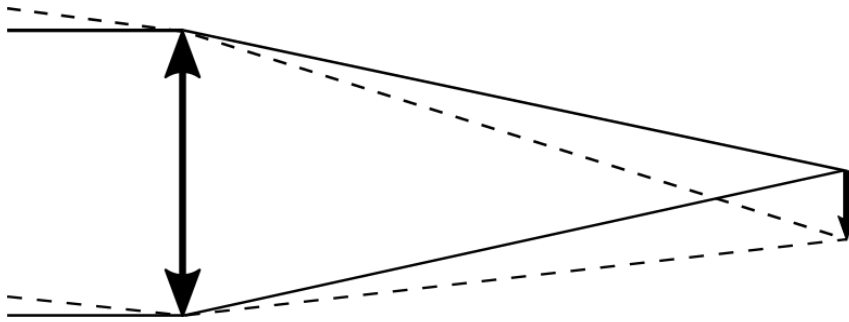


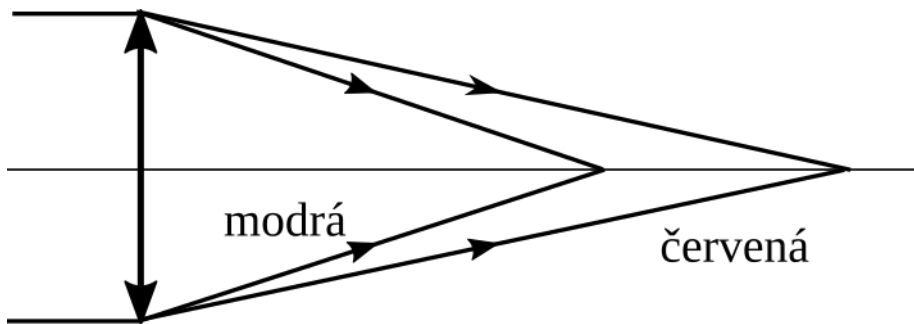
OPT/AO

L03

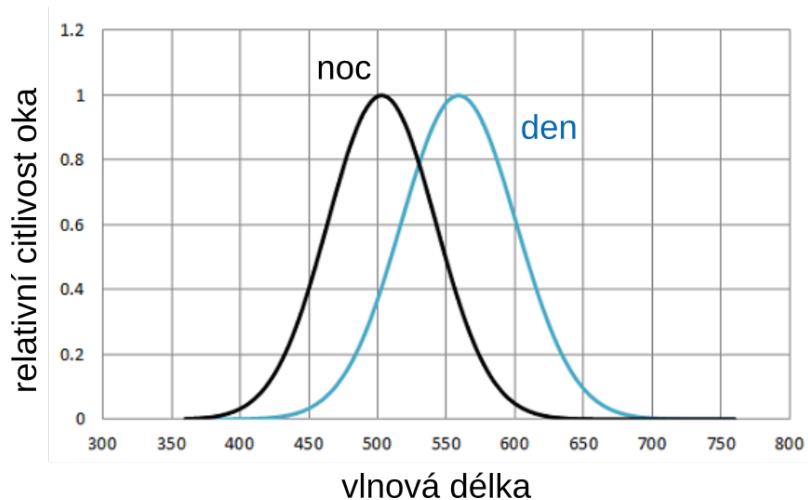
Refraktor



obraz je zaznamenan v ohniskové rovině objektivu
závislost indexu lomu na vlnové délce → barevná vada



vizuální pozorování – citlivost oka k barvě



standardní vlnové délky

Line	Wavelength (nm)	Element	Color
h	404.66	Hg	violet
g	435.83	Hg	violet
F'	479.99	Cd	blue
F	486.13	H	blue
e	546.07	Hg	green
d	587.56	He	yellow
C'	643.85	Cd	red
C	656.27	H	red
r	706.52	He	deep red

katalog optických skel

6-Digit Number	Glass Type	Cost vs. BK 7	Glass Density	n_r	n_c	n_d	n_e	n_F	n_g	n_h
434954	Fluorite	?	?	1.43171	1.43249	1.43388	1.43496	1.43704	1.43949	1.44151
437907	FK 54	19.83	3.18	1.43467	1.43552	1.43700	1.43815	1.44034	1.44291	1.44501
458678	Quartz	?	?	1.45515	1.45637	1.45846	1.46008	1.46313	1.46670	1.46962
465658	FK 3	2.97	2.27	1.46107	1.46232	1.46450	1.46619	1.46939	1.47315	1.47626
471673	FK 1	?	2.31	1.46728	1.46853	1.47069	1.47236	1.47552	1.47924	1.48230
479587	TiK 1	?	2.39	1.47479	1.47621	1.47869	1.48063	1.48436	1.48880	1.49249
486818	FK 52	18.58	3.64	1.48320	1.48424	1.48605	1.48747	1.49018	1.49337	1.49601
487704	FK 5	2.69	2.45	1.48410	1.48535	1.48749	1.48914	1.49227	1.49593	1.49894
487845	FK 51	13.54	3.73	1.48379	1.48480	1.48656	1.48794	1.49056	1.49365	1.49619
498651	BK 3	?	2.37	1.49457	1.49594	1.49831	1.50014	1.50360	1.50767	1.51101

jednoduchá tenká čočka

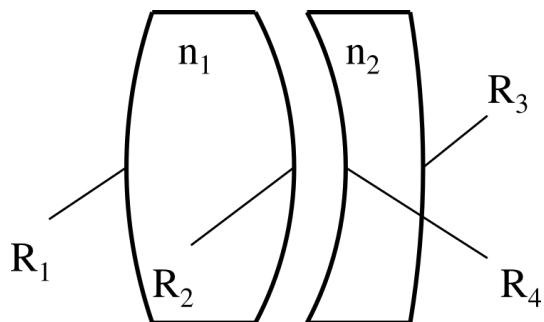
$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right), \text{ kde } f \equiv f_e, \quad n \equiv n_e$$

barevná vada

$$\Delta f \equiv f_C - f_F = \frac{f}{V}, \quad V = \frac{n - 1}{n_C - n_F}$$

achromatizace objektivu

dublet



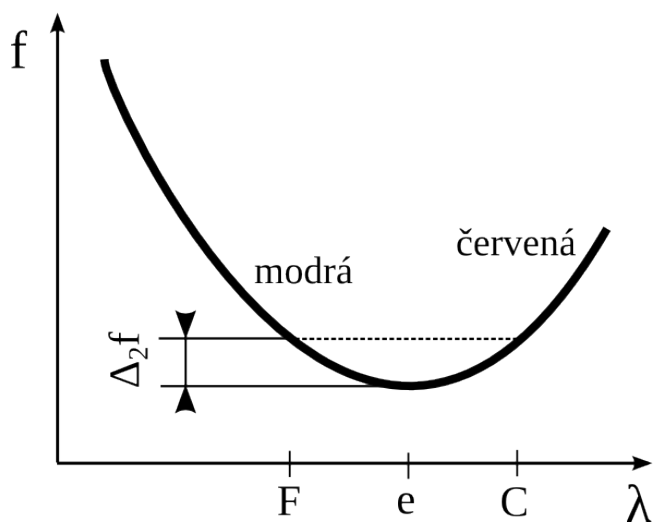
tenké čočky bez mezery – mohutnosti členů se sčítají

$\Delta f = 0 \rightarrow$ achromatizační vzorce

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{f} \frac{V_1}{V_1 - V_2}$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{f} \frac{V_2}{V_2 - V_1}$$

sekundární spektrum



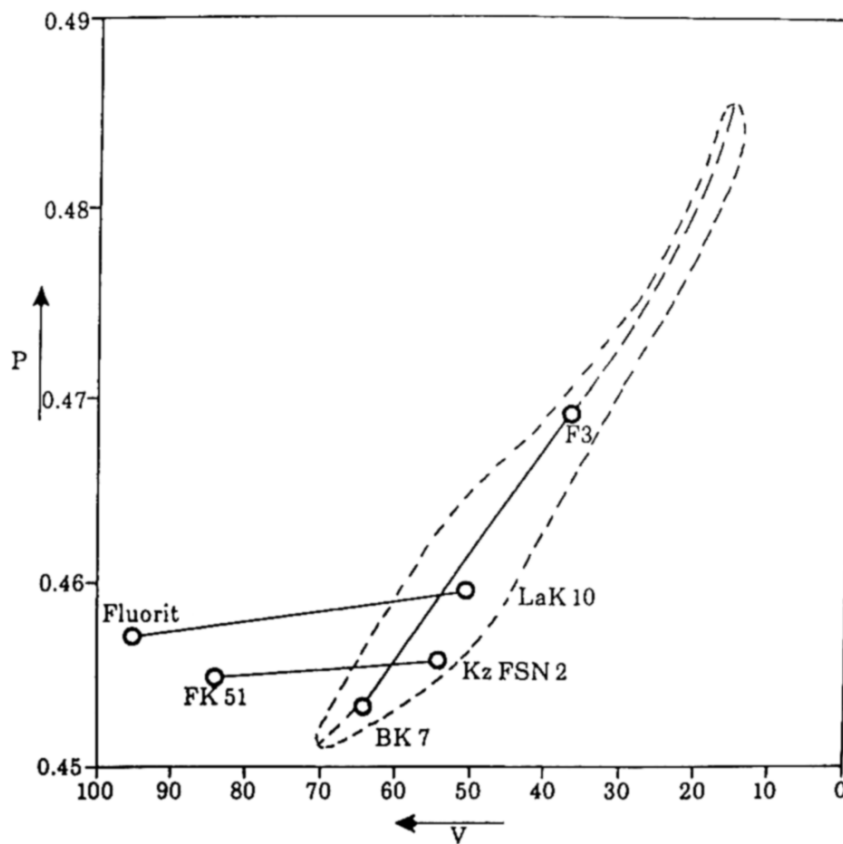
sekundární spektrum v jednotkách ohniskové vzdálenosti

$$\frac{\Delta_2 f}{f} = \frac{f - f_{C,F}}{f} = \frac{P_1 - P_2}{V_1 - V_2}$$

parciální disperze

$$P = \frac{n_F - n}{n_F - n_C}$$

V–P diagram



- vhodné kombinace skel leží v diagramu horizontálně
- dobrá korekce barevné vady vyžaduje použití jednoho speciálního skla (ED)

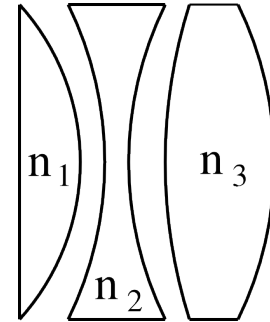
apochromatická korekce

základní rovnice

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_3} \quad (1)$$

$$\frac{1}{f_C} = \frac{1}{f_{C1}} + \frac{1}{f_{C2}} + \frac{1}{f_{C3}} \quad (2)$$

$$\frac{1}{f_F} = \frac{1}{f_{F1}} + \frac{1}{f_{F2}} + \frac{1}{f_{F3}} \quad (3)$$



z (2) = (3) dostaneme

$$\frac{1}{f_1 V_1} + \frac{1}{f_2 V_2} + \frac{1}{f_3 V_3} = 0 \quad (4)$$

za této podmínky z (1) = (3) dostaneme

$$\frac{P_1}{f_1 V_1} + \frac{P_2}{f_2 V_2} + \frac{P_3}{f_3 V_3} = 0 \quad (5)$$

řešíme (1), (2), (3) pro neznámé f_1, f_2, f_3 jako funkce f, V_j, P_j

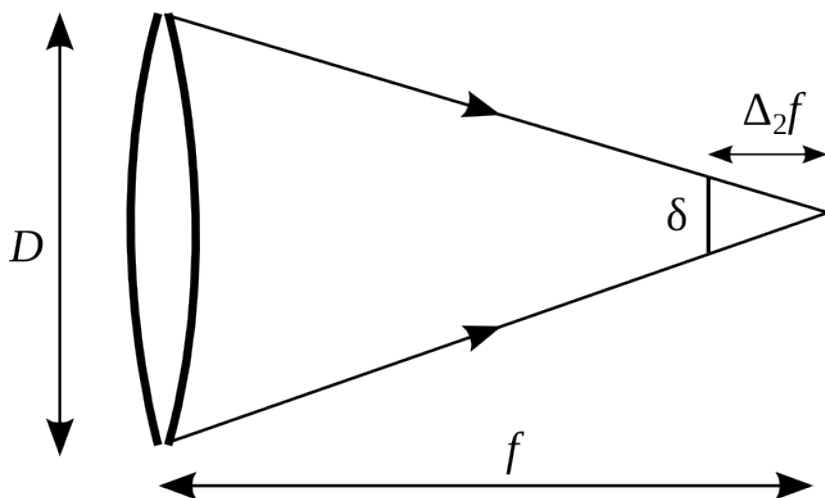
zavedeme vektory

$$\mathbf{p} = (V_2 - V_1, P_2 - P_1, 0), \quad \mathbf{q} = (V_3 - V_1, P_3 - P_1, 0)$$

$$\frac{1}{f_1} = \frac{(P_2 - P_3)V_1}{|\mathbf{p} \times \mathbf{q}| f}, \quad \frac{1}{f_2} = \frac{(P_3 - P_1)V_2}{|\mathbf{p} \times \mathbf{q}| f}, \quad \frac{1}{f_3} = \frac{(P_1 - P_2)V_3}{|\mathbf{p} \times \mathbf{q}| f}$$

- aberace závisí na ploše trojúhelníku mezi skly ve V–P diagramu
- obvykle je nutné volit jedno drahé speciální sklo

světelnost achromatických objektivů



z podobnosti trojúhelníků

$$\frac{\delta}{D} = \frac{\Delta_2 f}{f} = \text{konst.} \rightarrow \delta \propto D$$

z vlnové teorie: rozostření vlivem difrakce

$$\delta_{\text{dif}} \propto \frac{f}{D}$$

maximální světelnost (minimální clonové číslo)

$$\delta_{\text{dif}} > \delta \rightarrow \min \frac{f}{D} \propto D$$

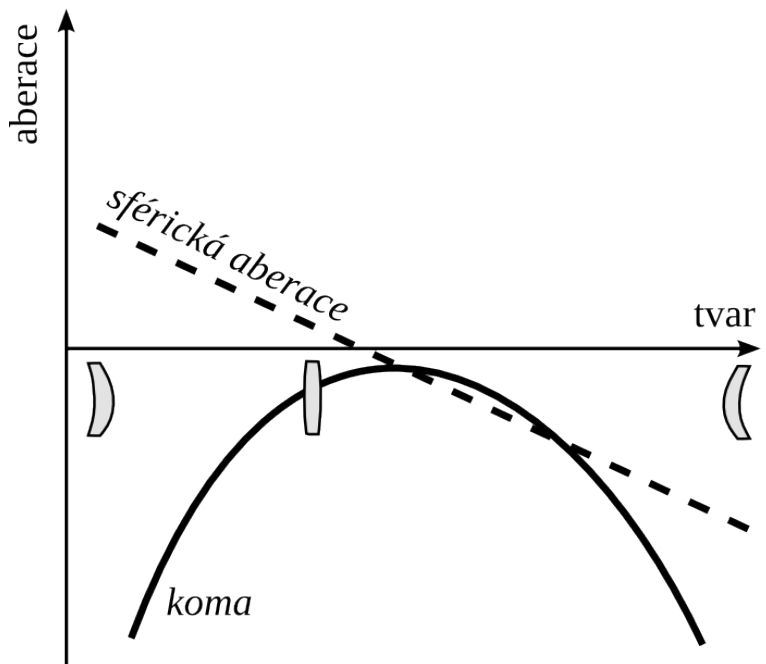
tj. s rostoucím průměrem klesá max. světelnost, případně rostou nároky na kvalitu achromatizace

typické světelnosti $f/7 - f/9$ u malých apochromátů $D \approx 15 \text{ cm}$

monochromatické aberace

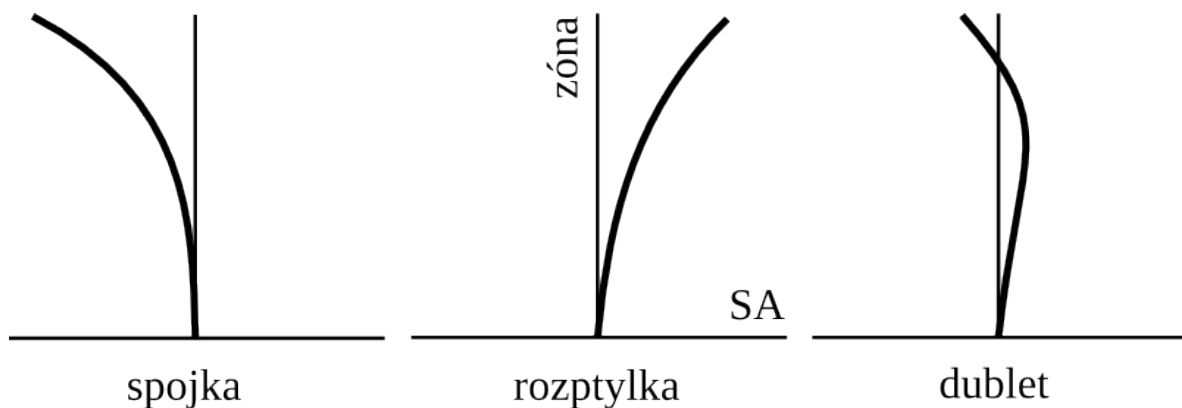
jednoduchá čočka – tvarování

- změna tvaru při zachování optické mohutnosti
- nemá vliv na barevnou vadu



achromatický dublet

- eliminace vad kombinací + a – elementů, tvarováním, vzduchovou mezerou



návrh achromátu

spojka

- větší optická mohutnost
- menší index lomu
- menší disperze
- obvykle korunové (BK7) nebo speciální (LD) sklo

rozptylka

- flintové sklo (F3)

konstrukční parametry

- skla (2)
- poloměry křivosti (4)
- mezera (1)
- tloušťka (2)

požadavky

- f
- achromatizace
- koma
- sférická aberace
- barevná SA
- zklenutí pole

mnoho různých návrhů

obvykle iterační postup vycházející z achromatizačních vzorců

příklady

