

Projektowanie Układów Optycznych - Projektowanie Obliczenia wstępne układów optycznych



☐ Obliczenia wstępne układów optycznych

- metoda obliczeń wstępnych,
- metodologiczna tablica parametrów,
- podstawowe zależności i ich położenie w tablicy,
- program GABAR (opis programu),
- Krótkie przedstawienie możliwości programu,
- program GABAR - Help,
- szczegółowy przebieg działania programu,
- przykład nr 1
- przykład nr 2
- wprowadzenie dodatkowych powiększeń,
- uruchomienie iteracji,
- graficzne przedstawienie układu,

☐ Metoda Obliczeń Wstępnych :

Cienko-soczewkowy układ doskonały można opisać następującymi parametrami :

































- optyczną mocą składników - D ,
- odległością między składnikami - d ,
- parametrami biegów promieni:
 - polowego - y, β (wysokość, kąt)
 - aperturowego - h, α (wysokość, kąt)

□ Tablica metodologiczna :

Optyczne parametry można umieścić w tzw. tablicy metodologicznej co pozwoli na łatwiejszą kontrolę stanu obliczeń:

nr parameter	0	1	2	...	K	...	P
D	Moc optyczna składników						
d	Odległość między składnikami						
h	Wysokość promienia aperturowego						
α	Kąt aperturowy ($n \sin u$)						
y	Wysokość promienia polowego						
β	Kąt polowy ($\tan w$)						

Najprostsza postać tabeli metodologicznej

nr parameter	[1]		[2]		[3]		[4]		[5]		[6]	
	k-1	k	k-1	k	k-1	k	k-1	k	k-1	k	k-1	k
D												
d												
h												
α												
y												
β												

Minimalny zestaw 6 zależności i ich położenie w tablicy parametrów.
 Graficzna postać wzorów pozwala na odrębne wyznaczanie parametrów

□ Method of initial optical design :

$$\alpha_k - \alpha_{k-1} = h_k D_k \quad [1]$$

$$y_{k+1} = y_k - \beta_k d_k \quad [4]$$

$$\beta_k - \beta_{k-1} = y_k D_k \quad [2]$$





$$\alpha_k y_k - \beta_k h_k = J \quad [5]$$

$$h_{k+1} = h_k - \alpha_k d_k \quad [3]$$

$$\alpha_{k-1} y_k - \beta_{k-1} h_k = J \quad [6]$$

Minimalny zestaw zależności między parametrami układu optycznego.

- zależność nr 1 - załamanie promienia aperturowego na składniku,
 - zależność nr 2 - załamanie promienia polowego na składniku,
- zależność nr 3 - przesunięcie układu współrzędnych promienia aperturowego na następny składnik
- zależność nr 4 - przesunięcie układu współrzędnych promienia polowego na następny składnik
- zależność nr 5 – niezmiennik Lagrange’a-Helmholtza (postać 1)
- zależność nr 6 – niezmiennik Lagrange’a-Helmholtza (postać 2)

-  - parametr niezerowy
-  - parametr zerowy
-  - parametr iterowany
-  - kolejny krok obliczeniowy

parameter	0	1	2	3	4	5
ϕ		4	6	9	13	15
e		3	5		11	
h						
α		2			12	
y			1	7	10	
β				8	14	

Odręczna możliwość wyznaczania algorytmu obliczeń bez wykonywania obliczeń liczbowych. W tablicy metodologicznej widoczne są miejsca zadanych parametrów i kolejne kroki wyznaczania brakujących parametrów układu optycznego.

Odręczna możliwość wyznaczania algorytmu obliczeń bez wykonywania obliczeń liczbowych.

Mając parametry wejściowe układu w tablicy wystarcza tylko stwierdzić możliwość wyznaczenia następnych parametrów korzystając z graficznych postaci wzorów. Znając 3 parametry zgrupowane w danej zależności 4 parametr zakładamy jako obliczony i w tablicy metodologicznej wstawiamy w jego miejsce znak \textcircled{N} . W ten sposób dokonujemy sprawdzenia możliwości wypełnienia pozostałych miejsc tablicy. W ten sposób znajdujemy algorytm rozwiązania zadania projektowego, tzn. w kolejnym kroku \textcircled{N} wyznaczamy parametr korzystając z konkretnego wzoru.

□ Metoda obliczeń wstępnych :

W zastosowaniach profesjonalnych używa się większy zestaw zależności, które są zgrupowane w trzech obszarach związane z: paraxial marginal ray, paraxial chief ray and the both mixed rays

$$\alpha \cdot m - \alpha_{-1} = 0$$

$$\beta \cdot v - \beta_{-1} = 0$$

$$\alpha \cdot y - \beta \cdot h - J = 0$$

$$\alpha - \alpha_{-1} - h \cdot \phi = 0$$

$$\beta - \beta_{-1} - y \cdot \phi = 0$$

$$\alpha_{-1} \cdot y - \beta_{-1} \cdot h - J = 0$$

$$\alpha \cdot (1 - m) - h \cdot \phi = 0$$

$$\beta \cdot (1 - v) - y \cdot \phi = 0$$

$$\alpha \cdot y \cdot (m - v) - J \cdot (v - 1) = 0$$

$$\phi \cdot m \cdot t + (1 - m)^2 = 0$$

$$\phi \cdot v \cdot q + (1 - v)^2 = 0$$

$$\beta \cdot h \cdot (m - v) - J \cdot (m - 1) = 0$$

$$\alpha \cdot \alpha_{-1} \cdot t + h \cdot (\alpha - \alpha_{-1}) = 0$$

$$\beta \cdot \beta_{-1} \cdot q + y \cdot (\beta - \beta_{-1}) = 0$$

$$m \cdot J \cdot (1 - v) - \alpha \cdot y_{-1} \cdot (m - v) = 0$$

$$\alpha_{-1} \cdot t + h \cdot (1 - m) = 0$$

$$\beta_{-1} \cdot q + y \cdot (1 - v) = 0$$

$$v \cdot J \cdot (1 - m) - \beta_{-1} \cdot h \cdot (m - v) = 0 .$$

$$h_{+1} - h + \alpha \cdot e = 0 .$$

$$y_{+1} - y + \beta \cdot e = 0$$

T.Kryszczyński, M.Leśniewski - Method of the initial optical design and its realization, Proc. SPIE, 2005, v.5954, pp.237-248

□ SOFTWARE DESCRIPTION

Do obliczeń wstępnych został opracowany program GABAR języku Excel Visual Basic Application. Głównym celem programu jest wypełnienie tablicy metodologicznej wartościami liczbowymi w trybie interaktywnym.

Elem.No.
f
e
h
Alfa
m
t
y
Beta
v
q

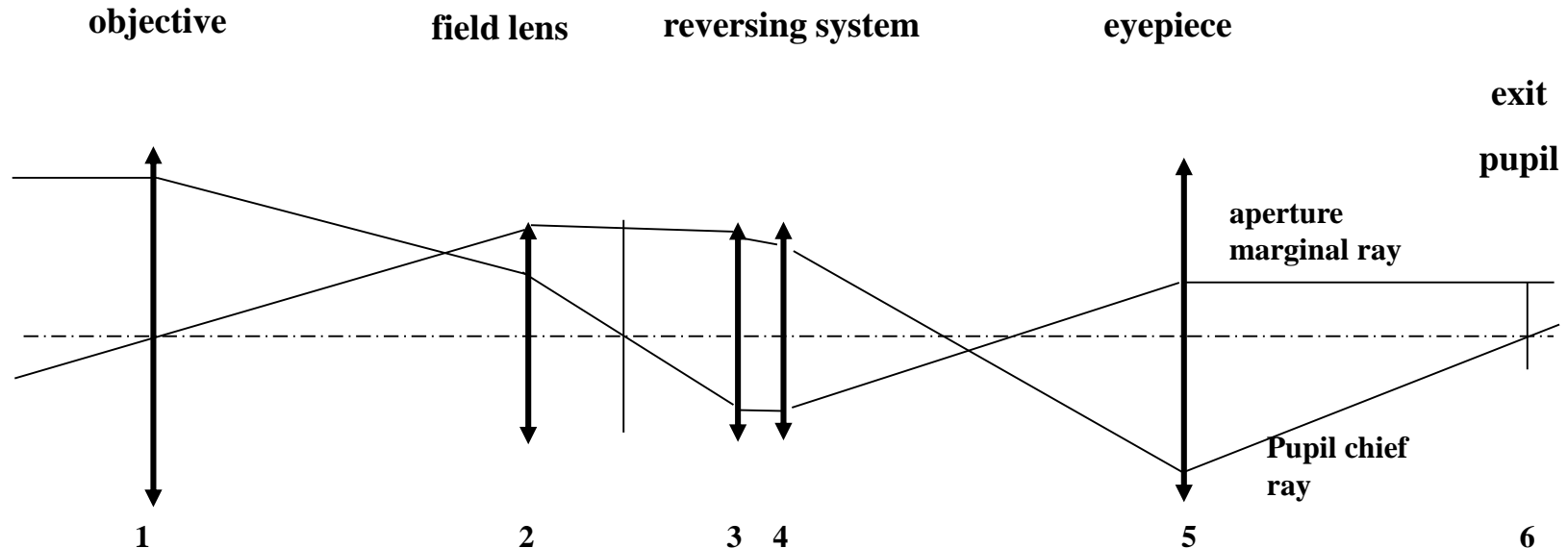
Number of Elems

L-H Invariant

T.Kryszczyński, M.Leśniewski - Method of the initial optical design and its realization, Proc. SPIE, 2005, v.5954, pp.237-248

□ Program GABAR :

W celu lepszego zapoznania się z programem GABAR rozpatrzono
cienko-soczewkowy układ lunety myśliwskiej 36/6X



Schemat optyczny lunety myśliwskiej

□ Program GABAR :

Następujące parametry są dane: powiększenie lunety - 6X, średnica obiektywu - 36 mm, obrazowy kąt pola widzenia - $2w = 22$ deg., położenie źrenicy wyjściowej - 80 mm, długość lunety - 300 mm.

Następujące dane wprowadzane są do tabeli metodologicznej programu GABAR application: Liczba składników = 6, $h_1 = 18$, $\alpha_0 = 0$, $\alpha_3 = 0$, $\alpha_5 = 0$, $h_6 = 3$ (wymiar źrenicy wyjściowej), $e_5 = 80$, $\beta_5 = -0,19438$ (tg 11deg), $h_3 = h_4 = -5$ (założenie), $e_3 = 5$ (założenie), $h_2 = 2,5$, the $\alpha_2 = 0,15$ (dwie ostatnie dane oznaczają położenie kolektwy lunety)

□ Program GABAR :

Gabar Help

☺ ♦ 📊 🧠 📖 🔍 🔍

Number of Elems 6

Elem.Ilo.	0	1	2	3	4	5	6
f				33,33333			
e			50	5		80	
h	18	18	2,5	-5	-5	3	3
Alfa	0		0,15	0		0	
m							
t							
y		0				-15,5504	0
Beta	-0,032397	-0,032397		0,116628		-0,19438	
v		1					
q		0					

L-H Invariant 0,58314

Pierwszy etap: obliczenie parametrów na podstawie danych wejściowych

Program GABAR :

The screenshot shows the GABAR program interface. At the top, there is a menu bar with 'Gabar' and 'Help'. Below it is a toolbar with various icons. A 'Number of Elems' field is set to 6. A table displays data for elements 0 through 6. The 'Beta' row is highlighted in yellow. An 'Iterations' dialog box is open, showing settings for the iteration process.

Elem.Ilo.	0	1	2	3	4	5	6
f				33,33333			
e			50	5		80	
h	18	18	2,5	-5	-5	3	3
Alfa	0		0,15	0		0	
m							
t							
y		0				-15,5504	0
Beta	-0,032397	-0,032397		0,116628		-0,19438	
v		1					
q		0					

Iterations

Kind of Dimension: ☒ e ☐ t ☐ q

Range of Elements: Fro 1 To 4

Target Dim.: 300

Start Val.: 1,1

Go Help Cancel

Etap drugi: initialization of iterations; the iterated parameter is beta 2, provided that the riflescope length (distance from first element - objective to the last - eyepiece) should be equal 300 mm.

□ Program GABAR :



Number of Elems

6

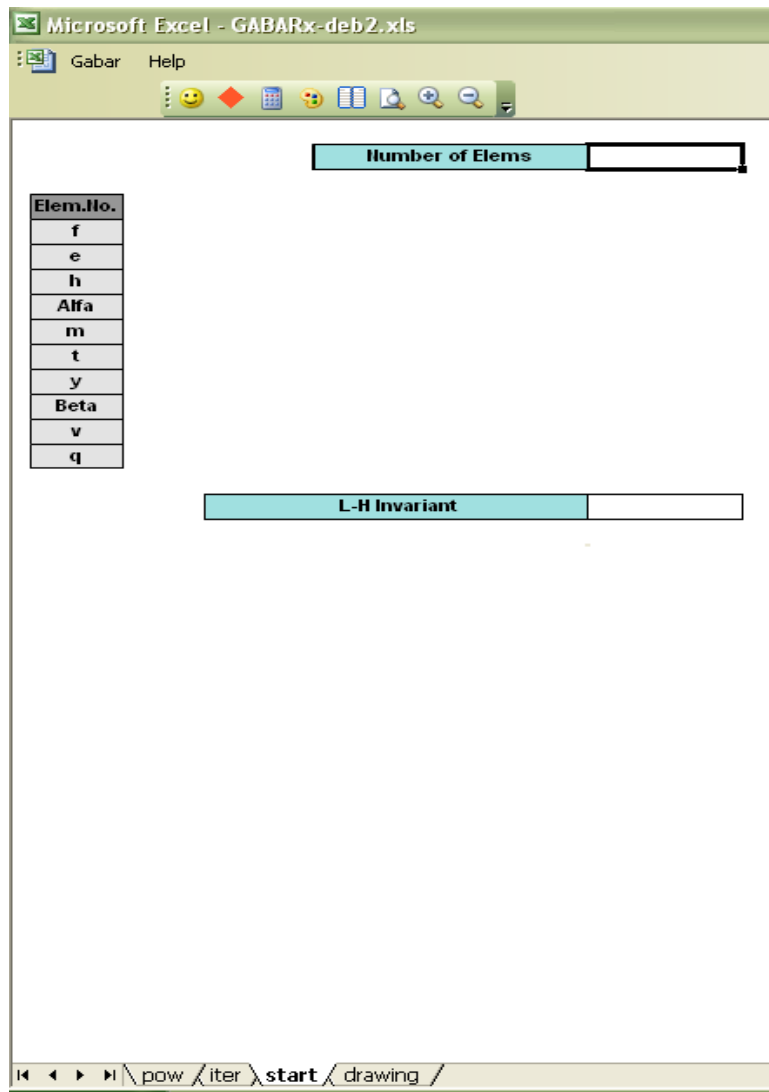
Elem.No.	0	1	2	3	4	5	6
f		146,9064	90,99844572	33,33333	74,06307	44,43784	
e		126,5027	50	5	118,5009	80	
h	18	18	2,5	-5	-5	3	3
Alfa	0	0,122527	0,15	0	-0,06751	0	
m		0	0,816846689		0		
t			-3,736998917				
y		0	4,098266667	3,466267	2,883127	-15,5504	0
Beta	-0,032397	-0,032397	0,01264	0,116628	0,155556	-0,19438	
v		1	-2,563027427	0,108379	0,749749	-0,80027	
q		0	450,7326845	-244,5093	-6,186374	179,9666	

L-H Invariant

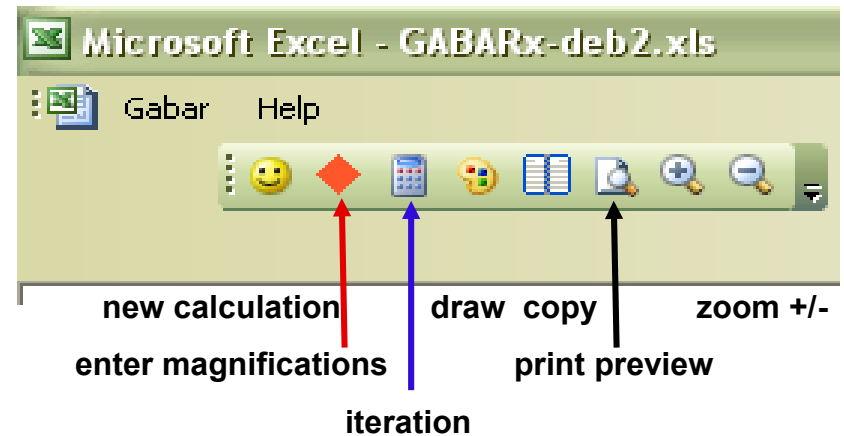
0,58314

End of calculation. All empty places in the methodology table are filled with numerical results.

□ Program GABAR - Help :



Initial GABAR program window



Program start with initial window. Enter with number of components program open parameter table. Calculation are provided in the interactive mode in the starting sheet (only!). According to the entered data program verify possibility of calculation and realize it. For any moment it is possible to save the data in temporary sheet using copy icon in toolbar or copy the temporary sheet to working start sheet.

□ Program GABAR - Help :

The 'Iterations' dialog box has a title bar with a close button. It contains four main sections: 'Kind of Dimension' with radio buttons for 'e' (selected), 't', and 'q'; 'Range of Elements' with 'Fro' set to 0 and 'To' set to 4; 'Target Dim.' with a value of 167; and 'Start Val.' with a value of 1.1. At the bottom are 'Go', 'Help', and 'Cancel' buttons.

This window allow to iterate arbitrary table parameter under condition to reach length query value: mechanical – e, object-image distance – t, q for marginal or chief ray.

Iteration window

The 'Additional Magnifications' dialog box has a title bar with a close button. It features a table for magnification settings. The table has columns for 'Kind of Magnification' (Aperture Ray and Field Ray), 'Between Elements' (Form and To), and 'Magnification Value'. There are four rows, each with a radio button for 'm' (selected) and 'v'. At the bottom are 'OK', 'Help', and 'Cancel' buttons.

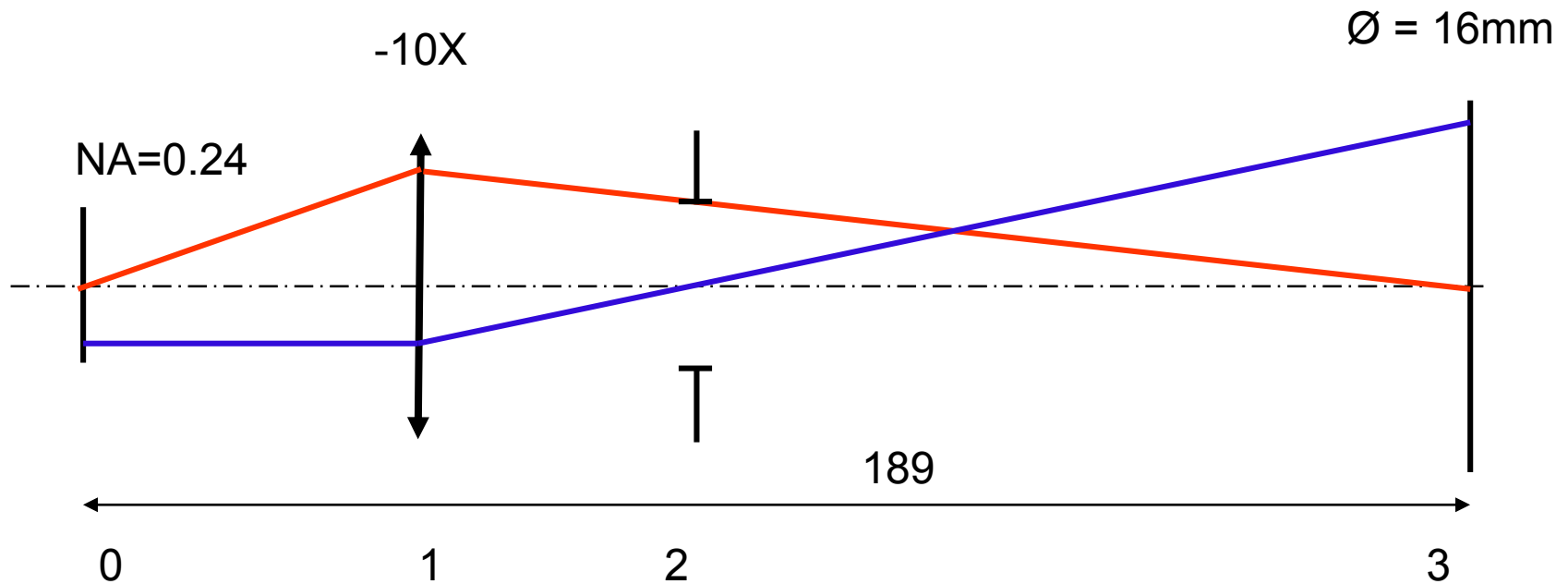
Kind of Magnification:		Between Elements:		Magnification Value
Aperture Ray	Field Ray	Form	To	
<input checked="" type="radio"/> m	<input type="radio"/> v			
<input checked="" type="radio"/> m	<input type="radio"/> v			
<input checked="" type="radio"/> m	<input type="radio"/> v			
<input checked="" type="radio"/> m	<input type="radio"/> v			

This window allow to enter with magnification for arbitrary chosen part of system as well for: aperture (marginal) and field (chief) ray

Magnifications window

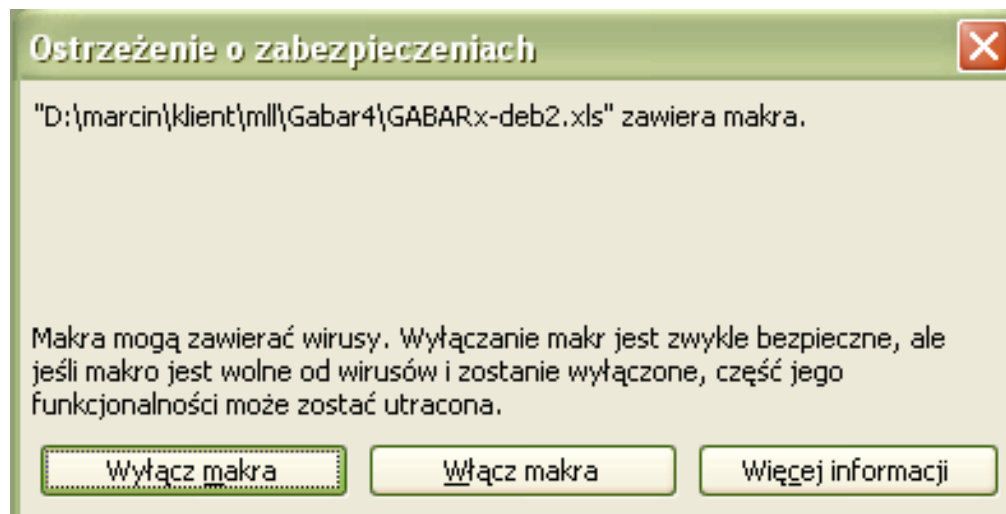
□ GABAR step by step calculation :

Example #1



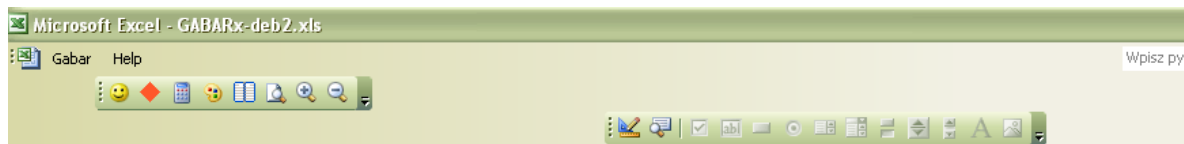
Thin lens model of microscope objective.

Marginal ray is marked red color and chief ray by blue



Warning communicate about the macros presence!
For old Excel version accept „*Włącz makra*” (*include macros*) feature.

For new Excel version change the level of security for medium.



Number of Elems	3
-----------------	---

Elem.No.	0	1	2	3
f				
e				
h				
Alfa				
m				
t				
y				
Beta				
v				
q				

L-H Invariant	
---------------	--

Initial GABAR program window

Enter with number of components = 3

Gabar Help Wpisz

Number of Elems 3

Elem.No.	0	1	2	3
f		15.619835		
e	17.181817			
h	0.000000	4.123636		0.000000
Alfa	-0.240000	0.024000		
m		-10.000000		
t		189.000000		
y				
Beta				
v				
q				

L-H Invariant

Enter with marginal ray data

$$h_0 = 0, h_3 = 0, \alpha_0 = -0.24, m_{1,2} = -10, t_1 = 189$$

Microsoft Excel - GABARx-deb2.xls

Gabar Help Wpisz py

Number of Elems		3		
Elem.No.	0	1	2	3
f		15.619835		
e	17.181817	15.619814		
h	0.000000	4.123636	3.748755	0.000000
Alfa	-0.240000	0.024000		
m		-10.000000		
t		189.000000		
y	-0.800000	-0.800000	0.000000	
Beta	0.000000	-0.051217	-0.051217	
v		-0.000001	1.000000	
q		#####	0.000000	
L-H Invariant		0.192		

Enter with chief ray data

$$y_0 = -0.8, y_2 = 0, \text{beta}_0 = 0$$

Microsoft Excel - GABARx-deb2.xls

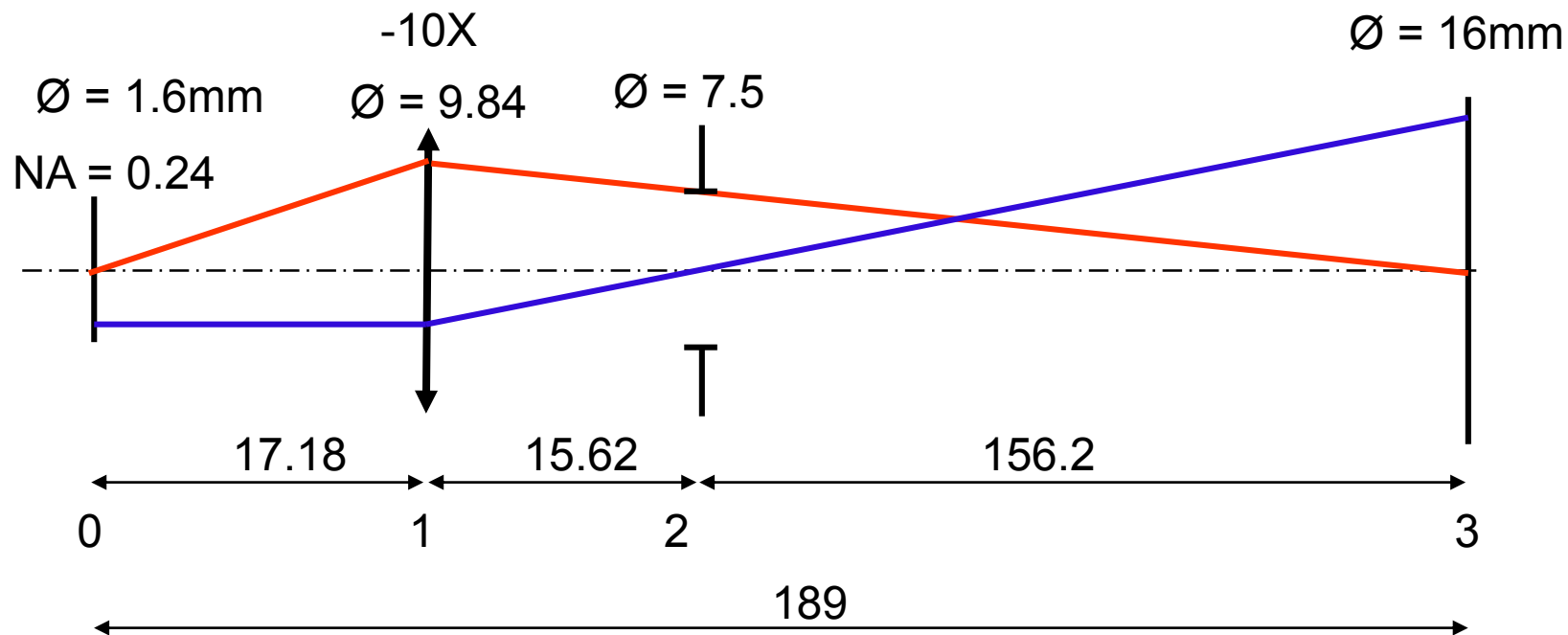
Gabar Help Wpisz

Number of Elems 3

Elem.No.	0	1	2	3
f		15.619835 #####		
e	17.181817	15.619814	156.198125	
h	0.000000	4.123636	3.748755	0.000000
Alfa	-0.240000	0.024000	0.024000	
m		-10.000000	1.000000	
t		189.000000	0.000000	
y	-0.800000	-0.800000	0.000000	8.000000
Beta	0.000000	-0.051217	-0.051217	
v		-0.000001	1.000000	
q		#####	0.000000	

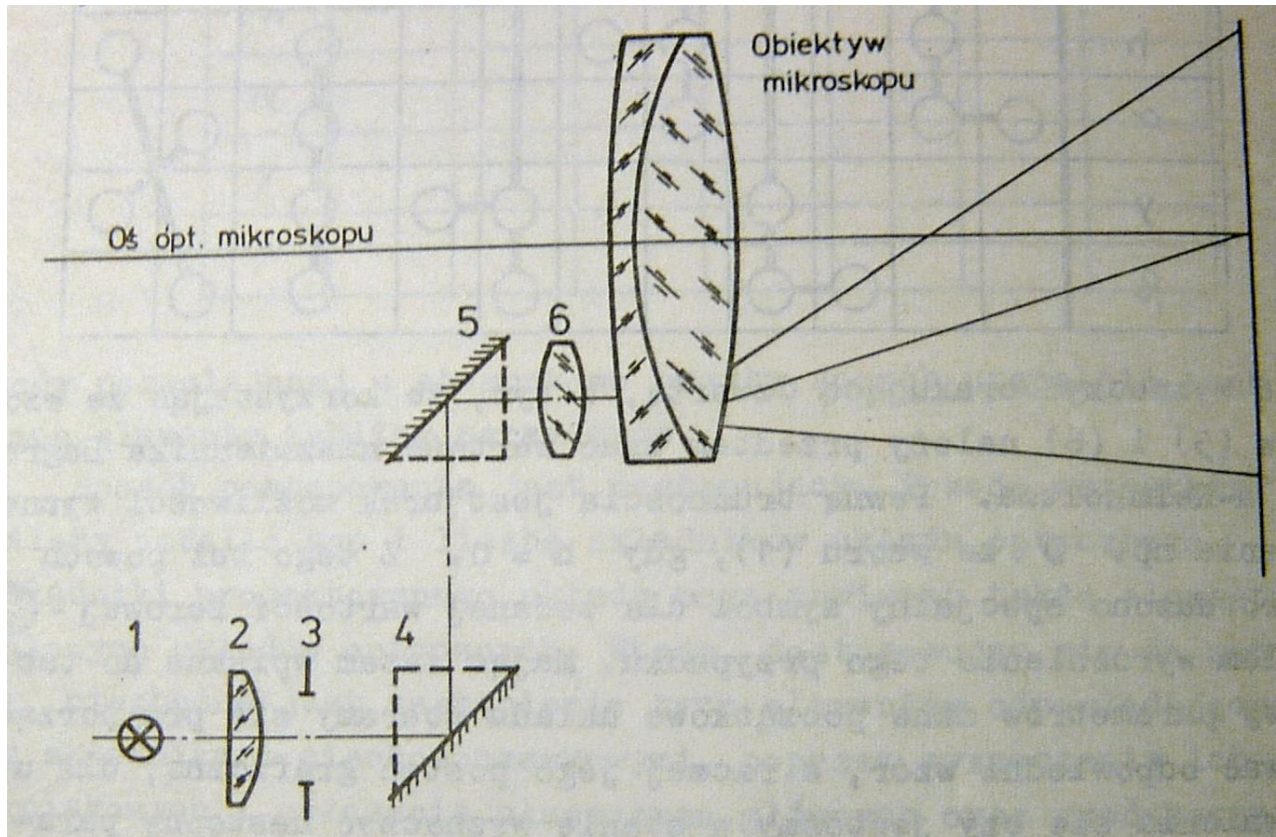
L-H Invariant 0.192

Enter $f_2 = 2e10$ (optical power equal to zero)

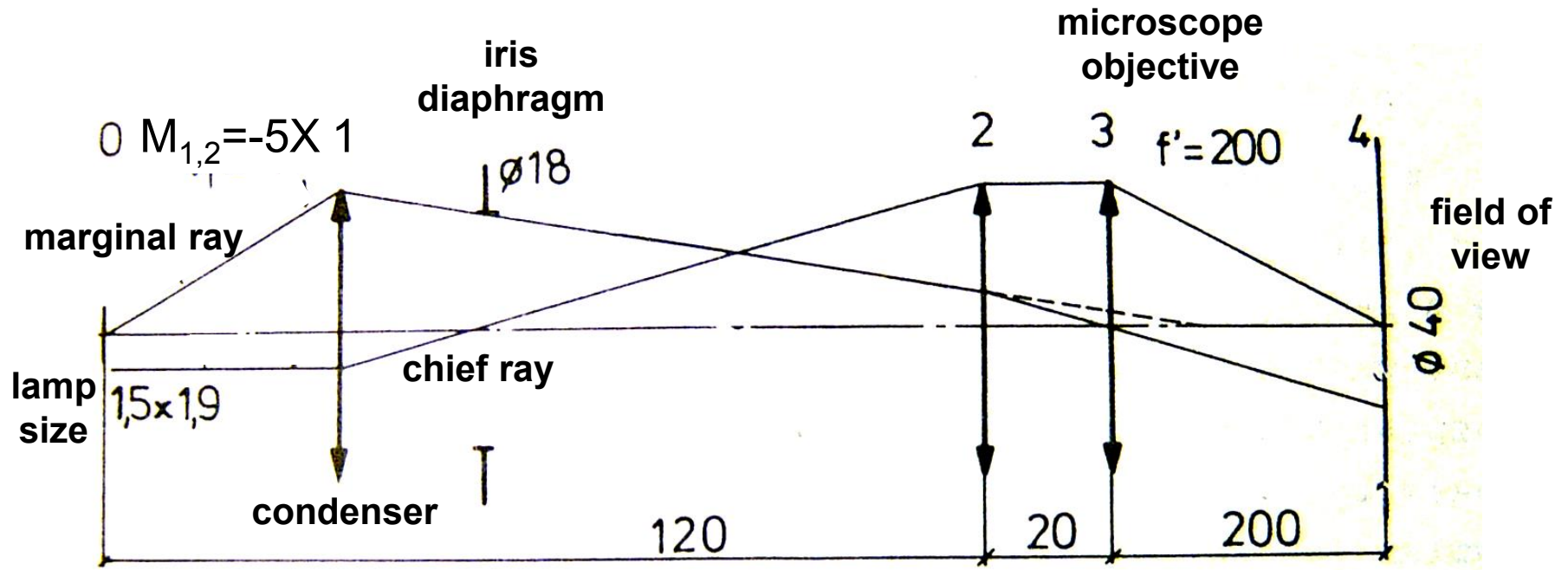


Final thin lens model of microscope objective

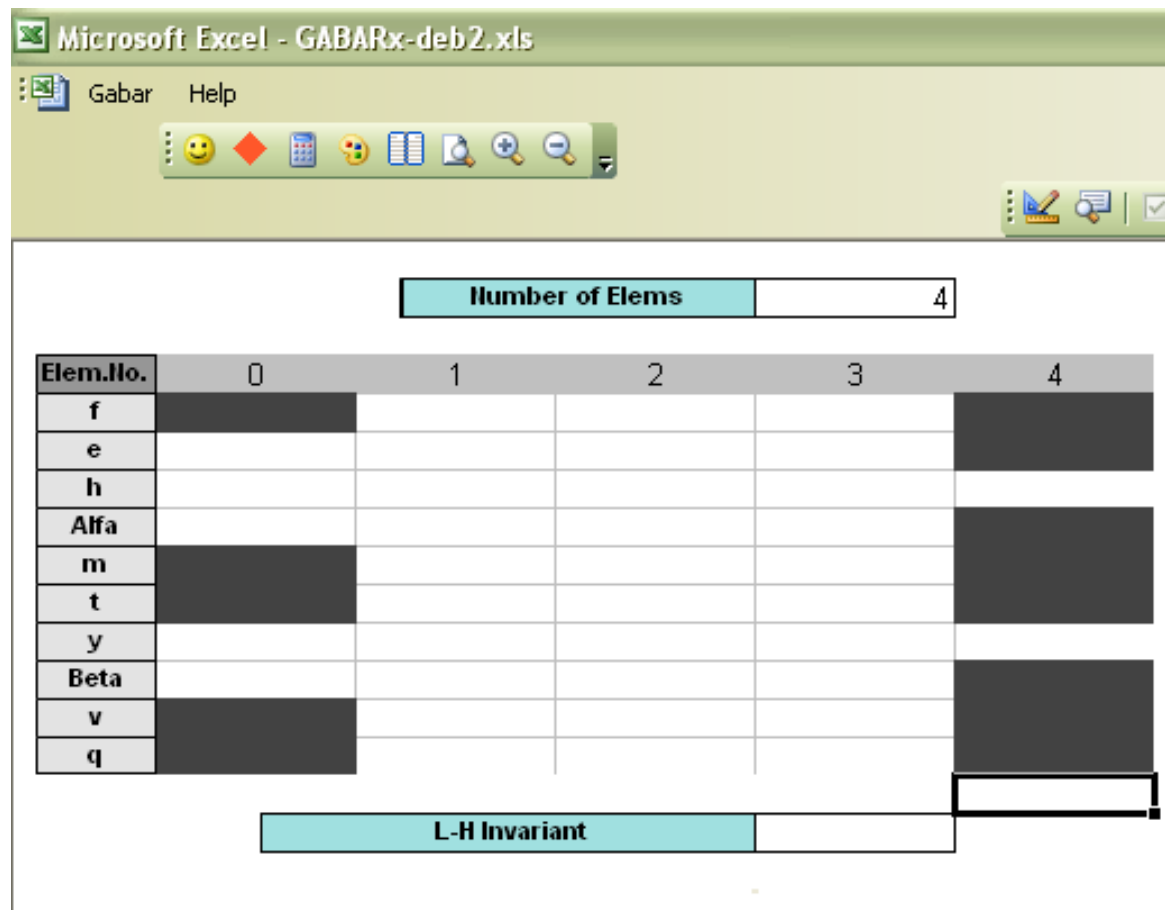
Example #2



Illumination system for operating microscope (medical application)



Equivalent thin lens model



Initial GABAR program window

Enter with number of components = 4

Microsoft Excel - GABARx-deb2.xls

Gabar Help

Number of Elems 4

Elem.Ilo.	0	1	2	3	4
f				200.000000	
e			20.000000	200.000000	
h					
Alfa					
m					
t					
y					
Beta					
v					
q					

L-H Invariant

Manual Entry

Enter starting data

$$f_3 = 200, e_2 = 20, e_3 = 200$$

none of parameter is not calculated
(to small data)

Microsoft Excel - GABARx-deb2.xls

Gabar Help

Number of Elems 4

Elem.No.	0	1	2	3	4
f				200.000000	
e			20.000000	200.000000	
h	0.000000		2.000000	0.000000	-20.000000
Alfa			0.100000	0.100000	
m				1.000000	
t				0.000000	
y					
Beta					
v					
q					

L-H Invariant

Enter with marginal ray data

$$h_0 = 0, h_3 = 0, h_4 = -20$$

magnification
icon

Microsoft Excel - GABARx-deb2.xls

Gabar Help

Number of Elems 4

Elem.No.	0	1	2	3	4
f				200.000000	
e			20.000000	200.000000	
h	0.000000		2.000000	0.000000	-20.000000
Alfa			0.100000	0.100000	
m				1.000000	
t				0.000000	
y					
Beta					
v					
q					

L-H Invariant

Additional Magnifications

Kind of Magnification:		Between Elements:		Magnification Value
Aperture Ray	Field Ray	Form	To	
<input checked="" type="radio"/> m	<input type="radio"/> v	1	2	-5
<input checked="" type="radio"/> m	<input type="radio"/> v			
<input checked="" type="radio"/> m	<input type="radio"/> v			
<input checked="" type="radio"/> m	<input type="radio"/> v			

OK Help Cancel

Enter with condenser magnification $m_{1,2}=-5$
on marginal (aperture) ray

Microsoft Excel - GABARx-deb2.xls

Gabar Help

Number of Elems 4

Elem.Ilo.	0	1	2	3	4
f				200.000000	
e			20.000000	200.000000	
h	0.000000		2.000000	0.000000	-20.000000
Alfa	-0.500000		0.100000	0.100000	
m				1.000000	
t				0.000000	
y					
Beta					
v					
q					

L-H Invariant

State of calculation after the data $m_{1,2}=-5$

Microsoft Excel - GABARx-deb2.xls

Gabar Help

Number of Elems 4

Elem.No.	0	1	2	3	4
f				200.000000	
e			20.000000	200.000000	
h	0.000000		2.000000	0.000000	-20.000000
Alfa	-0.500000		0.100000	0.100000	
m				1.000000	
t				0.000000	
y	-1.210000		6.050000	6.050000	0.000000
Beta			0.000000	0.030250	
v				0.000000	
q					

L-H Invariant 0.605

Enter with chief ray data

$$y_0 = -1.21, y_4 = 0$$

Please notice that L-H invariant is calculated.
From now optical system is fully determined.

Microsoft Excel - GABARx-deb2.xls

Gabar Help

Number of Elems 4

Elem.No.	0	1	2	3	4
f				200.000000	
e			20.000000	200.000000	
h	0.000000		2.000000	0.000000	-20.000000
Alfa	-0.500000		0.100000	0.100000	
m				1.000000	
t				0.000000	
y	-1.210000		6.050000	6.050000	0.000000
Beta			0.000000	0.030250	
v				0.000000	
q					

L-H Invariant 0.605

Additional Magnifications

Kind of Magnification:		Between Elements:		Magnification Value
Aperture Ray	Field Ray	Form	To	
<input checked="" type="radio"/> m	<input type="radio"/> v	1	2	-5
<input type="radio"/> m	<input checked="" type="radio"/> v	2	3	-2.22
<input checked="" type="radio"/> m	<input type="radio"/> v			
<input checked="" type="radio"/> m	<input type="radio"/> v			

OK Help Cancel

M

1
2
-5

Enter with projecting magnification $v_{2,3} = -2.22$
(-40/18) on chief (field) ray

Microsoft Excel - GABARx-deb2.xls

Gabar Help

Number of Elems 4

Elem.No.	0	1	2	3	4
f			90.090090	200.000000	
e			20.000000	200.000000	
h	0.000000		2.000000	0.000000	-20.000000
Alfa	-0.500000	0.077800	0.100000	0.100000	
m		-6.426735	0.778000	1.000000	
t			-5.706941	0.000000	
y	-1.210000		6.050000	6.050000	0.000000
Beta		-0.067155	0.000000	0.030250	
v				0.000000	
q					

L-H Invariant 0.605

State of calculation after the data $v_{2,3} = -2.22$

Microsoft Excel - GABARx-deb2.xls

Gabar Help

Iteration icon

by double click enter on f_1 cell

Number of Elems 4

Elem.No.	0	1	2	3	4
f			90.090090	200.000000	
e			20.000000	200.000000	
b	0.000000		2.000000	0.000000	-20.000000
Alfa	-0.500000	0.077800	0.100000	0.100000	
m		-6.426735	0.778000	1.000000	
t			-5.706941	0.000000	
y	-1.210000		6.050000	6.050000	0.000000
Beta		-0.067155	0.000000	0.030250	
v				0.000000	
q					

L-H Invariant 0.605

Iterations

Kind of Dimension: ☒ e ☐ t ☐ q

Range of Elements: Fro 0 To 2

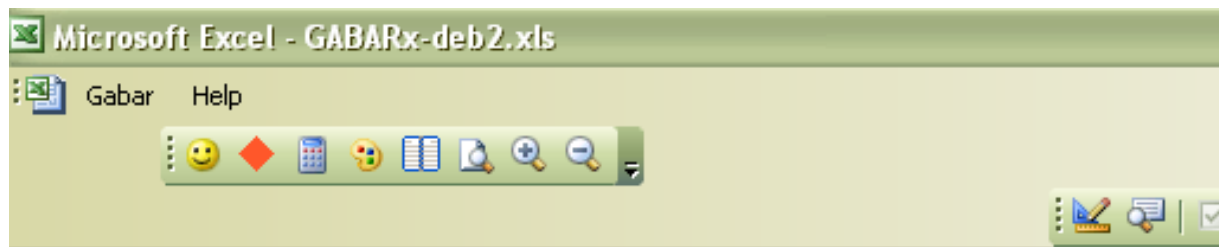
Target Dim. 120

Start Val. 1.1

Go Help Cancel

Initialization of iterations

the iterated parameter is f_1 , provided that the length (distance from lamp - 0 to the additional lens - 2 should be equal 120 mm.

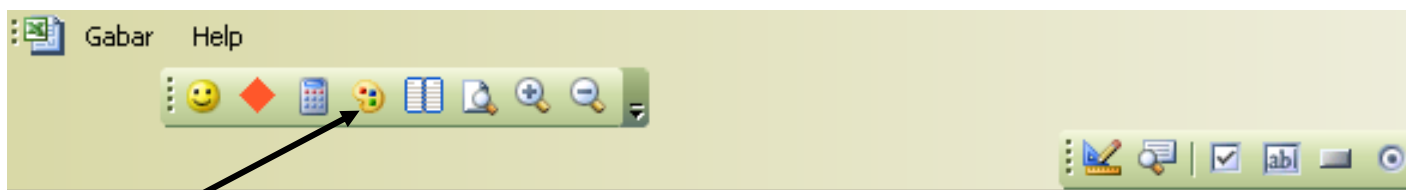


Number of Elems 4

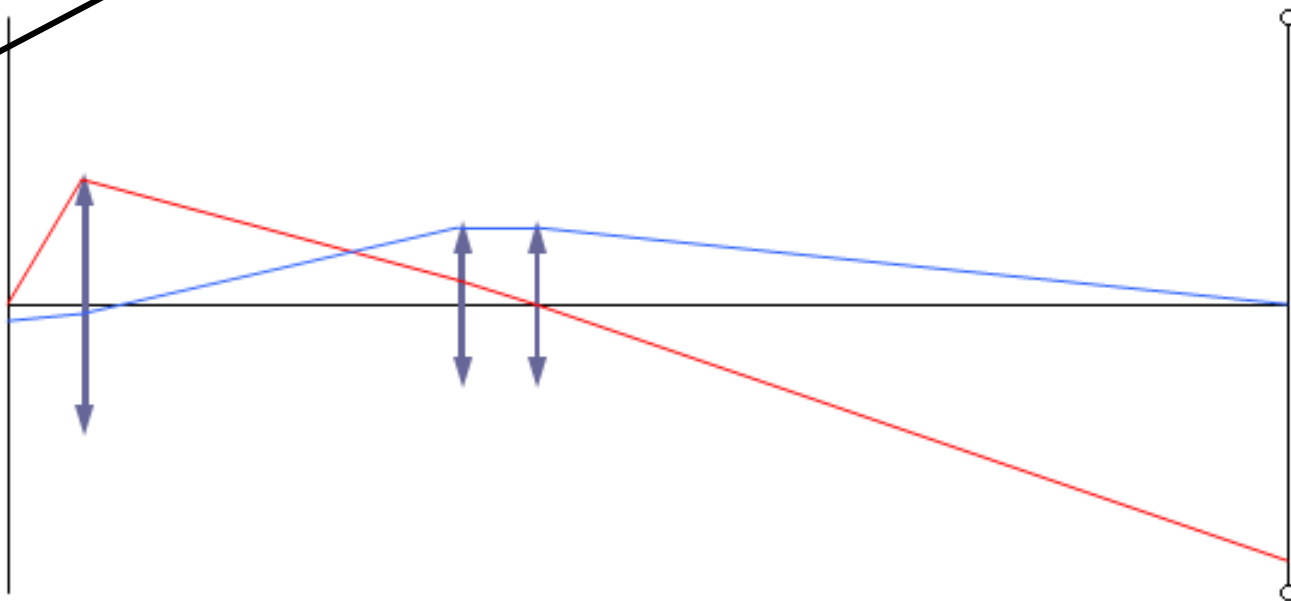
Elem.Ilo.	0	1	2	3	4
f		16.976629	90.090090	200.000000	
e	19.618192	100.373985	20.000000	200.000000	
h	0.000000	9.809096	2.000000	0.000000	-20.000000
Alfa	-0.500000	0.077800	0.100000	0.100000	
m		-6.426735	0.778000	1.000000	
t		145.699117	-5.706941	0.000000	
y	-1.210000	-0.690615	6.050000	6.050000	0.000000
Beta	-0.026475	-0.067155	0.000000	0.030250	
v		0.394237		0.000000	
q		-15.801657			

L-H Invariant 0.605

State of calculation after the iteration process.
End of calculation



draw icon



Thin element schema drawing