

praktická astronomie

praktická spektroskopie

cvičení CLEA, IRAF (spectool)

spektrální rozlišení

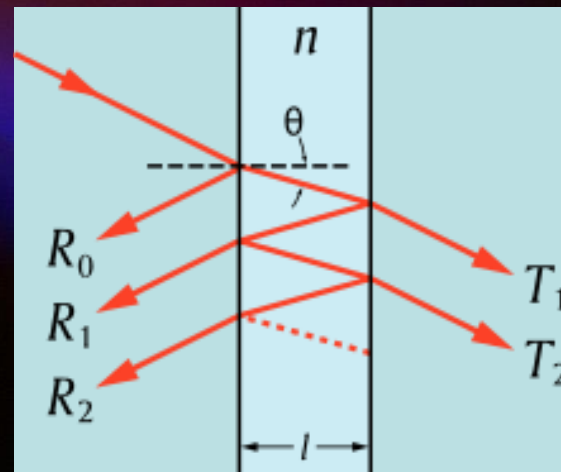
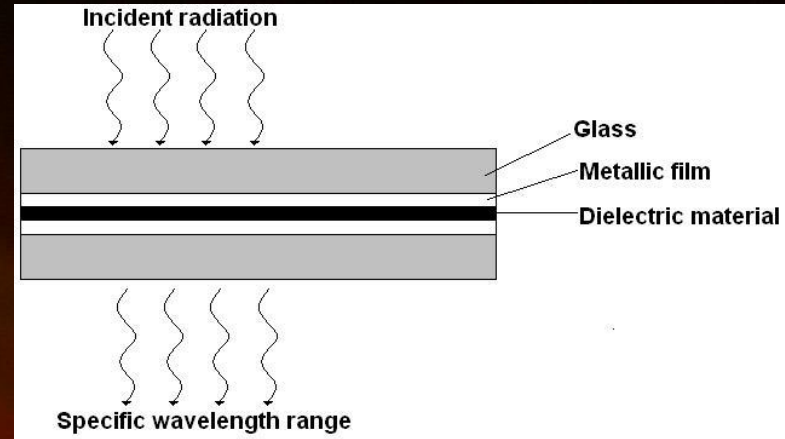
- je definováno jako

$$R = \frac{\lambda}{\delta\lambda}$$

- kde λ je pozorovaná vlnová délka a $\delta\lambda$ nejmenší rozlišitelný interval vlnových délek v jejím okolí
- UVOIR detektory jsou velmi širokopásmové, mají tedy velmi špatné spektrální rozlišení (z principu)
- použijeme tedy další optické prvky, pro UVOIR to jsou
 - filtry
 - hranoly
 - difrakční mřížky

filtry

- interferenční
- tenká vrstva (cca 10 nm) kovu nanesená na skle
- „konstruktivní interference“ vytvoří úzké, ostře definované pásmo propustnosti
- příkladem může být Fabry-Perotův dvouvrstvý filtr



filtry

- pro procházející záření platí

$$I / I_0 = \frac{1}{1 + \frac{4R_e \sin^2(\delta / 2)}{(1 - R_e)^2}}$$

- kde

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} 2d \cos \theta$$

- R_e je koef. odrazivosti vrstvy, d mezera mezi vrstvami, θ úhel paprsku k normále
- vrstvy se pokládají za neabsorbující

filtry

- rozlišení (pološířka filtru)

$$R = \frac{2\pi d \sqrt{R_e}}{\lambda(1 - R_e)}$$

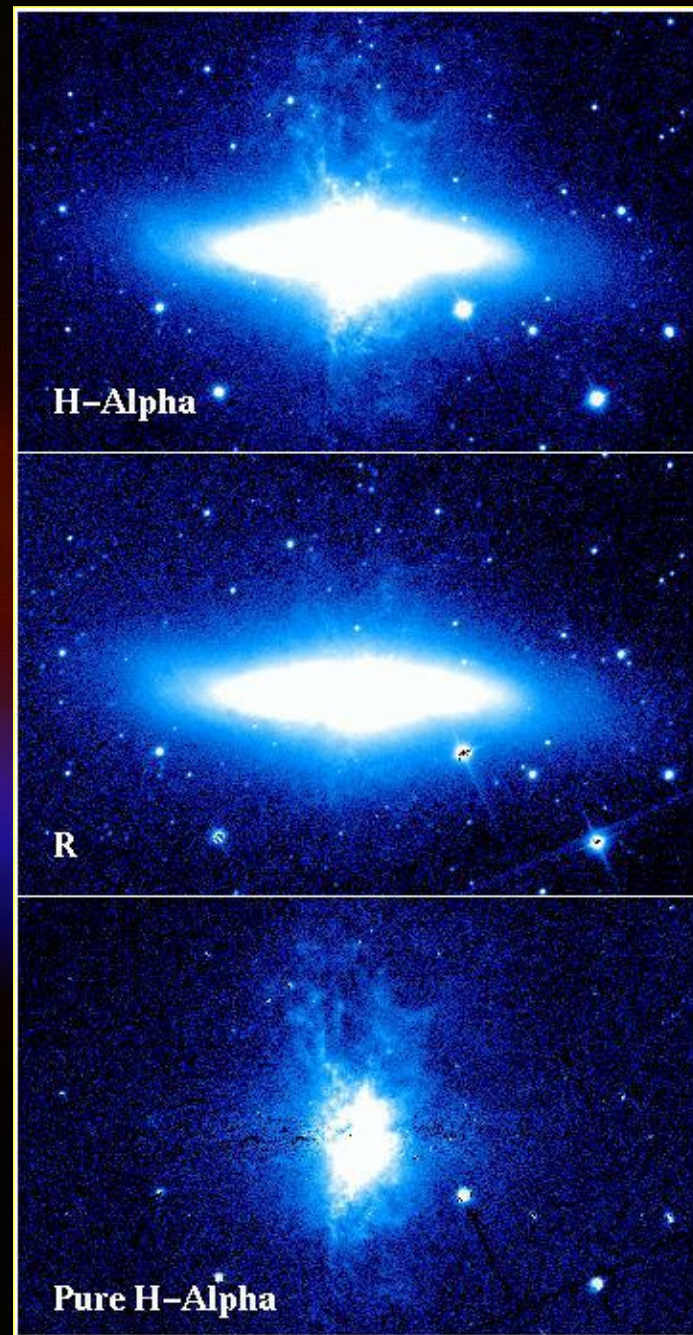
- lze je „ladit“ volbou d a R_e
- moderní int. filtry – více vrstev

filtry

- IF filtry s pevným pásmem mají nepotřebné řády potlačeny dalšími vrstvami nebo použitím barevného skla
- šířka pásma bývá 1 – 50 nm, R je asi 10 až 500
- velmi jsou používány tyto filtry:
 - izolace emisních čar: např. H alfa, [S II] nebo [O III]
 - důležité absorpční „útvary“: např. Mg I, Ca II, CN

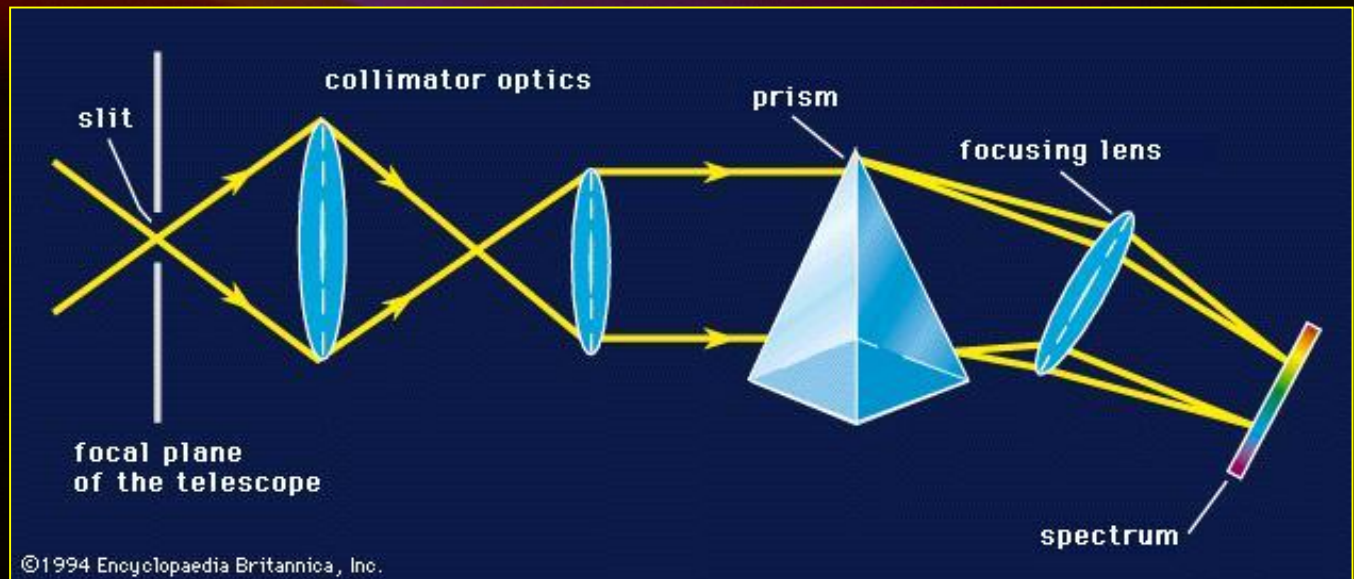
filtry

- příklad použití IF filtru k prozkoumání emisí galaxie M82
- snímek „H alfa” (IF filter, 8,9 nm FWHM) obsahuje emisi i spojité záření, ale emise převažuje
- snímek „R” (standardní širokopásmový filtr, 150 nm FWHM) také obsahuje obojí, ale spojité záření dominuje
- snímek „Pure H alfa” je výsledek po odečtení obou předchozích snímků



hranolové spektrografy

- využívají závislosti indexu lomu prostředí na vlnové délce
- sp. rozlišení $R=B \cdot dn/d\lambda$, kde B je délka základny hranolu



hranolové spektrografy

výhody

- velká světelnost – spektra i slabých zdrojů
- široké zorné pole, možnost pořízení spekter více objektů najednou
- levné, jednoduché, byly dominantní při rozvoji astronomické spektroskopie

nevýhody

- R je silně závislá na vlnové délce („namačkání dlouhých vln“)
- obtížné pokrytí širšího sp. oboru
- absorpce omezuje použití v UV oboru
- proměnná disperze vyžaduje komplikovanější zpracování

spektrografy s difrakční mřížkou

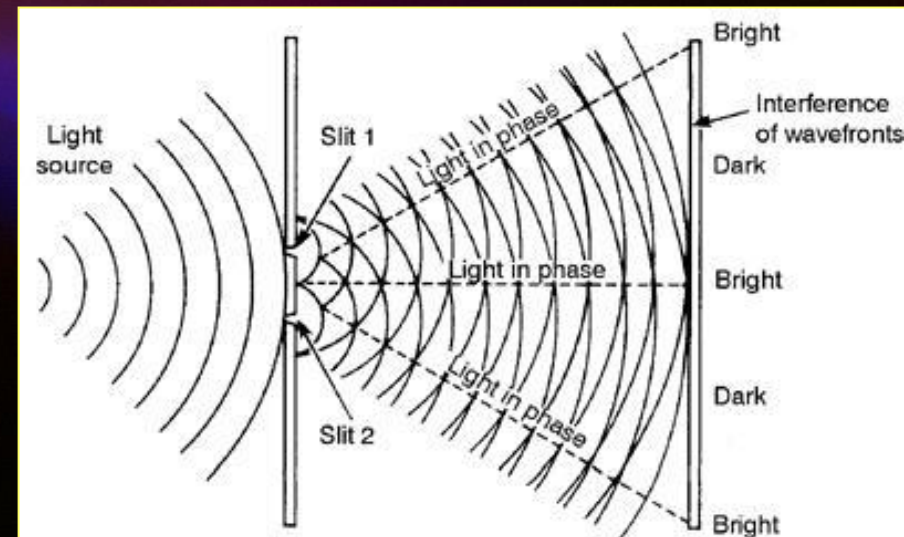
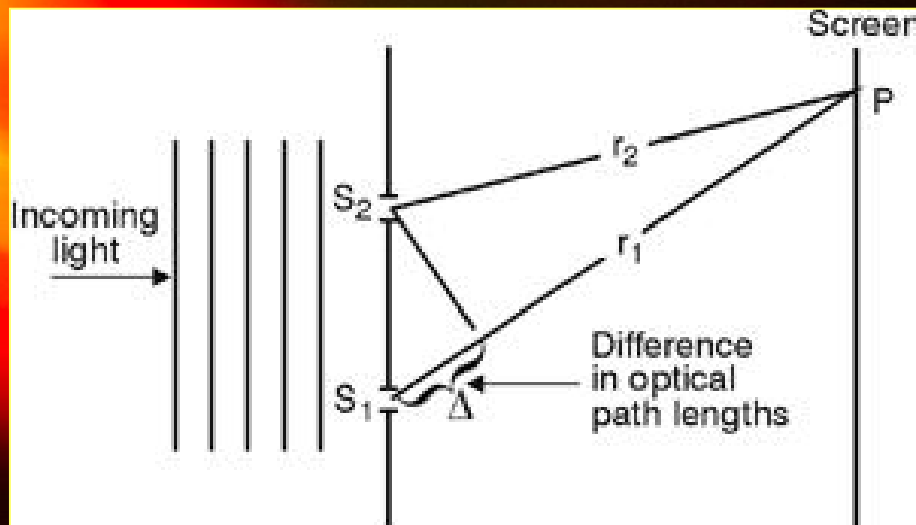
- difrakční mřížka je série stejných vrypů, jež propouštějí nebo odrážejí záření, mezera mezi nimi je srovnatelná s vlnovou délkou světla, může být rovinná nebo konkávní
- z Fraunhoferovy teorie difrakce plyne rozdělení intenzity záření dopadajícího na stínítko $I(\theta) = I_0 f_1 f_2$, kde I je intenzita záření ve směru θ (vzhledem k normále), I_0 pak intenzita na mřížce, f_1 difrakční funkce jednoho otvoru a f_2 popisuje příspěvek N identických otvorů

spektrografy s difrakční mřížkou

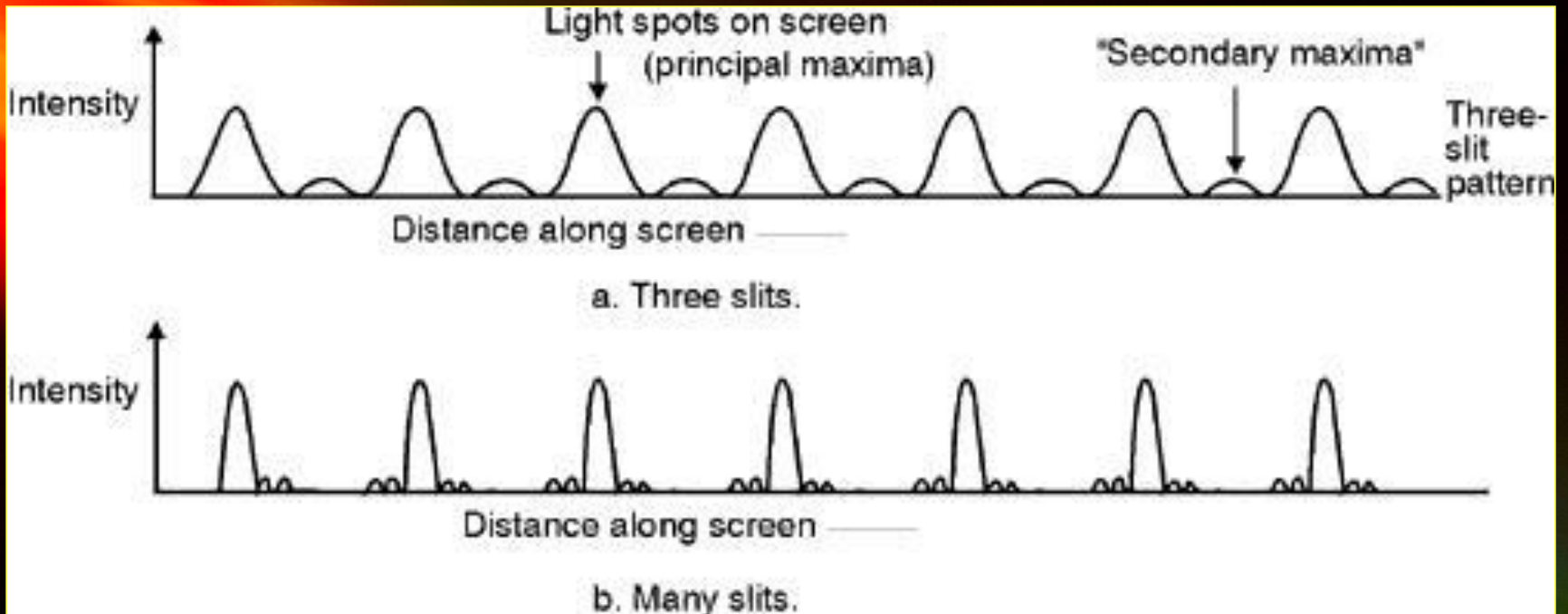
$$f_1 = \frac{\sin^2(\pi\alpha)}{(\pi\alpha)^2}, \alpha = \frac{a \sin \theta}{\lambda}$$
$$f_2 = \frac{\sin^2(N\pi\delta)}{\sin^2(\pi\delta)}, \delta = \frac{d \sin \theta}{\lambda}$$

kde a je šířka vrypu (předp. pravoúhlého) a d je vzdálenost mezi nimi, předp. kolmý dopad

spektrografy s difrakční mřížkou



spektrografy s difrakční mřížkou

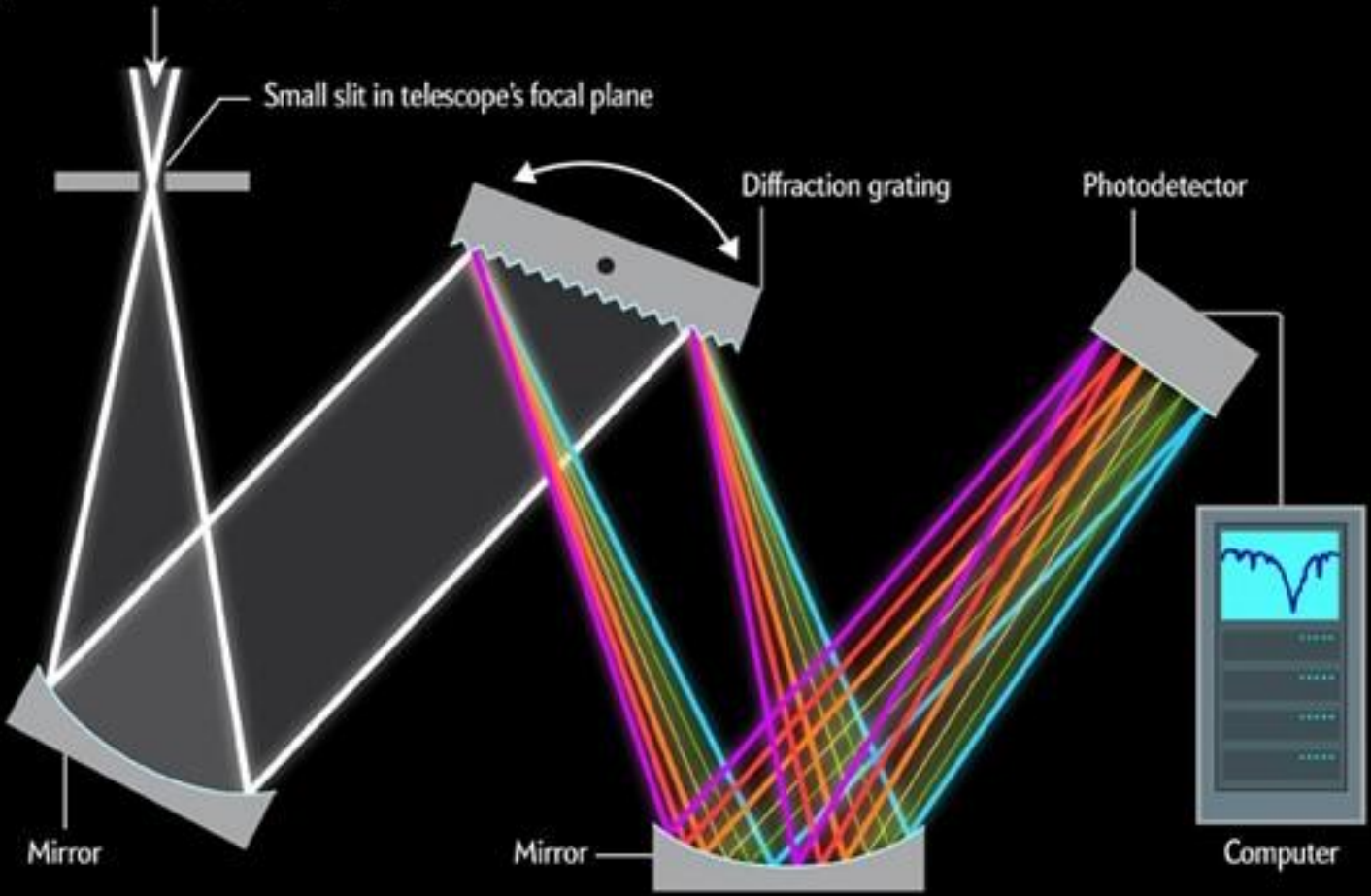


Light from star through telescope

Small slit in telescope's focal plane

Diffraction grating

Photodetector



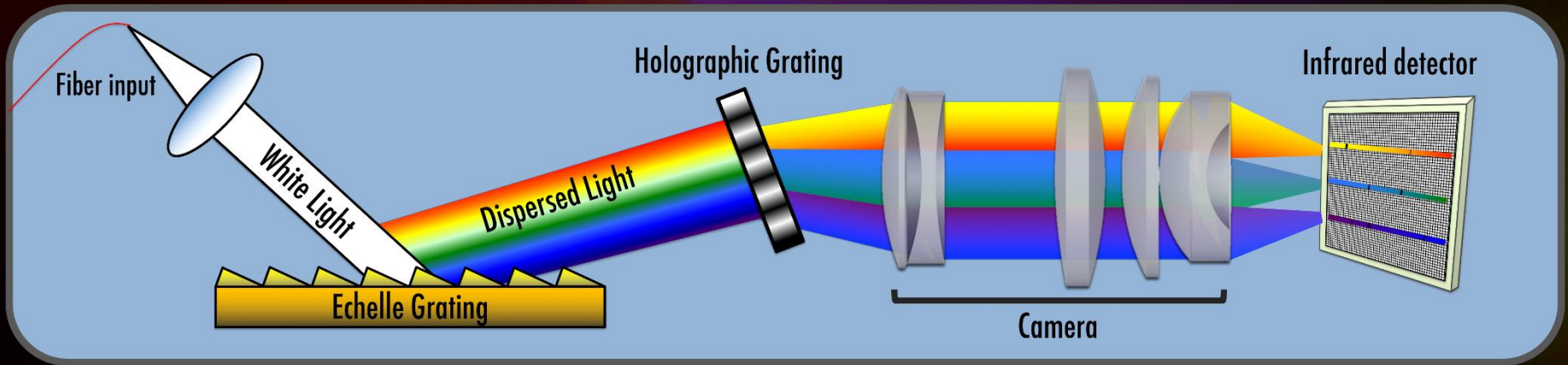
Mirror

Mirror

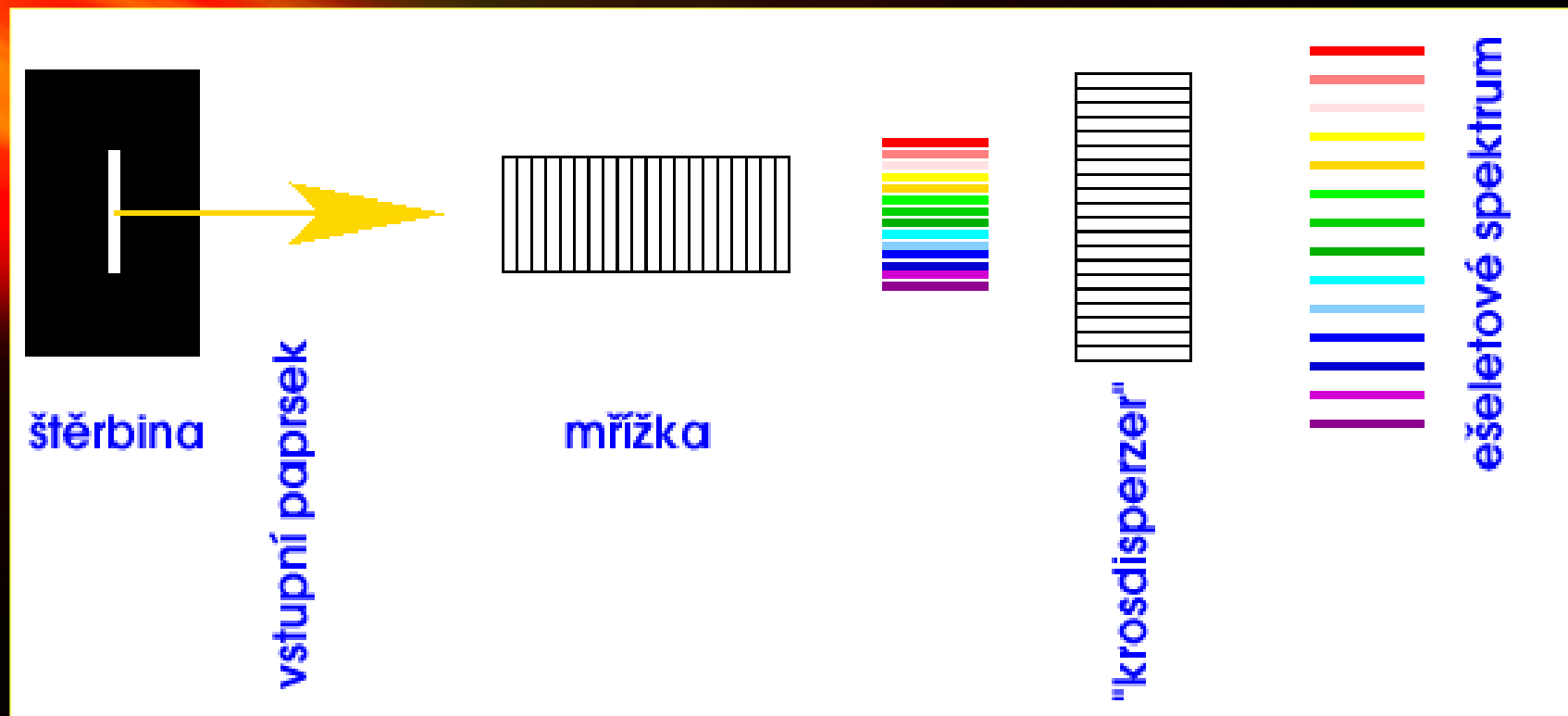
Computer

spektrografy s difrakční mřížkou

- tzv. „echelle“ mřížky – dosahují velkého rozlišení tím, že zobrazují řády 50 – 100 !
- R je pak až 10^5



„echelle“ spektrograf



spektrografy s difrakční mřížkou

rozlišení $R = n.N$

- úhlové rozlišení pak $d\theta/d\lambda = n/d \cdot \cos \theta$
- často je pojem „disperse“ označována veličina $d\lambda/dx$ v ohniskové rovině spektrografu [Å/mm nebo nm/mm]
- nízká disperse je cca 200 Å/mm, vysoká 10 Å/mm a méně

spektrografy s difrakční mřížkou

výhody

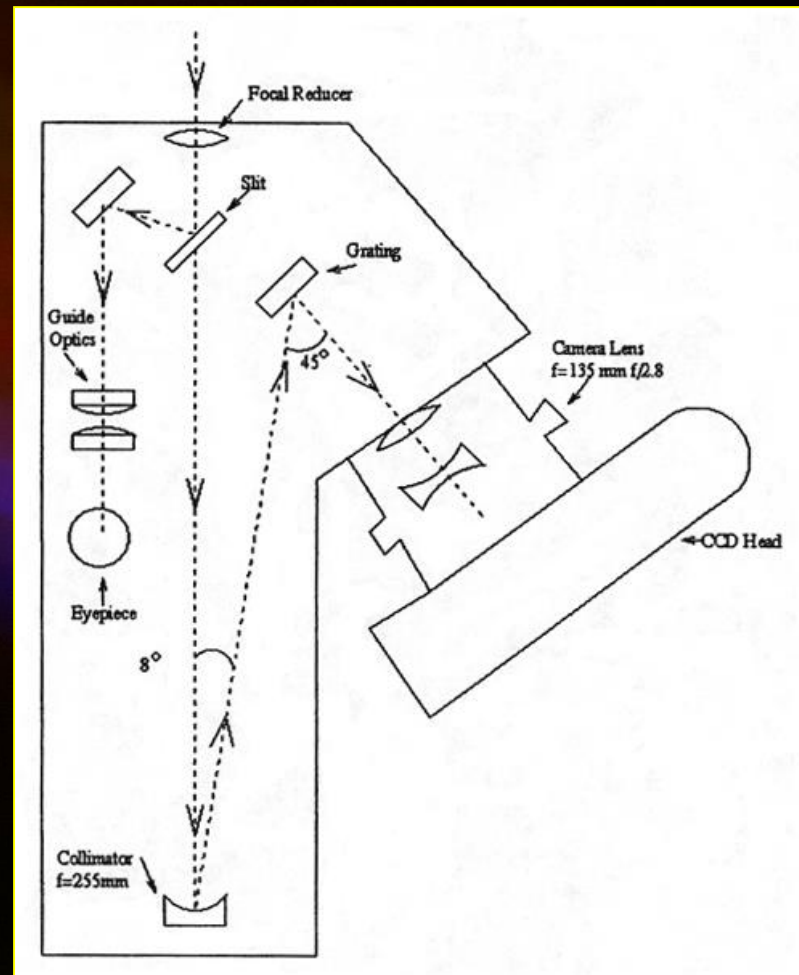
- shodná disperse pro všechny vlnové délky v daném řádu
- možnost dosažení vysokého rozlišení volbou n
- variabilita (rovinné, zakřivené)
- použitelné pro UV obor
- zvládnutá technologie výroby

nevýhody

- omezená velikost
- překrývání řádů (řešitelné)
- nízká účinnost (řešitelné)

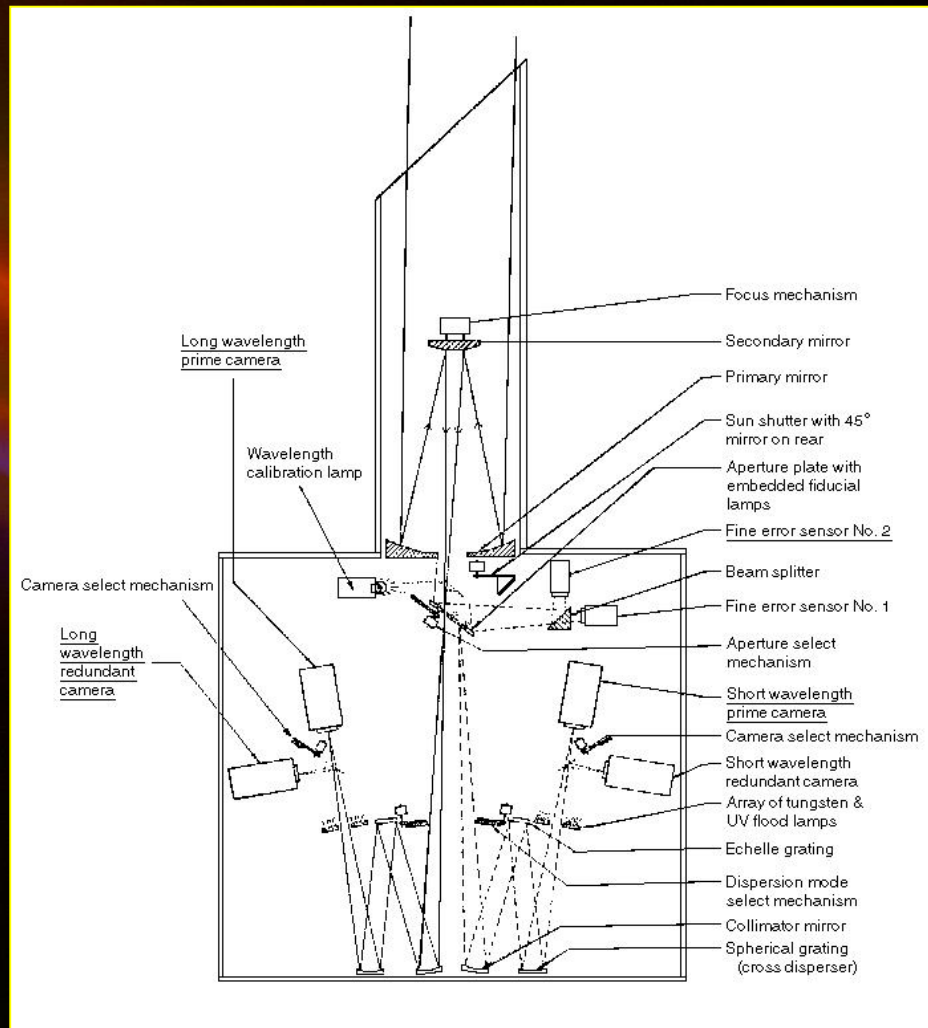
příklady uspořádání

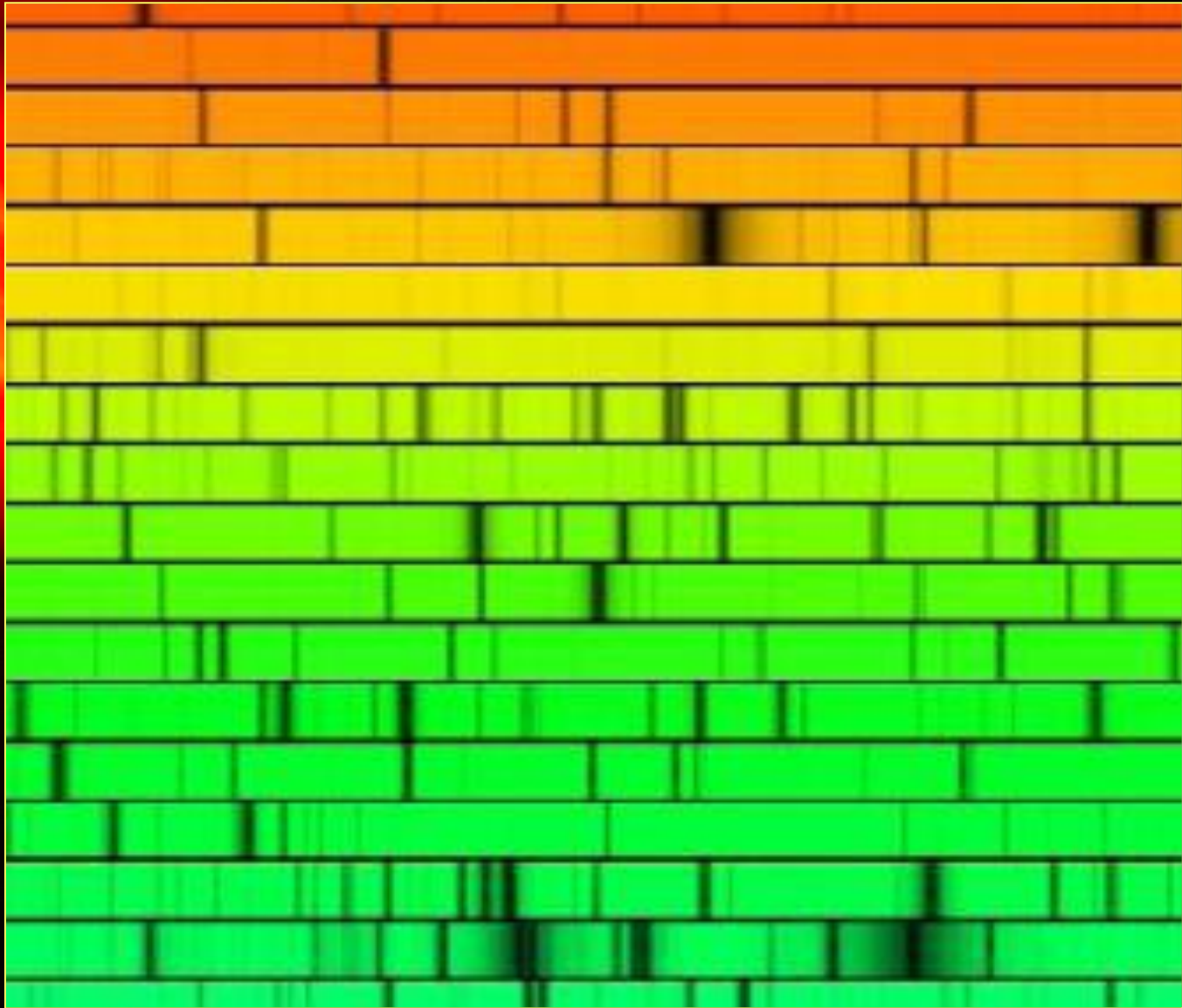
McCormick Observatory



příklady uspořádání

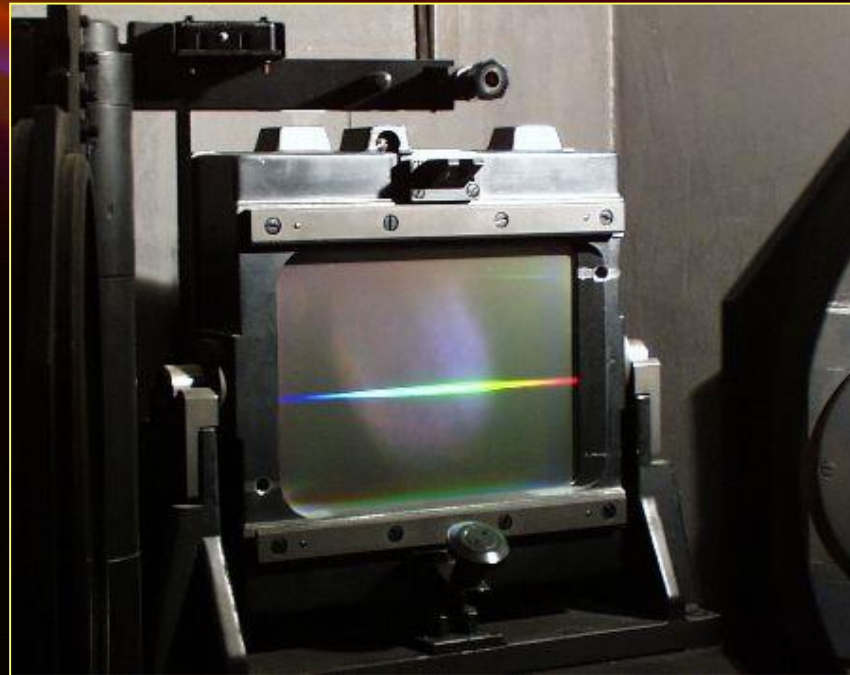
družice IUE





spektrograf AsÚ AV ČR, 2m

- spektrograf stelárního oddělení



cvičení

CLEA, IRAF (spectool)

... fine ...