

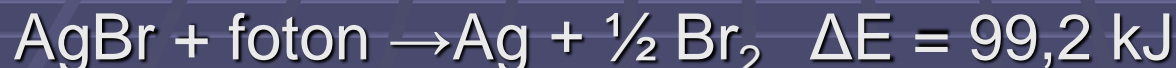
# Černobílá fotografie

# Princip vzniku fotografického obrazu

- Působením světla na světlocitlivou látku (sloučeniny stříbra) dochází ke změnám ve struktuře této látky, resp. změnám v její krystalové mřížce; probíhá fotolýza. Výsledkem tohoto děje je vznik tzv. latentního obrazu
- Formování viditelného fotografického obrazu se děje pomocí tzv. fotochemických procesů tj. vzniku viditelného obrazu z latentního a jeho stabilizace

# Světlocitlivé soli stříbra

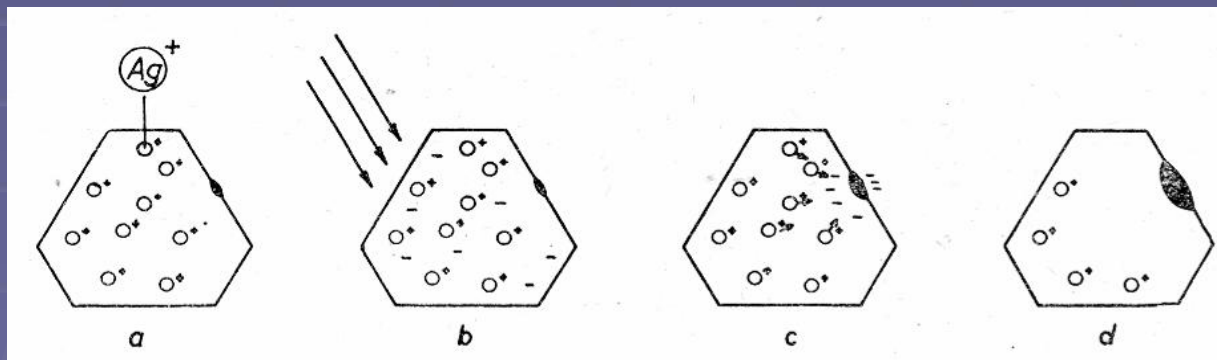
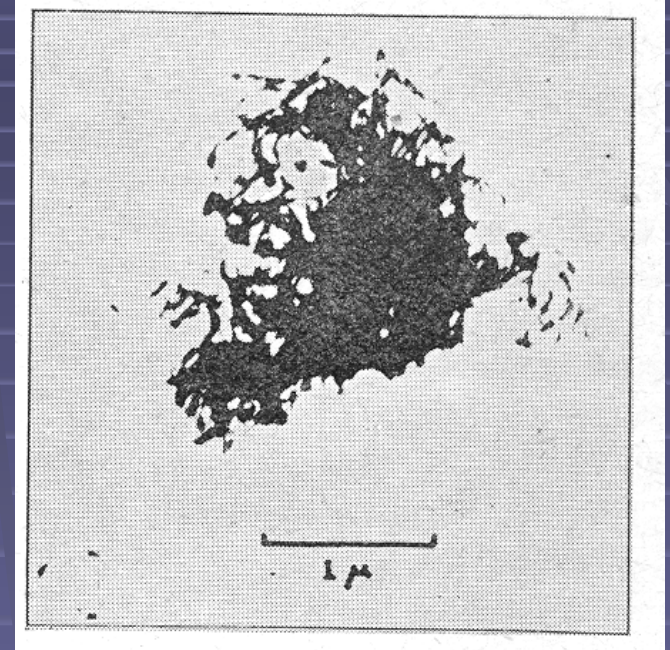
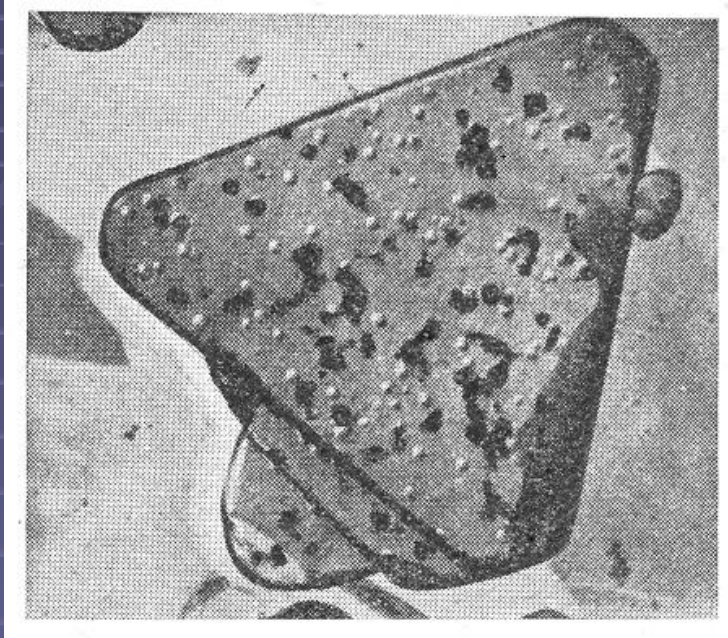
- Ztmavnutí solí stříbra je způsobeno vznikem kovového stříbra fotolytickou reakcí:



Atomy stříbra již nejsou vázány coulombovskými silami a shlukují se na zárodky budoucího obrazu, t. tv. **latentní obraz**. Latentní obraz se **vyvolává**, tj. částečně metalizované elementy krystalové mřížky AgX se úplně redukují na normální krystaly stříbra. Množství stříbra v zárodcích obrazu (cca 450 atomů) po vyvíjení vzroste (obraz se zesílí) řádově **10<sup>9</sup> x**. Vyvolané zrno se změní na kovové stříbro houbovitě struktury.

- Vyvolaný obraz se **ustaluje** aby se stříbro na světle dále neredukovalo, tj. AgX zbylý v citlivé vrstvě se rozpustí v roztoku thiosíranu sodného (amonného) a vypere se vodou.

# Krystal AgBr a vyvolané Ag

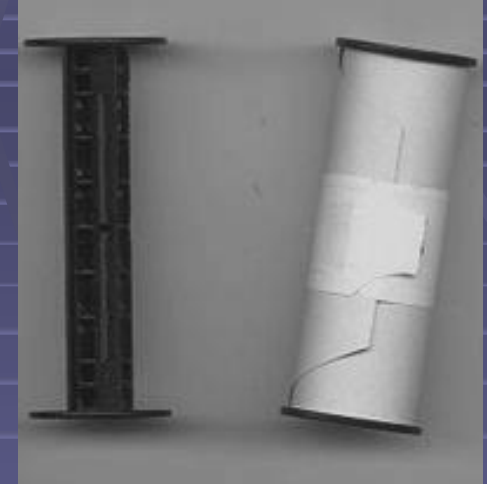


# Fotografický proces

- Citlivé látky jsou rozptýleny v **želatině**, která zabraňuje spojování částic halogenidů stříbra, a tak zaručuje jejich rovnoměrné rozptýlení (**fotografická emulze**). Nebrání také přístupu aktivních látek k halogenidům stříbra při následném zpracování.
- Máme-li na fotografickém materiálu zachycen latentní obraz, musíme ho vyvolat, aby se stal viditelným. Vyvolávací látka proniká k zárodku latentního obrazu, předá mu své elektrony, a tím se stříbro vyredukuje. Setkáním s dalšími ionty stříbra dochází k jejich redukci a děj se posouvá dále do krystalu halogenidu. Krystaly halogenidu jsou obklopeny zápornou vrstvičkou z halogenidových aniontů a želatiny, která brání, aby se stejně nabitá vyvolávací látka dostala dovnitř krystalu. Ale zárodky latentního obrazu jsou tvořené neutrálními stříbrem, tím vytváří mezeru v záporné elektrické vrstvě a umožňuje další pronikání vyvolávací látky do krystalu. V místech, kde byla látka osvětlena, je stříbro a obraz je černý, na neosvětlených místech je bílý. Zbylý AgX se rozpustí v ustalovači.
- Teď máme obraz, ale ten je negativní, tmavý v místech, kde byl předmět světlý a naopak. Abychom dostali pozitivní snímky, musíme negativ prosvítit a nechat světlo dopadat na další fotografický materiál. Ten potom také vyvoláme, ustálíme a fotografie je hotová.

# Fotografický materiál

- **Fotografická emulze** (správně suspenze) je nanesena na nejrůznější umělohmotné materiály nebo papír.
- **Fotografický film** je plastový pás je z polyesteru, nitrocelulózy nebo acetátu celulózy, pokrytý tenkou vrstvou emulze.
- **Fotografický papír** je silně klížený papír s adhezí barytovou vrstvou nebo papír preparovaný vhodným plastem (PE, PP), pokrytý vrstvou vhodné emulze.



# Vznik fotografického obrazu

Při vzniku viditelného fotografického obrazu se uplatňují tyto procesy:

- **vyvolávání** fotografického obrazu, kdy dochází k redukci exponovaných stříbrných iontů (krystalů halogenidu latentního obrazu) na kovové stříbro redukčním činidlem – vývojkou
- **praní** materiálu ve vodě, kdy dochází k přerušení vyvolávání fotografického obrazu
- **stabilizace, resp. ustalování** vzniklého fotografického obrazu, kdy dochází k odstranění neexponovaného halogenidu stříbra z citlivé vrstvy
- **praní** materiálu ve vodě (odstranění veškerých zbytkových sloučenin síry)
- Případně ještě **utvrzování** želatinové emulzní vrstvy (snížení rozpustnosti želatiny ve vodě) např. formaldehydem

# Vyvolávání

- Podle toho, zda stříbro vzniklo ze stříbrných iontů, které **byly přítomny** v citlivé vrstvě, nebo z iontů Ag, které **byly mimo** citlivou vrstvu, dělíme vyvolání na **fyzikální a chemické**.
- **Fyzikální vyvolávání** je proces, kdy se obraz tvoří ze stříbra, které se na fotomateriál ukládá z vývojky. Základem je druhé vyvolání už ustáleného materiálu vývojkou, která obsahuje dusičnan stříbrný ( $\text{AgNO}_3$ ).

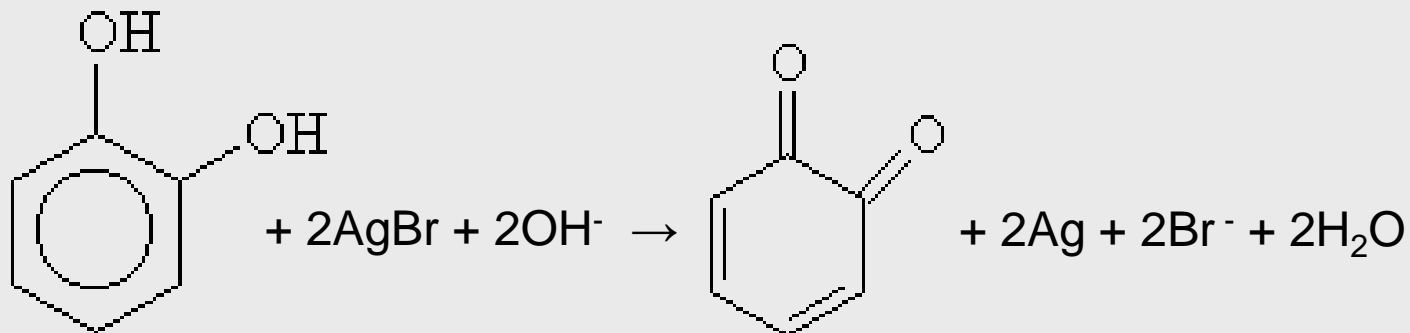


# Chemické vyvolávání

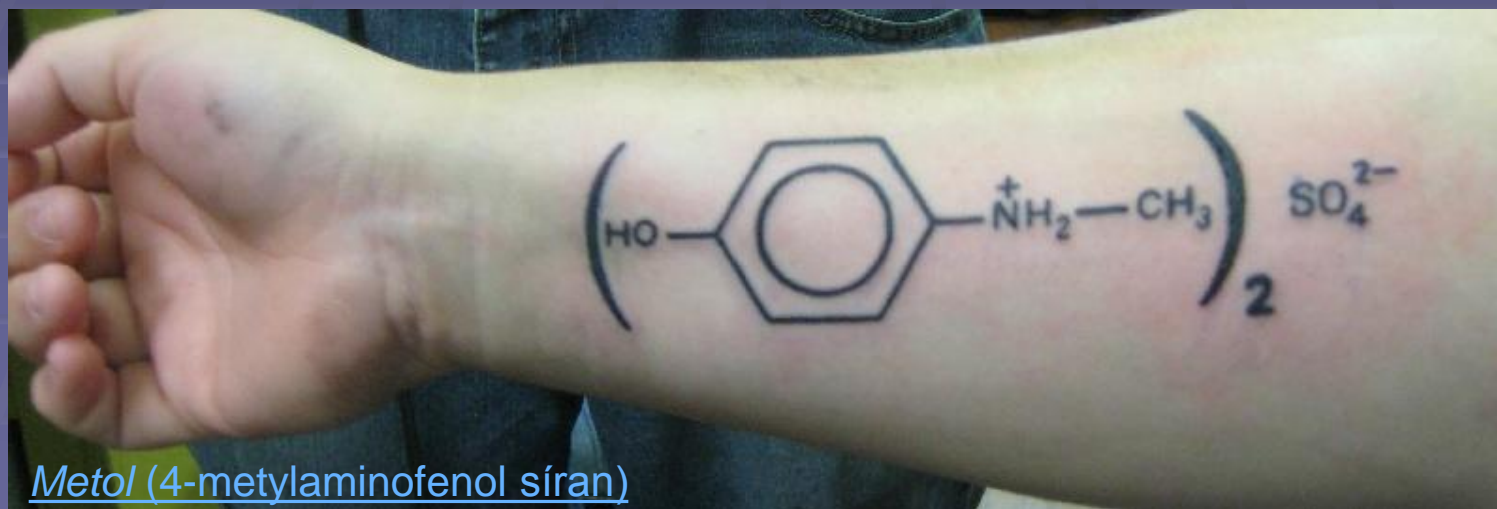
- Při **chemickém vyvolávání** se obraz tvoří z exponovaného AgX přítomného v citlivé vrstvě. Na fotografický materiál se působí vývojkou jejíž hlavní složkou je vyvolávací látka. Dále je to látka chránící vývojku před oxidací (např. siřičitan sodný) a další látky pro nastavení pH (např. uhličitan sodný, tetraboritan sodný), protizávojující látky (např. bromid draselný) aj. Při vyvolávání dochází k redukci halogenidu stříbrného a současně k oxidaci vyvolávací látky.

# Vyvolávací látky - příklad

pyrokatechol



1,2-benzendiol



Metol (4-methylaminofenol síran)

# Fyzikální vyvolávání

Při **fyzikálním vyvolávání** se ukládá kovové stříbro na zárodečná centra z vývojky. Tak je možné vyvolávat obraz po ustálení, pokud se neporuší  
Příklad fyzikální vývojky (Lumière-Seyewetz):

Roztok A:

siřičitan sodný 180 g

10% roztok  $\text{AgNO}_3$  75 ml

voda 1000 ml

Roztok B:

siřičitan sodný 20 g

metol 20 g

voda 1000 ml

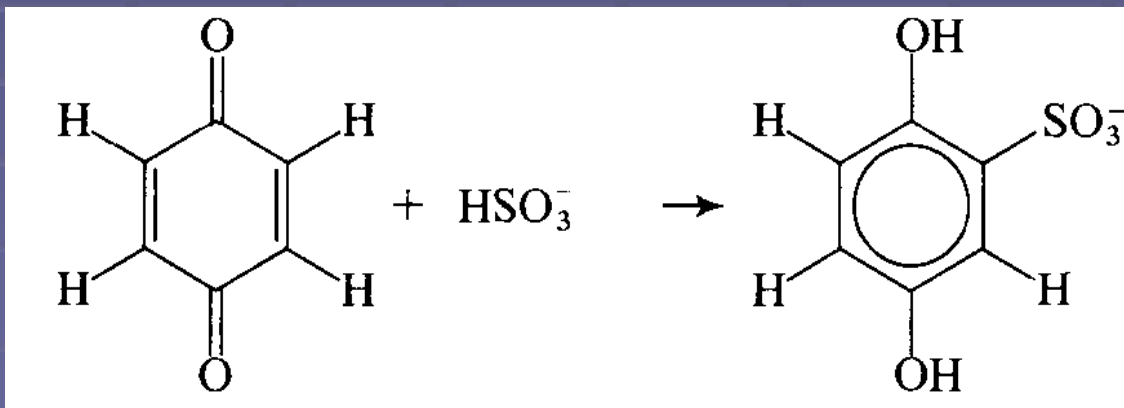
Pro vyvíjení se smísí 150 ml roztoku A se 30 ml roztoku B. Vyvolává se v dokonale čisté skleněné misce na denním světle. Vyvíjení trvá až hodinu, po skončení se setře vatovým tampónem nános stříbra z emulze.

# Vývojky

- **Negativní vývojky** jsou méně energické – nižší pH, pomalejší vyvolávání na menší strmost materiálu (vyvíjení 5 – 60 minut), důraz na využití citlivosti a malé zrno.
- **Pozitivní vývojky** jsou energické – vyšší pH, důraz na vyšší strmost a plné vyvolání (dosažení syté černé), vydatnost a rychlost zpracování (do 2 -3 minut)

# Autooxidace vyvolávacích látek a její potlačení

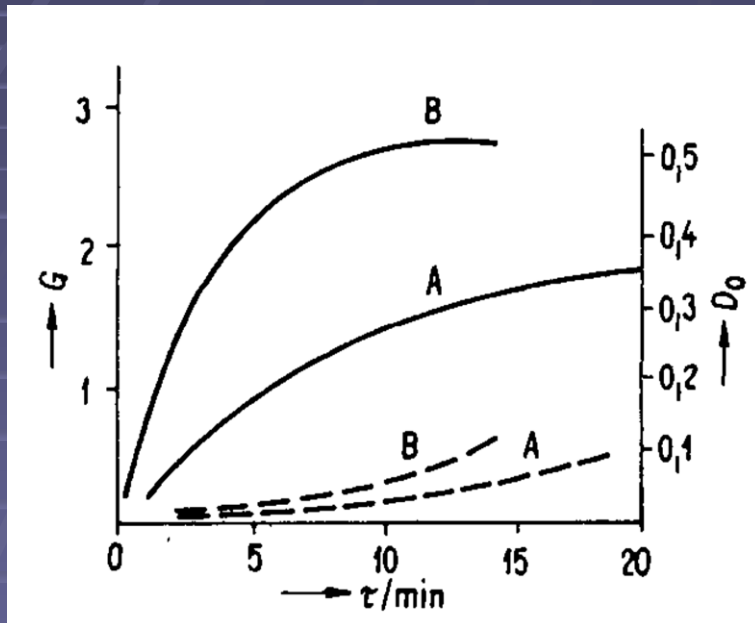
Vyvolávací látky reagují i např. se vzdušným kyslíkem, a to tím rychleji, čím je vyšší pH. Nejběžnější antioxidant je  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , který reaguje s kyslíkem dříve než vyvolávací látka. Jejich oxidační produkty snadno adují hydrogensířičitanový anion za vzniku sulfonových kyselin, které již autooxidaci nekatalyzují:



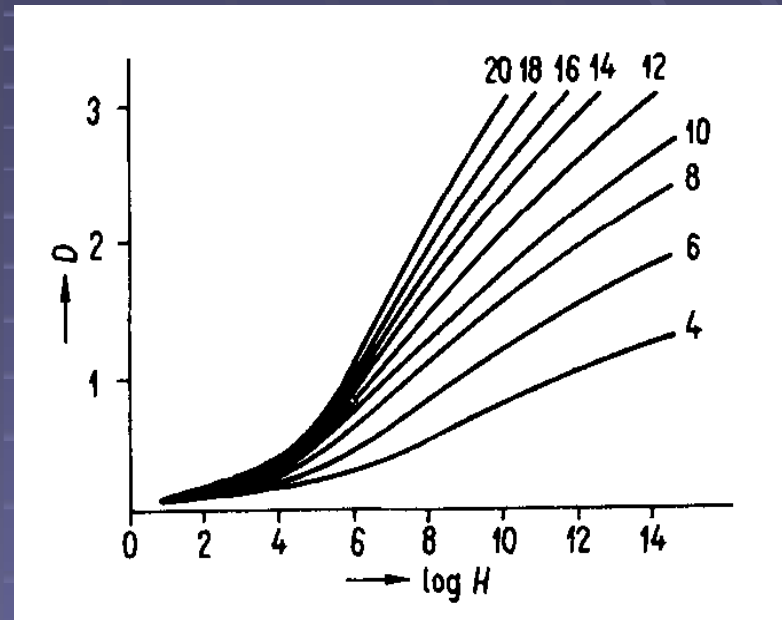
# Kinetika vyvolávání

- Stříbrný obraz vzniká v citlivé vrstvě po určité době styku s vývojkou, pak se vznik stříbra urychluje do dosažení maximální optické hustoty, pak redukce pokračuje i na neosvětlených místech – vzniká závoj. Celý proces trvá u pozitivních materiálů maximálně několik minut, u negativů obvykle 5 – 30 minut.
- Závislost mezi dobou vyvolávání a dosaženými fotografickými parametry popisuje kinetika vyvolávání, graficky znázorňovaná příslušnými křivkami. Závislost optické hustoty na expozici se vyjadřuje křivkou optické hustoty.

# Kinetika vyvolávání a senzimetrické charakteristiky

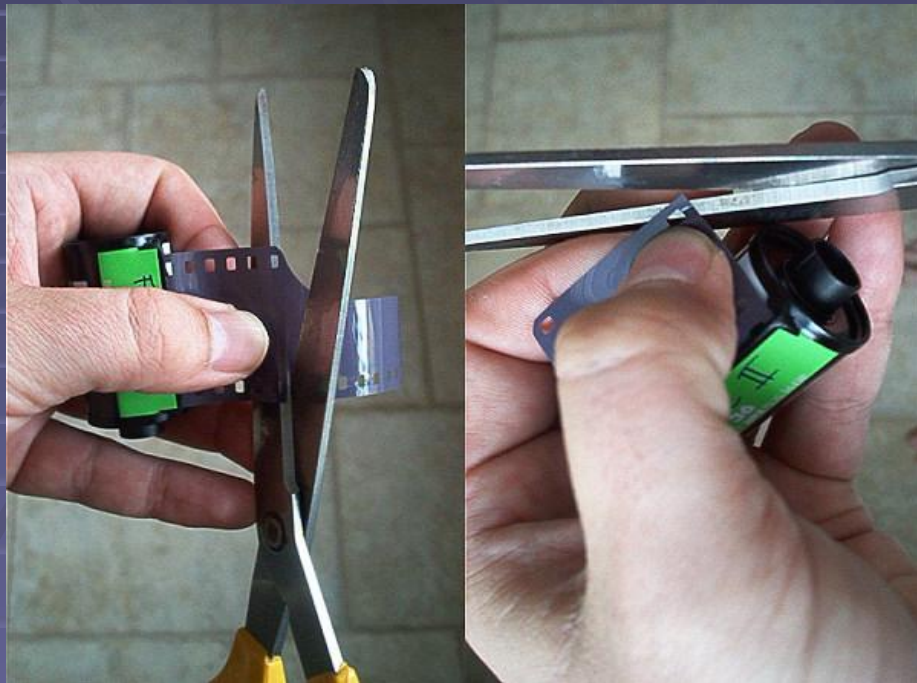


Závislost strmosti (plná čára) a závoje (přerušovaná čára) v jemnozrnné (A) a rapidní (B) vývoje



Senzimetrické charakteristiky pro různé doby vyvolávání (minuty)

# Praktický návod pro vyvolání černobílého negativu 1



Zastřižení filmu



Navinutí filmu do spirálové vývojnice



# Praktický návod pro vyvolání černobílého negativu 2



Nalítí vývojky a překlápění (příp. otáčení cívkou)

# Negativní vývojka Kodak D76

## ■ Základní roztok

metol 2 g

hydrochinon 5 g

siřičitan sodný 100 g

borax 2 g

voda do 1000 ml

## ■ Doplnovací roztok

metol 3 g

hydrochinon 7,5 g

siřičitan sodný 100 g

borax 20 g

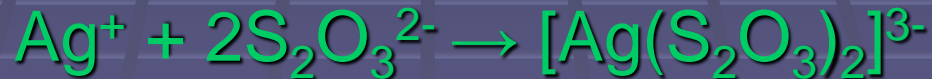
voda do 1000 ml

# Pozitivní vývojka

- **Vývojka pro fotonapíry**
  - metol 2 g
  - hydrochinon 6 g
  - siřičitan sodný 25 g
  - uhličitan sodný 33 g
  - bromid draselný 0,5 g
  - 1,2,3 benztriazol 0,08 g
  - voda do 1000 ml

# Ustalování a vypírání

- Z vyvolané citlivé vrstvy je nutné odstranit AgX, který by působením světla černal, a musí se proto stabilizovat. V ČB fotografii se nazývá **ustalování** a to téměř výlučně roztokem thiosíranu, který převádí AgX na rozpustný komplex:



Ve vyčerpaném ustalovači se pochod zastavuje u nesnadno vypratelných komplexů  $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)]^-$  které působí pozdější znehodnocení obrazu. Ustalovač obsahuje i hydrogensířičitan pro neutralizaci alkalické reakce zbytků vývojky.

- Ustálený materiál se musí důkladným **vypíráním** zbavit thiosíranu, jinak dochází k jeho pozvolnému rozkladu a tvorbě AgS (hnědnutí obrazu).

# Ustalovač

- **Kyselý ustalovač**

thiosíran sodný kryst. 200 g

siřičitan sodný kryst. 10 g

pyrosiřičitan draselný 20 g

voda do 1000 ml

# Inverzní vyvolávání

- Přímé **zpracování na pozitiv** - zejména v kinematografii. Princip:
  1. Prvním vyvoláním se vyvolá veškerý exponovaný AgX – vznikne negativní obraz
  2. Vyvolané stříbro se převede na rozpustnou sloučeninu (na síran stříbrný v roztoku dichromanu a kyseliny sírové) a vypere se z citlivé vrstvy (vodou nebo čistící lázní)
  3. Zbývající AgX (doplňk k negativnímu obrazu, tedy pozitiv) v citlivé vrstvě se osvětlí a vyvolá, většinou v rapidní pozitivní vývojce
  4. Následuje klasický ustalovač a vypírání