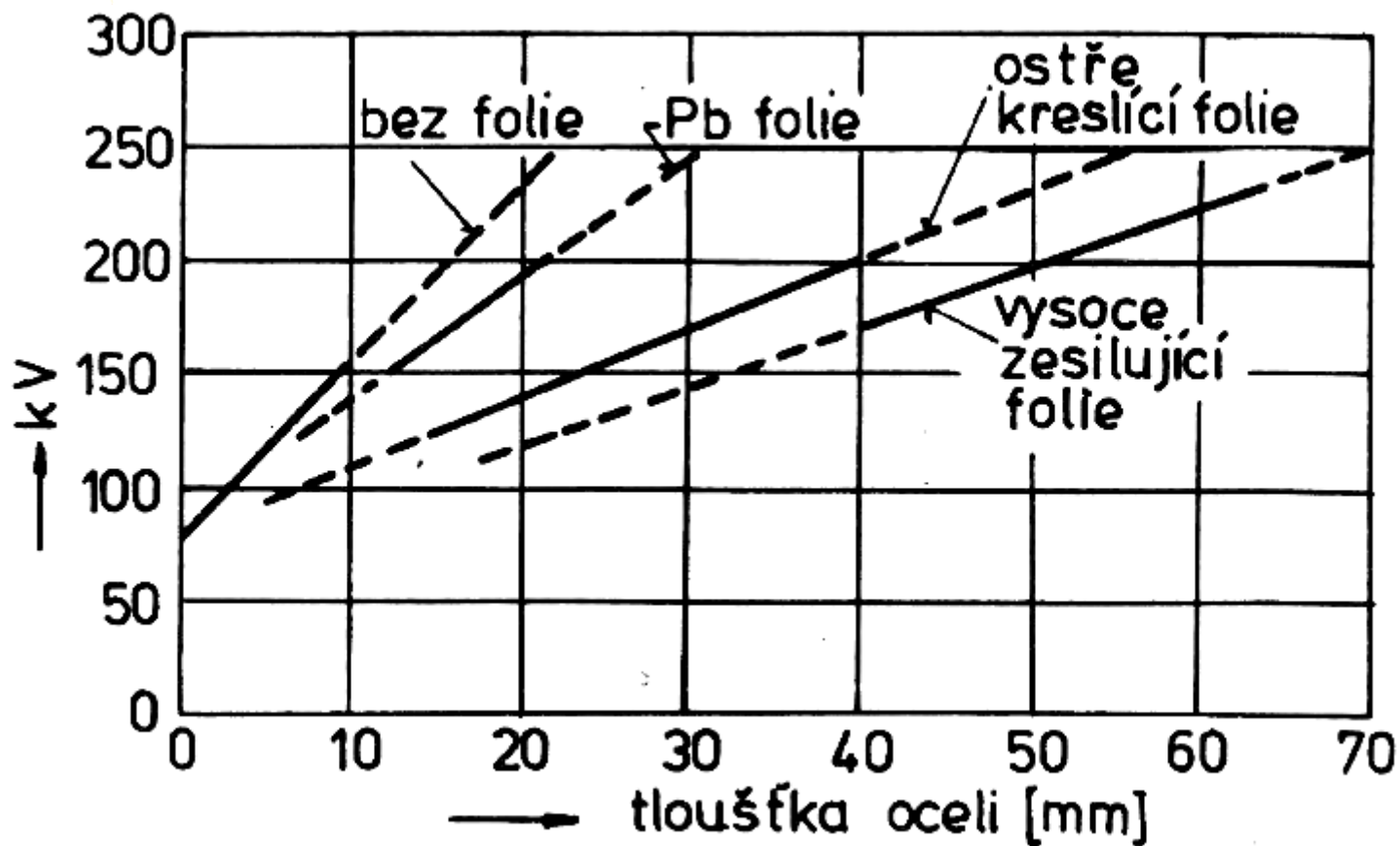


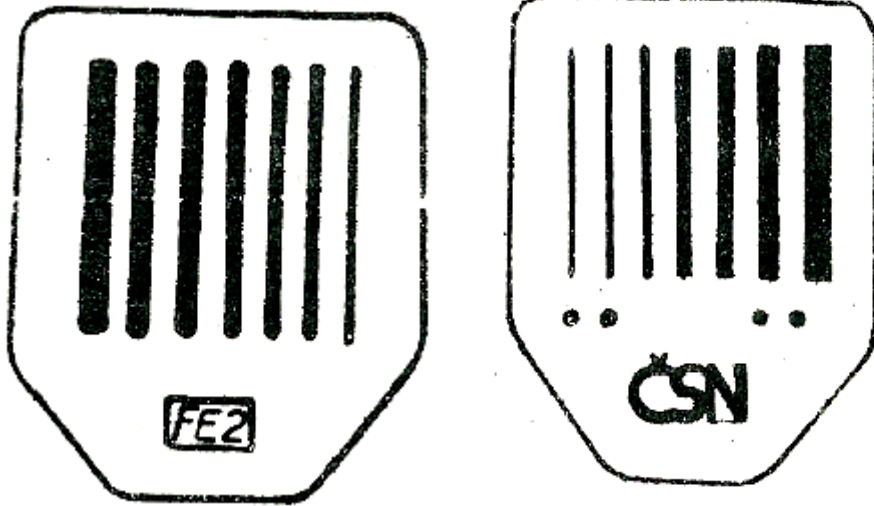
## Umístění filtrů při zkoušce:





## Zesilující folie:



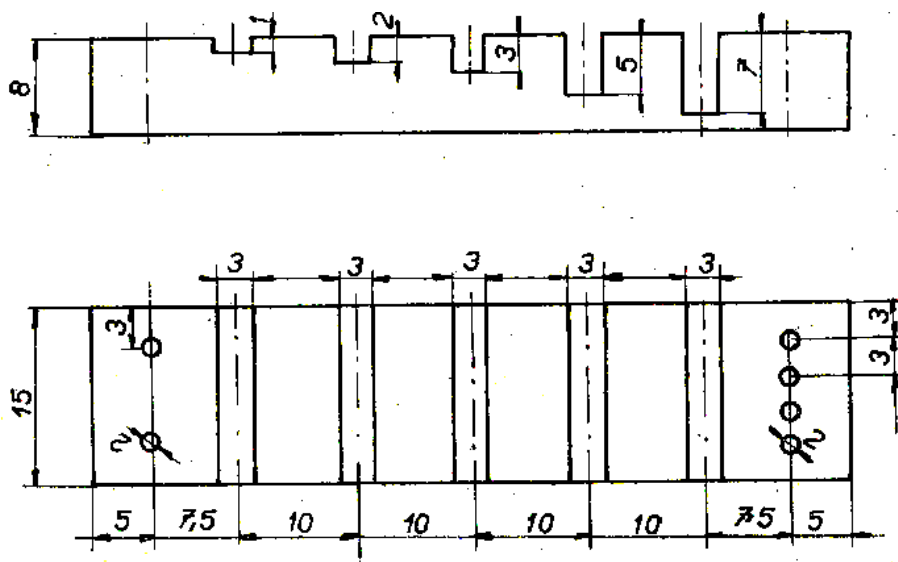


## Drátová měrka:

Zkoušený materiál	Materiál drátku	Značka měrky	Označení olověnými broky	Barva měrky	Průměry drátku [mm]						
					0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
měď slitiny mědi	Cu	Cu 1	.. ..	červená	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
		Cu 2	.. ..		0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
		Cu 3	.. ..		0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80
		Cu 4	.. ..		1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
ocel slitinová ocel	Fe	Fe 1	.. ..	modrá	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
		Fe 2	.. ..		0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
		Fe 3	.. ..		0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80
		Fe 4	.. ..		1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
hliník slitiny hliníku	Al a slitiny	Al 1	.. ..	žlutá	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
		Al 2	.. ..		0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
		Al 3	.. ..		0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80
		Al 4	.. ..		1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00

## Drážková měrka (defektometr):

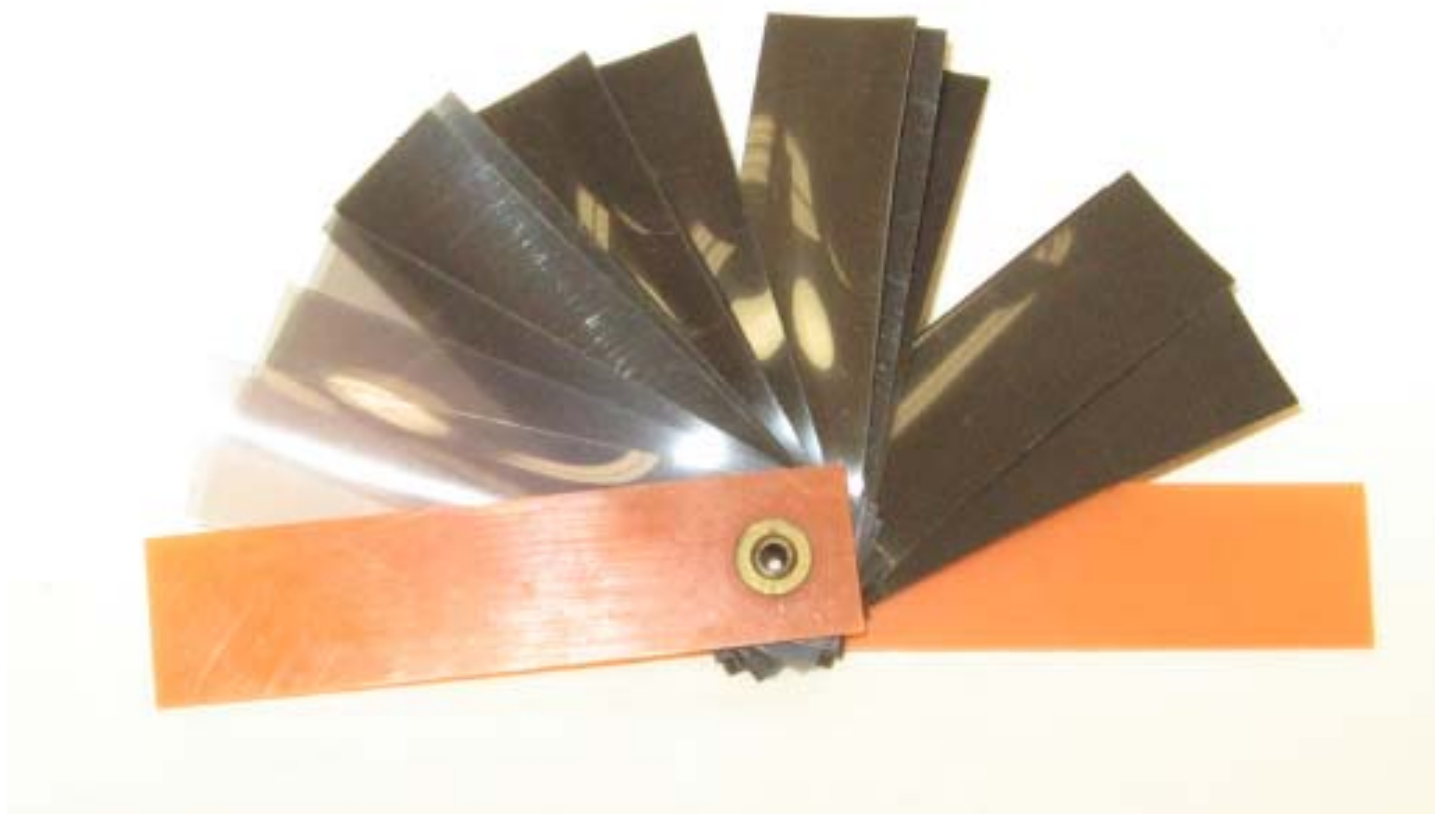
otočit:



## Olověné číslice, písmena a znaky:

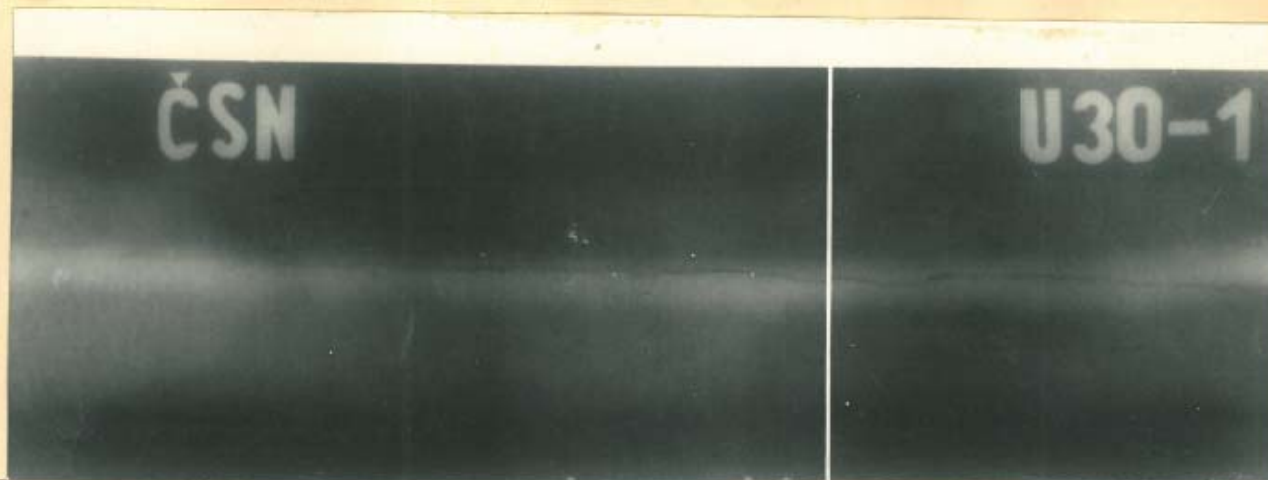
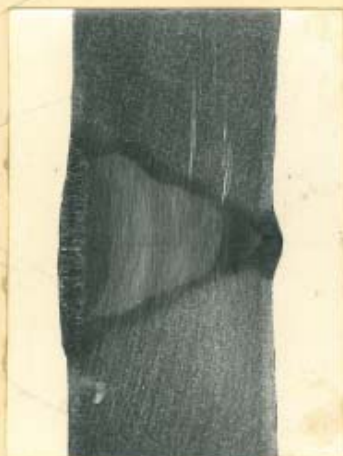



## Osvitové měrky: ?



Jakostní stupeň 5

Číslo snímku 20



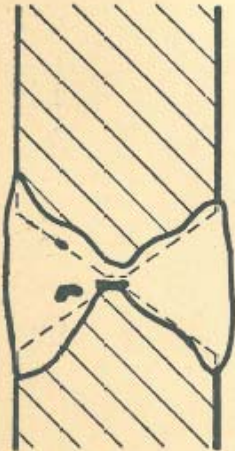
Svar:   
Tloušťka: 30 mm  
Poloha: Vodorovná shora

#### Vnitřní vady

Rentgenogram: Podélná trhlina, osamělé vměsky strusky, bubliny.  
Makrosnímek: Trhlina v kořeni.

#### Povrchové vady

Malé nepravidelnosti.



Svar:  $\bar{X}$   
Tloušťka: 30 mm  
Poloha: Vodorovná shora

**Vnitřní vady**

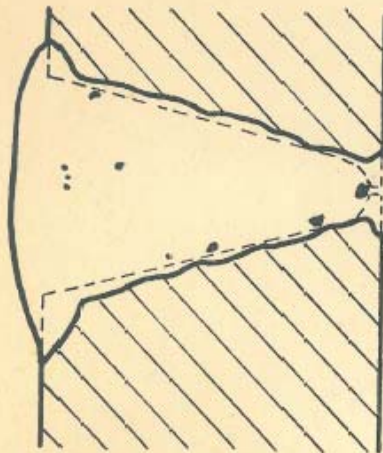
Rentgenogram: Souvislý studený spoj v kořeni, přerušovaná dvojitá řádkovitá struska.  
Makrosnímek: Studený spoj v kořeni, vměsky strusky při návarových plochách.


**Povrchové vady**

Malé nepravidelnosti.

Jakostní stupeň 4

Číslo snímku 13



Svar:   
Tloušťka: 50 mm  
Poloha: Vodorovná shora

#### Vnitřní vady

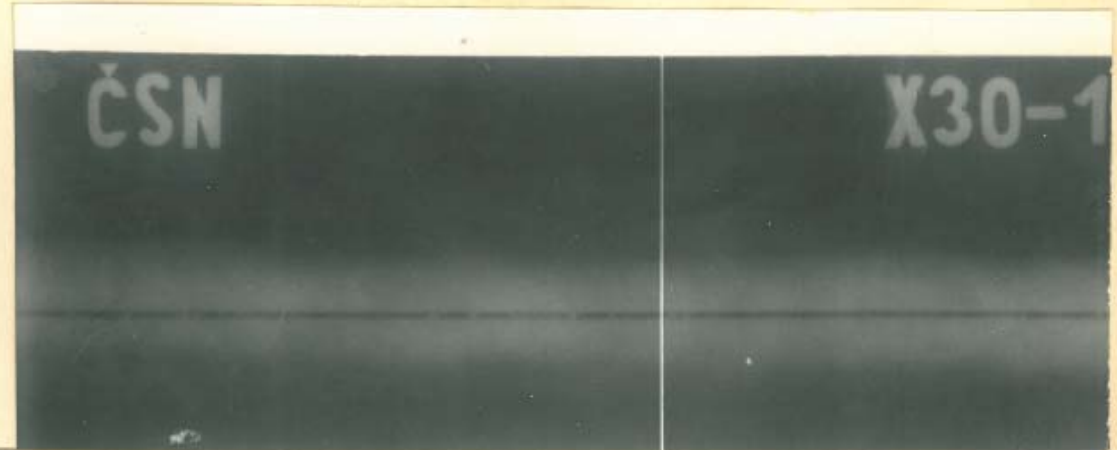
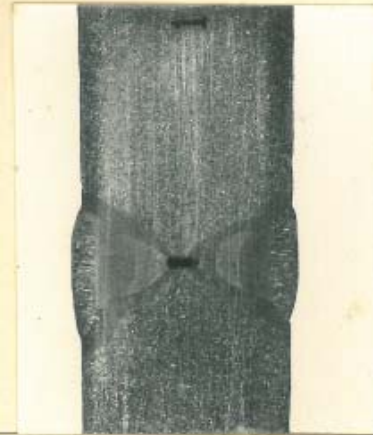
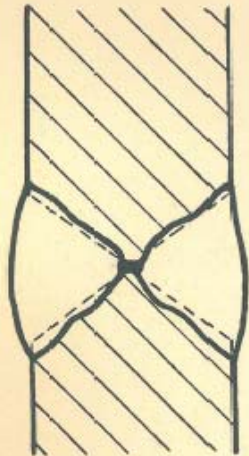
Rentgenogram: Přerušovaný neprovařený kořen, seřazené vměsky strusky, bubliny.  
Makrosnímek: Neprovařený kořen, vměsky strusky u návarových ploch, drobné bubliny.


#### Povrchové vady

Mírné nepravidelnosti.

Jakostní stupeň 5

Číslo snímku 11



Svar:   
Tloušťka: 30 mm  
Poloha: Vodorovná shora

#### Vnitřní vady

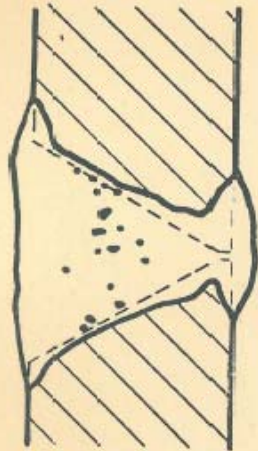
Rentgenogram: Souvislý neprovařený kořen.  
Makrosnímek: Neprovařený kořen vyplněný struskou.


#### Povrchové vady

Bez povrchových vad.

Jakostní stupeň 4

Číslo snímku 9



Svar:   
Tloušťka: 30 mm  
Poloha: Vodorovná shora

#### Vnitřní vady

Rentgenogram: Síť bublin.  
Makrosnímek: Početná skupina bublin.


#### Povrchové vady

Nerovnoměrnosti v krycí vrstvě.

Jakostní stupeň 3

Číslo snímku 5



Svar:   
Tloušťka: 30 mm  
Poloha: Vodorovná shora

#### Vnitřní vady

Rentgenogram: Přerušovaná řádkovitá struska po celé délce snímku.  
Makrosnímek: Vměsek strusky při návarové ploše.


#### Povrchové vady

Bez povrchových vad.

Jakostní stupeň 3

Číslo snímku 4



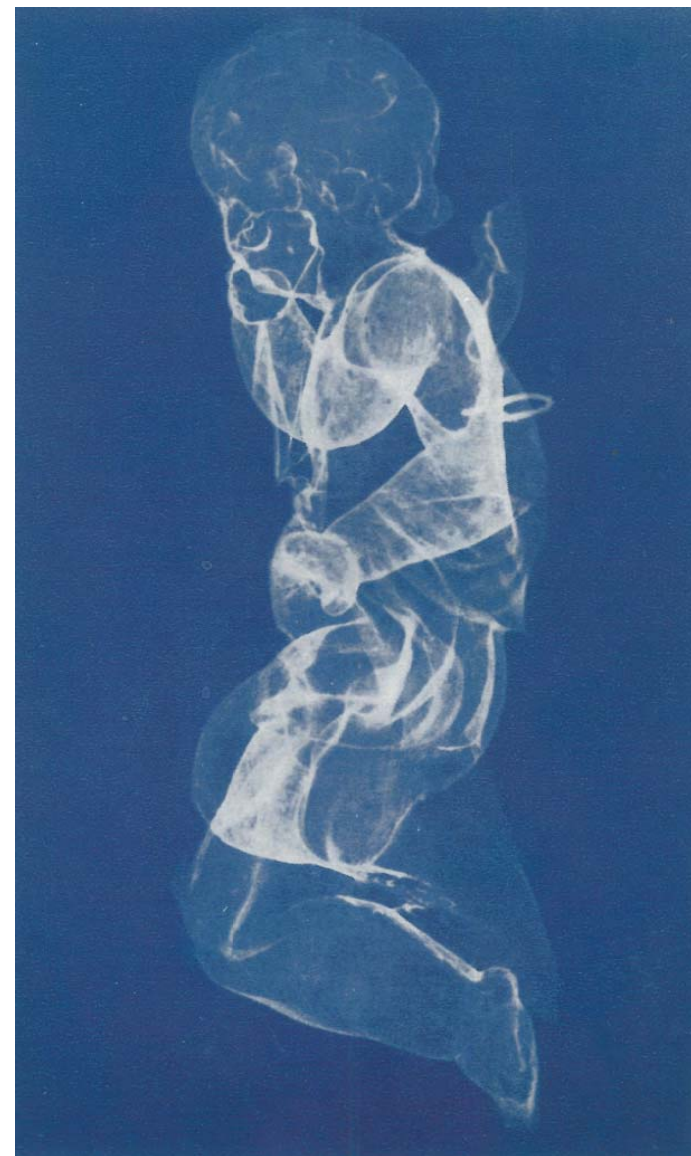
Svar:   
Tloušťka: 13 mm  
Poloha: Vodorovná shora

#### Vnitřní vady

Rentgenogram: Několik shluků drobných bublinek, místy řádkovitě seřazených, většinou při návarových plochách.  
Makrosnímek:

#### Povrchové vady

Mírné nepravidelnosti.



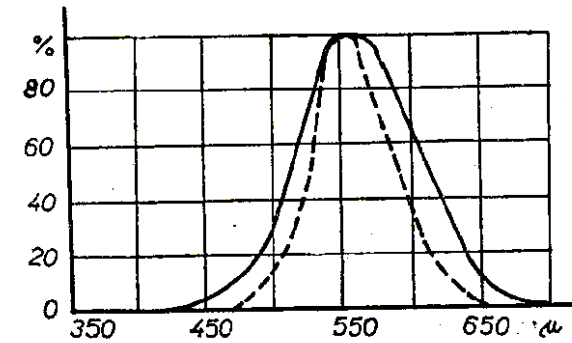
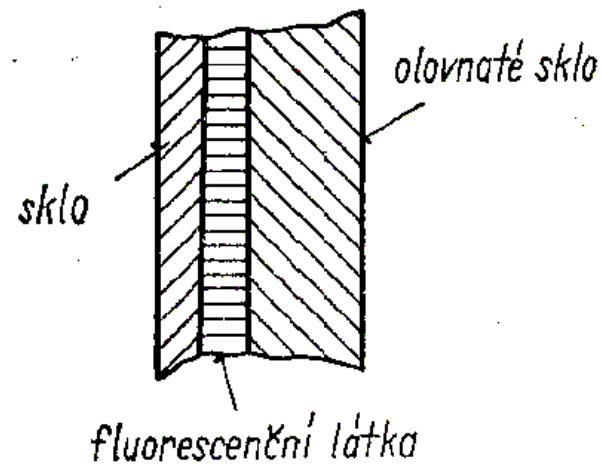
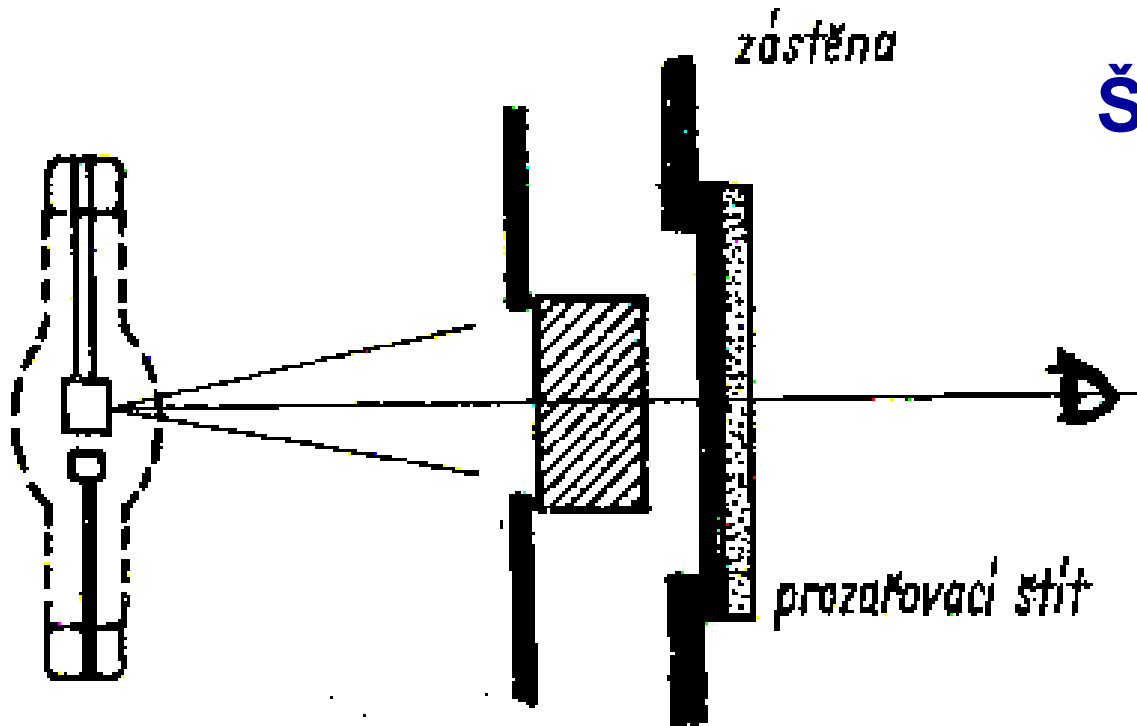
**Rentgenogram barokního andílka se stopami po červotoči  
(XVIII. stol.).**

**Dřevo, výška 23 cm, polychromováno.**

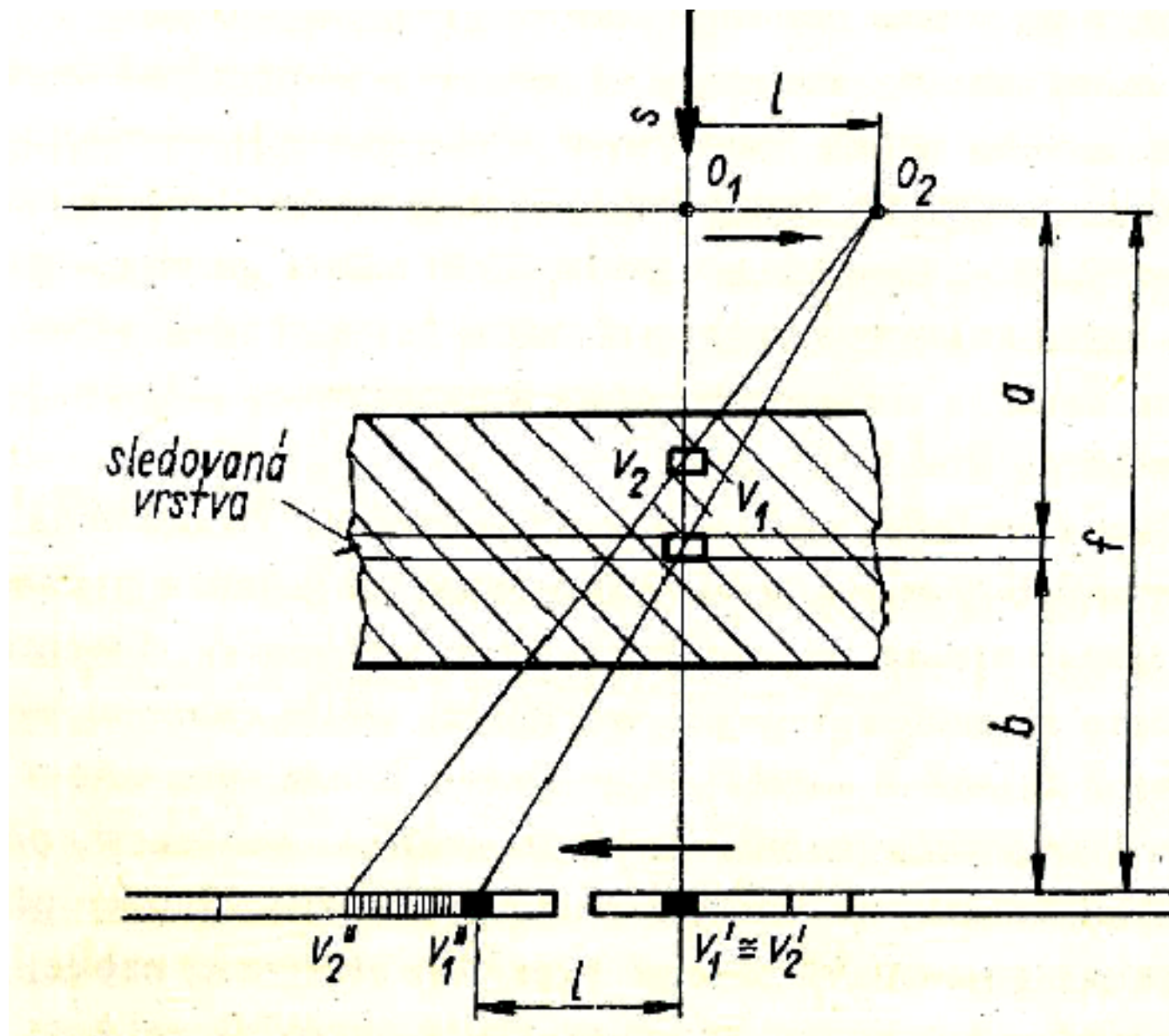
**Rentgen Andrex 3001, 65 kV/95 kV, 6 mA, FF 95 cm, 40 s.**

**Film Gevaert Structurix D7, papír Gevabrom 8/0.**

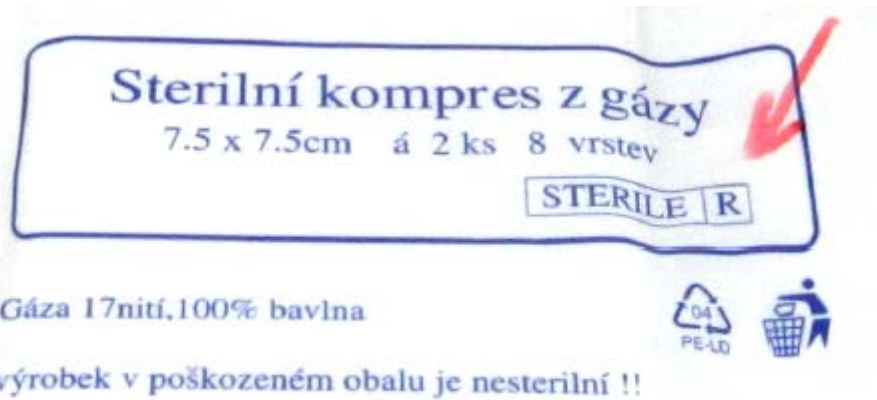
# Štítová rentgenologie (rentgenoskopie, skiaskopie)



## Tomografie:



## Sterilizace radiací:



## **„Interaktivní prvky“:**

- **Překreslete si vyučujícím určená schémata atp.;**
- **V průběhu výkladu si poznamenávejte klíčové informace;**
- **Popište vlastními slovy jednotlivé snímky (vysvětlete funkci, atp.);**
- **Pokuste se nalézt v právě probrané prezentaci nepřesnosti, pro svůj názor formulujte argumenty;**

## Související literatura:

- ANONYMUS. *Plakáty pro výuku předmětu Kontrola a měření*. SPŠS Sokolská 1. Brno, nedatováno.
- DORAZIL E., *Nauka o materiálu I., návody a cvičení*. VUT Brno 1989.
- CHOCHOLA K., SLACH J., ŠULC J. *Laboratorní cvičení*. Praha: STNL 1961.
- MANAS V., SPIKA L., *Zkoušení materiálu magnetickými a kapilárními metodami*. SVUM Praha 1990
- MARTINÁK, M. *Kontrola a měření*. Praha: STNL 1989.
- MÍŠEK B., PTÁČEK L., *Zkoušení materiálů bez porušení*. Praha: STNL 1968.
- *Návody k použití přístrojů a firemní prospekty*.
- ŠULC, J. *Technologická a strojnická měření*. Praha: STNL 1982.
- ŠULC, J., VYSLOUŽIL, Z. *Laboratorní cvičení technologická a strojní*. Praha: STNL 1970.
- VÁCLAVOVIČ A., *Měření a kontrola ve strojírenství*. Praha: SNTL, 1967.
- VĚCHET M. A KOL. *Defektoskopie v otázkách a odpovědích*. Praha 1989.
- VYSLOUŽIL Z., ZELKO J. *Meranie v strojárstve*. Bratislava: SVTL 1962.
- VYSLOUŽIL Z., KOVAL J. *Technologické a strojnické merania*. Bratislava: Alfa, 1978.