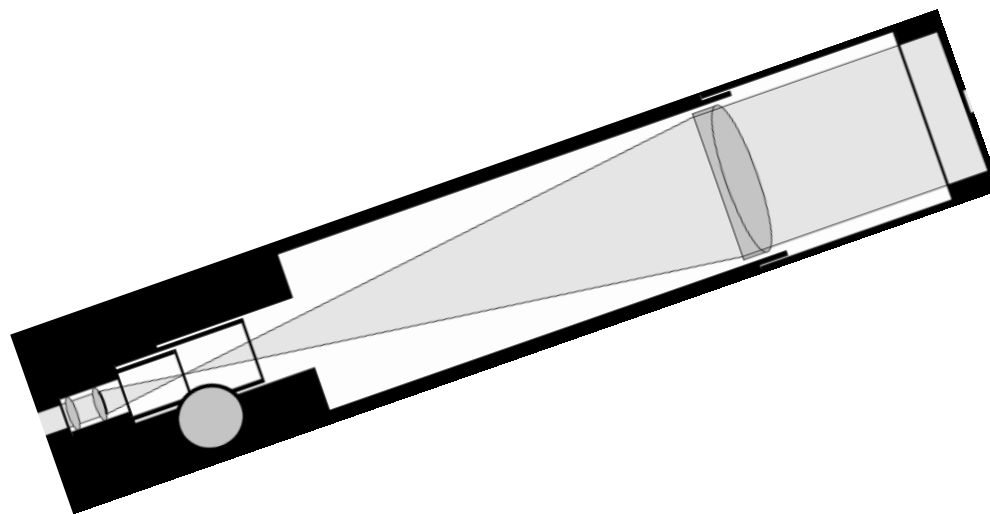


Refraktory

Čočkové teleskopy



První Refraktory

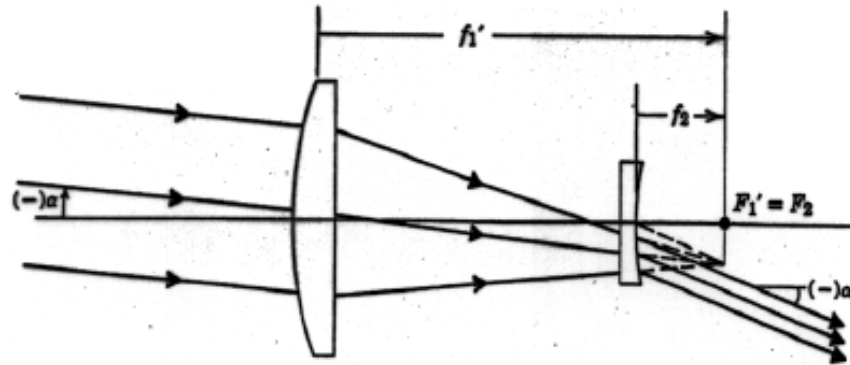


Fig. 3.41 Galilean telescope (fashioned after the first telescope).

1609 - Galileo
plankonvexní + plankonkávní čočka

1611 - Kepler
náhrada rozptylky spojným členem

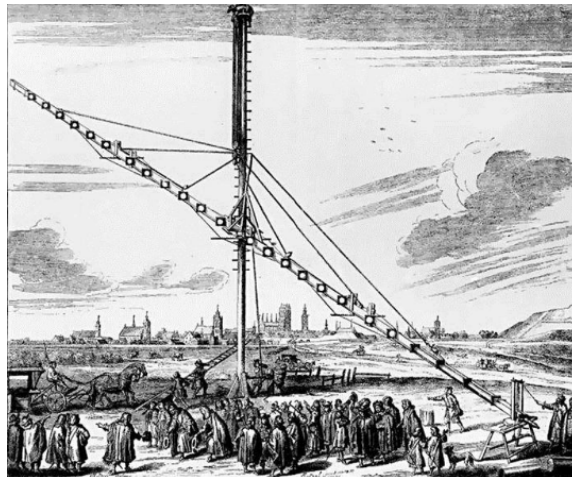
1630 ...
rozšíření na úkor Galileovy konstrukce

1670 - délka až 45 m

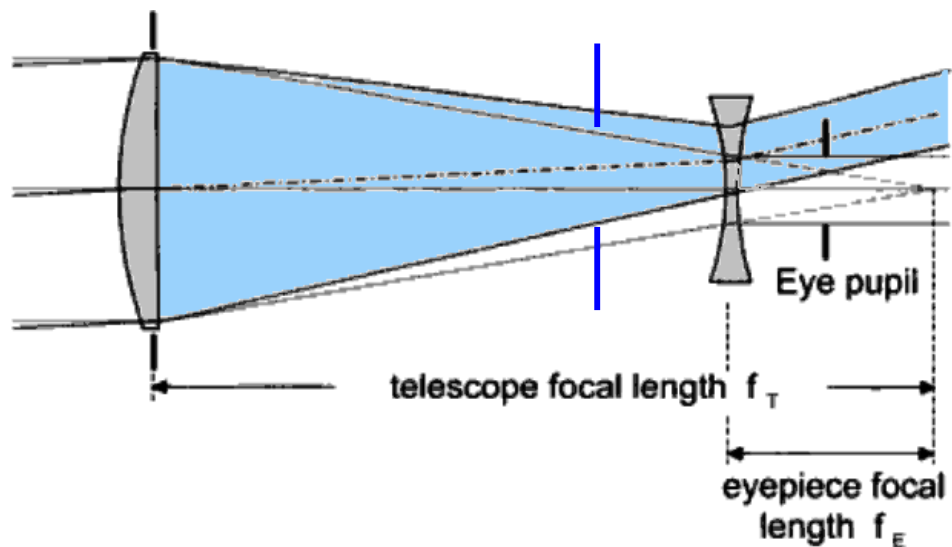
Objektiv
=
jednoduchá čočka



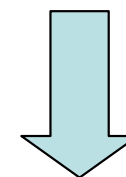
Johannes Hevelius



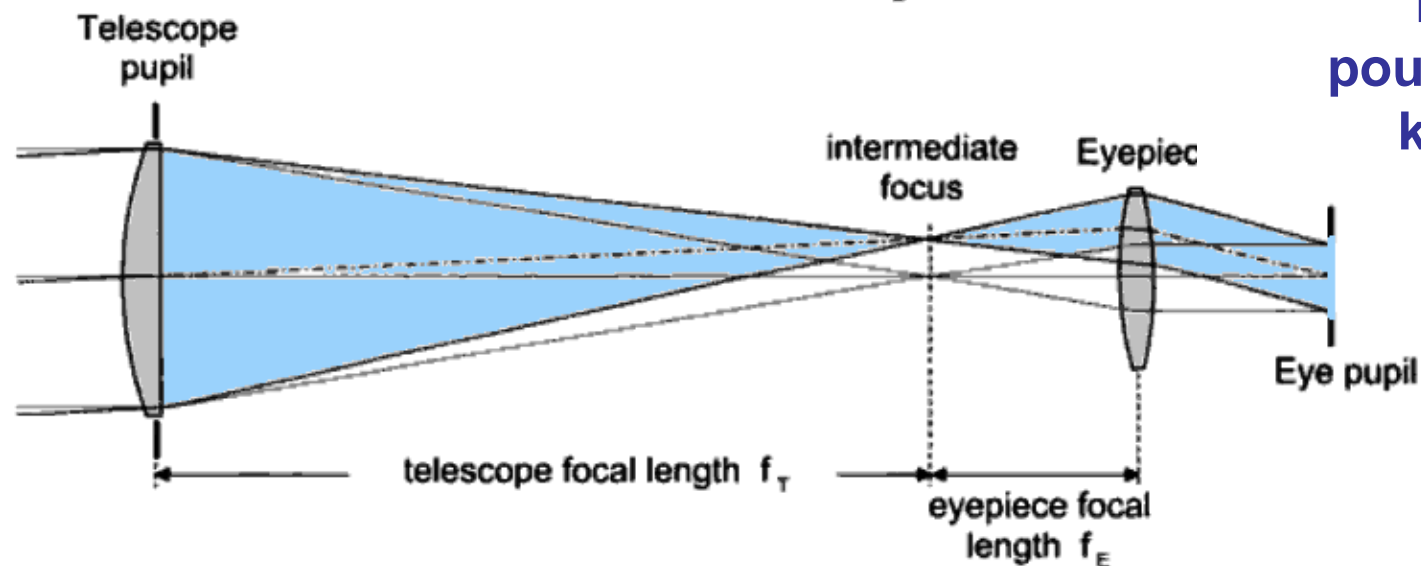
První Refraktory



malé zorné pole ,
vinětace

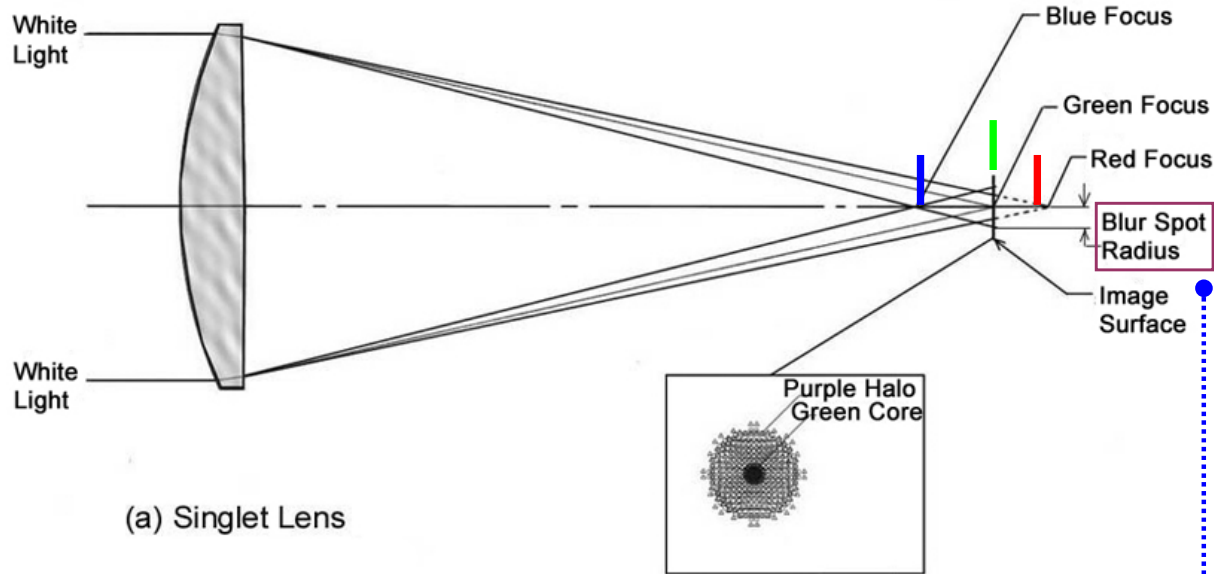


Moderní astronomické
refraktory
pouze Keplerovy
konstrukce

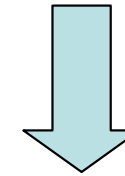


Objektivy refraktorů

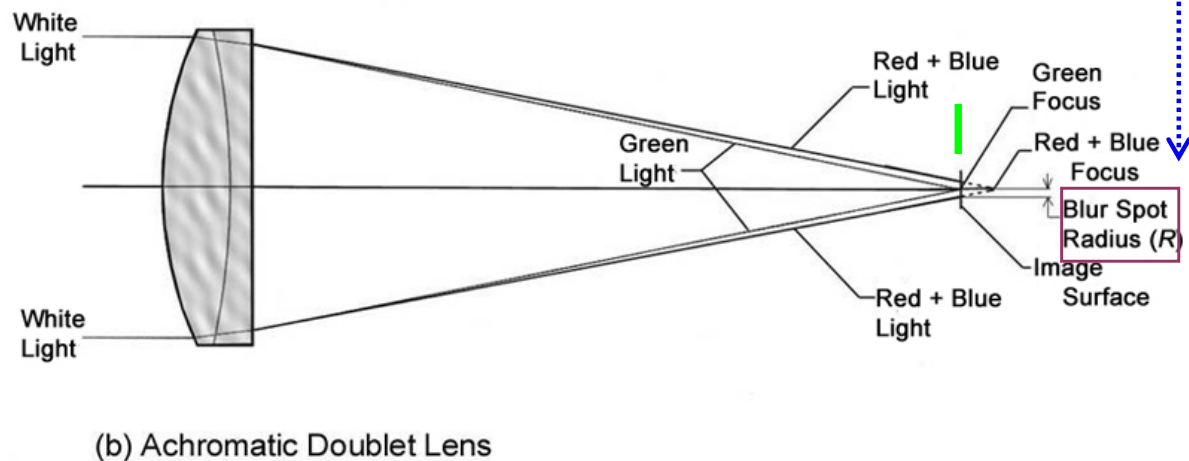
Limitující aberace – barevná vada polohy



Objektiv
=
jednoduchá čočka



Druhá polovina
18. století

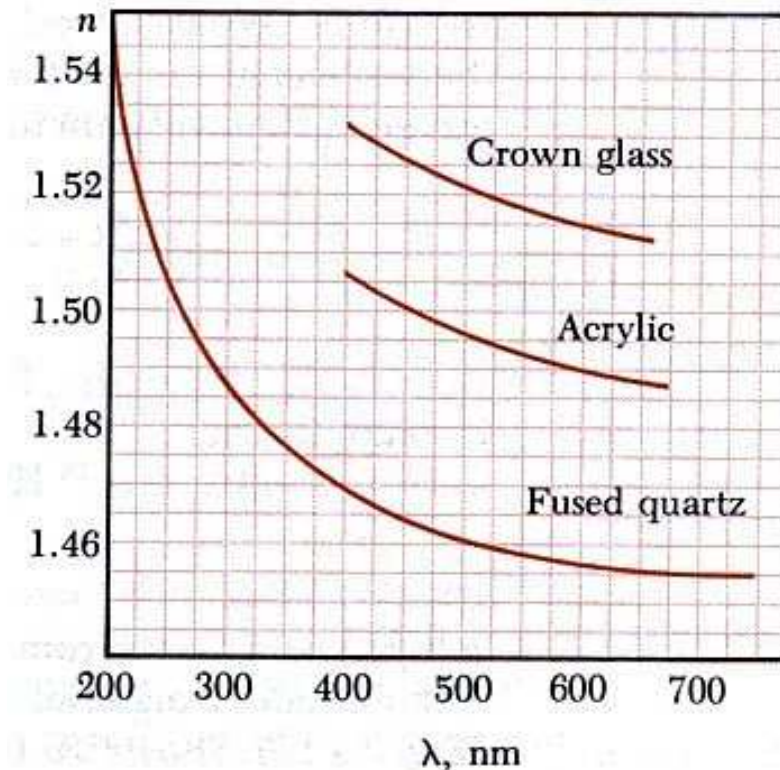


Objektiv
=
achromatický
dublet

Optické materiály

indexy lomu

disperze



$n(\lambda)$

*optické sklo
(„korunové“)*

plexisklo

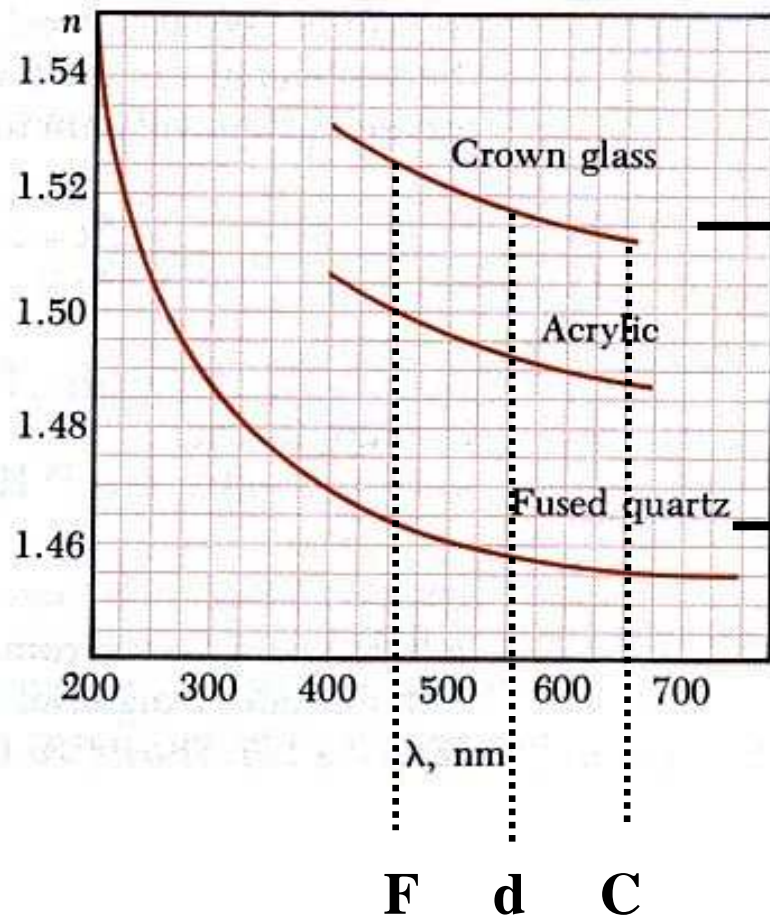
křemenné sklo

závislost hodnoty indexu lomu na vlnové délce

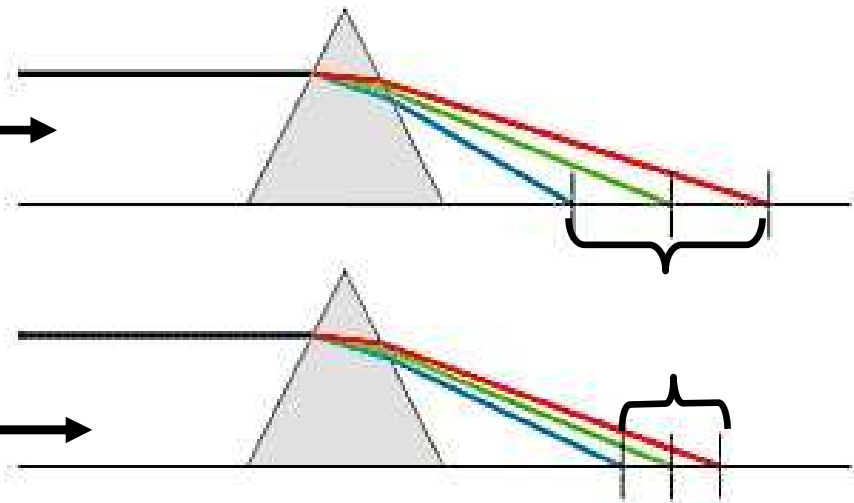
Optické materiály

„míra“ disperze - Abbeovo číslo

disperze



Různé materiály mají různou disperzi



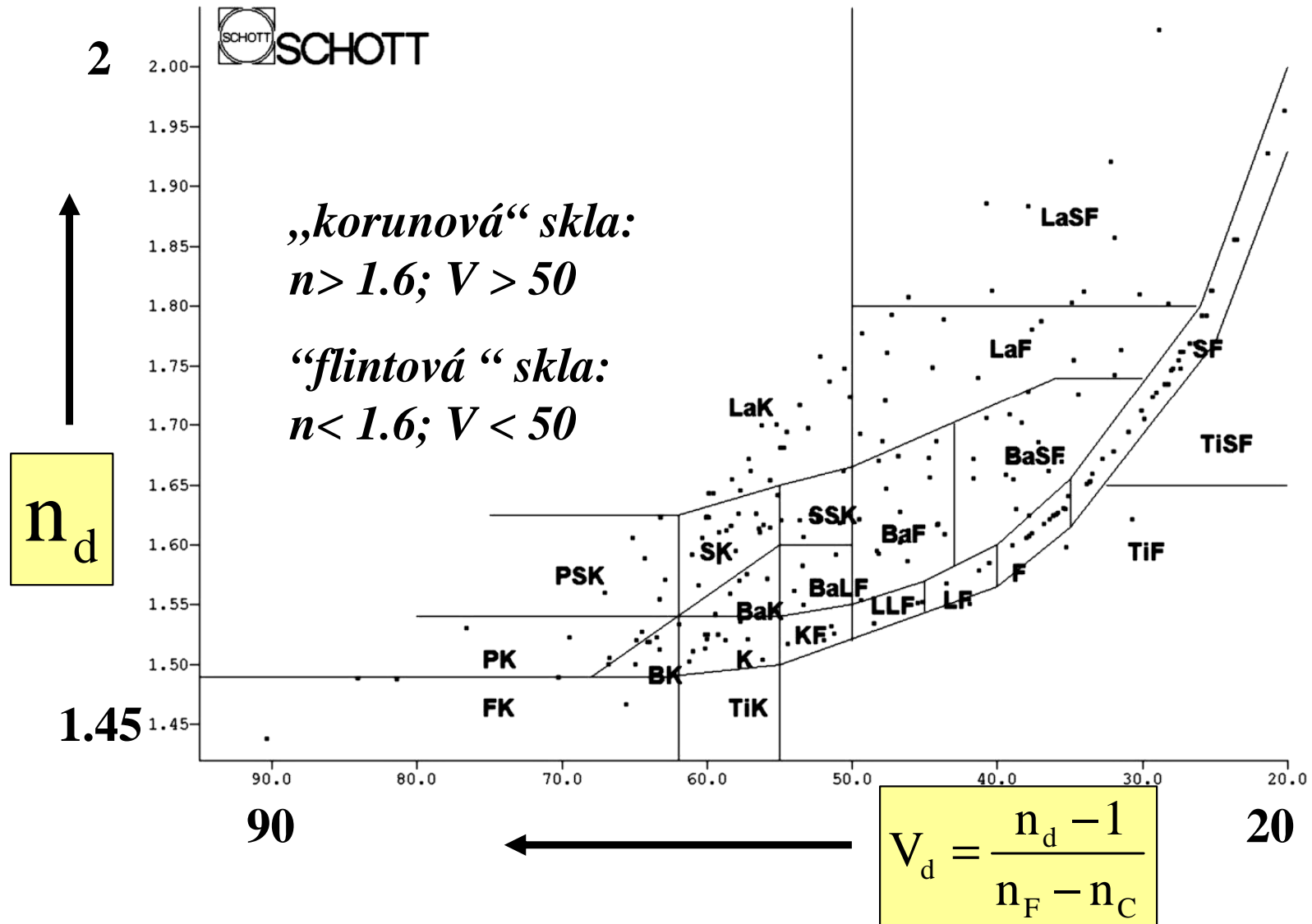
Abbeovo číslo:

$$V_d = \frac{n_d - 1}{n_F - n_C}$$

Malá disperze = velké Abbeovo číslo

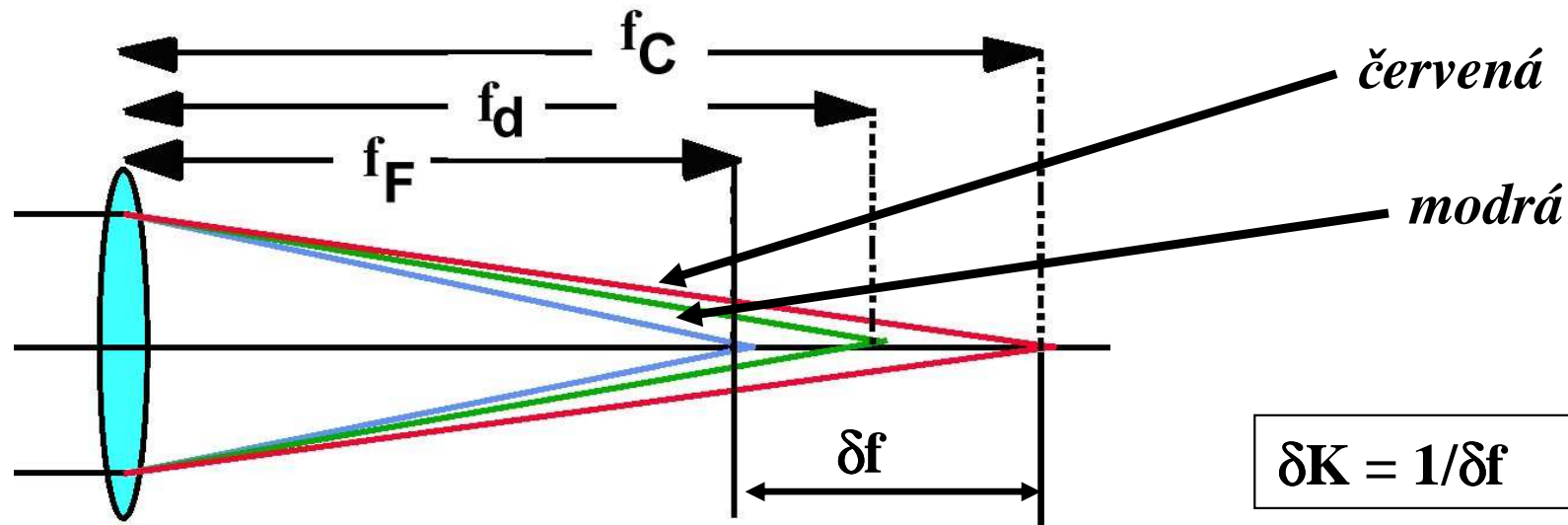
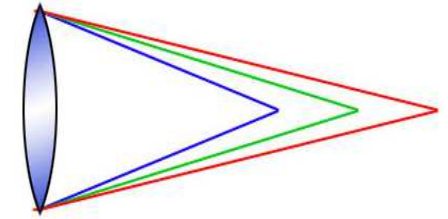
Optické materiály

diagram - „mapa“ optických skel



Korekce barevné vady polohy

barevná vada polohy tenké čočky



$$K_d = (n_d - 1)(c_1 - c_2)$$

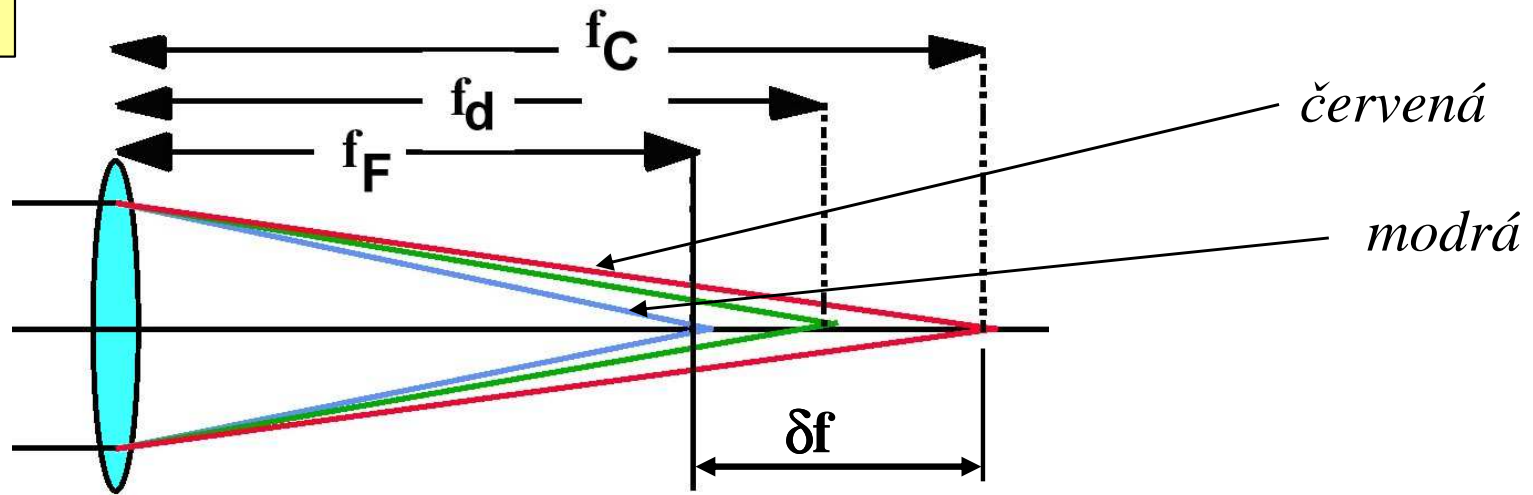
Lámavost (pro střední λ)

$$\delta K = K_F - K_C = (n_F - 1)(c_1 - c_2) - (n_C - 1)(c_1 - c_2)$$

$$\delta K = (n_F - n_C)(c_1 - c_2)$$

$$V_d = \frac{n_d - 1}{n_F - n_C}$$

Korekce barevné vady polohy



$$\delta K = (n_F - n_C)(c_1 - c_2) \underbrace{1}_{\frac{1}{V_d}} = \underbrace{\frac{1}{V_d}}_{\left(\frac{n_F - n_C}{n_d - 1}\right)} \underbrace{K_d}_{(n_d - 1)(c_1 - c_2)}$$

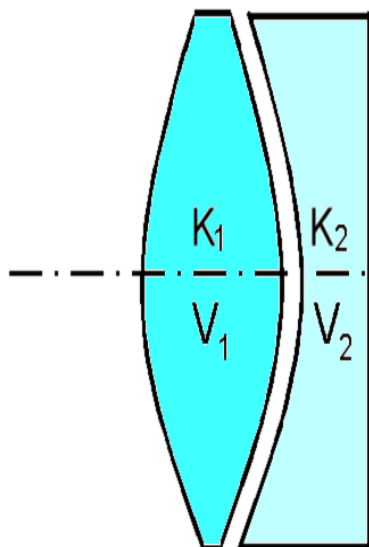
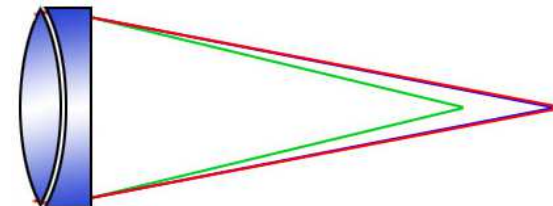
*Změna lámavosti (ohniskové délky)
tenké čočky v rozsahu barev F- C
(„červená - modrá“):*

$$\delta K = \frac{K_d}{V}; \quad \delta f = \frac{f_d}{V}$$

Korekce barevné vady polohy

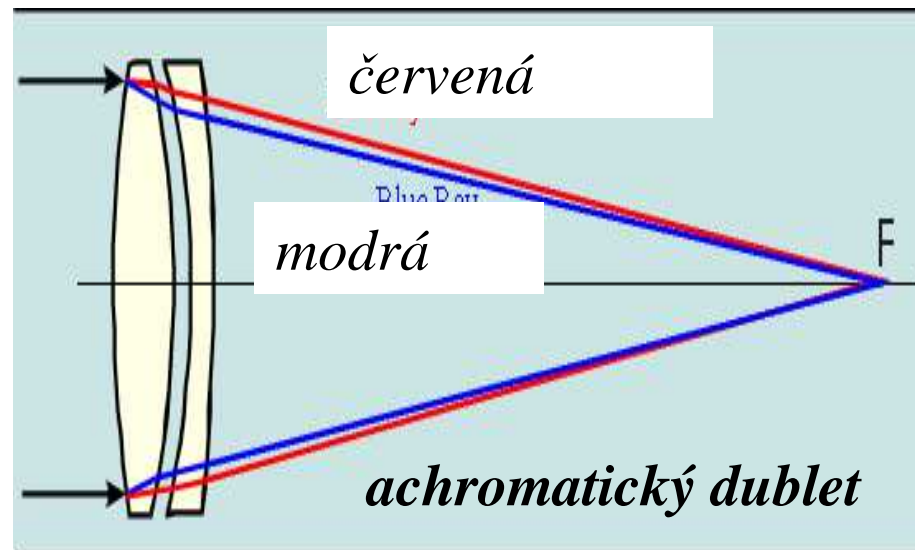
$$? \delta f = 0 ?$$

dvě čočky v kontaktu



$$\delta K = \delta K_1 + \delta K_2 = 0$$

$$\delta K = \frac{K_1}{V_1} + \frac{K_2}{V_2} = 0$$



$$\frac{K_1}{V_1} = -\frac{K_2}{V_2}$$

**podmínka
„achromacie“**

$$V_d = \frac{n_d - 1}{n_F - n_C}$$

Kombinace spojky +K a rozptylky -K vyrobených ze dvou materiálů s různou disperzí - Abbeovým číslem

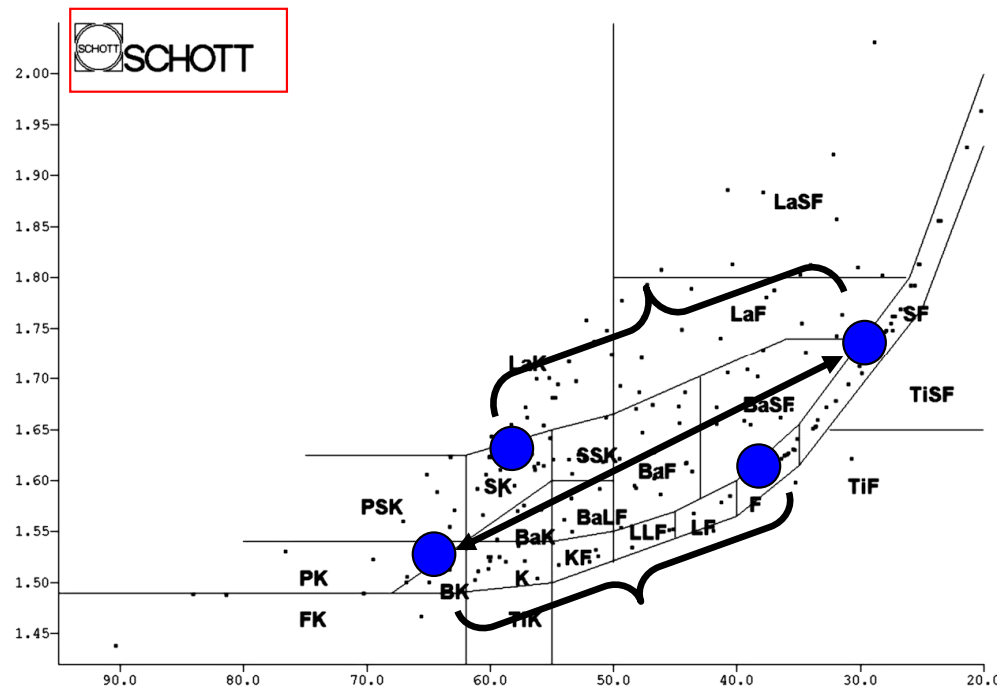
Korekce barevné vady polohy

dvě čočky v kontaktu

Kombinace spojky +K a rozptylky -K vyrobených ze dvou materiálů s různou disperzí - Abbeovým číslem

$$\frac{K_1}{V_1} = -\frac{K_2}{V_2}$$

n_d



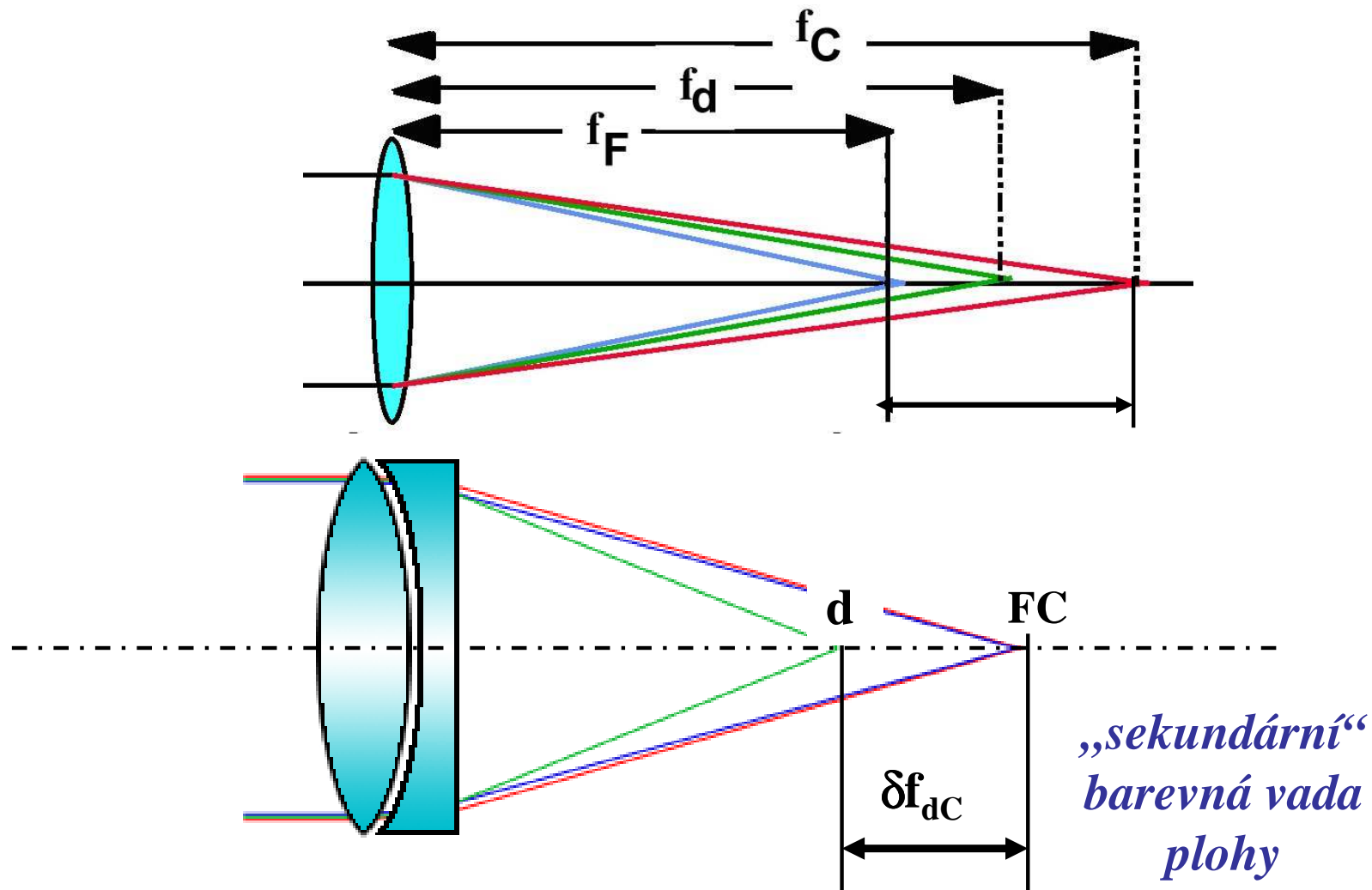
Často používaná skla pro achromatický dublet v katalogích:

BK7 - F2;

BK7 - SF2;

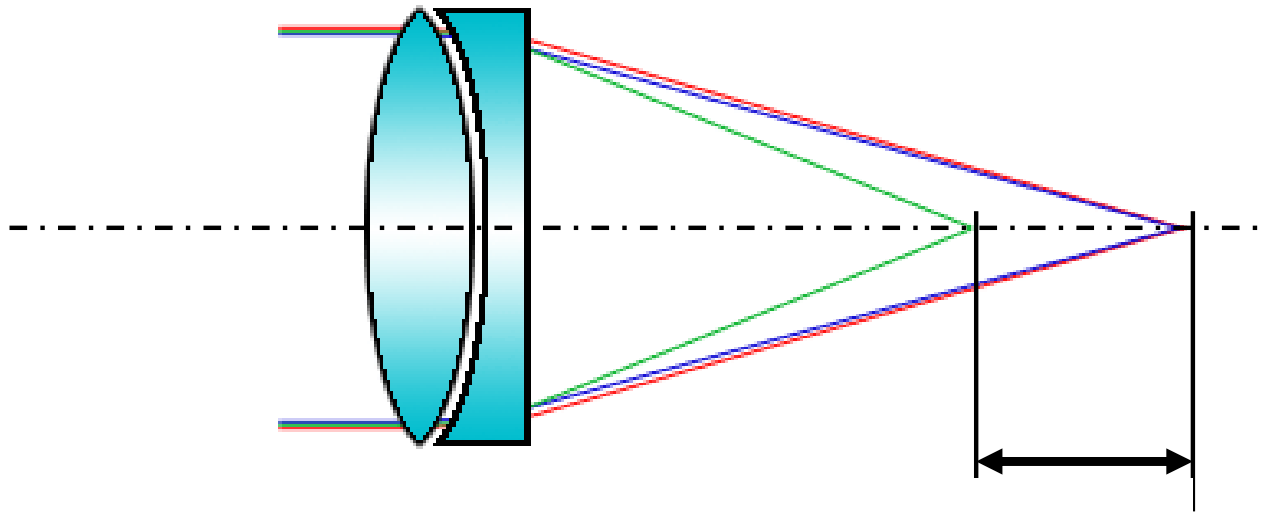
SK11 - SF5

Achromatický dublet – sekundární spektrum



Snaha aby $\delta f_{dC} = 0$

Achromatický dublet – sekundární spektrum



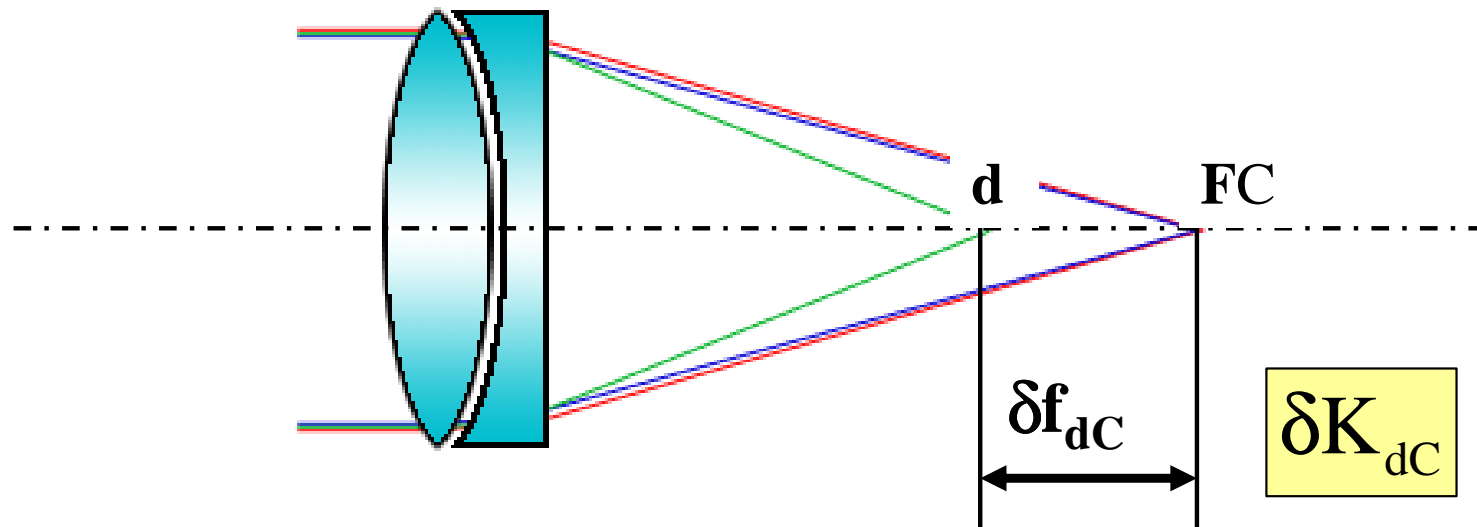
*velikost
sekundárního
spektra závisí
na tzv.
relativní
částečné
disperzi skel*

viditelná oblast spektra :

$$P_{dC} = \frac{n_d - n_C}{n_F - n_C}$$

Achromatický dublet – sekundární spektrum

*velikost sekundárního spektra závisí na tzv. **relativní částečné disperzi***



Pro eliminaci sekundárního barevné vady je nutné použít dvě skla, která mají rozdílnou velikost Abbeova čísla (podmínka achromacie), ale se „stejnou“ relativní částečnou disperzí (viditelná oblast spektra).

$$P_{1dC} = \frac{n_{1d} - n_{1C}}{n_{1F} - n_{1C}}$$

$$P_{2dC} = \frac{n_{2d} - n_{2C}}{n_{2F} - n_{2C}}$$

Achromatický dublet – sekundární spektrum

Pro eliminaci sekundárního barevné vady je nutné použít dvě skla, která mají rozdílnou velikost Abbeova čísla (podmínka achromacie) ale se „stejnou“ relativní částečnou disperzí (viditelná oblast spektra).

$$P_{1dC} = \frac{n_{1d} - n_{1C}}{n_{1F} - n_{1C}}$$

$$P_{2dC} = \frac{n_{2d} - n_{2C}}{n_{2F} - n_{2C}}$$

Podmínka korekce sekundární barevné vady

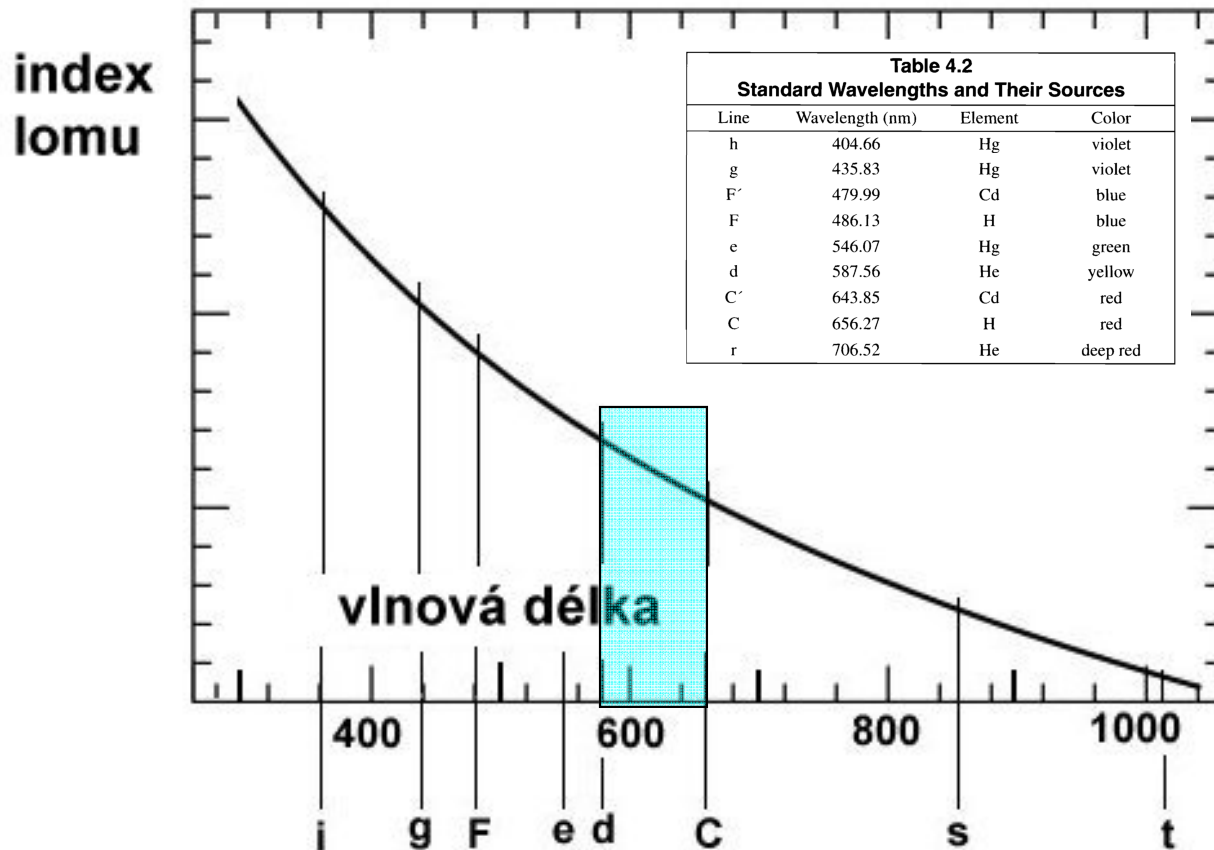
$$\frac{K_1}{V_1} P_{1dC} + \frac{K_2}{V_2} P_{2dC} = 0$$

$$\delta f_{dC} = \frac{(P_{1dC} - P_{2dC})}{(V_1 - V_2)} f = \frac{\Delta P_{dC}}{\Delta V} f$$

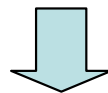
Lze odvodit:

$$\frac{\delta f_{dC}}{f} = \frac{\delta K_{dC}}{K} = \frac{\Delta P_{dC}}{\Delta V} = 0$$

Diagram – definice relativní částečné disperze



Viz. katalogový list optického skla



*Relativní částečná disperze
(obecný zápis)*

$$P_{xy} = \frac{n_x - n_y}{n_F - n_C}$$

*Relativní částečná disperze
(pro úsek d - C)*

$$P_{dC} = \frac{n_d - n_C}{n_F - n_C}$$

$n_d = 1.51680$ $v_d = 64.17$
 $n_e = 1.51872$ $v_e = 63.96$

$n_F - n_C = 0.008054$
 $n_F - n_C' = 0.008110$

N-BK7 517642.251

Refractive Indices		
	λ [nm]	
$n_{2325.4}$	2325.4	1.48921
$n_{1970.1}$	1970.1	1.49495
$n_{1529.6}$	1529.6	1.50091
$n_{1060.0}$	1060.0	1.50669
n_t	1014.0	1.50731
n_a	852.1	1.50980
n_r	706.5	1.51289
n_C	656.3	1.51432
$n_{C'}$	643.8	1.51472
$n_{632.8}$	632.8	1.51509
n_D	589.3	1.51673
n_d	587.6	1.51680
n_e	546.1	1.51872
n_F	486.1	1.52238
$n_{F'}$	480.0	1.52283
n_g	435.8	1.52668
n_h	404.7	1.53024
n_i	365.0	1.53627
$n_{334.1}$	334.1	1.54272
$n_{312.6}$	312.6	1.54862
$n_{296.7}$	296.7	
$n_{280.4}$	280.4	
$n_{248.3}$	248.3	

Internal Transmittance τ_i		
λ [nm]	τ_i [10 mm]	τ_i [25 mm]
2500	0.67	0.36
2325	0.79	0.56
1970	0.930	0.84
1530	0.992	0.980
1060	0.999	0.997
700	0.998	0.996
660	0.998	0.994
620	0.998	0.994
580	0.998	0.995
546	0.998	0.996
500	0.998	0.994
460	0.997	0.993
436	0.997	0.992
420	0.997	0.993
405	0.997	0.993
400	0.997	0.992
390	0.996	0.989
380	0.993	0.983
370	0.991	0.977
365	0.988	0.971
350	0.967	0.920
334	0.910	0.78
320	0.77	0.52
310	0.57	0.25
300	0.29	0.05
290	0.06	
280		
270		
260		
250		

Relative Partial Dispersion	
$P_{s,t}$	0.3098
$P_{C,e}$	0.5612
$P_{d,C}$	0.3076
$P_{e,d}$	0.2386
$P_{g,F}$	0.5349
$P_{i,h}$	0.7483
$P'_{s,t}$	0.3076
$P'_{C,s}$	0.6062
$P'_{d,C'}$	0.2566
$P'_{e,d}$	0.2370
$P'_{g,F'}$	0.4754
$P'_{i,h}$	0.7432

Deviation of Rel. Partial Dispersion	
ΔP from "Normal Line"	
$\Delta P_{C,t}$	0.0216
$\Delta P_{C,s}$	0.0087
$\Delta P_{F,e}$	-0.0009
$\Delta P_{g,F}$	-0.0009
$\Delta P_{i,g}$	0.0035

Other Properties	
$\alpha_{30/+70^\circ C} [10^{-6}/K]$	7.1
$\alpha_{+20/+300^\circ C} [10^{-6}/K]$	8.3
$T_g [^\circ C]$	557
$T_{10}^{13.0} [^\circ C]$	557
$T_{10}^{7.6} [^\circ C]$	719
$c_p [J/(g \cdot K)]$	0.858
$\lambda [W/(m \cdot K)]$	1.114

Constants of Dispersion Formula	
B_1	$1.03961212 \cdot 10^{+00}$
B_2	$2.31792344 \cdot 10^{-01}$
B_3	$1.01046945 \cdot 10^{+00}$
C_1	$6.00069867 \cdot 10^{-03}$
C_2	$2.00179144 \cdot 10^{-02}$
C_3	$1.03560853 \cdot 10^{+02}$

Constants of Formula dn/dT	
D_0	$1.86 \cdot 10^{-06}$
D_1	$1.31 \cdot 10^{-08}$
D_2	$-1.37 \cdot 10^{-11}$
E_0	$4.34 \cdot 10^{-07}$
E_1	$6.27 \cdot 10^{-10}$
$\lambda_{TK} [\mu m]$	0.170

Temperature Coefficients of Refractive Index						
[$^\circ C$]	$\Delta n_{rel} / \Delta T [10^{-6}/K]$			$\Delta n_{abs} / \Delta T [10^{-6}/K]$		
	1060.0	e	g	1060.0	e	g
-40/-20	2.4	2.9	3.3	0.3	0.8	1.2
+20/+40	2.4	3.0	3.5	1.1	1.6	2.1
+60/+80	2.5	3.1	3.7	1.5	2.1	2.7

Color Code	
$\lambda_{80} / \lambda_{5}$	33/29

Remarks	

$\rho [g/cm^3]$	2.51
$E [10^9 N/mm^2]$	82
μ	0.206
$K [10^{-6} mm^2/N]$	2.77
$HK_{0.1/20}$	610
HG	3
B	0
CR	2
FR	0
SR	1
AR	2
PR	2.3

Hodnoty relativní
 částečné disperze
 pro různé úseky
 spektra

$P_{d,C}$	0.3076
-----------	--------

Uvedený příklad

Optické materiály
 různí výrobci

Schott

Ohara

Hoya

Corning

Sumita

katalogový list Schott

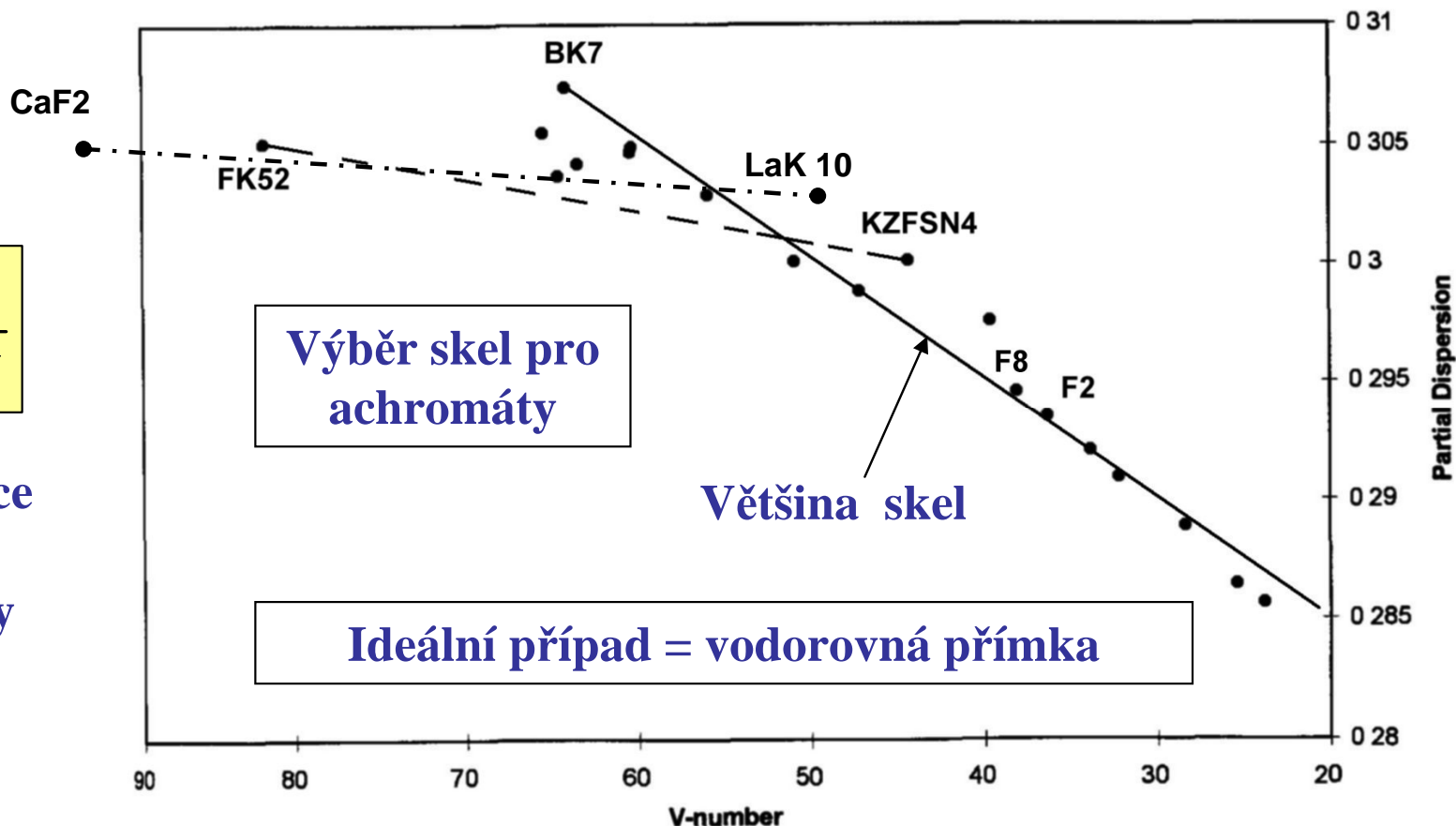
sklo BK7

SCHOTT Optical Glass

Diagram - relativní částečná disperze - Abbeovo číslo

$$\frac{\delta f'}{f'} = \frac{\Delta P}{\Delta V}$$

stupeň korekce sekundární barevné vady



Výběr skel pro achromáty

Většina skel

Ideální případ = vodorovná přímka

Běžný achromát

BK7
 $V_d = 64.17;$
 $P = 0.3075$

F2
 $V_d = 36.7;$
 $P = 0.2937$

$$\frac{\Delta P}{\Delta V} \approx 0.0005$$

Speciální skla

FK52
 $V_d = 81.80;$
 $P = 0.3054$

KZFSN4
 $V_d = 44.29;$
 $P = 0.3004$

$$\frac{\Delta P}{\Delta V} \approx 0.00013$$

LAK 10
 $V_d = 50.4;$
 $P = 0.3024$

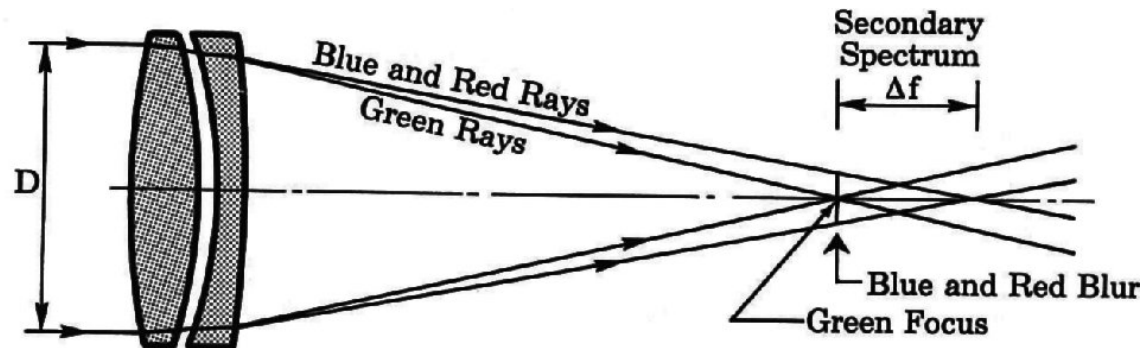
CaF2 – fluorit
 $V_d = 95.23;$
 $P = 0.3046$

$$\frac{\Delta P}{\Delta V} \approx 0.00005$$

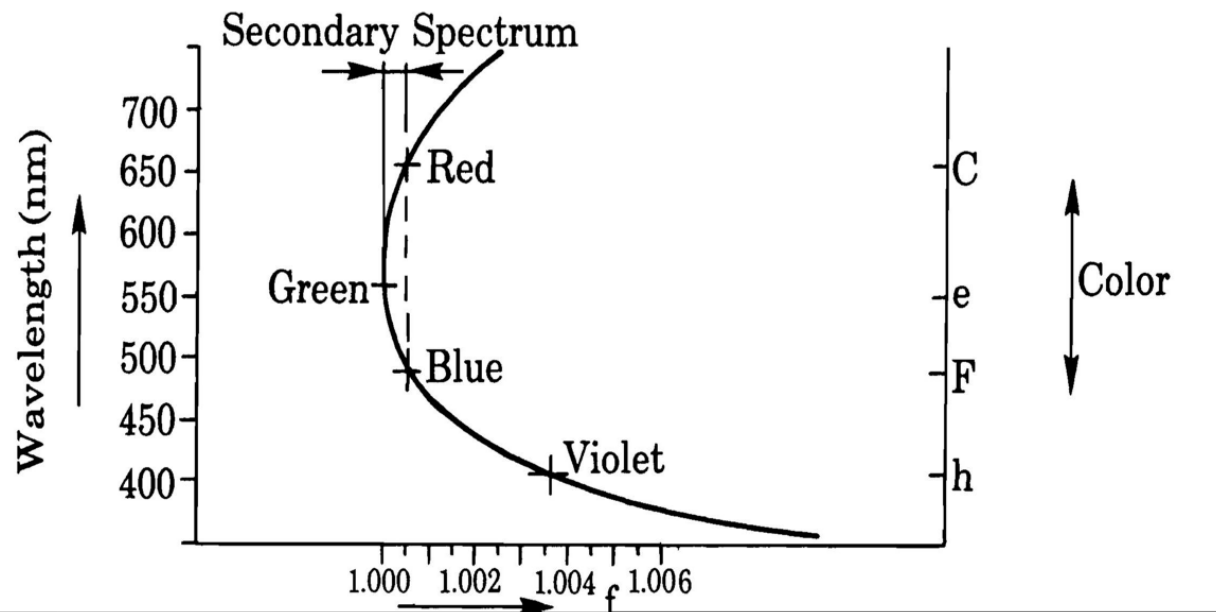
Nízko disperzní skla

Fluorit- anomální disperze

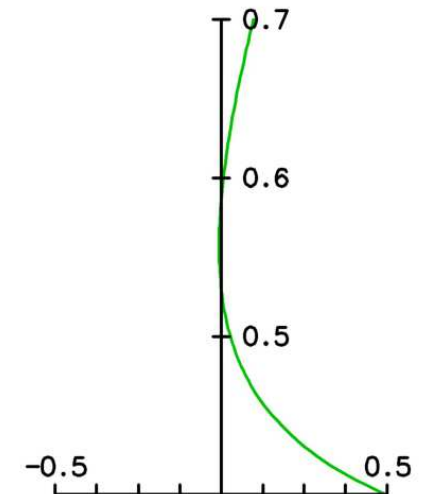
Barevný posun ohniska δf (chromatic focal shift).



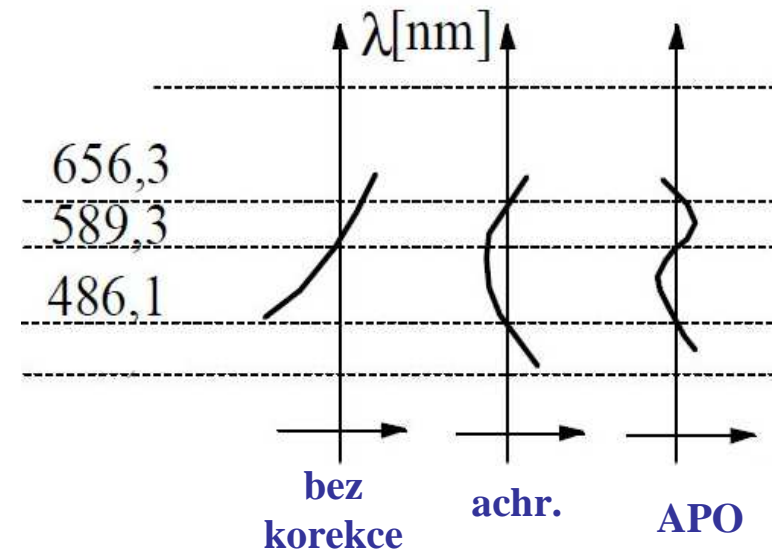
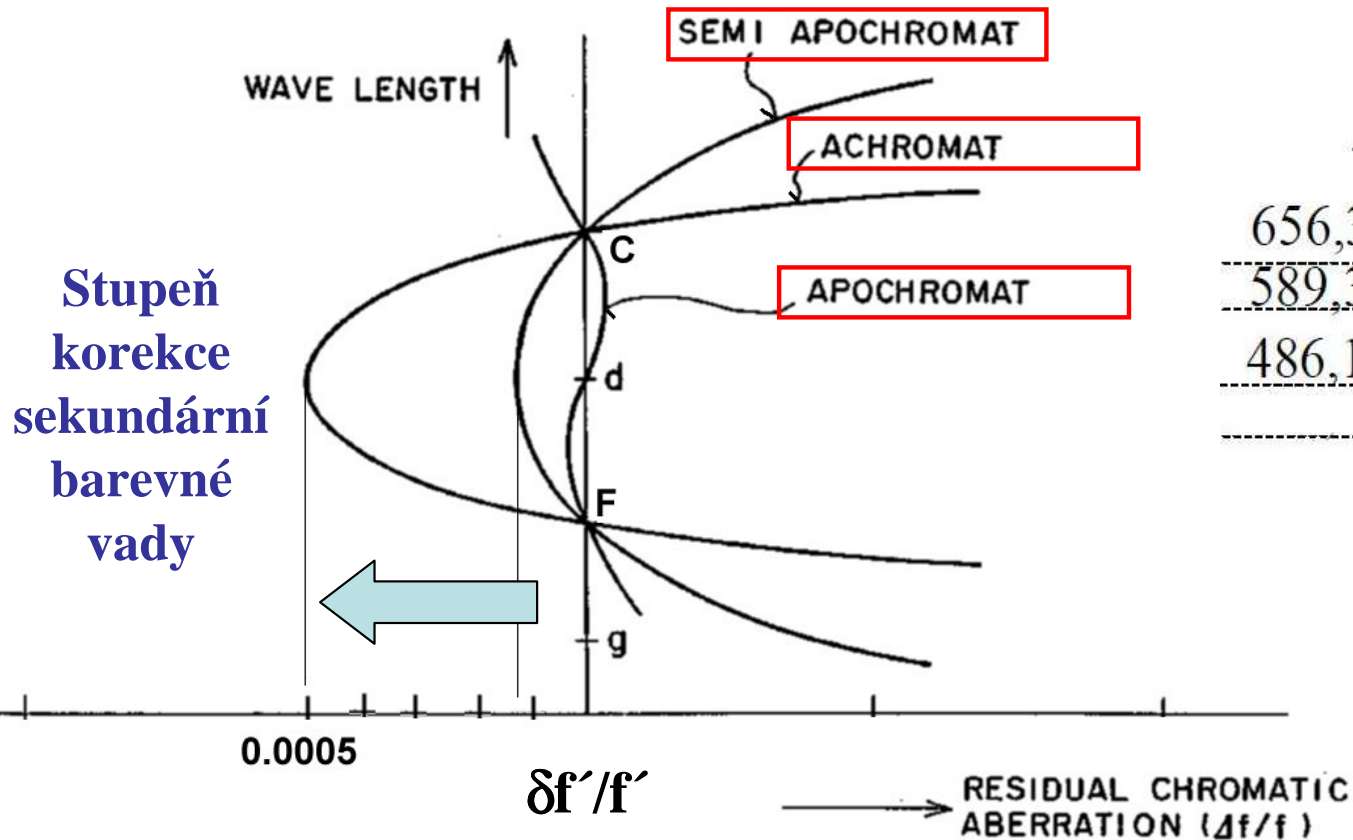
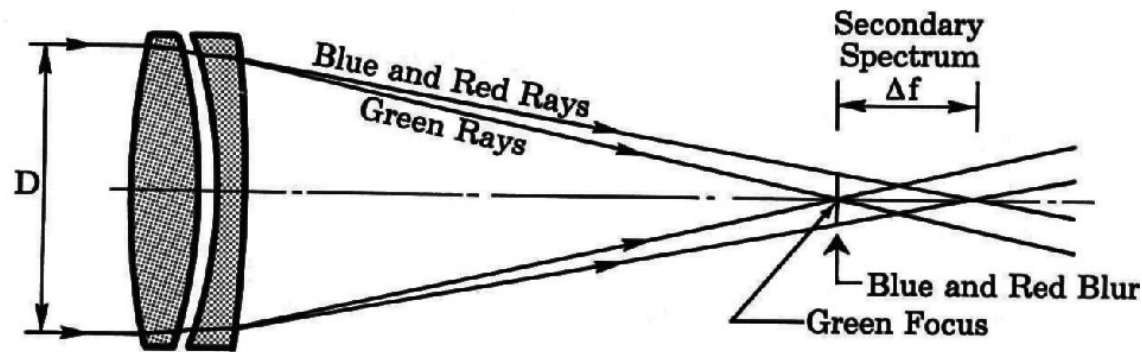
OSLO



CHROMATIC FOCAL SHIFT (mm)



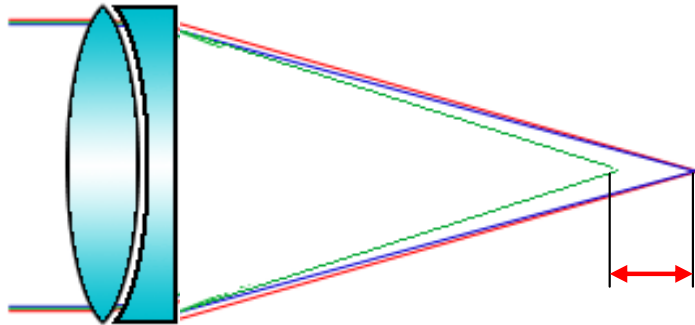
Barevný posun ohniska δf (chromatic focal shift).



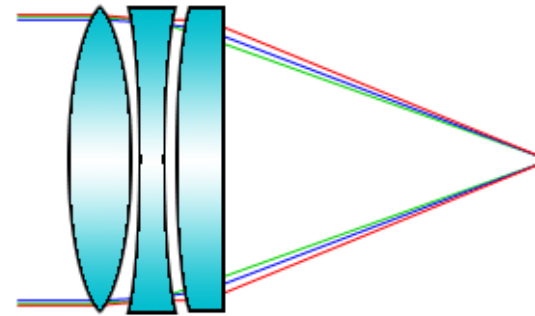
Korekce sekundárního spektra – „korigovány“ 3 vlnové délky

Apochromát

dublet



triplet



běžná optická skla

drahá nízko-disperzní speciální skla

ED (Extra-low Dispersion)

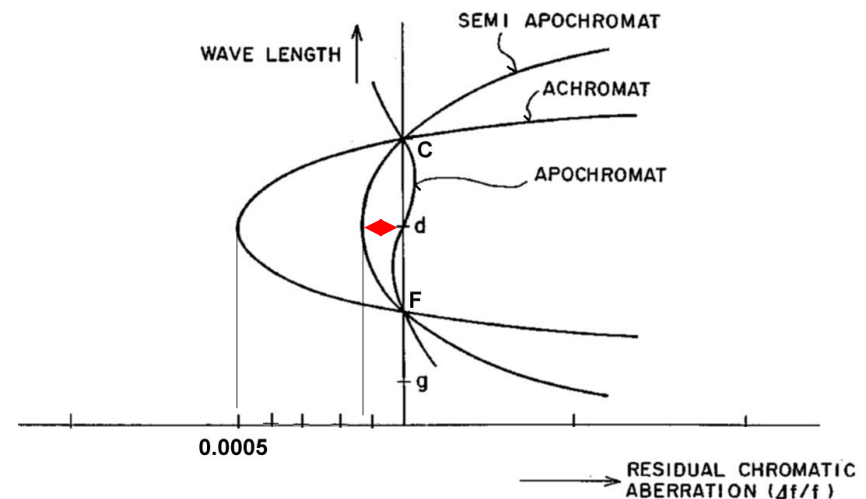
nebo

krystalický fluorit CaF₂

(„anomální disperze“)

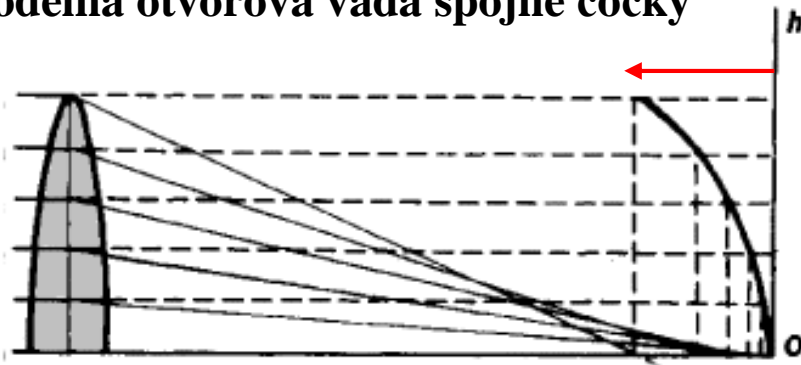
Apochromatický dublet prakticky
neexistuje – vždy zůstává nějaká
minimální sekundární barevná vada

$$\delta f'/f'$$

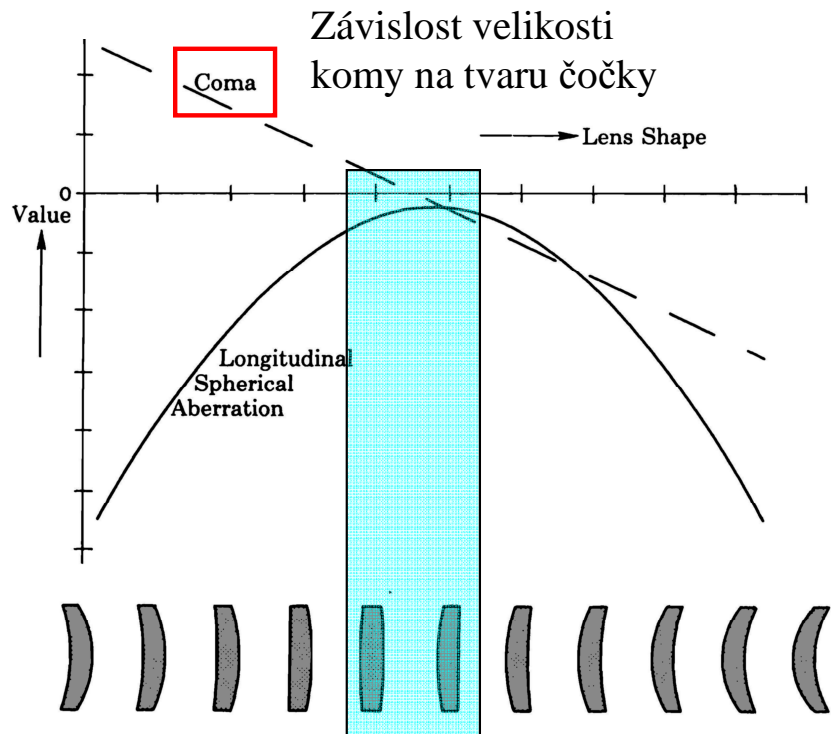
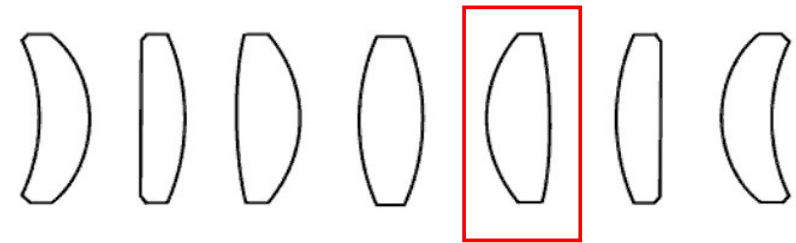


Závislost otvorové vady a komy na tvaru čoček

Podélná otvorová vada spojné čočky



Závislost velikosti otvorové vady na tvaru čočky

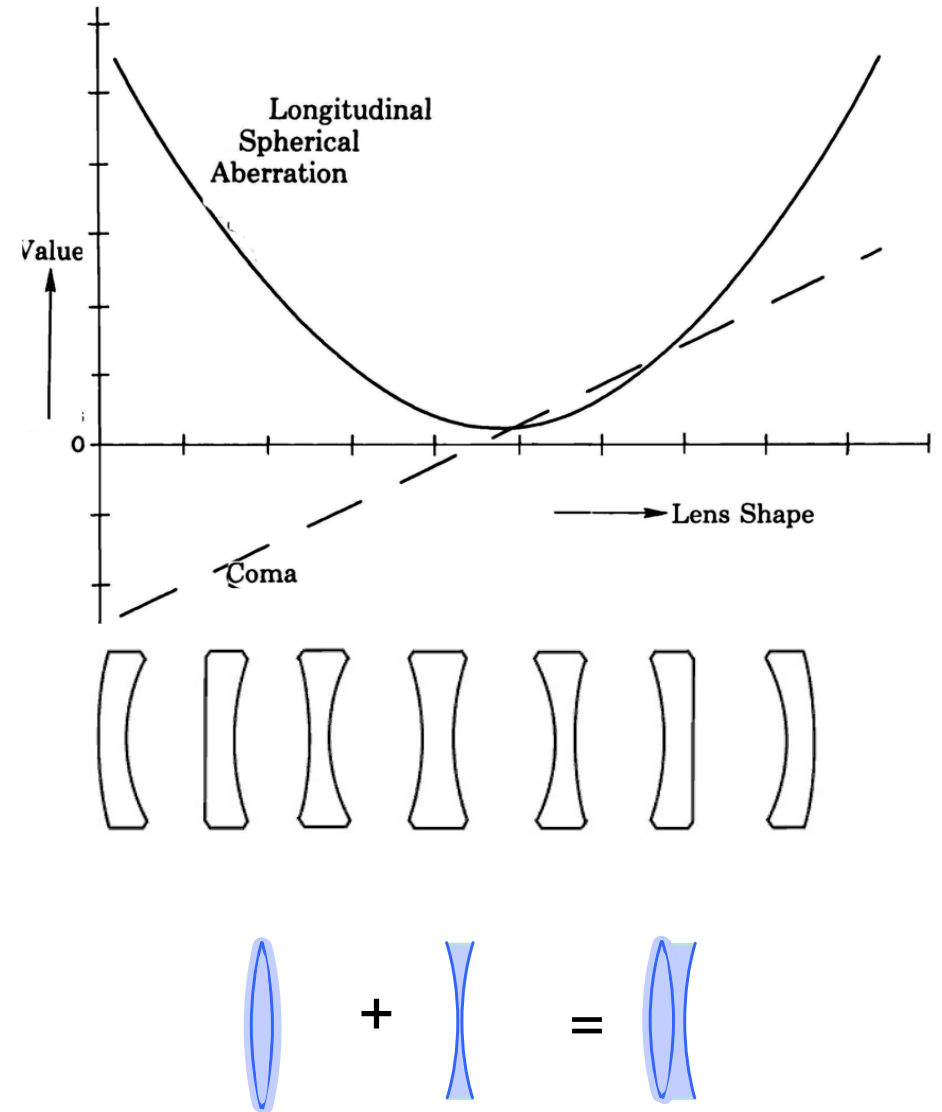
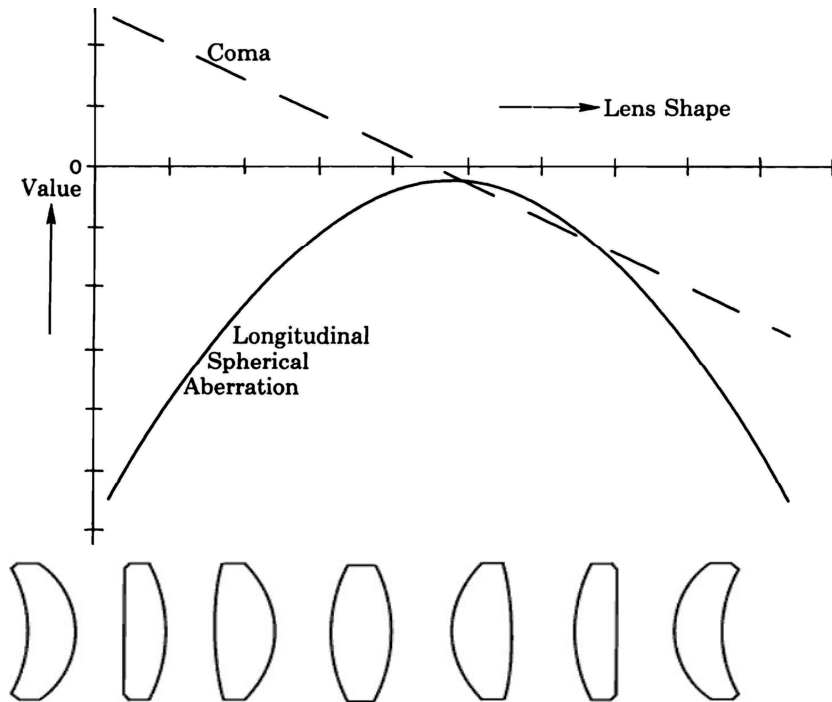


Podobná závislost na tvaru platí i pro případ rozptylné čočky ale s **opačným směrem**

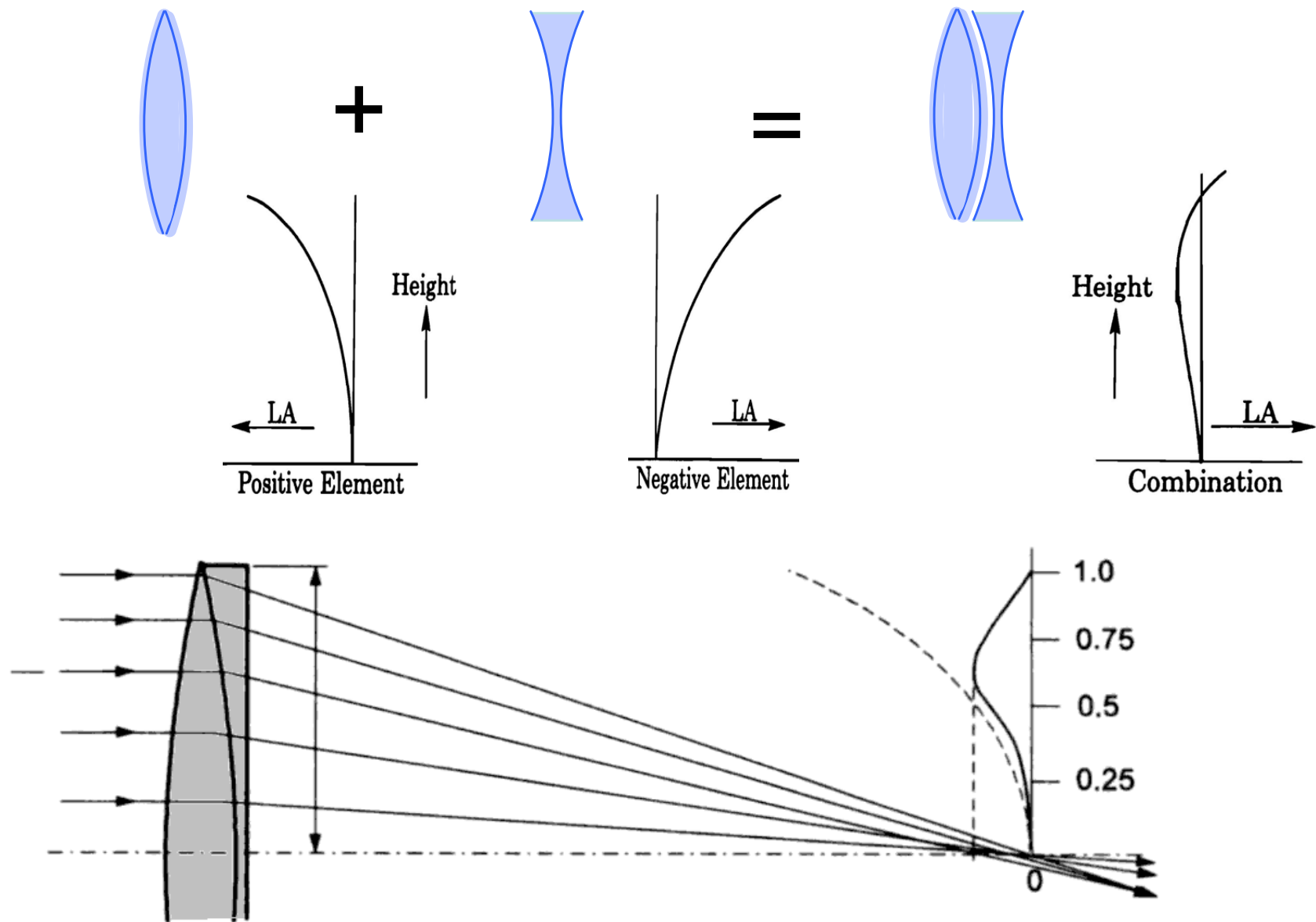


Závislost otvorové vady a komy na tvaru čoček

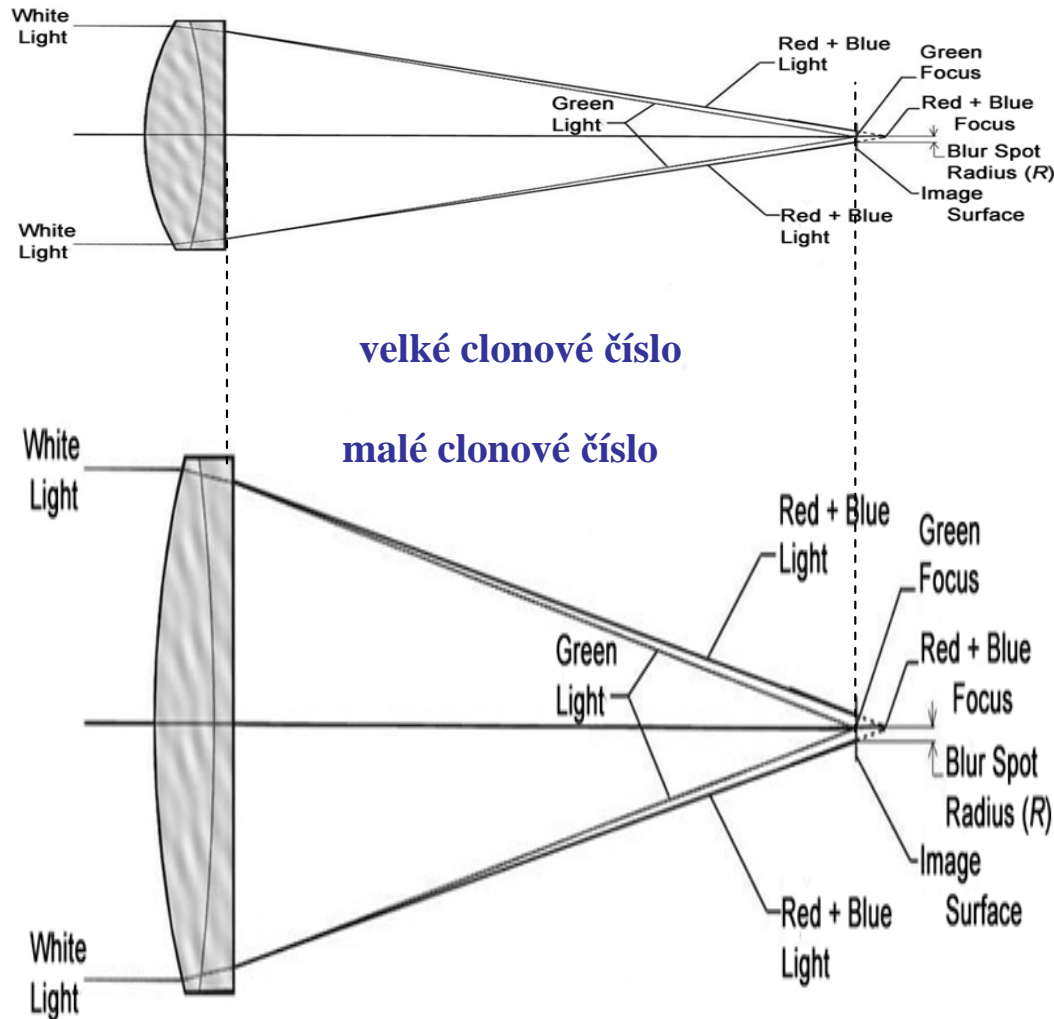
Podobná závislost na tvaru platí i pro případ rozptylné čočky ale s opačným směrem



Korekce otvorové vady – Achromatický dublet

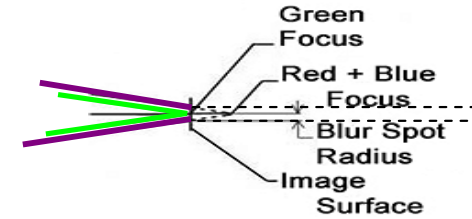


Achromatický dublet – clonová čísla

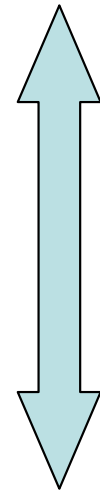
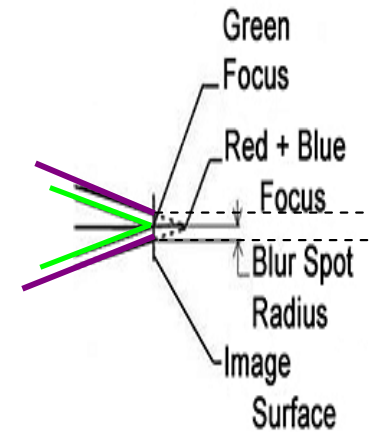


velké clonové číslo

malé clonové číslo



Velikost obrazu bodu – spotu je nepřímo úměrná velikosti clonového čísla objektivu (úhel paprskového kužele)



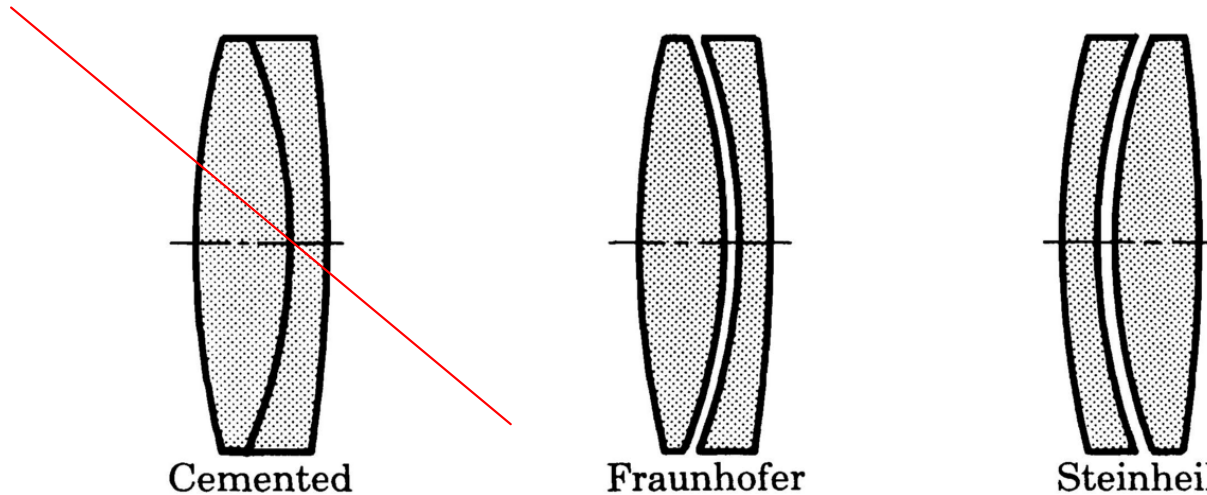
Větší korekce sekundárního spektra

=

možnost menšího clonového čísla

Achromatické dublety :
clonová čísla cca $f/20$ - $f/8$ (speciální skla)

Achromatic doublets for astronomy basic types



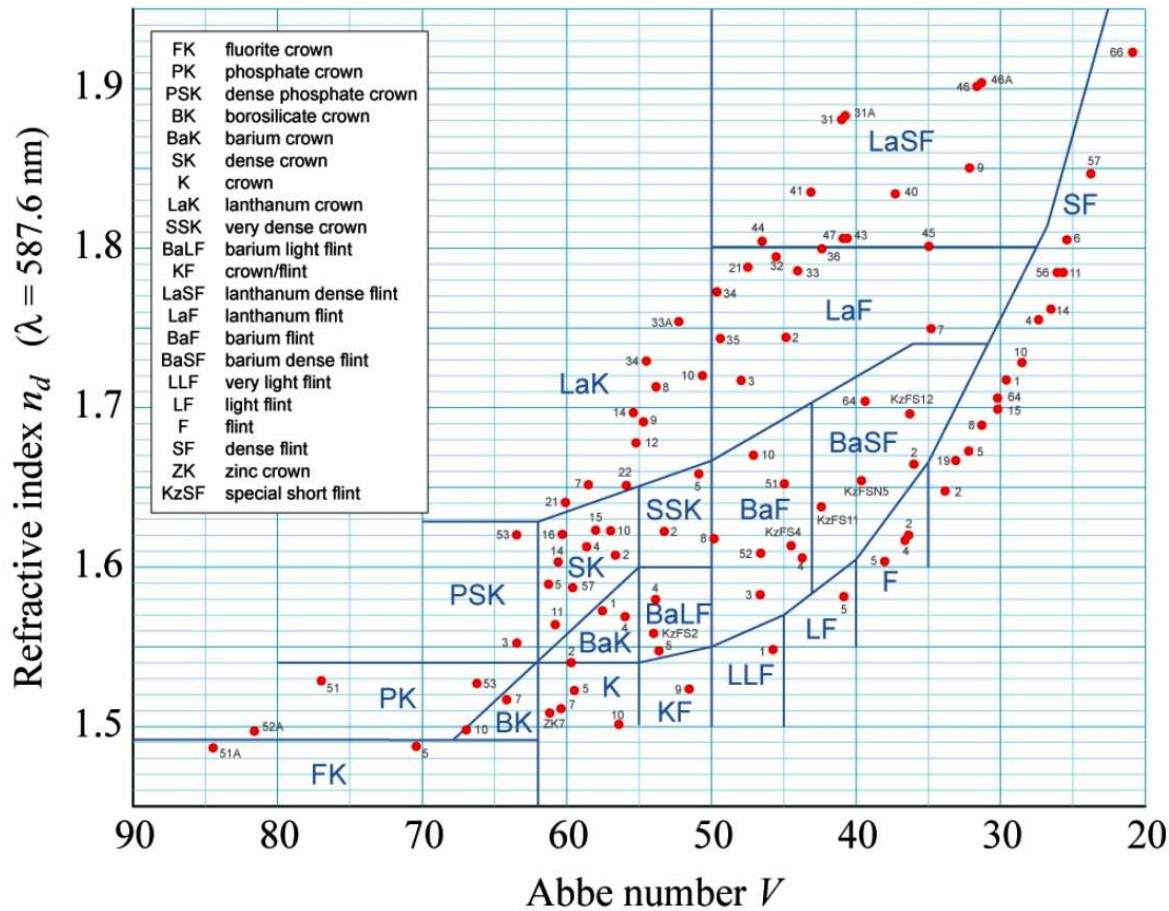
Tmelená verze jen pro menší průměry.

Fraunhofer – nejpoužívanější stavba.

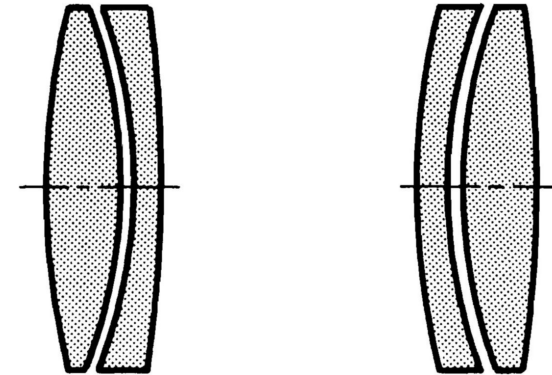
Steinheil – používaná stavba v případě použití speciálních skel – (CaF₂ – fluorit)

**Spojná čočka z materiálu s menším indexem lomu a disperzí (velké Abbeovo číslo)
+ Rozptylná čočka – materiál s velkým indexem lomu i disperzí**

Achromatic doublets for astronomy



velmi mnoho
různých kombinací
skel



Potřeba maximální eliminace velikosti
otorové vady, komy a barevné vady
polohy včetně sekundárního spektra :

- kombinací materiálů,
- kombinací tvarů čoček,
- změnou pořadí čoček,
- velikostí mezery + tloušťek .

spojná čočka
menší index lomu
i disperze

„korunová“ skla:
 $n > 1.6; V > 50$

„flintová“ skla:
 $n < 1.6; V < 50$

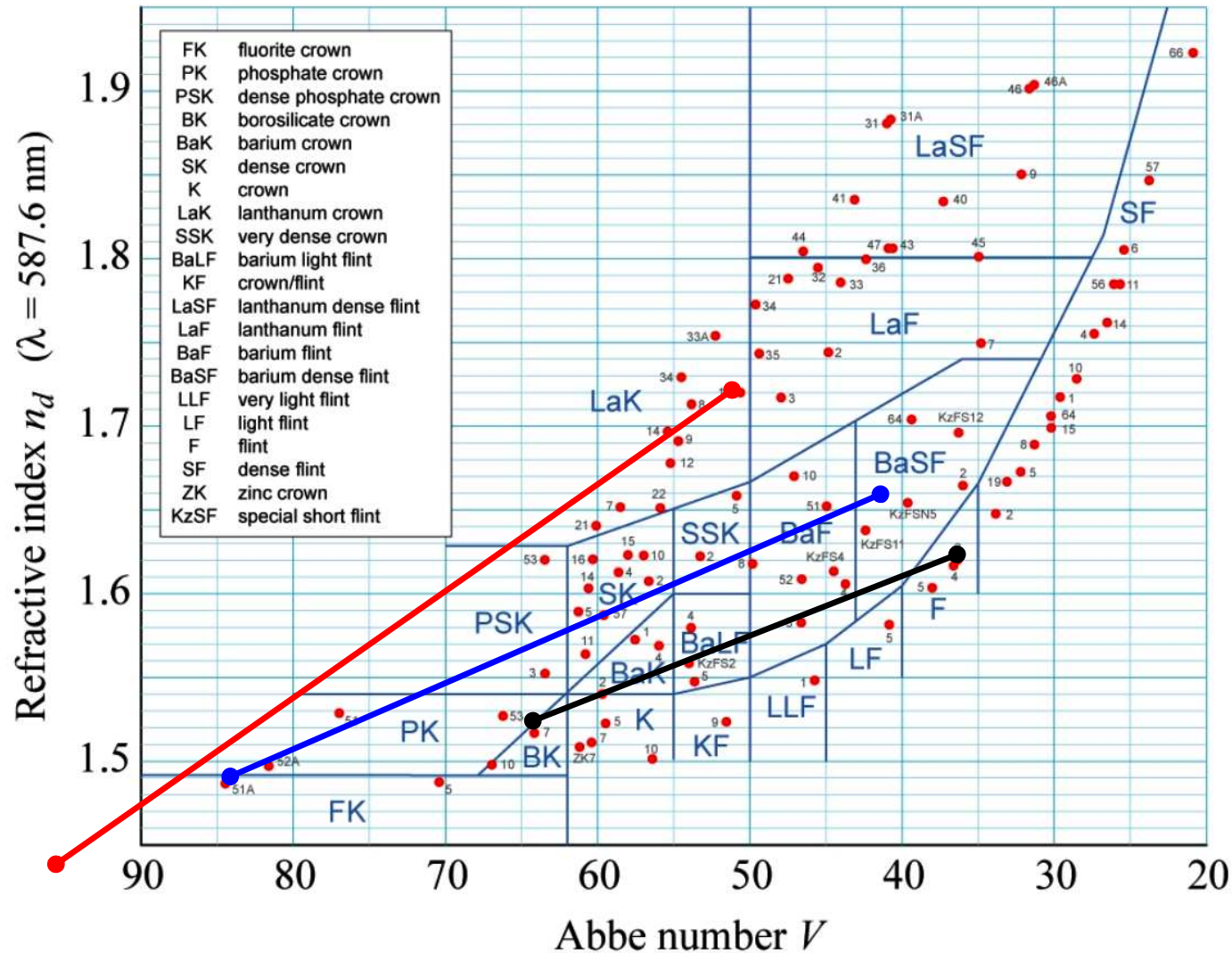
rozptylná čočka
větší index lomu
i disperze

PŘÍKLADY



Achromatické dublety pro astronomii

3 příklady



BK7/F3

běžná skla



FK51/KZFSN2

ED

nízkodisperzní skla



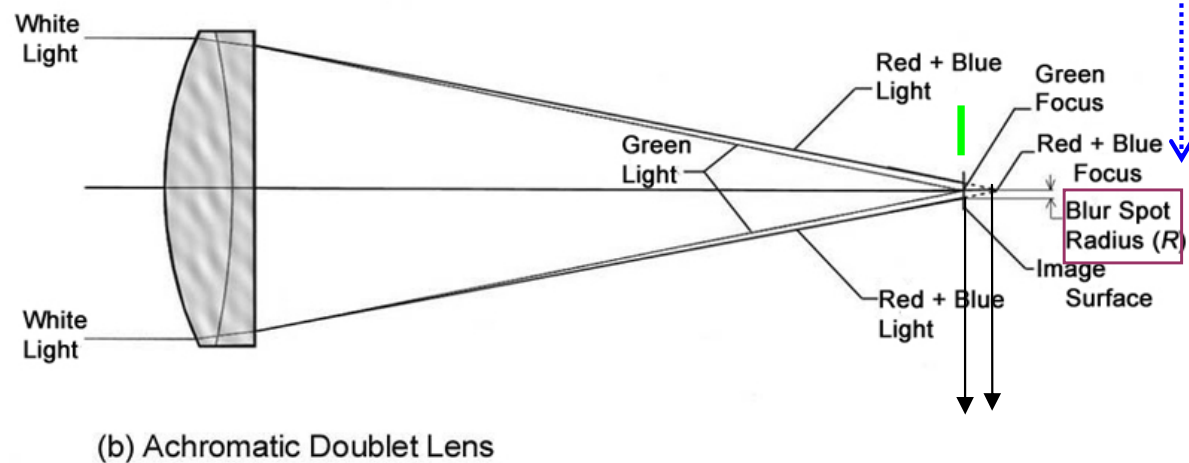
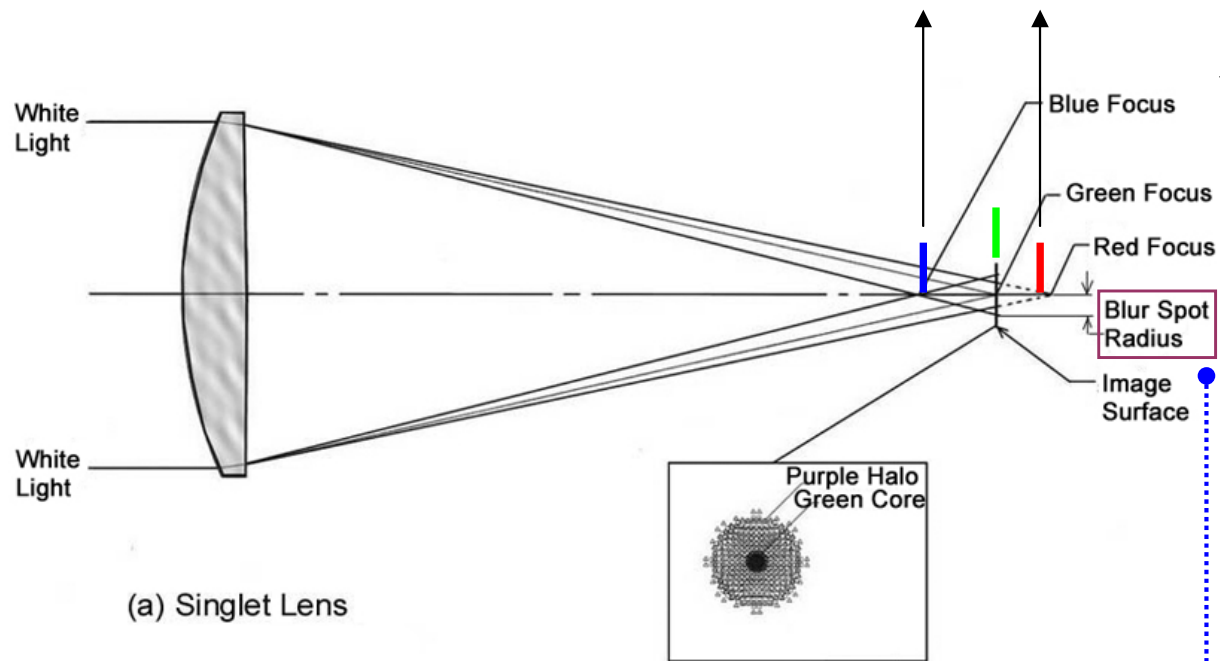
LaK10/CaF₂

Fluorit

s anomální disperzí

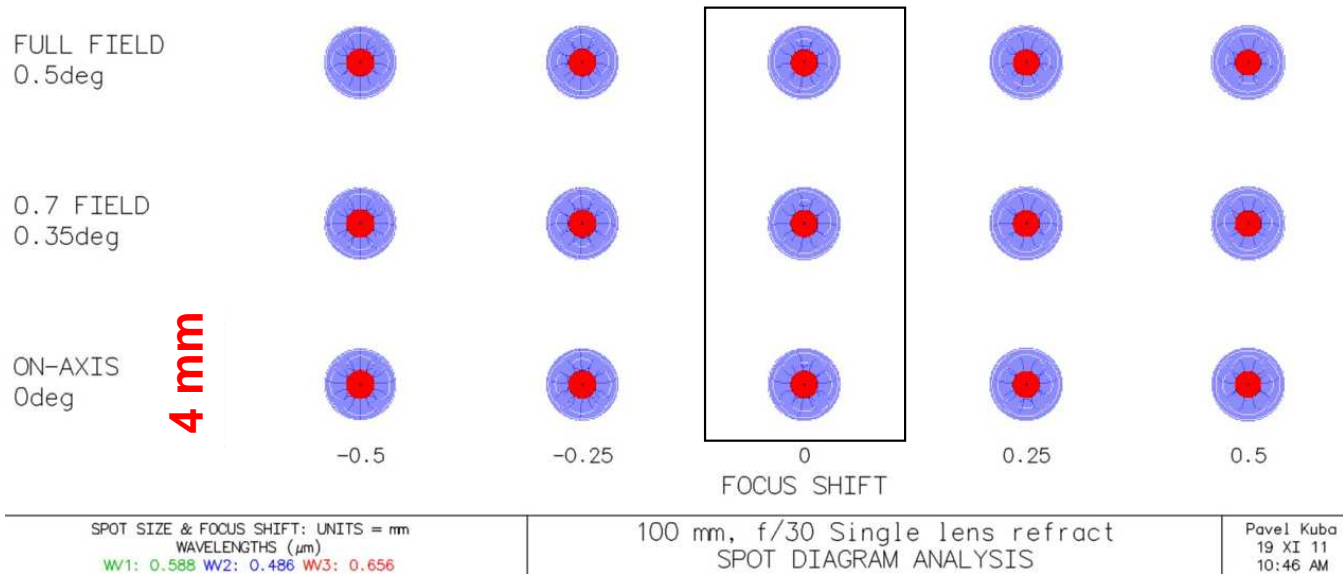
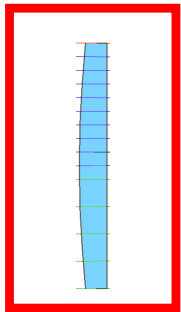


Jednoduchá čočka - Achromatický dublet

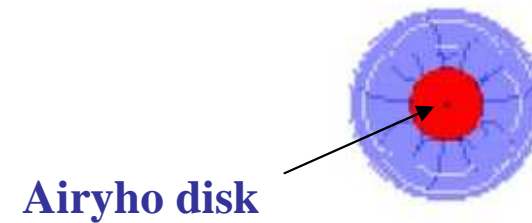
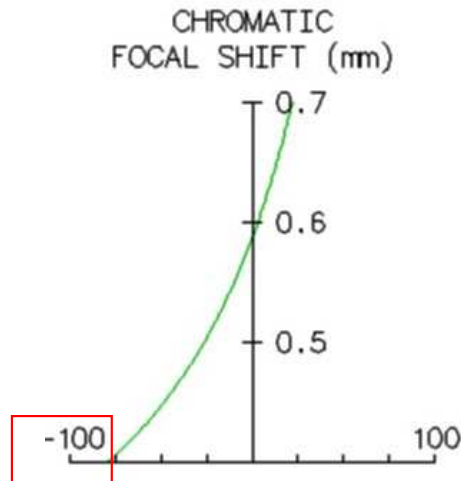
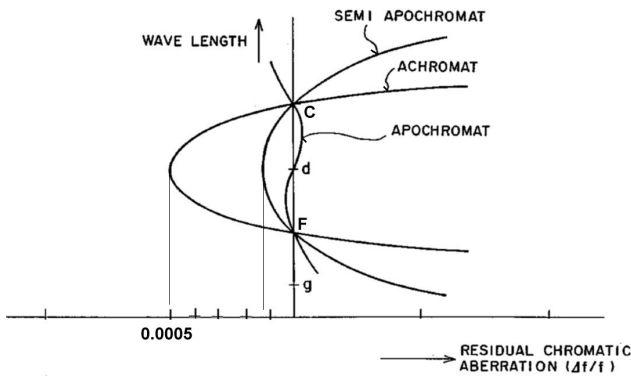


Jednoduchá čočka – BK7

průměr $D = 200$ mm,
ohnisková vzdálenost $f' = 3000$ mm,
clonové číslo $1/15$,
poloviční zorné pole 0.5°

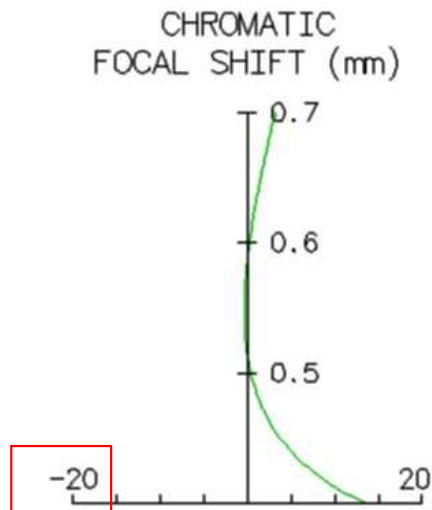
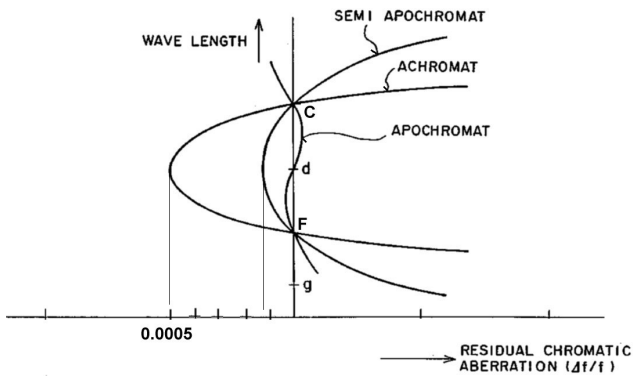
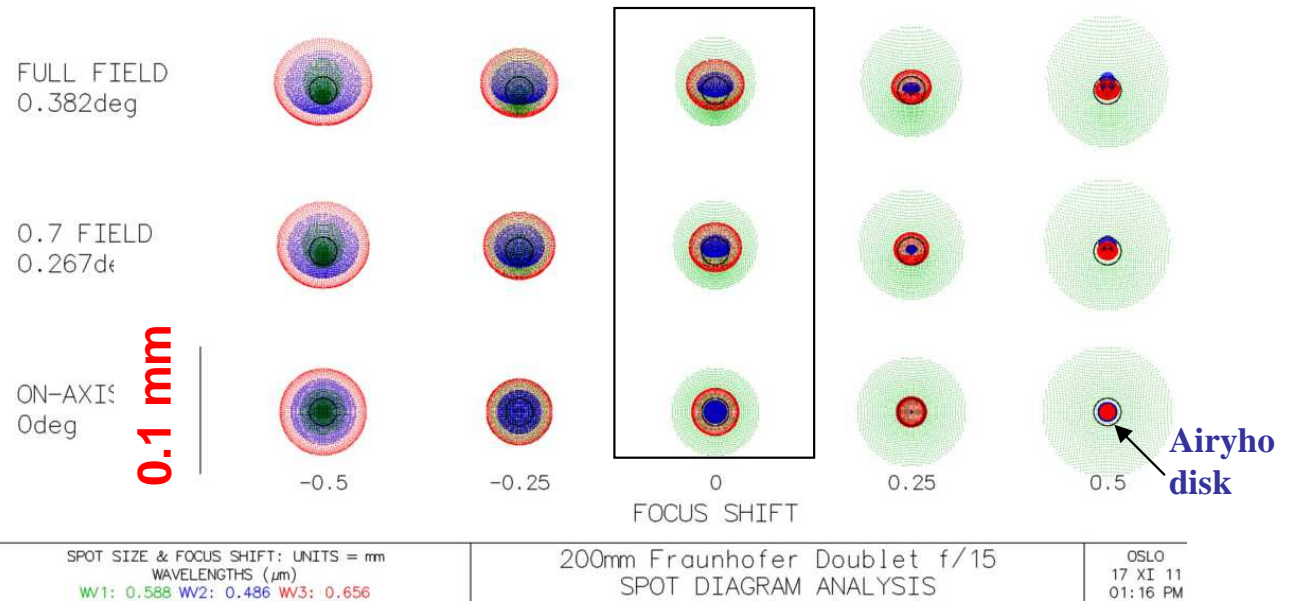
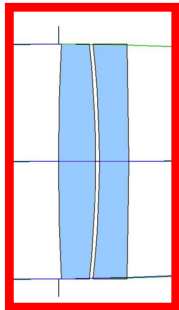


spot diagramy

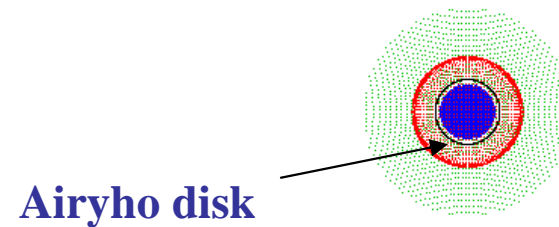


Achromatický dublet – BK7/F3

průměr $D = 200$ mm,
ohnisková vzdálenost $f' = 3000$ mm,
clonové číslo $1/15$,
poloviční zorné pole 0.4°



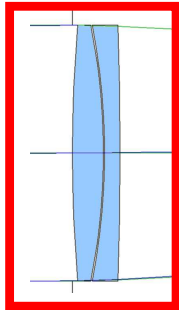
spot diagramy



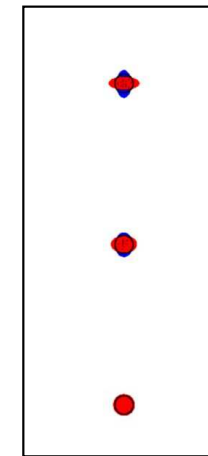
Achromatický dublet – FK51/KzFSN2

průměr $D = 200$ mm,
ohnisková vzdálenost $f' = 2000$ mm,
clonové číslo $1/10$,
poloviční zorné pole 0.5°

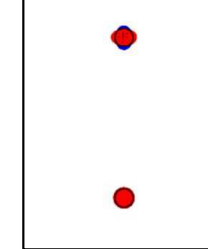
ED



FULL FIELD
0.567deg



0.7 FIELD
0.397deg



ON-AXIS
0deg



0.1 mm

-0.5

-0.25

FOCUS SHIFT

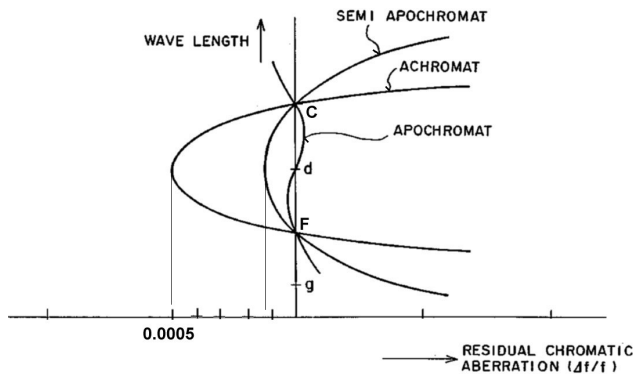
0.25

0.5

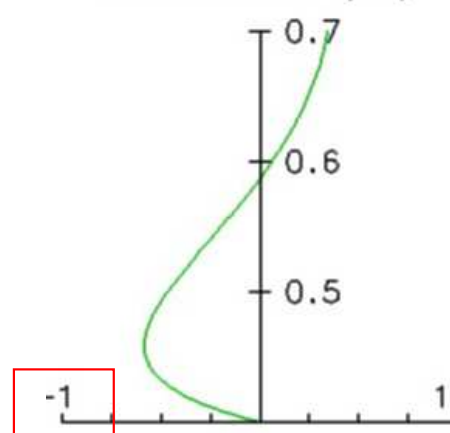
SPOT SIZE & FOCUS SHIFT: UNITS = mm
WAVELENGTHS (μm)
WW1: 0.588 WW2: 0.486 WW3: 0.656

200mm Apoklaas Doublet f/10
SPOT DIAGRAM ANALYSIS

OSLO
17 XI 11
01:43 PM



CHROMATIC
FOCAL SHIFT (mm)



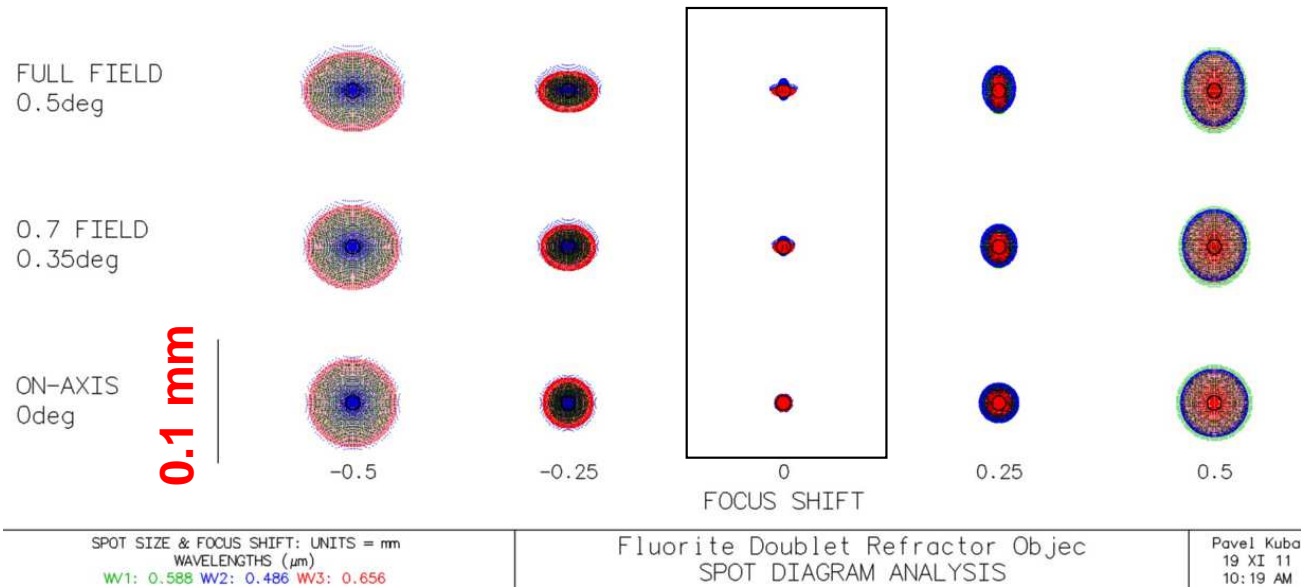
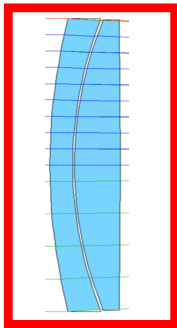
spot diagramy

Airyho disk

Achromatický dublet – LaK10/CaF2

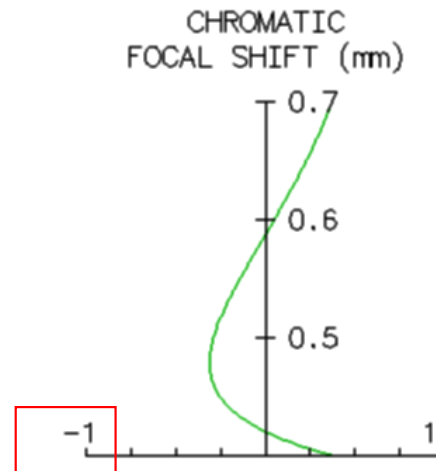
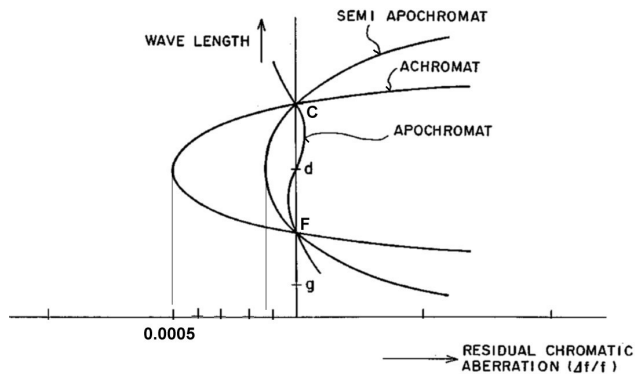
průměr $D = 200$ mm,
ohnisková vzdálenost $f' = 1600$ mm,
clonové číslo $1/8$,
poloviční zorné pole 0.5°

CaF2

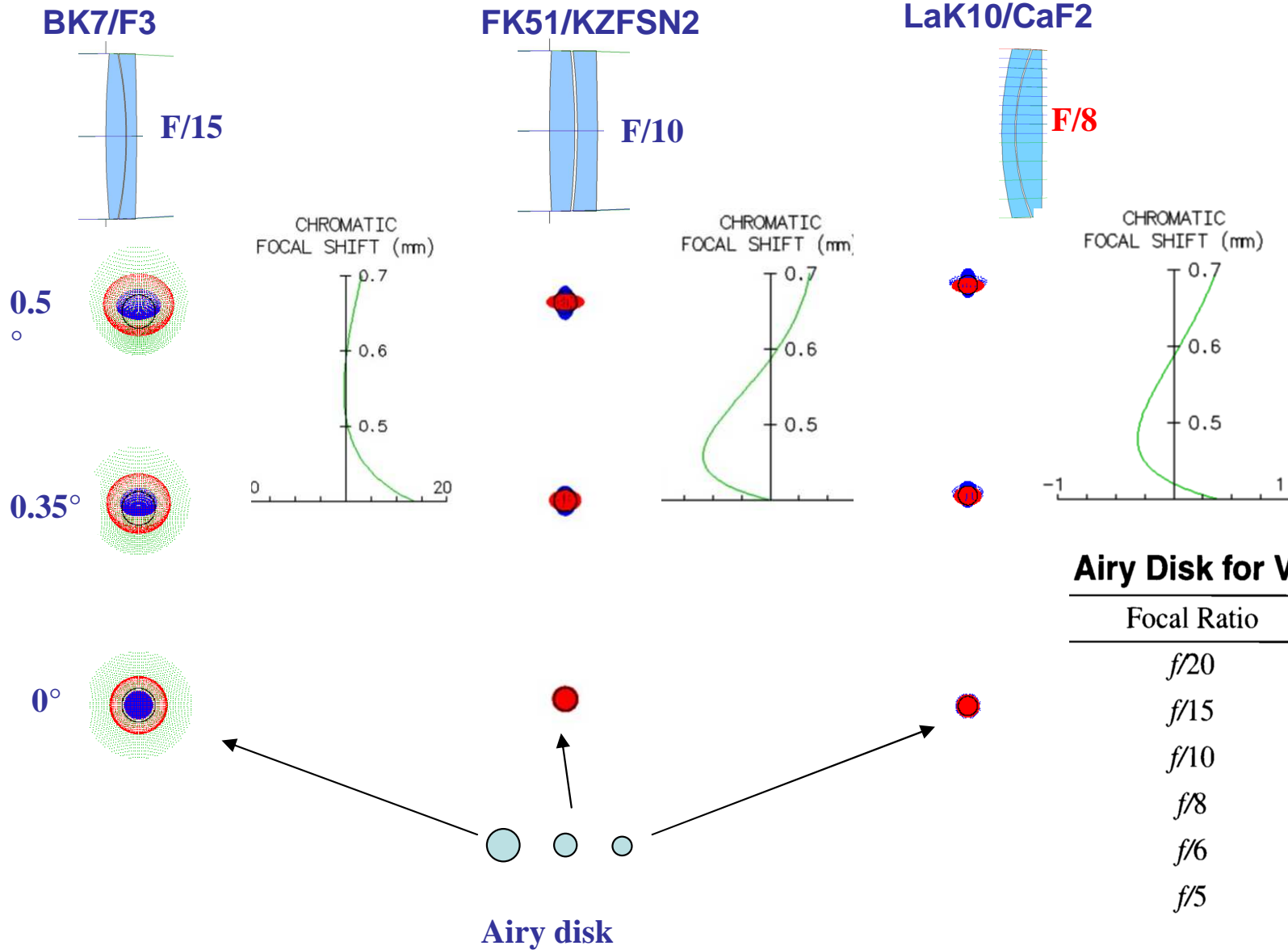


spot diagramy

Airyho disk



Achromatické dublety $D = 200$ mm



Achromatické dublety D = 200 mm

BK7/F3

běžná skla

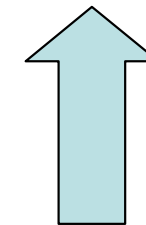
FK51/KZFSN2

ED
nízkodisperzní skla

LaK10/CaF2

Fluorit
s anomální disperzí

System	Color	Off-axis Distance (mm)			
		0	10	20	30
Fraunhofer 200 mm f/15 $R_{\text{field}} = -875 \text{ mm}$	R				
	G				
	B				
Airy Disk 0.025 mm					
Apoklaas 200 mm f/10 $R_{\text{field}} = -735 \text{ mm}$	R				
	G				
	B				
Airy Disk 0.025 mm	V				
Fluorite 200 mm f/8 $R_{\text{field}} = -576 \text{ mm}$	R				
	G				
	B				
Airy Disk 0.025 mm	V	Blur Diameter = 0.2 mm			



Předchozí příklady

Telescope optics
Evaluation and design

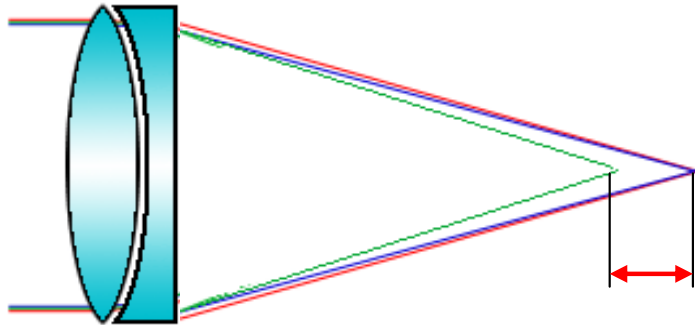
H.Rutten, M.van Venrooij

Str. 58

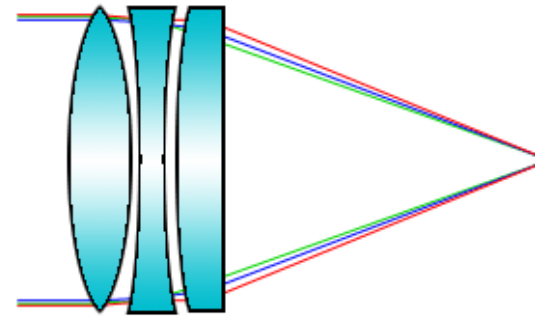
Korekce sekundárního spektra – „korigovány“ 3 vlnové délky

Apochromát

dublet



triplet



„běžná“ optická skla

drahé nízko-disperzní speciální skla

ED (Extra-low Dispersion)

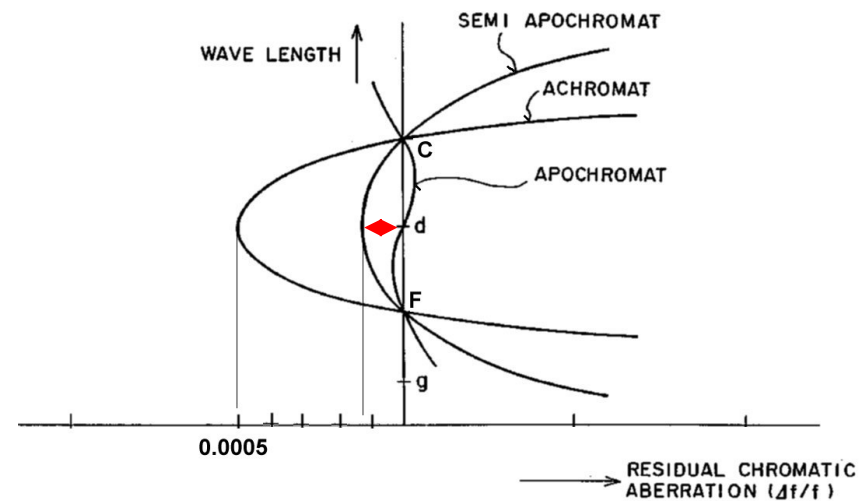
nebo

krystalický fluorit CaF₂

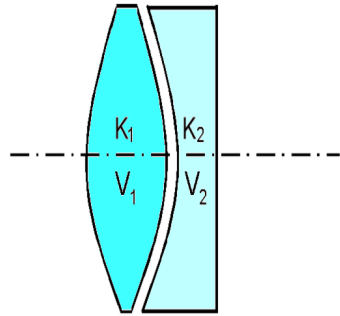
(„anomální disperze“)

Apochromatický dublet prakticky
neexistuje – vždy zůstává nějaká
minimální sekundární barevná vada

$$\delta f'/f'$$

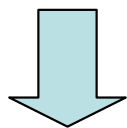


Apochromatické triplety pro astronomii



$$\frac{K_1}{V_1} + \frac{K_2}{V_2} = 0$$

$$\frac{K_1}{V_1} P_1 + \frac{K_2}{V_2} P_2 = 0$$



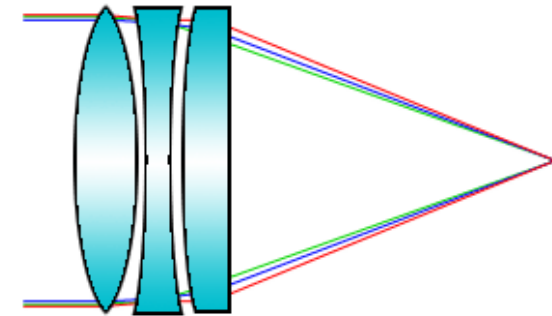
Viz. dříve

$$\frac{\delta f_{dc}}{f} = \frac{\delta K_{dc}}{K} = \frac{\Delta P_{dc}}{\Delta V} = 0$$



podmínka
„achromacie“

Podmínka korekce
sekundární barevné
vady



$$\frac{K_1}{V_1} + \frac{K_2}{V_2} + \frac{K_3}{V_3} = 0$$

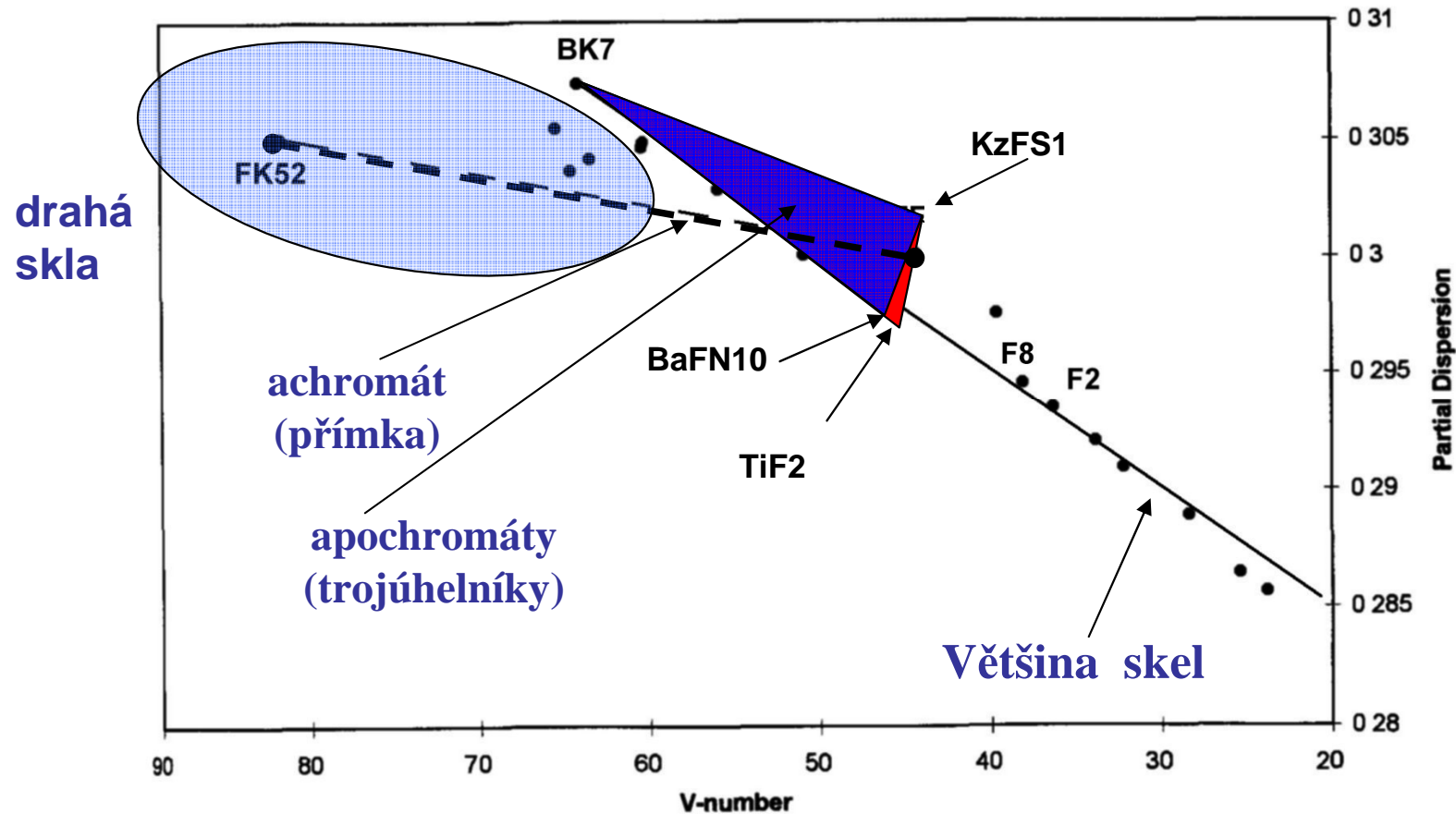
$$\frac{K_1}{V_1} P_1 + \frac{K_2}{V_2} P_2 + \frac{K_3}{V_3} P_3 = 0$$

Stejnou nebo lepší (úplnou) eliminaci sekundárního spektra lze získat náhradou dubletu tripletem bez nutnosti použít velmi drahá skla.

Apochromatic triplets for astronomy

selection of suitable glasses

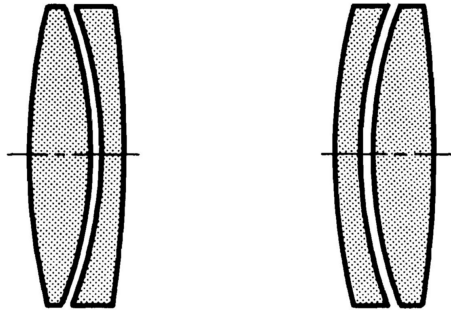
Diagram - relative partial dispersion - Abbe number



stupeň korekce sekundární barevné vady tripletu ↔ plocha trojúhelníku

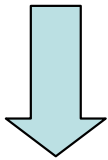
Apochromatické triplety pro astronomii

základní typy

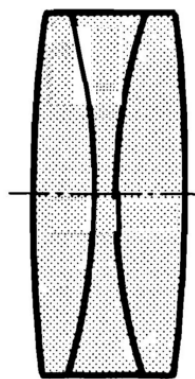


Stejnou nebo lepší (úplnou) eliminaci sekundárního spektra lze získat náhradou dubletu tripletem bez nutnosti použít velmi drahá skla.

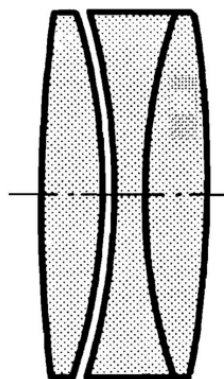
Tři čočky dovolují také dokonalejší korekci otvorové vady a komy díky více konstrukčním parametrům které lze měnit a kombinovat.



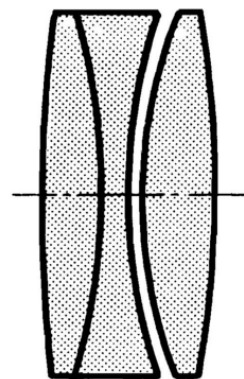
Tripletty dovolují konstrukce s clonovými čísly v rozsahu $f/10 - f/6$.
U dubletů to jen $f/15 - f/10$.



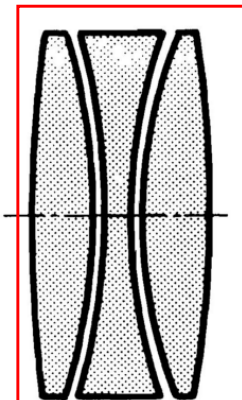
Cemented



First Glass Broken



Last Glass Broken

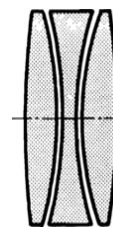
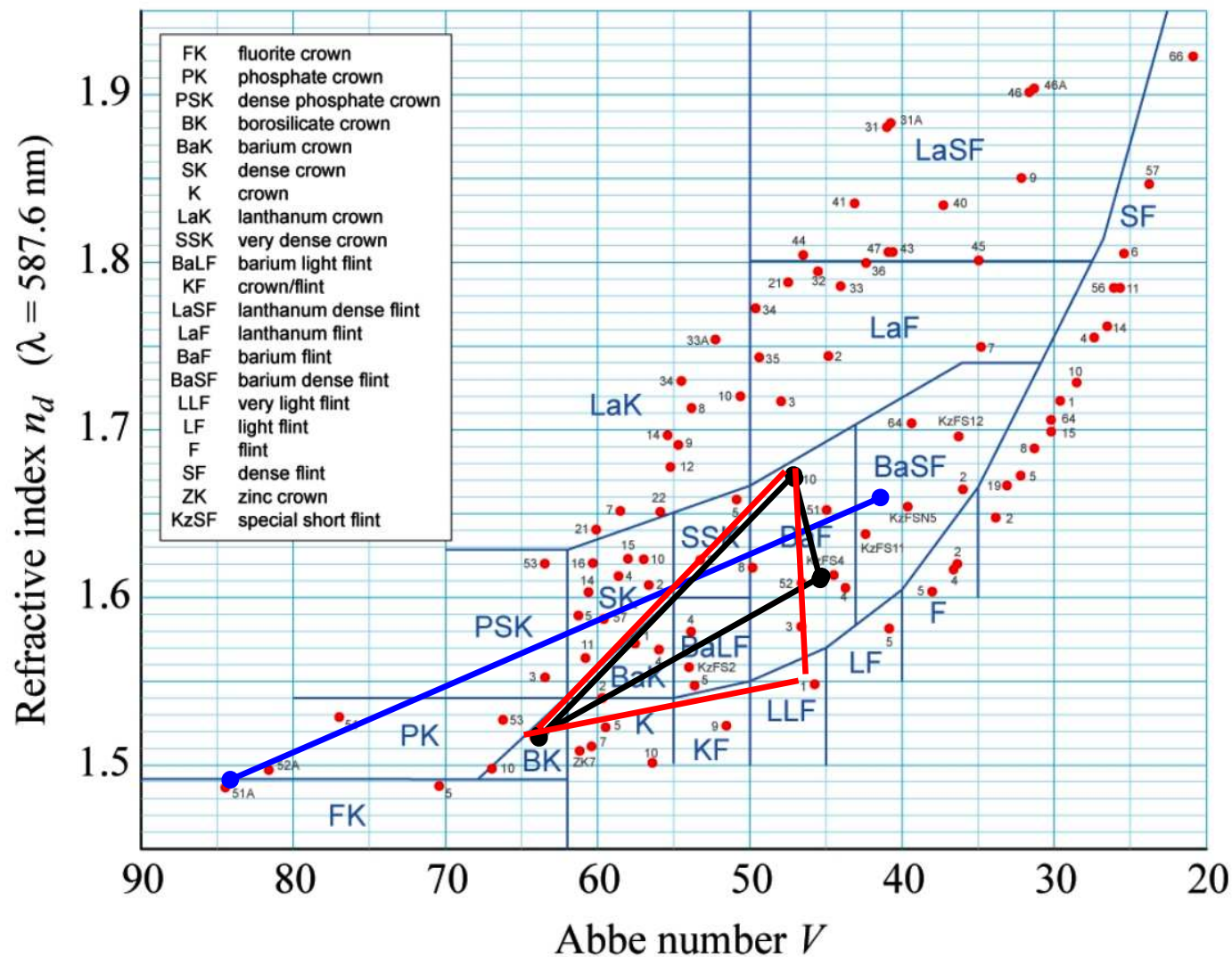


Broken

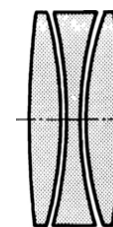
Netmelená
verze
=
nejlepší
korekce

Apochromatic triplets for astronomy

examples

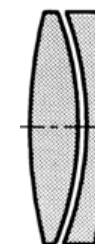


BK7/KzFS1/BaFN10



BK7/KzFS1/TiF2

superachromat

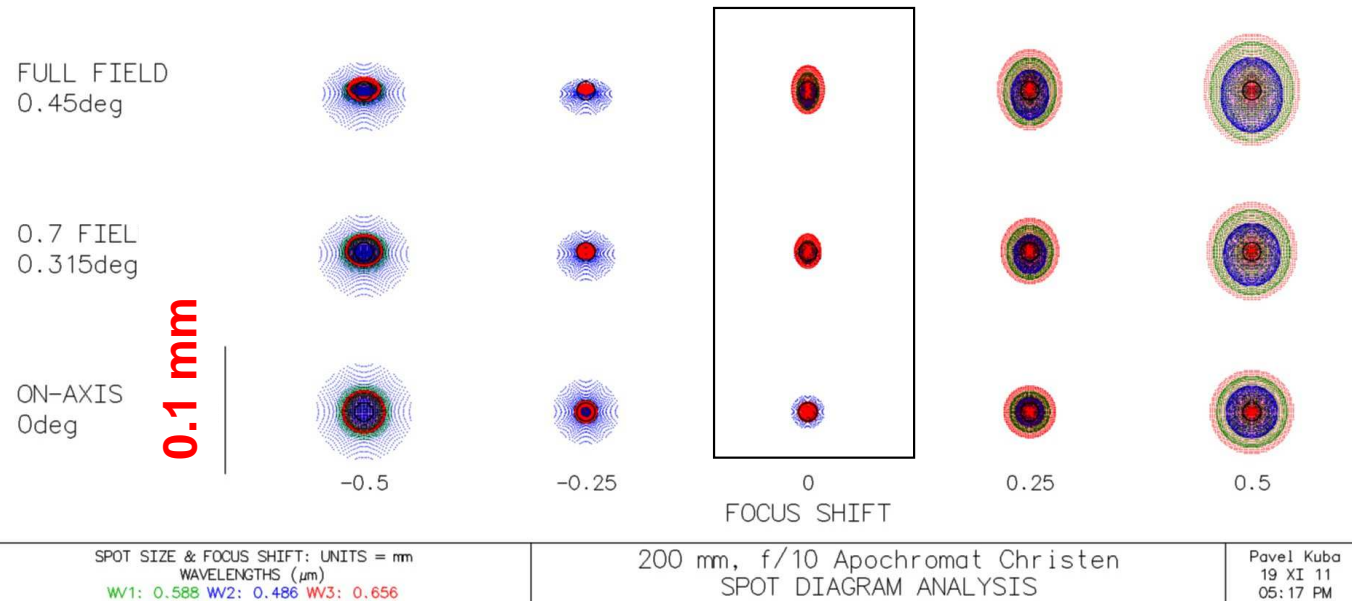
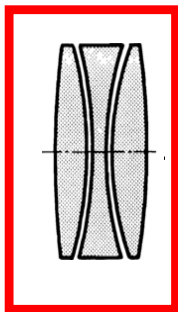


FK51/KzFSN2

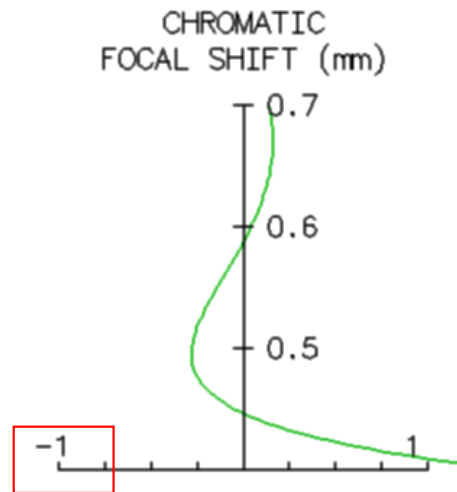
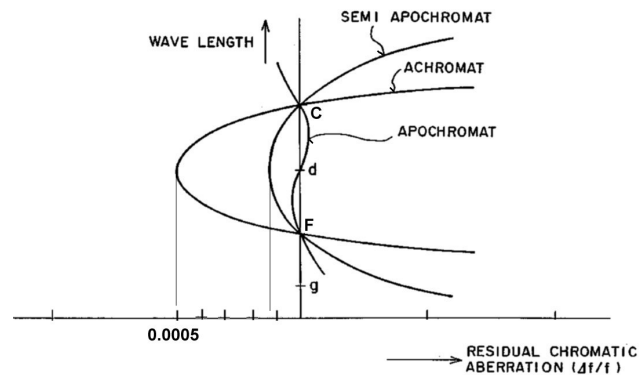
doublet

Apochromatický triplet– BK7/KzFS1/BaFN10

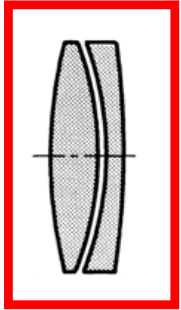
průměr $D = 200$ mm,
ohnisková vzdálenost $f' = 2000$ mm,
clonové číslo $1/10$,
poloviční zorné pole 0.45°



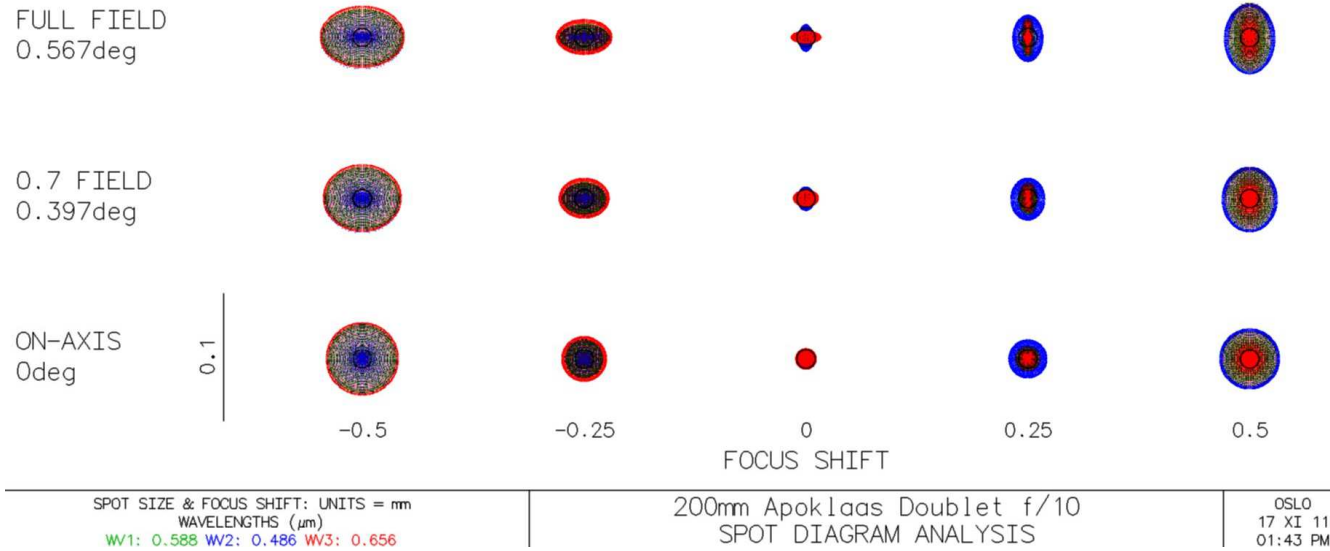
spot diagramy



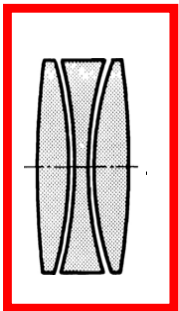
Achromatický dublet– **FK51**/KzFSN2



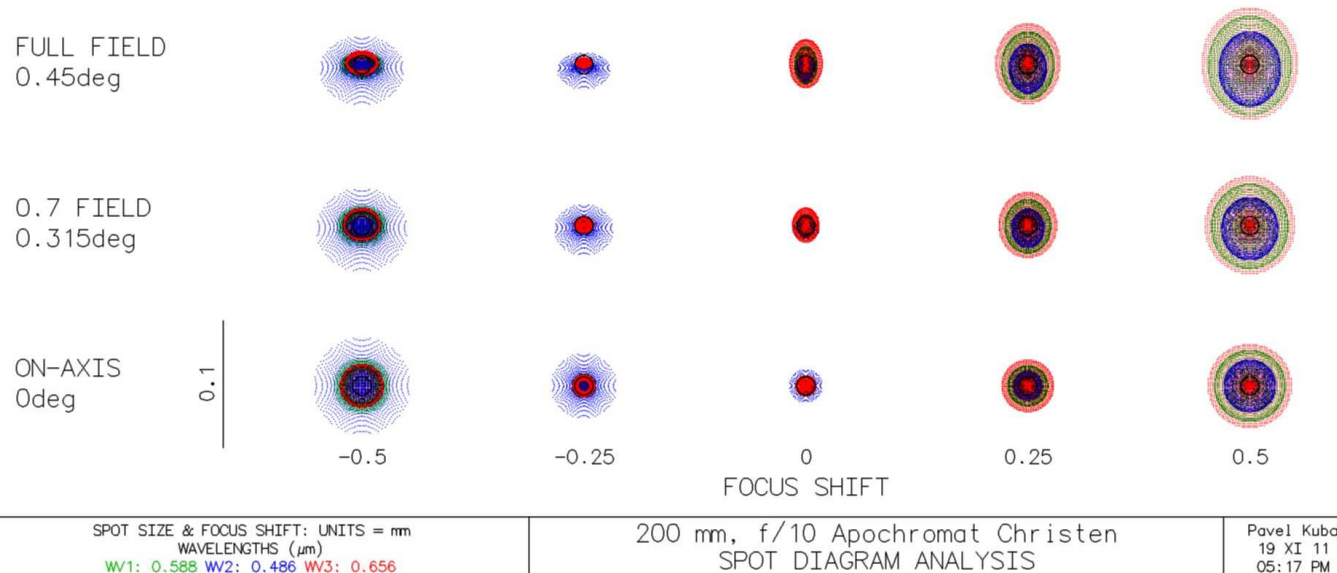
jedno velmi drahé sklo



Apochromatický triplet– BK7/KzFS1/BaFN10



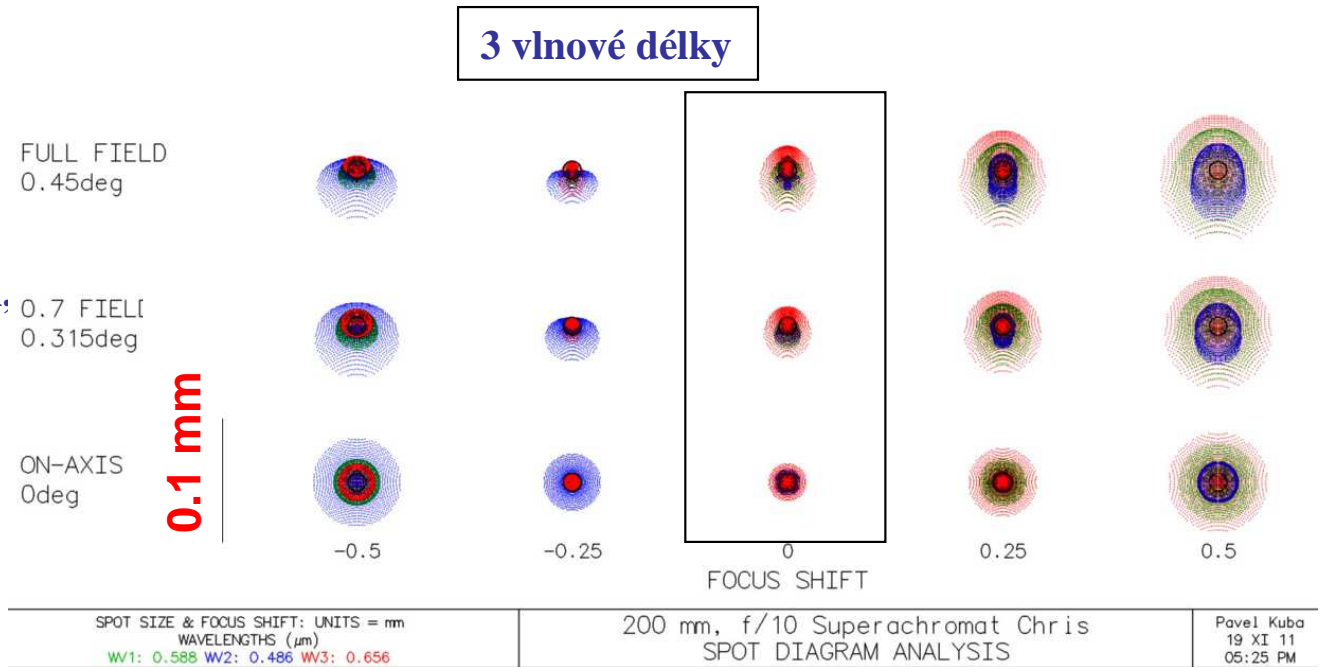
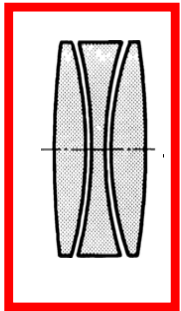
„běžná“ skla



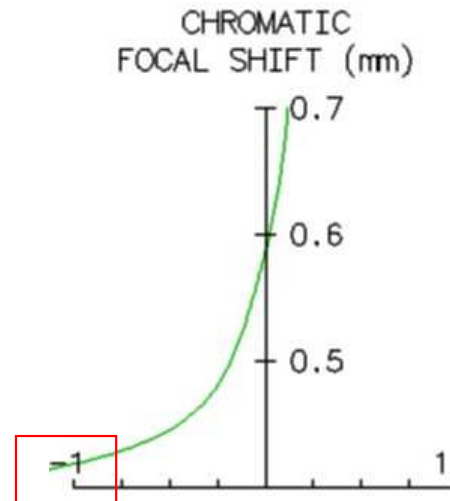
Srovnatelné

Apochromatický triplet– BK7/KzFS1/TiF2

průměr $D = 200$ mm,
ohnisková vzdálenost $f' = 2000$ mm,
clonové číslo $1/10$,
poloviční zorné pole 0.45°



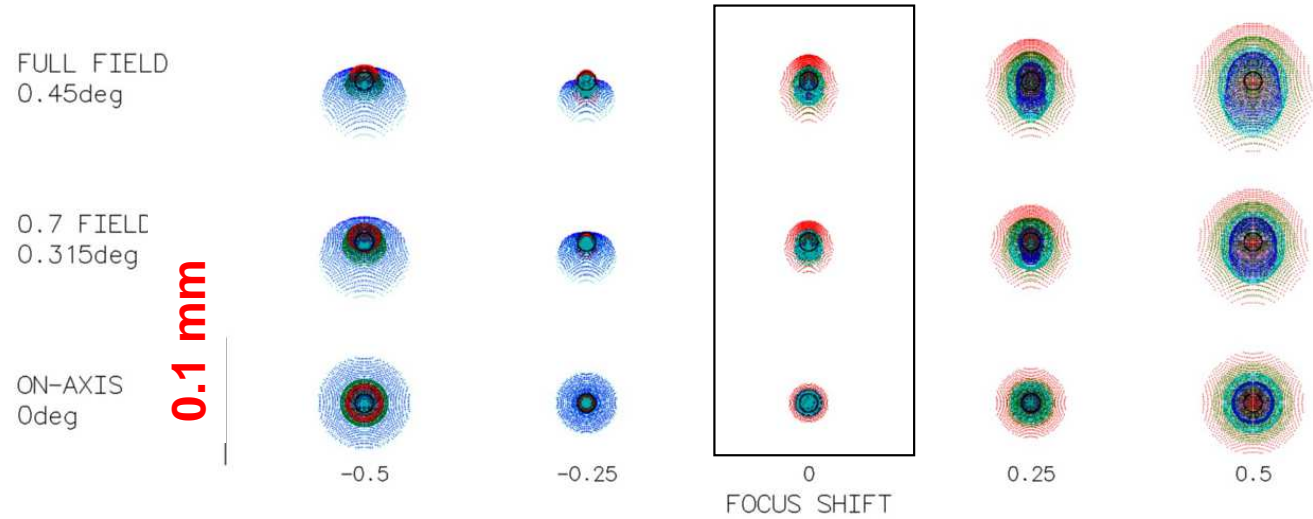
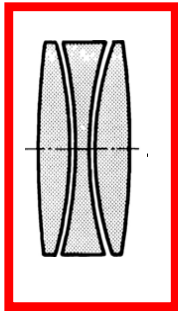
spot diagramy



Superachromát - triplet– BK7/KzFS1/TiF2

4 vlnové délky

průměr $D = 200$ mm,
ohnisková vzdálenost $f' = 2000$ mm,
clonové číslo $1/10$,
poloviční zorné pole 0.45°

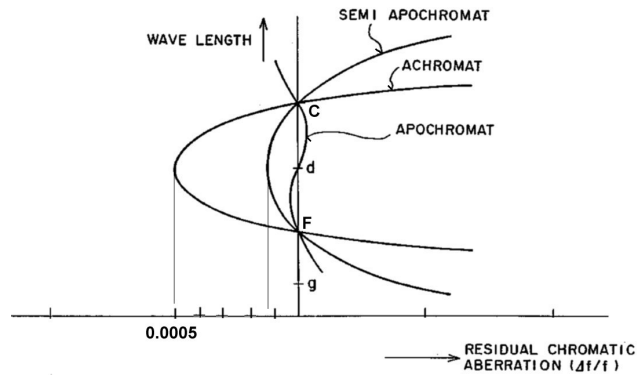


SPOT SIZE & FOCUS SHIFT: UNITS = mm
WAVELENGTHS (μm)
W1: 0.588 W2: 0.486 W3: 0.656

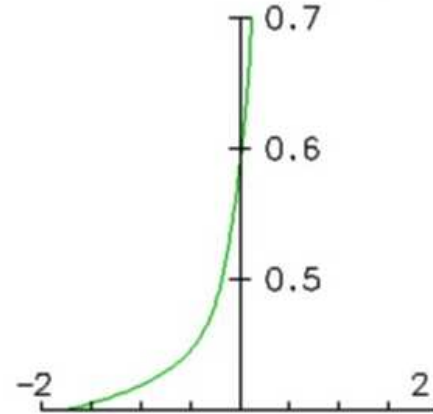
200 mm, f/10 Superachromat Chris
SPOT DIAGRAM ANALYSIS

Pavel Kuba
19 XI 11
05:34 PM

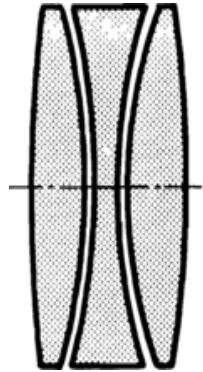
spot diagramy



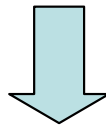
CHROMATIC FOCAL SHIFT (mm)



Apochromatic triplet– BK7/KzFS1/BaFN10



Modifikací apochromatického tripletu lze získat superachromát (změnou materiálu jedné čočky)

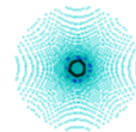
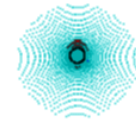
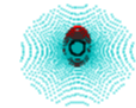
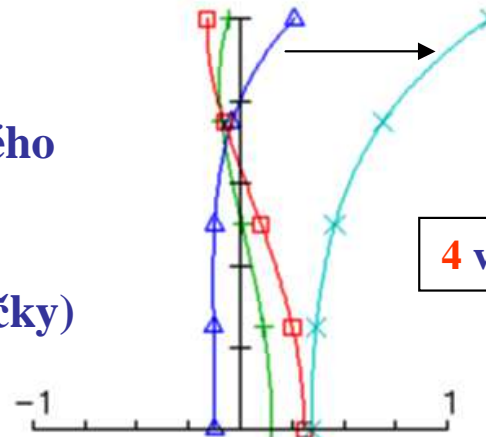


Superachromát - triplet– BK7/KzFS1/TiF2

Table 4.2
Standard Wavelengths and Their Sources

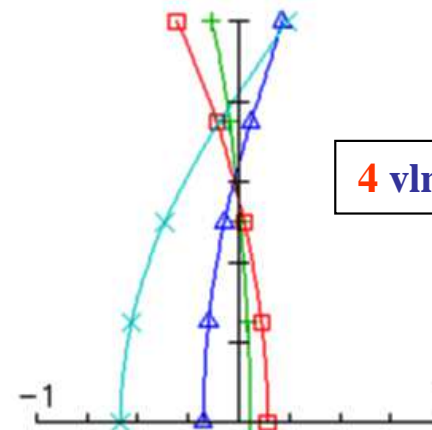
Line	Wavelength (nm)	Element	Color
h	404.66	Hg	violet
g	435.83	Hg	violet
F'	479.99	Cd	blue
F	486.13	H	blue
e	546.07	Hg	green
d	587.56	He	yellow
C'	643.85	Cd	red
C	656.27	H	red
r	706.52	He	deep red

LONGITUDINAL SPHERICAL ABER. (mm)



0

LONGITUDINAL SPHERICAL ABER. (mm)

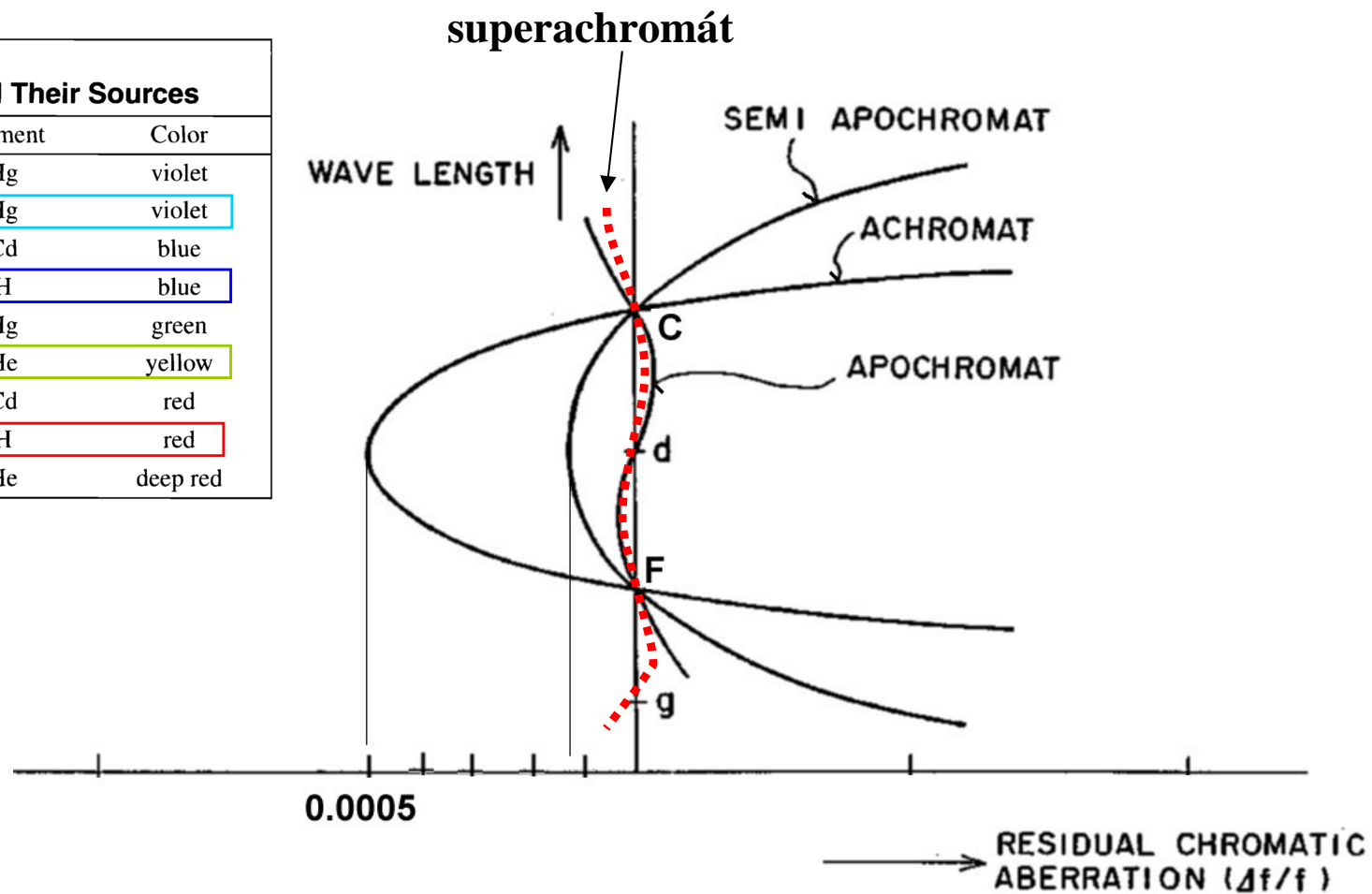


Achromát – apochromát - superachromát

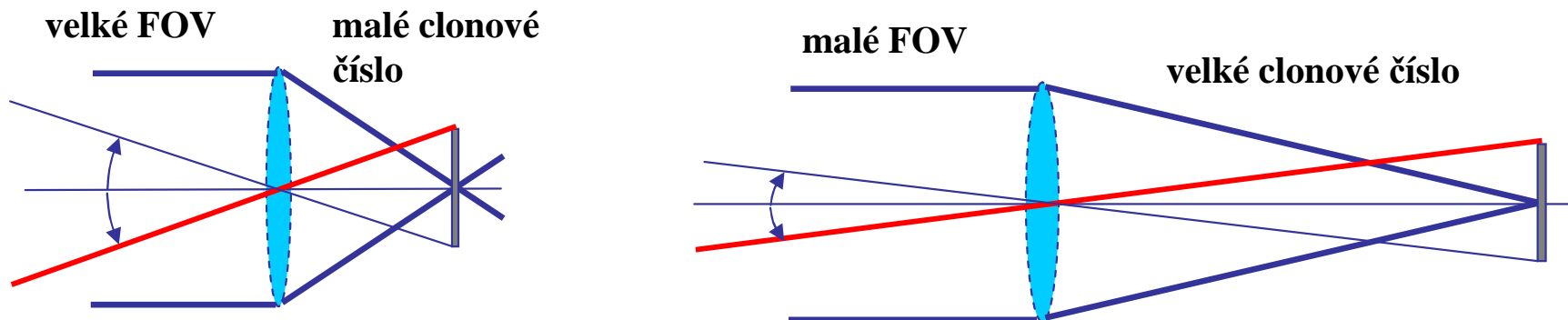
Sekundární barevná vada

Table 4.2
Standard Wavelengths and Their Sources

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



Teleskopy - Zorné pole



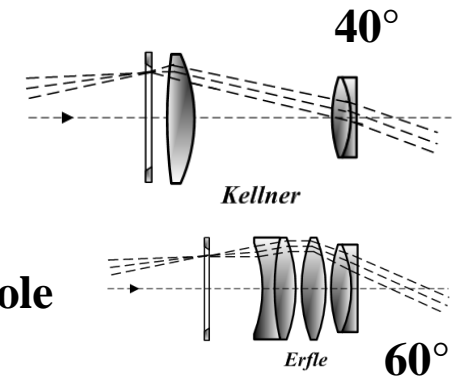
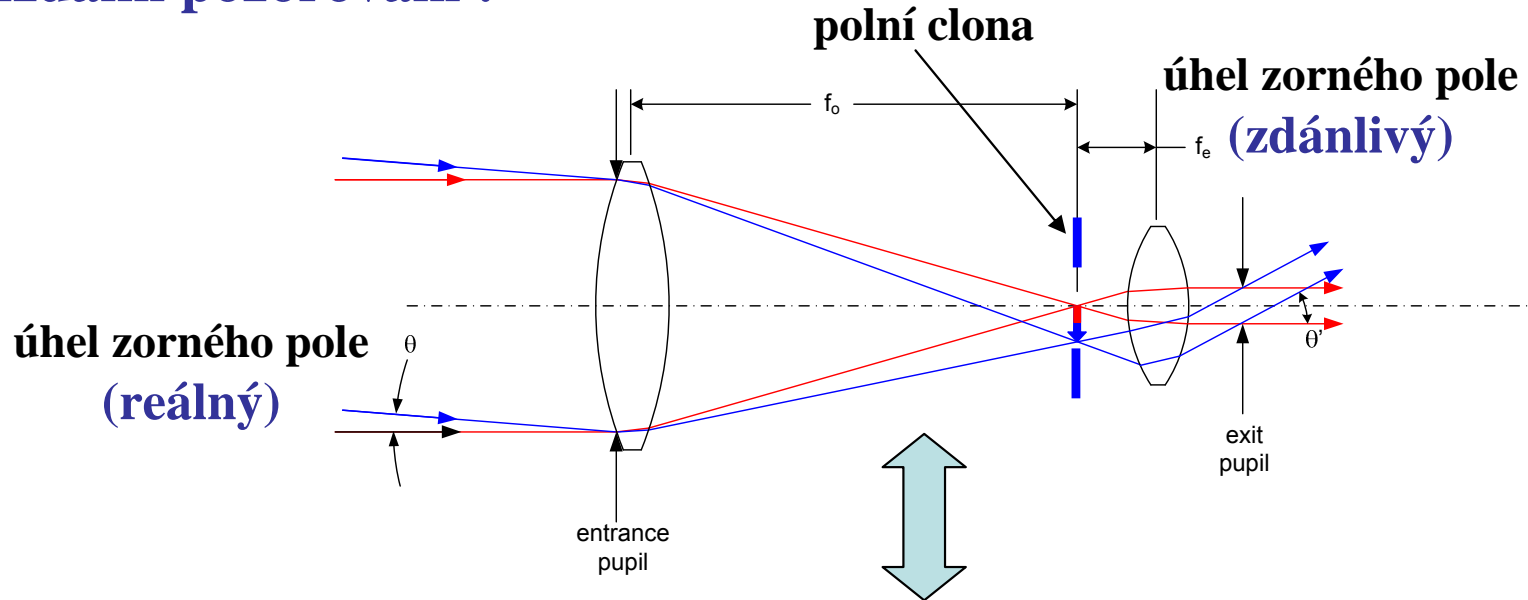
Dva teleskopy s rozdílným clonovým číslem (ohniskovou délkou) mají v případě shodné velikost senzoru různou velikost zorného pole – FOV.

Uvedené příklady refraktorů:

- aperturní průměry $D = 200$ mm,
- ohniskové vzdálenosti v rozsahu $f' = (3000 - 1600)$ mm,
- příklady se zorným polem cca 0.5° (polovičním) ... z důvodu porovnávání aberací

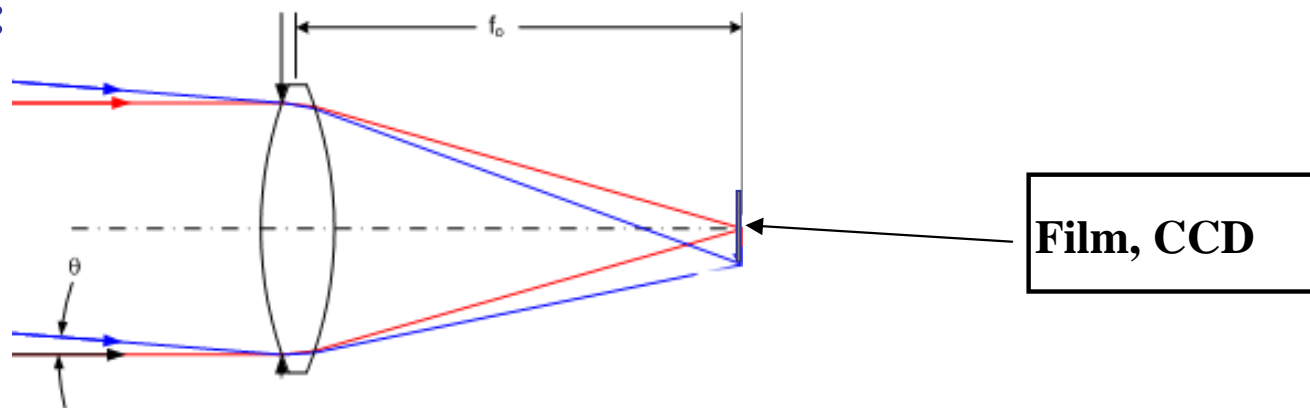
Teleskopy - Zorné pole

Vizuální pozorování :

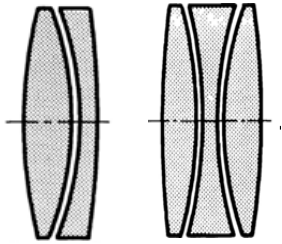


Větší zvětšení
= větší zdánlivé zorné pole
= složitější okulár

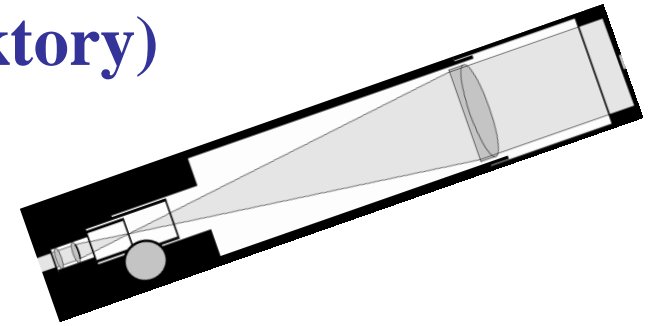
Fotografování :



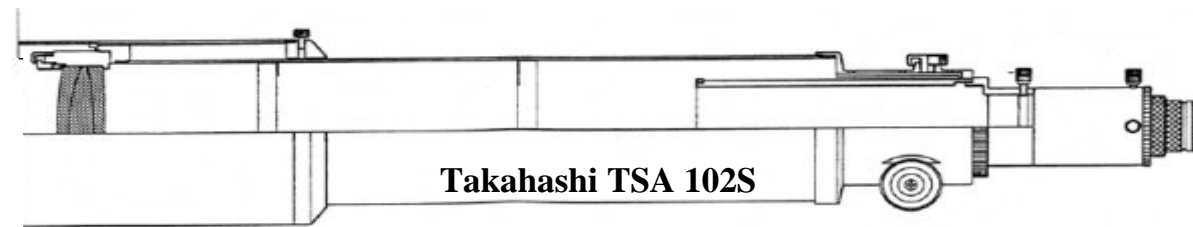
Čočkové teleskopy (refraktory) shrnutí



Různé kombinace materiálů a tvarů
čoček pro korekci otvorové vady, komy a
barevné vady polohy.



Tripletty dovolují konstrukce s clonovými čísly v rozsahu $f/10 - f/6$.
U dubletů to jen $f/15 - f/10$ (u kombinací běžných skel raději více než $F/15$)



Takahashi TSA 102S

D=102 mm $f/8$ (ED střední)

Takahashi FET-300

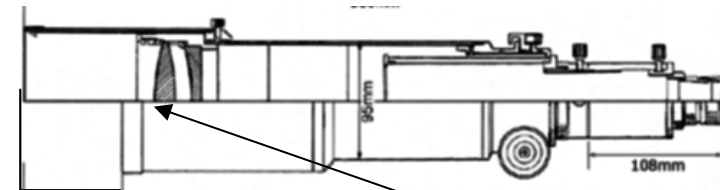
D = 300 mm !!!

$f' = 2400$ mm $f/8$

150 kg

Konstrukce s CaF₂ ...fluorit

Takahashi SKY-90



D=90mm $f/5.6$ (dublet - CaF₂)



Čočkové teleskopy (refraktory)

shrnutí

Výhody:

- mohou mít poměrně velké zorné pole
- čočky objektivu uzavírají tubus , ochrana před vnějším prostředím, minimální údržba
- velmi dobrý až výborný kontrast obrazu, žádné centrální clonění,

Nevýhody:

- konstrukce je dlouhá, větší hmotnost čoček na konci tubusu , deformace ploch
- vždy mají nějaké zbytkové barevné aberace,
- ztráty světla absorpcí ve skle a odrazy na plochách,
- vysoký poměr cena/průměr objektivu ,