



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace a zvýšení atraktivity studia optiky reg. c.: CZ.1.07/2.2.00/07.0289

Přednášky - Metody Návrhu Zobrazovacích Soustav SLO/MNZS

Návrh optické soustavy - Obecný postup

Miroslav Palatka

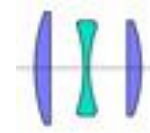
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Návrh optické soustavy

Obecný postup

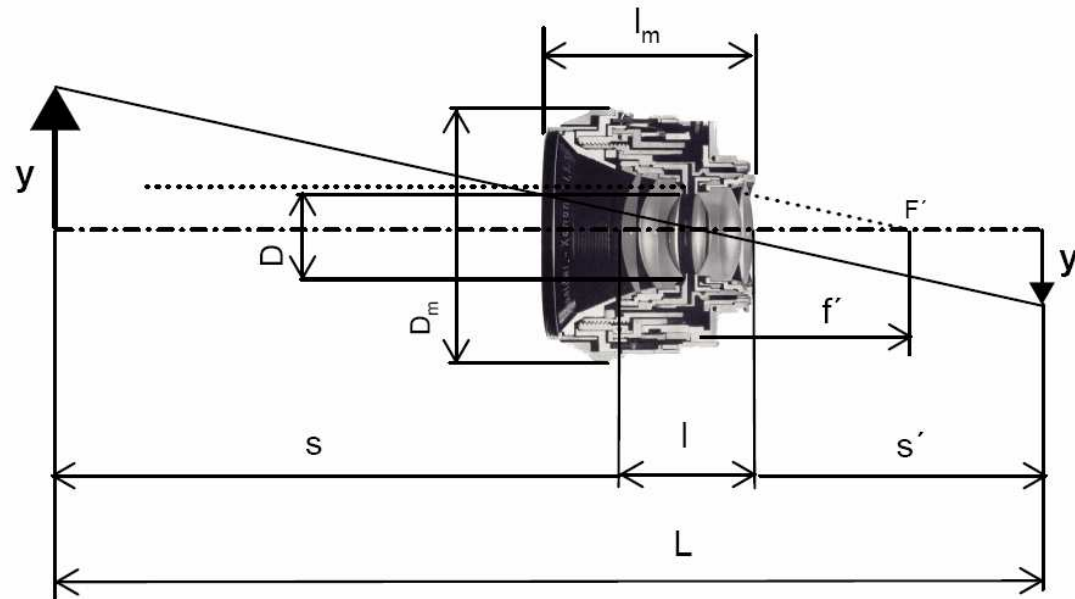
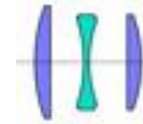
Návrh optické soustavy OS

Obecný postup



- 1, Specifikace základních parametrů OS - zadání
 - 2, Základní „před-návrh“ - převod požadovaných parametrů na parametry paraxiální optiky
-
- 3, Návrh OS v tenkých čočkách
 - 4, Stanovení reálných tloušťek, kontrola základních aberací
 - 5, Trasování paprsků (obecné), výpočet a hodnocení aberací
 - 6, Optimalizace - vylepšování kvality zobrazení
 - 7, Hodnocení, toleranční propočty

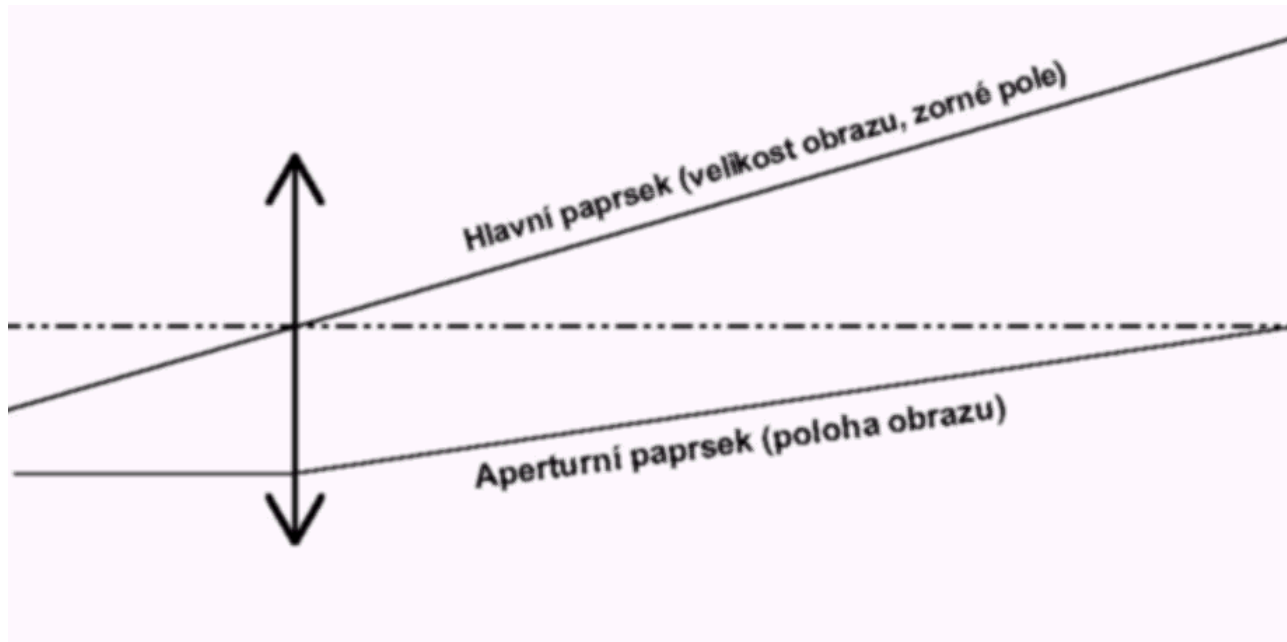
1, Specifikace základních požadavků na OS



- vzdálenost předmětu od OS (vzdálenost obrazu od OS),
- celková vzdálenost mezi předmětem a obrazem,
- velikost předmětu (velikost obrazu) - může být úhlová,
- vlnový rozsah (UV , VIS , IR),
- maximální průměr OS, odolnost OS (mechanická, tepelná)
- kvalita zobrazení (rozlišovací schopnost - MTF),
- CENA

2, Základní „před-návrh“

(vyjádření požadovaných parametrů OS v parametrech paraxiální optiky)

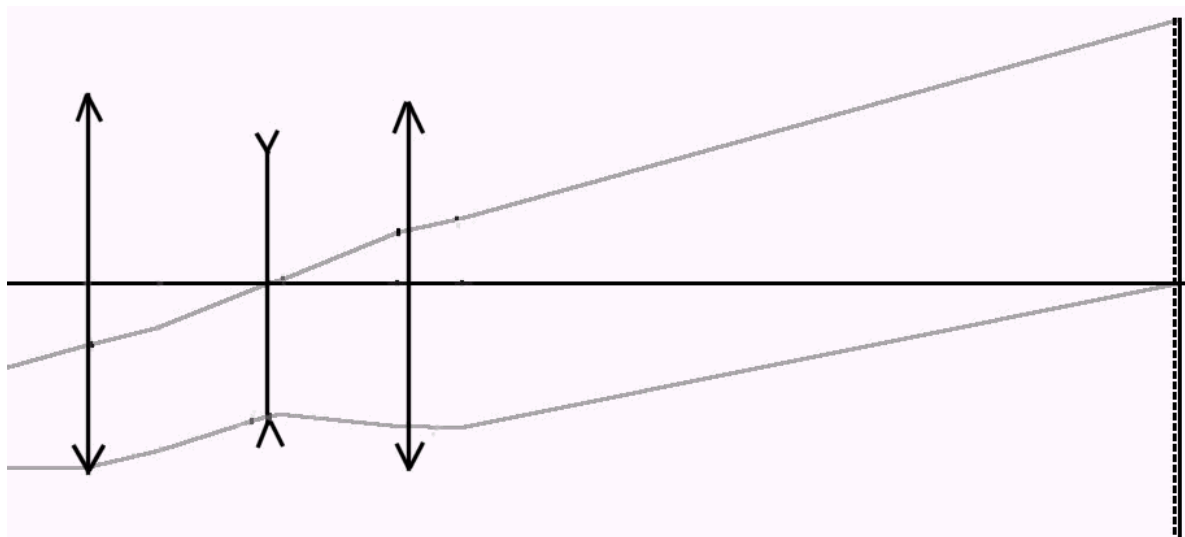
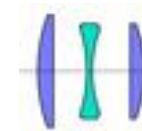


Ohnisková vzdálenost , zorné pole, clonové číslo a numerická apertura, velikost předmětu a obrazu, zvětšení ...

Znalost :

zobrazovací rovnice, difrakční limit, ...

3, Návrh OS v tenkých čočkách



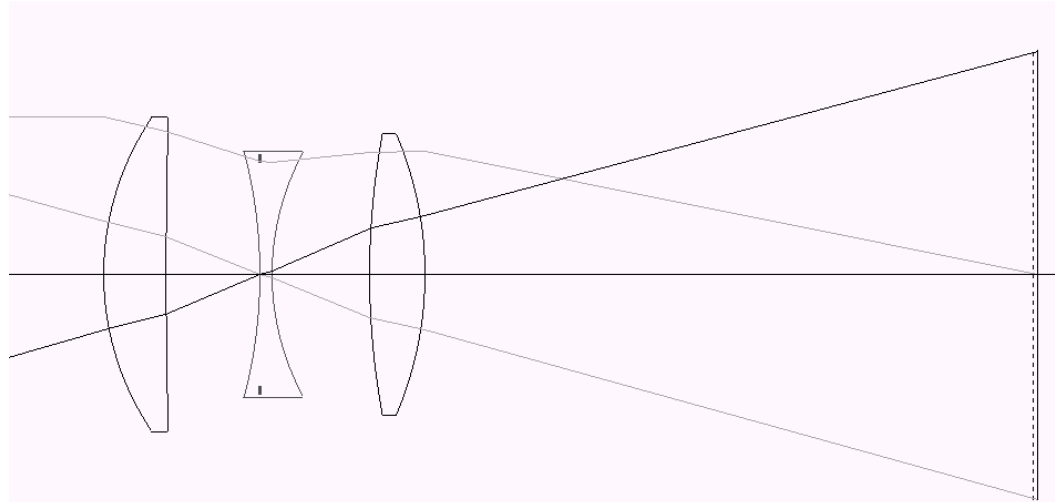
Volba počtu čoček, jejich lámavostí a vzdáleností, tvaru a materiálu čoček, volba průměrů čoček a clon, jejich polohy pro optimální korekci základních aberací navrhované OS.

3, Návrh OS v tenkých čočkách

Znalost :

Rovnice pro tenkou čočku a kombinaci tenkých čoček, hlavní roviny, grafická konstrukce, určení polohy pupil a průhledů, propočet paprsků obecně, paraxiální trasování hlavního a aperturního paprsku, grafická konstrukce chodu paprsků, Lagrangeův invariant, invariant lomu, Petzvalova křivost, geometrické a vlnové aberace a jejich vzájemný vztah, optický dráhový rozdíl, aberační polynom, Seidlovy koeficienty a jejich vztah k vlnovým aberacím, způsob jejich výpočtu, závislost aberací na velikosti apertury OS a úhlu zorného pole, závislost základních aberací na tvaru čoček a poloze aperturní clony, stigmatické zobrazení, aplanatické plochy a aplanatická podmínka, typy a vlastnosti optických skel, možnosti korekce základních aberací.

4, Stanovení reálných tlouštěk, kontrola základních aberací

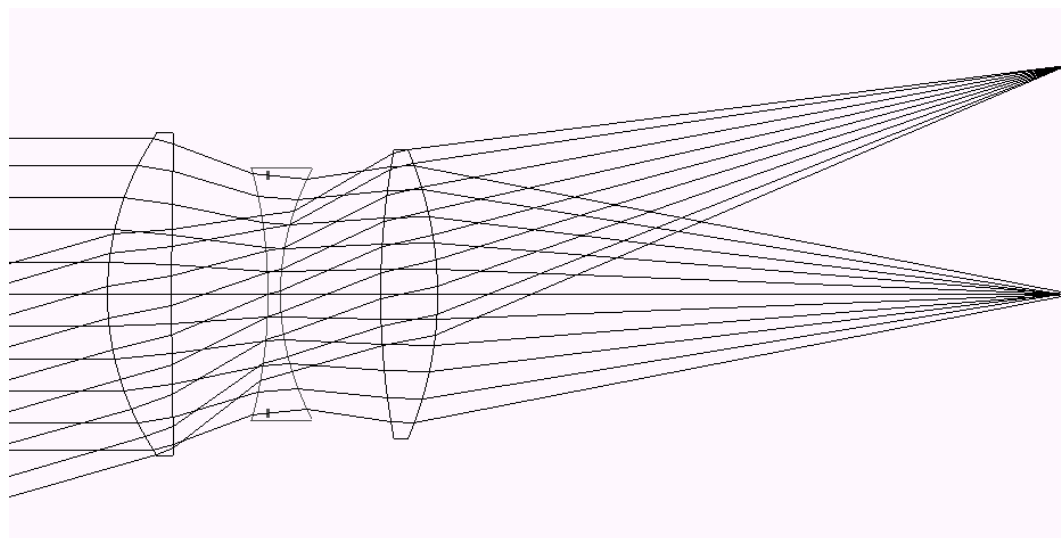


Tenkové body jsou nahrazeny reálnými a jsou přepočítány základní aberace, poloměry křivosti jsou upraveny, někdy je nutné vrátit se o krok zpět.

Znalost :

technologické možnosti realizace čoček, limity mechanické konstrukce, vliv změny tlouštěk na změnu velikosti aberací,

5, Trasování paprsků OS (obecné), výpočet a hodnocení aberací



Trasování paprsků OS a určení celkových aberací, hodnocení velikosti aberací paprskových a vlnových, komplexní hodnocení kvality zobrazení pomocí optické přenosové funkce,

...

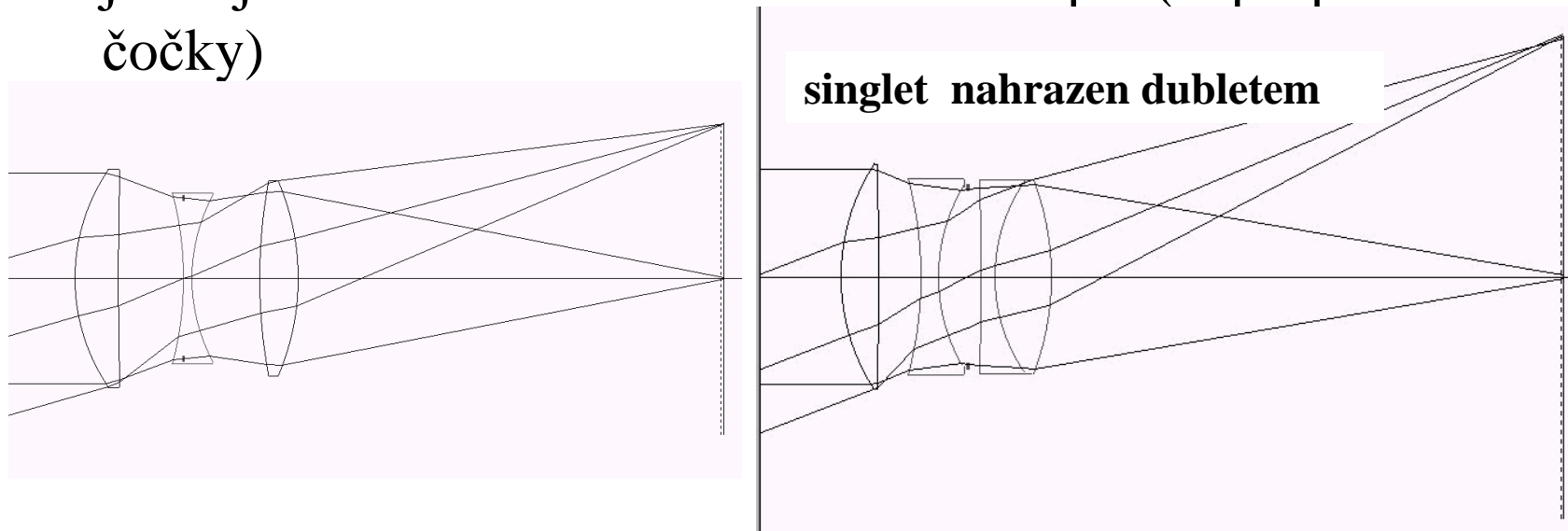
5, Trasování paprsků OS (obecné), výpočet a hodnocení aberací

Znalost :

Vektorové trasování paprsků OS, grafické vyjádření geometrických a vlnových aberací, spot diagram, „ray-fan“ diagramy, rozptylová funkce bodu (PSF), Rayleighovo a Strehlovo kritérium, deformace vlnoplochy a způsob výpočtu, optická funkce přenosu a způsoby jejího výpočtu

6, Optimalizace - vylepšování kvality zobrazení

Další zlepšování zobrazovacích vlastností navrhované OS pomocí malých změn konstrukčních parametrů (tvaru čoček, jejich vzdáleností a tloušťek, materiálu čoček, polohy clon ...) „ručně“ nebo pomocí optimalizačního programu. Výsledek musí splnit zadání OS (specifikaci) jinak je nutné se vrátit o několik kroků zpět (např. přidání čočky)



6, Optimalizace - vylepšování kvality zobrazení

Znalost :

principy optimalizace (matematické algoritmy),
meritní funkce, principy správné volby tzv.
startovací OS pro kovergenci optimalizace ke
globálnímu minimu (nejlepšího konstrukčního
řešení)

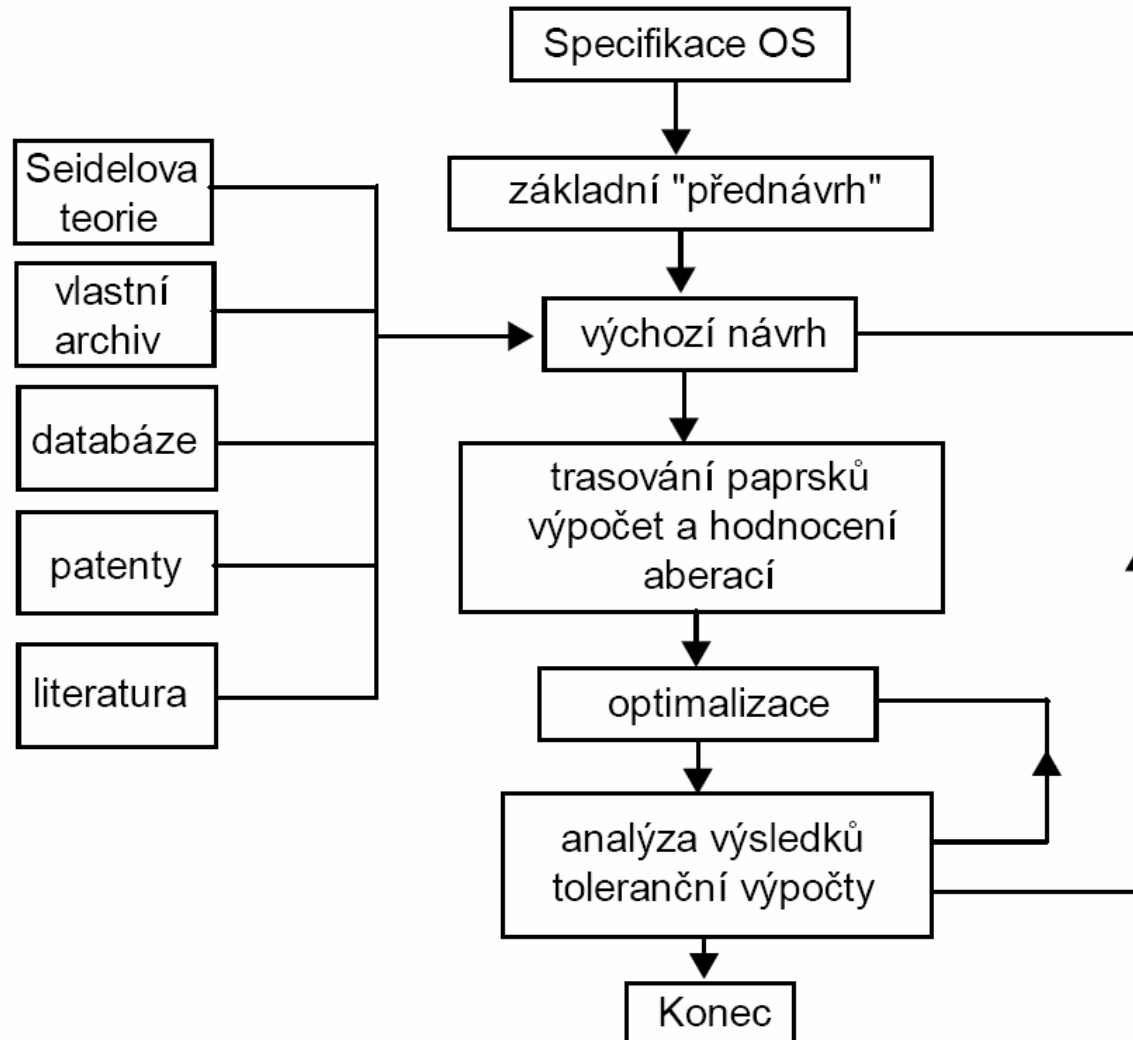
7, Hodnocení, toleranční propočty

Konečná analýza kvality zobrazení po optimalizaci, ale častěji i během ní (nemusí „konvergovat“), vliv drobných změn konstrukčních parametrů ukáže jak jsou na ně jsou citlivé zobrazovací vlastnosti OS. Toleranční výpočty (decentrace - stranové a úhlové).

Znalost :

Technologické a materiálové možnosti

Výchozí návrh – „starting point design“



Programy pro výpočet OS

PreDesigner - LINOS Photonics

http://www.winlens.de/en/predes_intro.html - paraxiální výpočty

WinLens - LINOS Photonics

http://www.winlens.de/en/wl43_intro.html - „light“ verze zdarma (bez difrakční analýzy)

Sigma 2100 – Kidger Optics Ltd

koupen majitelem **Zemaxu** (plná verze - hardwarový klíč)

OSLO-LT – Sinclair Optics (prodejce - Lambda Research Corporation)

http://www.sinopt.com/software1/downloads1/dloads_lt.htm - omezení na 10 ploch

Zemax - ZEMAX Development Corporation

http://zemax.com/demo_z.html - pouze demo (plná verze - hardwarový klíč)

CODEV - Optical Research Associates

http://www.opticalres.com/cv/cvprodds_f.html - žádné demo ani omezená verze

SYNOPTSYS – Optical System Design Inc.

<http://www.osdoptics.com/> - málo rozšířený , omezení na 12 ploch po 90 dnech

OPTALIX - Optenso

<http://www.optenso.de/index.html> - žádná verze zdarma

...

PreDesigner

LINOS Photonics: System PreDesigner 1.0.22 [lens mode]

Key Parameters | Sliders [quick adjustment] | Advanced options

Conjugate options:
 Focal length: f' Magnification: m'
 Image distance: a' Total track: t
 Object distance: a
 [Object at infinity]

Field options:
 Object height: u Object angle: w
 Image height: u' Image angle: w'
 User defined image height

Aperture options [optional]:
 Stop radius
 F number [infinity]
 NA [Numerical aperture - object]
 NA' [Numerical aperture - image]

About...
Help...

Focal length: f'	50.0mm
Object distance: a	-150.0mm
Object height: u	50.0mm
Stop radius	10.0mm

Focal length: f' 50.0mm
 Object distance: a -150.0mm
 Image distance: a' 75.0mm
 Magnification: m' -0.50x
 Total track: t 225.0mm
 Object height: u 50.0mm
 Object angle: w -18.435deg
 Image height: u' -25.0mm
 Image angle: w' -18.435deg
 Stop radius 10.0mm
 F number [infinity] 2.5
 F number [effective] 3.75

NA [object space] 0.0665°
 NA' [image space] 0.1322°

(use with care)
 Diffraction limit radius 0.0025mm [546nm]*
 MTF Cut off 488cy/mm*

Object angle [semi field] vs F number [infinity]

Systems | Depth of focus

Lens mode | Mirror mode

Print | Undo | End

Clear | Recall

Default symbols | Custom symbols

Draw construction rays
 Show extra information

WinLens

LINOS Photonics WinLens 4.3

File Edit View Tables Graphs Transmission Engineering Database Options Window Help

Auto Update [F9] User Update [F9]

File Edit Tables Graphs Transmission Engineering Databases

System Parameter Editor

Main	Conjugates	Aperture	Field	Waveband	Obj/Img
Mid Wavelength	587.5618	1.0			
Short Wavelength	486.1327	1.0			
Long Wavelength	656.2725	1.0			
Short Wavelength · 2	435.8343	0.5			
Long Wavelength · 2	652.1100	0.5			
Default Wavebands	Visible d,C,F User				

System Data Editor

#	Stop	Dim	Part	Sepr
1	Stop			
2		Nom	322209	
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Paraxial values at mid wave

Object side: data wrt FIRST surf		Image side: data wrt LAST surf	
Object distance	-Infinity	Image distance	36.062
Elt: f = PF	-40.178	Elt: f' = PF'	40.178
Front Focus: F	-39.668	Rear Focus: F'	36.062
P Plane 1: P	0.510	P Plane 2: P'	-4.115
Nodal Point: N = F·f'	0.510	Nodal Point: N' = F'·f	-4.115
Entrance Pupil	0.000	Exit Pupil	-4.632
First - Last surf	7.000	First - image surf	43.062

Surface by Surface

#	Srf	Film	FWav	Radius	Sepr	Glass	Maker	n	V
0	Obj				Infinity	air			
1	S			Plane	0.00	air			
2	S	AR02	530d	21.91	5.80	N-BK7	Schott	1.52	64.17
3	S			-17.53	1.20	SF2	Schott	1.65	33.8E
4	S	AR02	530d	-71.82	36.06	air			

Component Database

Achromat f = 40/18 mm
 Eff ~ 40.17mm
 [at 587.6nm]
 ø18.0
 83 items

NoMount	MicroB	NanoB	Mounted	Title
1	322201	052006		Achromat f = 20/10 mm
2	322206	052004		Achromat f = 10/6 mm
3	322207	052005		Achromat f = 16/8 mm
4	322209	063127		Achromat f = 40/18 mm
5	322210	063128		Achromat f = 80/18 mm
6	322218	052001		Achromat 4/3
7	322219	052002		Achromat 5/3
8	322227			Achromat f = 150/31.5 mm
9	322229		032581	Achromat f = 400/63 mm
10	322230		032582	Achromat f = 500/63 mm
11	322231		032583	Achromat f = 600/63 mm
12	322232		032584	Achromat f = 800/63 mm
13	322236	063129		Achromat f = 100/18 mm
14	322239	063203		Achromat f = 140/31.5 mm
15	322241		032585	Achromat f = 1000/80 mm
16	322242		032586	Achromat f = 1185/80 mm

Full Database
Query Database...

Obj Win Defocus ... Undefined Slider ... Undefined Slider ... Undefined Slider ... Undefined Slider ... Undefined Slider ...
 Fst Reg

Sigma 2100

S2100 - Doublet

File Edit Data View Modify Optimise Raytrace Analyze Macro Window Help

General

	1	2
MULTI-COLOR RAY TRACE AND OPTIMISE	No	
MAGNIFICATION	0.000000	
FOCAL LENGTH TARGET [mm]	100.00000	
AFOCAL	No	
FRONT-to-BACK SYMMETRY	No	
STOP SURFACE #	1	
NUMERICAL APERTURE (IMAGE SPACE)	0.100000	
DEFOCUS [mm]	0.00000	
OBJECT SURFACE LOCKED	-	
OBJECT SURFACE ANGLE [°]	-	
OBJECT SURFACE CURVATURE [1/mm]	-	
THERMAL MASTER	-	
DELTA T [K]	-	
MACRO PICKUP		

Wavelengths

	WAVELENGTH [nm]	WEIGHT (Config. #1)
1	587.60	1.00
2	656.30	0.50
3	486.10	0.50
4		

Surfaces

EFL=103.6644 [mm]

	SHAPE	SURFACE FLAGS	SPACE	SURFACE VARIABLES	SPACE VARIABLES	RADIUS [mm]	SEPARATION [mm]	GLASS CATALOG
1	S			C		66.26905	0.00000	
2	S			C		-44.52360	3.20000	SCHOTT
3	S			C		-191.01832	1.50000	SCHOTT
4	S					INFINITE	101.27800	
5								

Object Points

Cfg. # 1

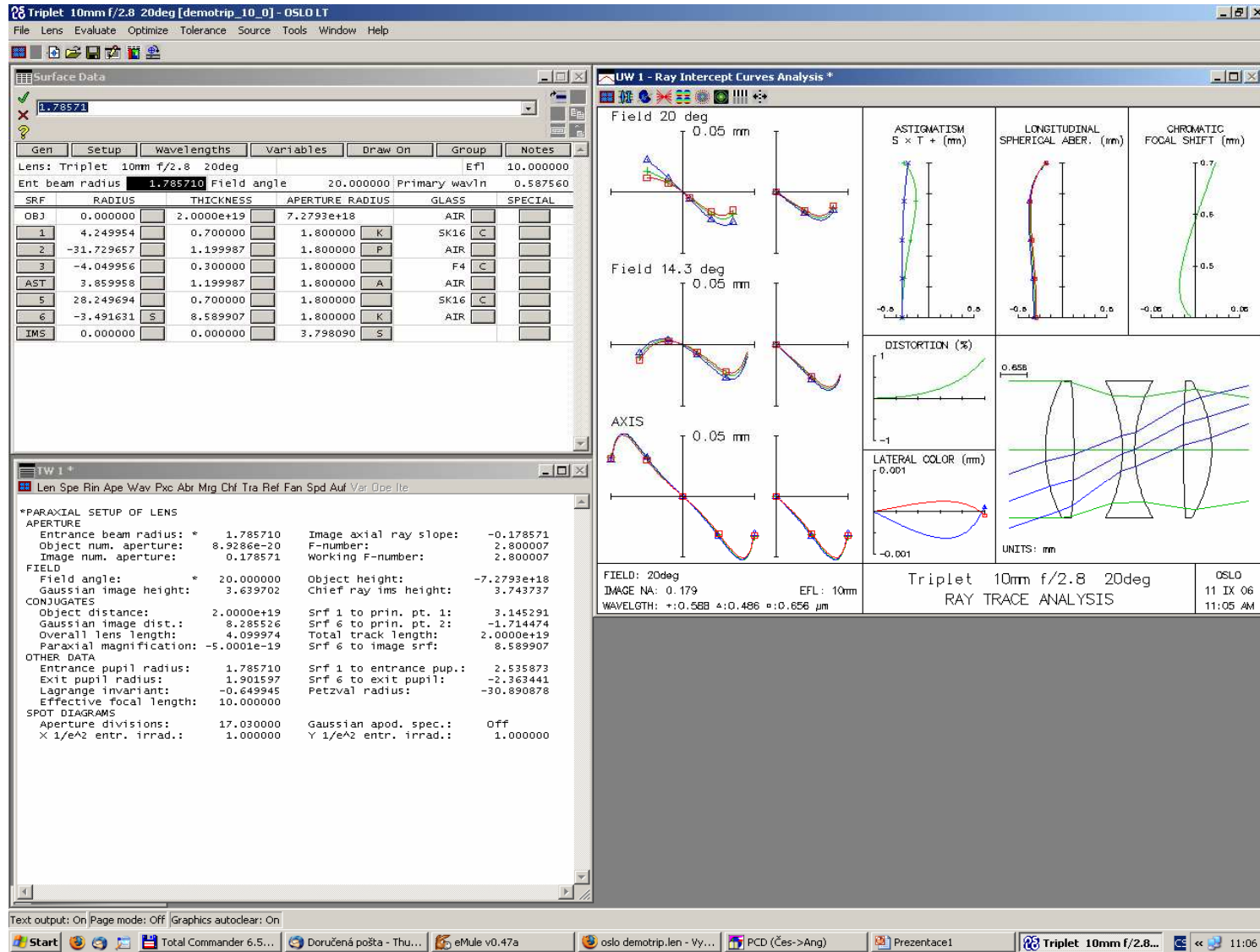
Cfg. #	X [°]	Y [°]
1	0.000000	1.000000
2		
3		

13:58:08 Lens Drawing
 13:58:23 G0TF Computing
 13:58:39 Aberration Curves Computing

File name of macro pickup

Start Total Commander 6.5... Doručená pošta - Thu... eMule v0.47a PCD (Čes->Ang) Prezentace1 sigma kidger - Vyhleda... S2100 - Doublet 13:58

OSLO-LT



Zemax

ZEMAX-EE - C:\Program Files\ZEMAX\Samples\Sequential\Objectives\Doublet.zmx

File Editors System Analysis Tools Reports Macros Extensions Window Help

New Ope Sav Sas Upd Gen Fie Wav Lay L3d Ray Opd Fod Spt MH Fps Enc Opt Ham Tol Gla Len Sys Pre Chk

Lens Data Editor

Surf	Type	Comment	Radius	Thickness	Class	Semi-Diameter	Conic	Par 0 (unused)	Par 1 (unused)
OBJ	Standard		Infinity	Infinity		0.000000	0.000000		
STO*	Standard		92.847066	6.000000	BR7	15.000000	0.000000		
2*	Standard		-30.716087	3.000000	F2	15.000000	0.000000		
3*	Standard		-78.197307	97.376047	M	15.000000	0.000000		
IMA	Standard		Infinity	-		8.437369E-003	0.000000		

2: Layout

LAYOUT
A SIMPLE DOUBLET USING A CROWN AND A FLINT.
NON SEP 11 2806
TOTAL LENGTH: 106.37605 MM

1: Ray Fan

OBOT: 0.0000 DEG
TRANSVERSE RAY FAN PLOT
A SIMPLE DOUBLET USING A CROWN AND A FLINT.
NON SEP 11 2806
MAXIMUM SCALE: 10.000 μm.
0.486 0.589 0.656
SURFACE: IMAGE

3: FFT PSF

POLYCHROMATIC FFT PSF
A SIMPLE DOUBLET USING A CROWN AND A FLINT.
NON SEP 11 2806
0.1868 TO 0.6564 μm AT 0.0000 DEG.
SIDE TO TOP 106 MM.
SURFACE: IMAGE
REFERENCE COORDINATES: 0.0000E+000, 0.0000E+000

EFFL: 100 WFNO: 5.02102 ENPD: 20 TOTR: 106.376

Start | Total Commander 6.5... | Doručená pošta - Thu... | eMule v0.47a | PCD (Čes->Ang) | Prezentace1 | sigma kidger - Vyhleda... | ZEMAX-EE - C:\Prog... | 14:06

CODEV

The screenshot displays the CODEV software interface for a lens design project titled "1 - 9MM - 36 MM F/2 ZOOM U.S.". The main window shows a 3D perspective view of a lens assembly with a large front element and a smaller rear element.

Lens Data Manager

Surface #	Surface Name	Base Surface Shape	Y Radius
1		Sphere	112.20
2		Sphere	46.98
3		Sphere	50.12
4		Sphere	-110.60
5		Sphere	33.98
6		Sphere	47.66
7	Start Zoom Group	Sphere	-139.24
8			
9			
10			

Diagnostic Output for Option RIM

FIELD HEIGHT (2.257) 0

0.0500

-0.0500

Option PSF

Command Window

```
Tilt/Focus      0.486      0
=sav C:\WIN95\TEMP\lens888.len
  System saved in file C:\WIN95\TEMP
```

New Lens Wizard

	A	B	C
285094	or1	2.773232	6.000000
565851	or2	2.772142	30.000000
262156	or3	2.496293	20.000000
263724	or4	1.782399	18.000000
282956	or5	3.402716	20.000000
290087	or6	2.792498	22.000000
251871	or7	4.950903	40.000000
253275	or8	1.840166	25.000000