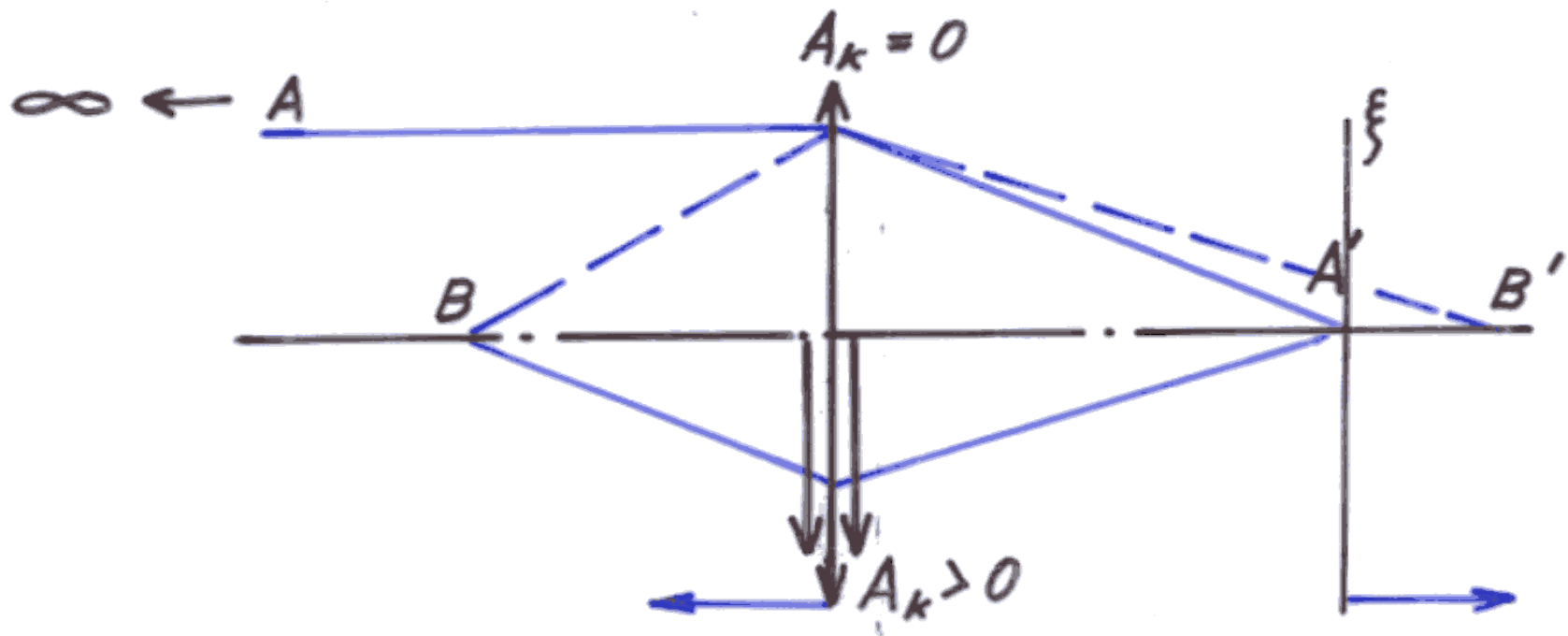


AKOMODACE

Akomodace

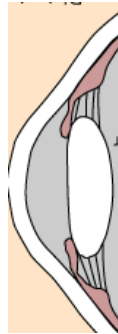
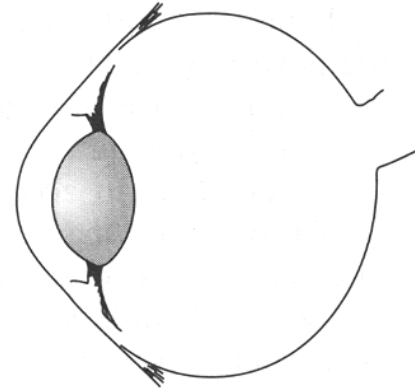
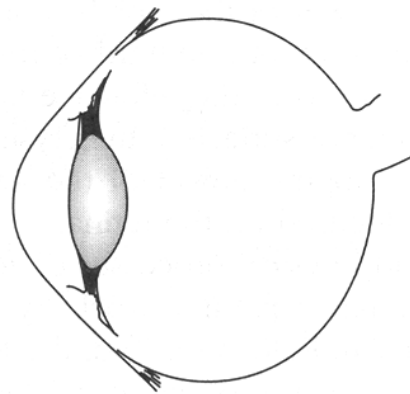


Akomodace A_k ... kladný přírůstek optické mohutnosti oka

Mechanismus akomodace



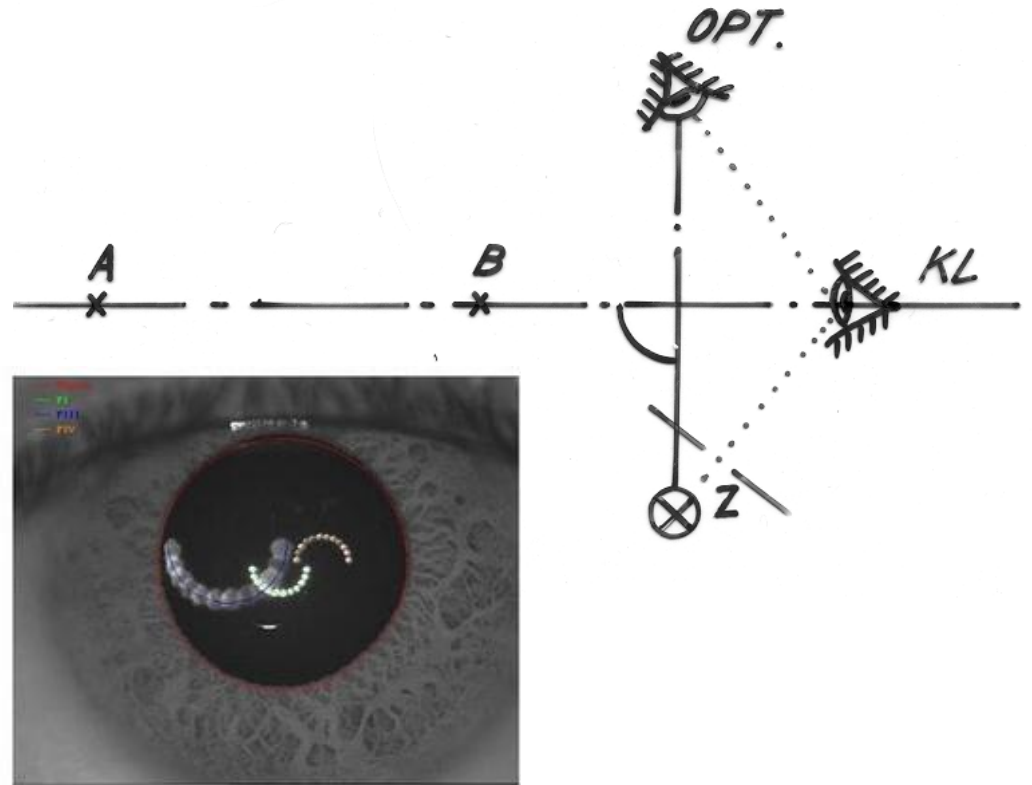
**Hermann Ludwig
Ferdinand von Helmholtz
1855
(1821-1894)**



Purkyňovy obrazy



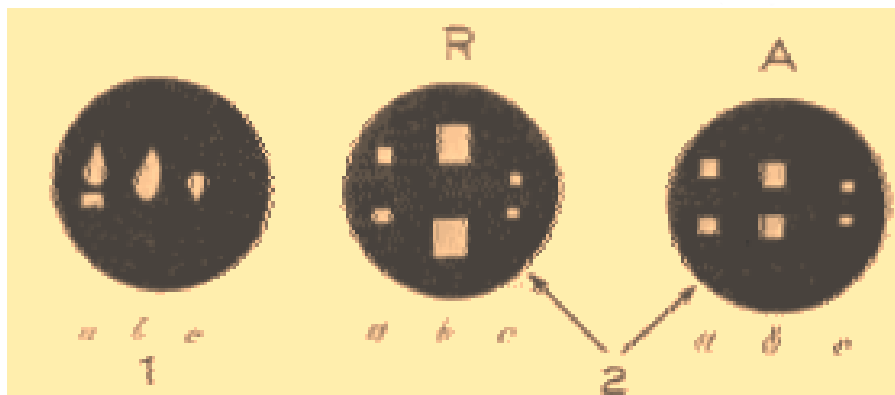
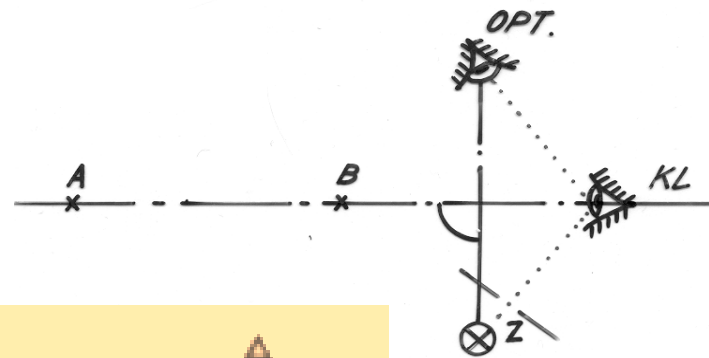
Jan Evangelista Purkyně
(1787 - 1869)



Purkyňovy obrazy



Jan Evangelista Purkyně
(1787 - 1869)



neakomodované – akomodované oko

Purkyňovy obrazy

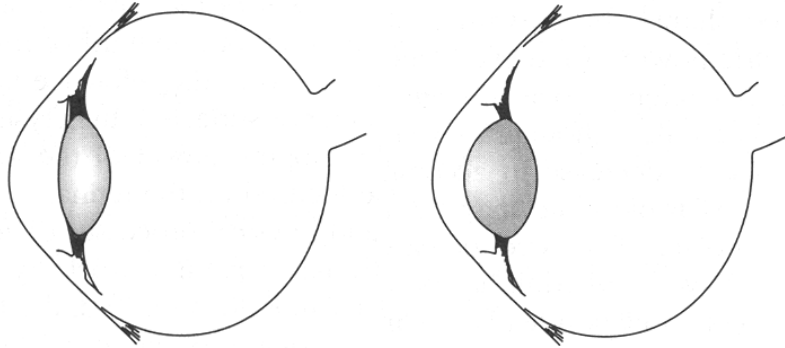
Table 12.3 The Purkinje images (calculated from Le Grand's schematic eye)

Image No.	Relative brightness	Unaccommodated eye				Eye accommodated 6.96 D (distant object)	
		Distant object		Object at 500 mm		Image position (mm)	Relative size
		Image position (mm)	Relative size	Image position (mm)	Relative size		
I	1	+3.900	1	+3.870	1	+3.900	1
II	0.010	+3.605	0.820	+3.585	0.821	+3.605	0.820
III	0.008	+10.726	1.971	+10.610	1.945	+6.200	1.102
IV	0.008	+4.625	-0.763	+4.325	-0.762	+5.237	-0.773

Image positions expressed as their distances from the anterior corneal vertex.

A. G. Bennett, R. B. Rabbetts: Clinical Visual Optics. Elsevier Health Sciences, 1998.

Mechanismus akomodace



Indexy lomu :

	akom. klid	akom. max.
rohovka	1,376	1,376
komorová voda a sklivec.....	1,336	1,336
čočka ekvivalentní.....	1,406	1,406
čočka.....	1,386	1,386

Místo :

první lámavá plocha rohovky	0	0
druhé lámavé plochy rohovky.....	0,5	0,5
první lám. plochy čočky	3,6	3,2
první lám. pl. ekviv. čočky	4,146	3,8725
druhé lám. pl. ekviv. čočky.....	6,565	5,5275
druhé lám. pl. čočky	7,2	7,2

Optické centrum čočky

Poloměry zakřivení :

první lám. p. rohovky	7,7	7,7
druhé lám. pl. rohovky.....	6,8	6,8
ekviv. pl. čočky		
první lám. pl. čočky	10,000	5,33
první lám. pl. ekviv. čočky	7,911	2,655
druhé lám. pl. ekviv. čočky.....	-5,76	-2,655
druhé lám. pl. čočky	-6,000	-5,33

Optická mohutnost :

první lám. pl. rohovky	48,83	48,83
druhé lám. pl. rohovky	- 5,88	-5,88
ekviv. pl.		
první lám. pl. čočky	5,000	9,375
jádra čočky.....	5,985	14,96
druhé lám. pl. čočky	8,33	9,375

Rohovkový systém :

optická mohutnost	43,05	43,05
místo předmětového hl. bodu	-0,0496	-0,0496
místo obrazového hl. bodu.....	-0,0506	-0,0506
předmětová ohnisková vzdálenost	-23,227	-23,227
obrazová ohnisková vzdálenost.....	31,031	31,131

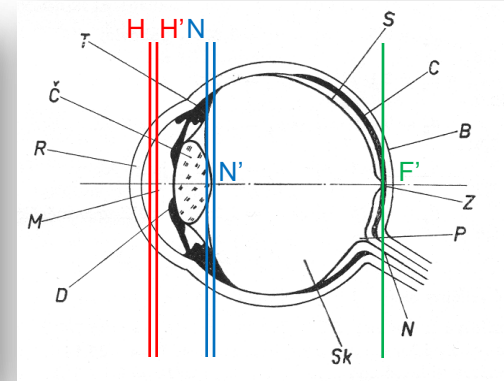
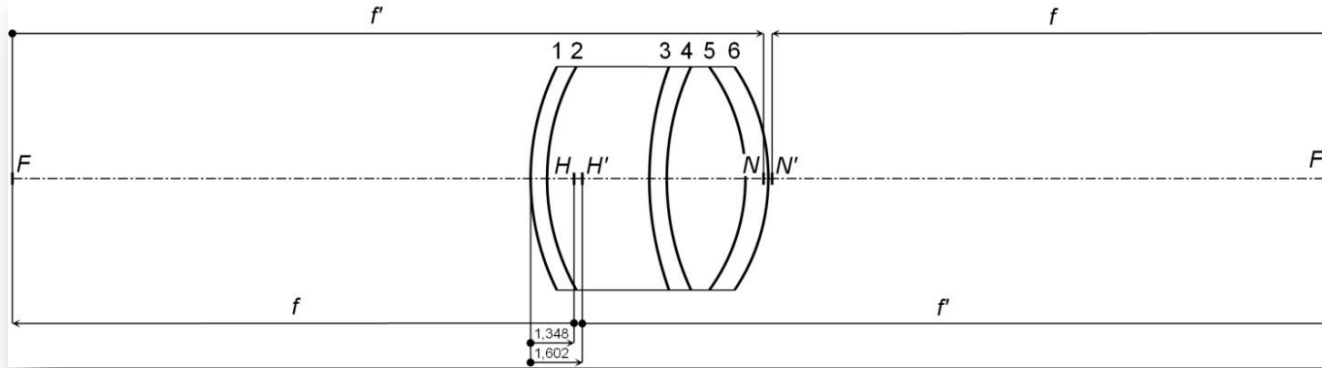
Čočkový systém :

optická mohutnost	19,11	33,06
místo předmětového hl. bodu	5,678	5,145
místo obrazového hl. bodu.....	5,808	5,255
ohnisková vzdálenost.....	69,908	40,416

Celkový systém :

optická mohutnost	58,64	70,57
místo předmětového hl. bodu	1,348	1,722
místo obrazového hl. bodu.....	1,602	2,086
místo předm. ohniska	-15,707	-12,397
místo obraz. ohniska	24,387	21,016
předm. ohnisk. vzdál.	-17,055	-14,169
obraz. ohnisk. vzdál.	22,785	18,030
místo fovey centralis	24,00	24,00
axiální refrakce	1,00	-9,6
místo blízkého bodu P		-102,3
skutečný střed otáčení oka C'	13,0	13,0
místo předmětového uzlového bodu	7,078	6,533
místo obraz. uzlového bodu	7,332	6,847
místo vstupní pupily	3,047	2,668
místo výstupní pupily	3,667	3,212

Optický systém oka při akomodačním klidu



plocha č.	1	2	3	4	5	6
n'	1,376	1,336	1,386	1,406	1,386	1,336
n	1	1,376	1,336	1,386	1,406	1,386
r	7,7	6,8	10	7,911	-5,76	-6
d	0,5	3,1	0,546	2,419	0,635	
x_1 plochy	0	0,5	3,6	4,146	6,565	7,2
x	nekon.	27,6787	27,3808	25,2193	22,0391	19,9691
n/x	0	0,04971	0,04879	0,05496	0,0638	0,06941
$\varphi = (n'-n)/r$	0,04883	-0,0059	0,005	0,00253	0,00347	0,00833
n'/x'	0,04883	0,04383	0,05379	0,05749	0,06727	0,07774
x'	28,1787	30,4808	25,7653	24,4581	20,6041	17,1854
$x'-d$	27,6787	27,3808	25,2193	22,0391	19,9691	
$x'/(x'-d)$	1,01806	1,11322	1,02165	1,10976	1,0318	
$f'_R = 31,0314$						

$x'(F') = 17,1854\text{mm}$
 $x'(H') = -5,5992\text{mm}$
 $x'(N') = 0,13106\text{mm}$

$f' = 22,7846\text{mm}$
 $\varphi'_c = 58,6361\text{D}$

$x_1(F') = 24,3854\text{mm}$
 $x_1(H') = 1,6008\text{mm}$
 $x_1(N') = 7,33106\text{mm}$

	6	5	4	3	2	1
	1,386	1,406	1,386	1,336	1,376	1
	1,336	1,386	1,406	1,386	1,336	1,376
	6	5,76	-7,911	-10	-6,8	-7,7
	0,635	2,419	0,546	3,1	0,5	
	nekon.	165,685	116,356	94,3094	64,73	92,7424
	0	0,00837	0,01208	0,0147	0,02064	0,01484
	0,00833	0,00347	0,00253	0,005	-0,0059	0,04883
	0,00833	0,01184	0,01461	0,0197	0,01476	0,06367
	166,32	118,775	94,8554	67,83	93,2424	15,7065
	165,685	116,356	94,3094	64,73	92,7424	
	1,00383	1,02079	1,00579	1,04789	1,00539	

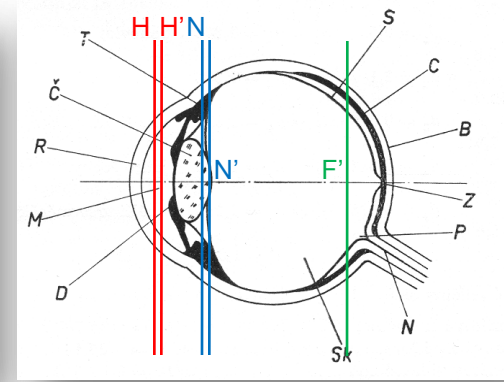
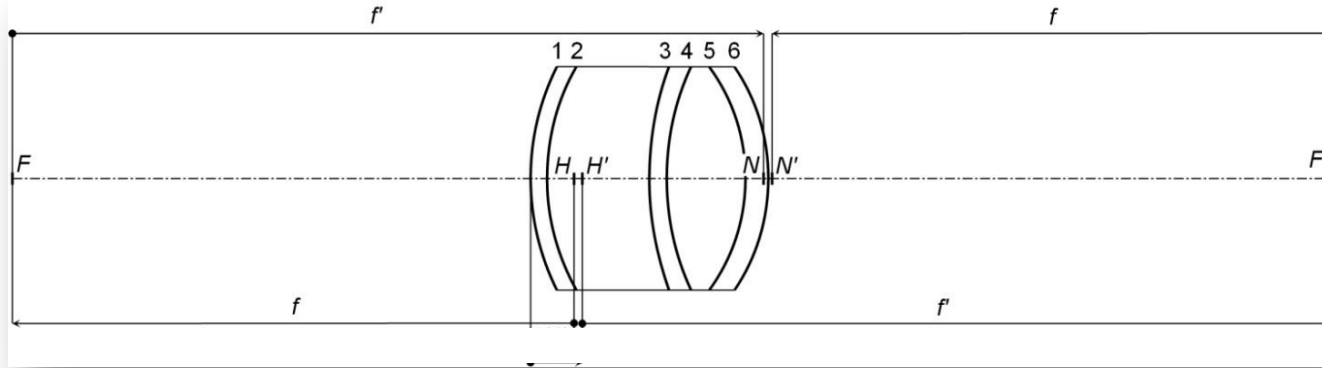
$x(F) = -15,706\text{mm}$
 $x(H) = 1,34786\text{mm}$
 $x(N) = 7,07811\text{mm}$

$f = -17,054\text{mm}$
 $\varphi'_c = 58,6361\text{D}$

$x_1(F) = -15,706\text{mm}$
 $x_1(H) = 1,34786\text{mm}$
 $x_1(N) = 7,07811\text{mm}$

- R - rohovka
- M - komorová voda
- C - čočka
- Sk - sklivec
- S - sítnice
- Z - žlutá skvrna
- D - duhovka
- T - ciliární sval
- Č - cévnatka
- B - bělima
- P - papila, slepá skvrna
- N - oční nerv

Optický systém oka při akomodačním maximu



plocha č.	1	2	3	4	5	6
n'	1,376	1,336	1,386	1,406	1,386	1,336
n	1	1,376	1,336	1,386	1,406	1,386
r	7,7	6,8	5,33	2,655	-2,655	-5,33
d	0,5	2,7	0,6725	1,655	1,6725	
x_1 plochy	0	0,5	3,2	3,8725	5,5275	7,2
x	nekon.	27,6787	27,7808	23,4437	19,4392	15,6827
n/x	0	0,04971	0,04809	0,05912	0,07233	0,08838
$\varphi = (n'-n)/r$	0,04883	-0,0059	0,00938	0,00753	0,00753	0,00938
n'/x'	0,04883	0,04383	0,05747	0,06665	0,07986	0,09776
x'	28,1787	30,4808	24,1162	21,0942	17,3552	13,6663
$x'-d$	27,6787	27,7808	23,4437	19,4392	15,6827	
$x'/(x'-d)$	1,01806	1,09719	1,02869	1,08514	1,10665	

$$f'_R = 31,0314$$

$$\begin{aligned} x'(F') &= 13,6663\text{mm} \\ x'(H') &= -5,1912\text{mm} \\ x'(N') &= -0,4486\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f' &= 18,8575\text{mm} \\ \varphi'_c &= 70,8471\text{D} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_1(F') &= 20,8663\text{mm} \\ x_1(H') &= 2,0088\text{mm} \\ x_1(N') &= 6,75141\text{mm} \end{aligned}$$

	6	5	4	3	2	1
n'	1,386	1,406	1,386	1,336	1,376	1
n	1,336	1,386	1,406	1,386	1,336	1,376
r	5,33	2,655	-2,655	-5,33	-6,8	-7,7
d	1,6725	1,655	0,6725	2,7	0,5	
x_1 plochy						
x	nekon.	146,075	80,9477	54,9853	35,9265	43,4551
n/x	0	0,00949	0,01737	0,02521	0,03719	0,03166
$\varphi = (n'-n)/r$	0,00938	0,00753	0,00753	0,00938	-0,0059	0,04883
n'/x'	0,00938	0,01702	0,0249	0,03459	0,0313	0,0805
x'	147,748	82,6027	55,6578	38,6265	43,9551	12,423
$x'-d$	146,075	80,9477	54,9853	35,9265	43,4551	
$x'/(x'-d)$	1,01145	1,02045	1,01223	1,07515	1,01151	

$$\begin{aligned} x(F) &= -12,423\text{mm} \\ x(H) &= 1,69193\text{mm} \\ x(N) &= 6,43454\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f &= -14,115\text{mm} \\ \varphi'_c &= 70,8471\text{D} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_1(F) &= -12,423\text{mm} \\ x_1(H) &= 1,69193\text{mm} \\ x_1(N) &= 6,43454\text{mm} \end{aligned}$$

- R - rohovka
- M - komorová voda
- C - čočka
- Sk - sklivec
- S - sítnice
- Z - žlutá skvrna
- D - duhovka
- T - ciliární sval
- C - cévnatka
- B - bělima
- P - papila, slepá skvrna
- N - oční nerv

Arizona Eye Model

Name	Radius	Conic	Index	Abbe	Thickness
	7.8 mm	-0.25			
Cornea			1.377	57.1	0.55 mm
	6.5 mm	-0.25			
Aqueous			1.337	61.3	t_{aq}
	R_{ant}	K_{ant}			
Lens			n_{lens}	51.9	t_{lens}
	R_{post}	K_{post}			
Vitreous			1.336	61.1	16.713 mm
	-13.4 mm	0.00			
Retina					

$$R_{ant} = 12.0 - 0.4A$$

$$K_{ant} = -7.518749 + 1.285720A$$

$$R_{post} = -5.224557 + 0.2A$$

$$K_{post} = -1.353971 - 0.431762A$$

$$t_{aq} = 2.97 - 0.04A$$

$$t_{lens} = 3.767 + 0.04A$$

$$n_{lens} = 1.42 + 0.00256A - 0.00022A^2$$

A ..
accommodation
in diopters

$$z = \frac{r^2 / R}{1 + \sqrt{1 - (K + 1) \frac{r^2}{R^2}}}$$

z = sag of surface

$$r^2 = x^2 + y^2$$

R = radius of curvature

K = conic constant

$K < -1$	Hyperboloid
$K = -1$	Paraboloid
$-1 < K < 0$	Prolate Spheroid (Ellipsoid)
$K = 0$	Sphere
$K > 0$	Oblate Spheroid (Ellipsoid)

Měření akomodace

- (pseudo)emetropický stav oka
- akomodační výkon dán vergentní hodnotou vzdálenosti blízkého bodu P od předmětové hlavní roviny oka

$$A_{\check{s}} = A_R - A_P = 1/a_R - 1/a_P \\ = |1/a_P|$$



DUANEŮV TEST

5m 1,45 mm
1m 0,29 mm

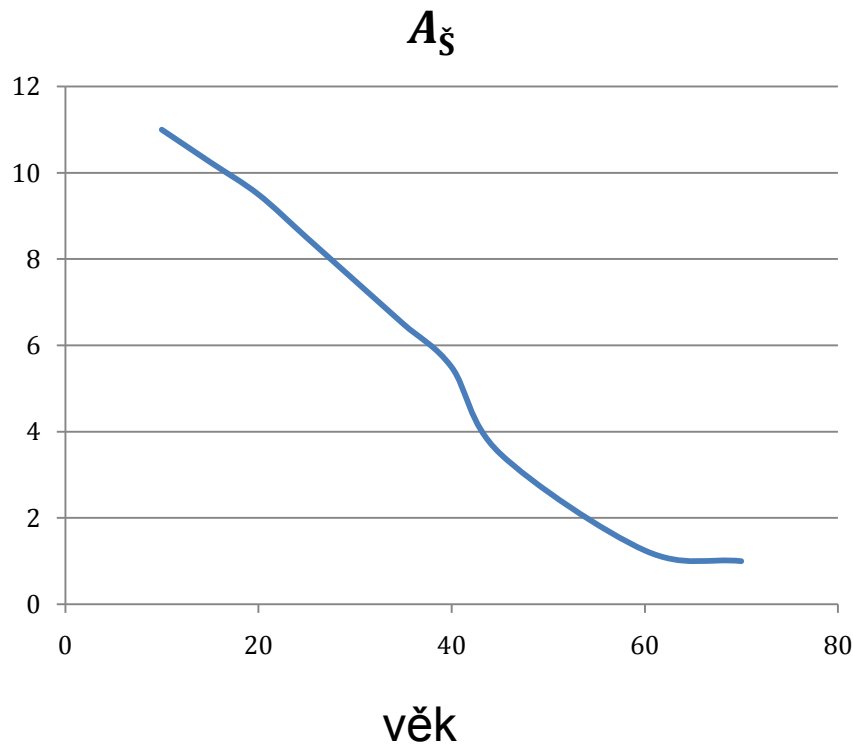
GLASERŮV TEST



Závislost akomodační šíře na věku

$$A_{\check{s}} = A_R - A_P = 1/a_R - 1/a_P$$

věk	$A_{\check{s}}$
10	11,00
15	10,25
20	9,50
25	8,50
30	7,50
35	6,5
40	5,50
45	3,5
60	1,25
70	1,00



věk	$A_{\check{s}} < 5 \text{ D}$	
	Myop	Hyperop
38	0 %	17 %
40	23 %	67 %
42	57 %	70 %
44	75 %	92 %
45	82 %	100 %

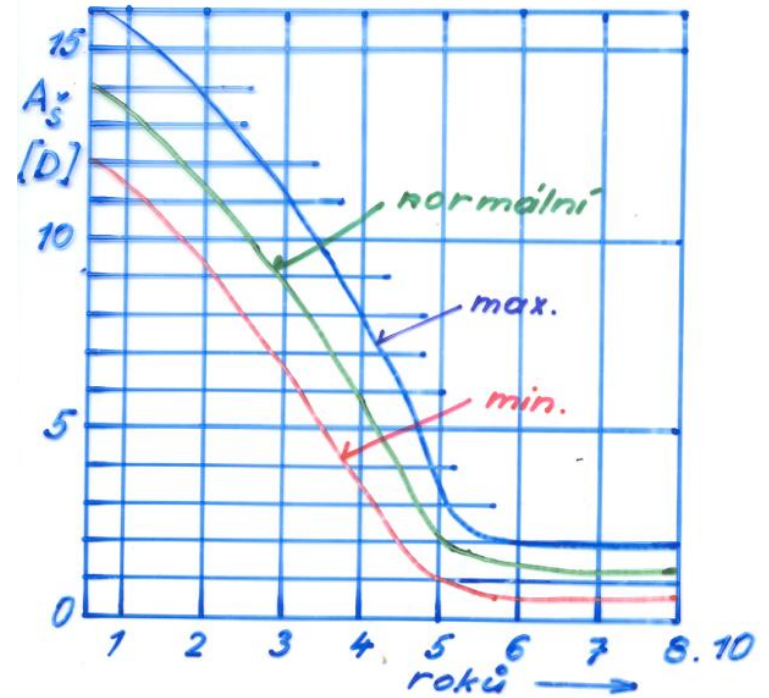
Závislost akomodační šíře na věku

TABLE 8-1. AMPLITUDE OF ACCOMMODATION AS A FUNCTION OF AGE

Age (years)	Typical Amplitude of Accommodation (diopters) ^a
10	12.50
20	9.75
30	7.25
40	4.00
50	2.50
60	1.25
70	0.50
75	0.00

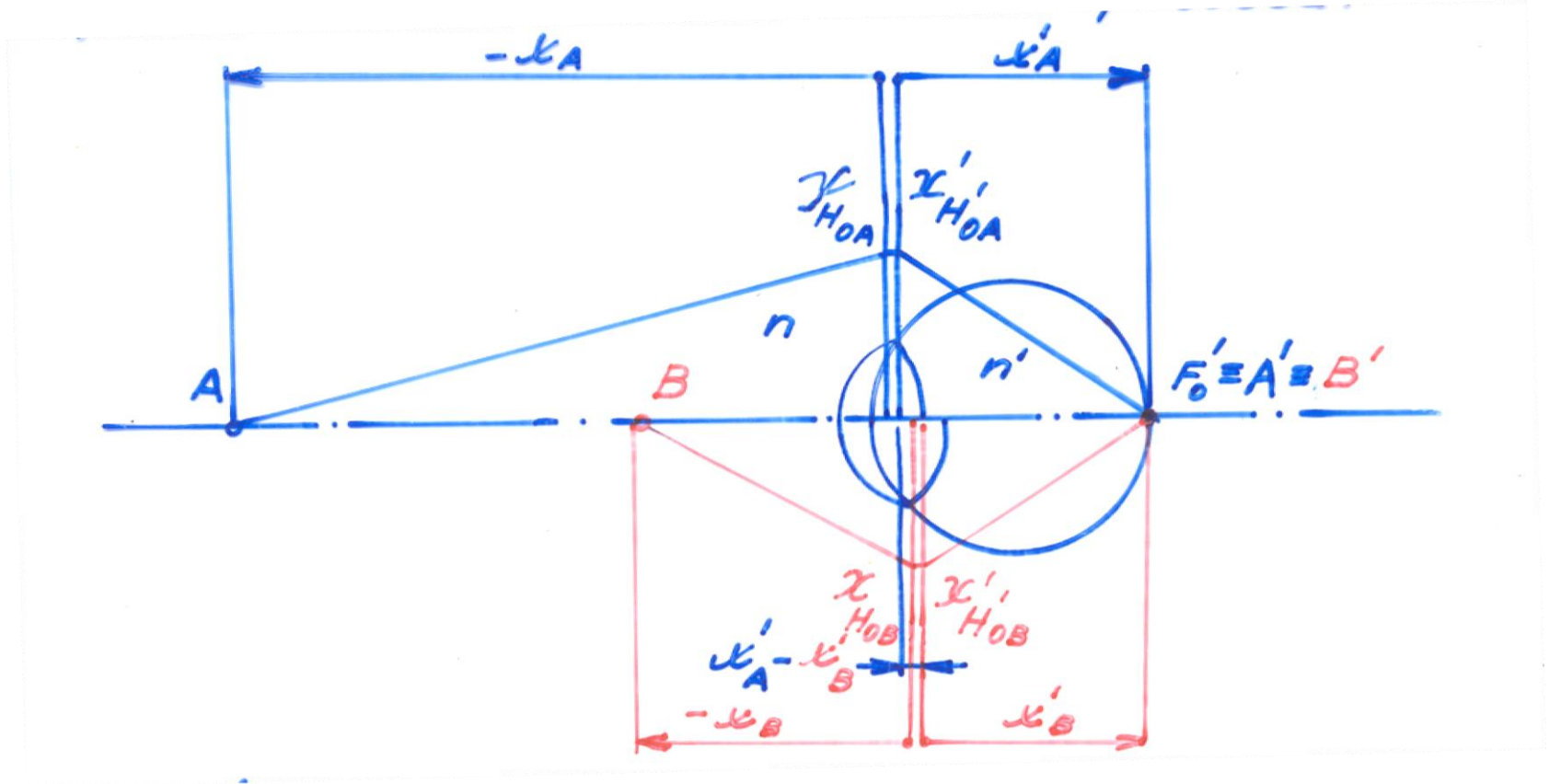
^aExtrapolated from the data of Donders (1864) and Duane (1912).

Schwartz S. H.: *Geometrical and Visual Optics – A Clinical Introduction*. McGraw Hill, New York 2002, str. 97.

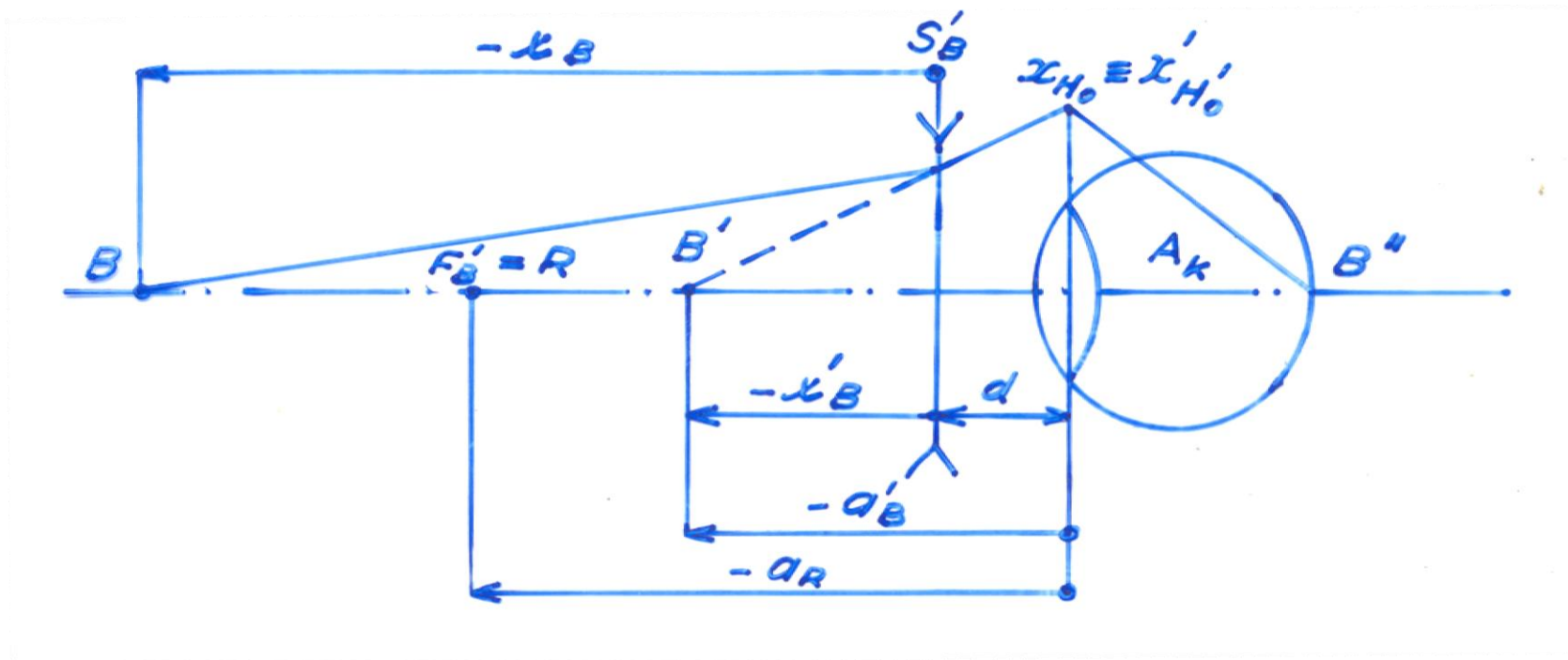


Duaneův graf – závislost A_s na věku

Optické schéma akomodačního procesu



Rozbor akomodačního procesu s korekcí do dálky: ovlivnění akomodace brýlovou čočkou pro myopa



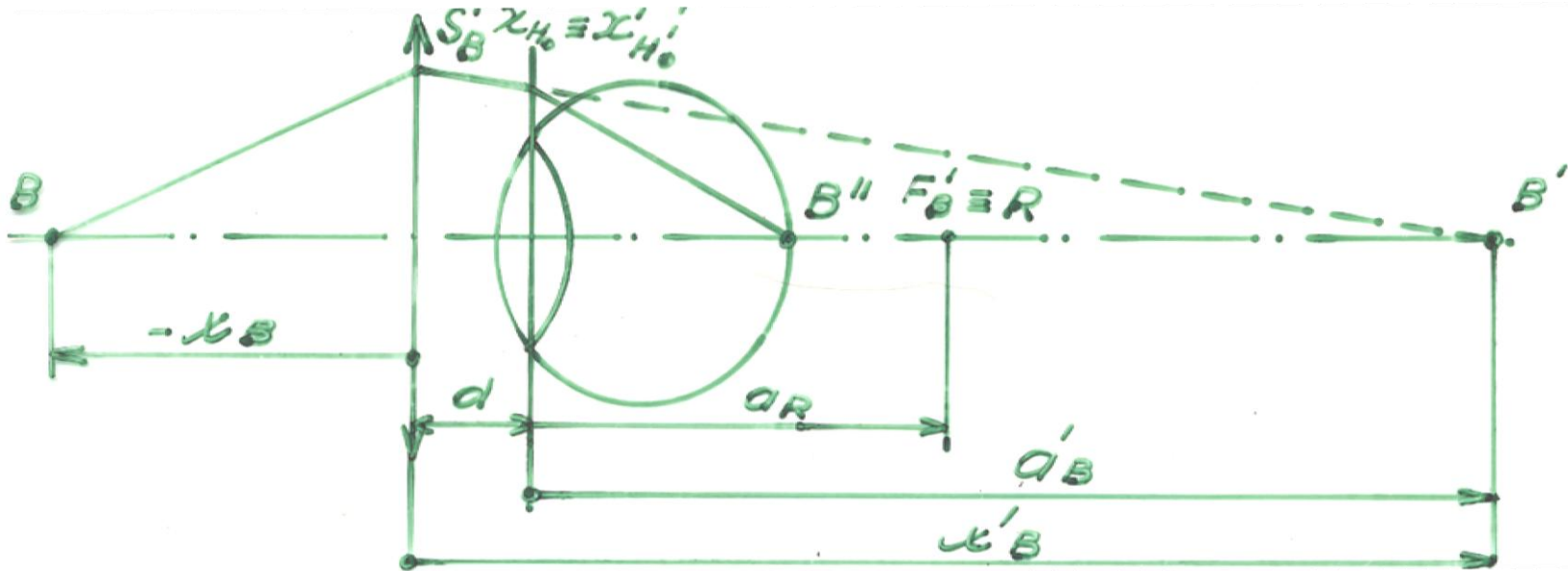
Rozbor akomodačního procesu s korekcí do dálky: ovlivnění akomodace brýlovou čočkou pro myopa

vzdálenost předmětu od oka	akomodace myopa s kontaktní čočkou	akomodace emetropa	akomodace myopa s brýlovou čočkou
- 26,3 cm	3,8 D	3,8 D	3,4 D
- 11,3 cm	8,9 D	8,8 D	7,8 D

myop: $A_R = - 4,7 \text{ D}$
 $d_{BČ} = 13 \text{ mm}$

Použití brýlové čočky vede u **myopa** k **nižšímu akomodačnímu úsilí**, než použití kontaktní čočky

Rozbor akomodačního procesu s korekcí do dálky: ovlivnění akomodace brýlovou čočkou pro hypermetropa



Rozbor akomodačního procesu s korekcí do dálky: ovlivnění akomodace brýlovou čočkou pro hypermetropa

vzdálenost předmětu od oka	akomodace hypermetropa s kontaktní čočkou	akomodace emetropa	akomodace hypermetropa s brýlovou čočkou
- 26,3 cm	3,8 D	3,8 D	4,4 D
- 11,3 cm	8,9 D	8,8 D	10,1 D

hypermetrop:

$$A_R = + 5,4 \text{ D}$$

$$d_{B\check{C}} = 13 \text{ mm}$$

Použití brýlové čočky vede u **hypermetropa**
k vyššímu akomodačnímu úsilí, než
použití kontaktní čočky

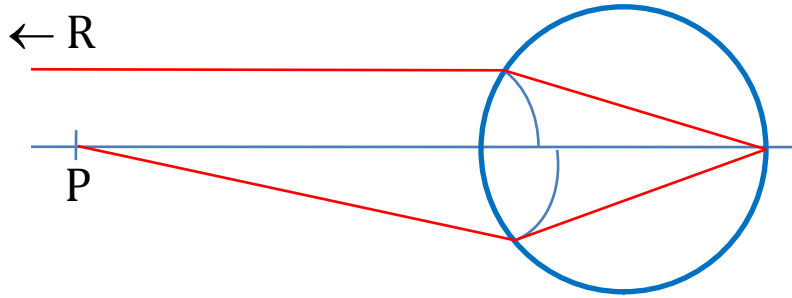
Rozbor akomodačního procesu s korekcí do blízka: korekce presbyopie brýlovou čočkou

Korekce presbyopie

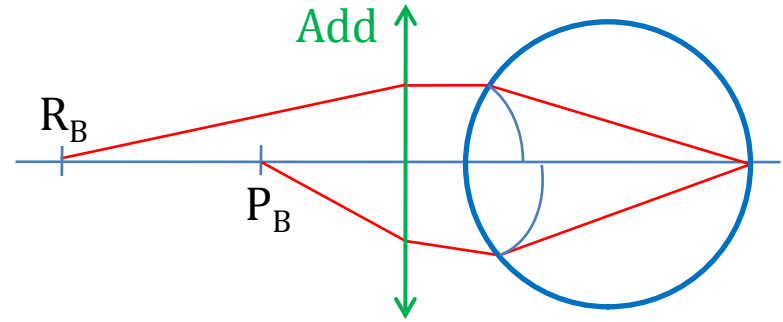
Možnosti korekce presbyopie:

- akomodující nitrooční čočky (změnou tvaru)
- bifokální, trifokální brýle (dolní část obsahuje přídavek do blízka)
- difrakční kontaktní a nitrooční čočky (mají několik ohnisek, umožňují současné vidění do různých vzdáleností)
- monovision (brýlové, kontaktní nebo nitrooční čočky, na jednom oku na blízko, na druhém do dálky)
- multizonální refraktivní kontaktní a nitrooční čočky (mají několik oblastí, obvykle anulárních, s různými mohutnostmi pro současné vidění)
- progresivní čočky (brýlové čočky s mohutností proměnnou ve vertikálním směru)

Korekce presbyopie



$$\begin{aligned} 1/a_R &= 0 \\ 1/a_P &= -A_{\check{s}} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} 1/a_{R_B} &= -Add \\ 1/a_{P_B} &= -Add - A_{\check{s}} \end{aligned}$$

Korekce presbyopie

$$Add = -1/h$$



$$Add = -1/h - A_{\check{s}}/2$$



$$Add = -1/h - 2A_{\check{s}}/3$$



$$Add = -1/h - A_{\check{s}}$$

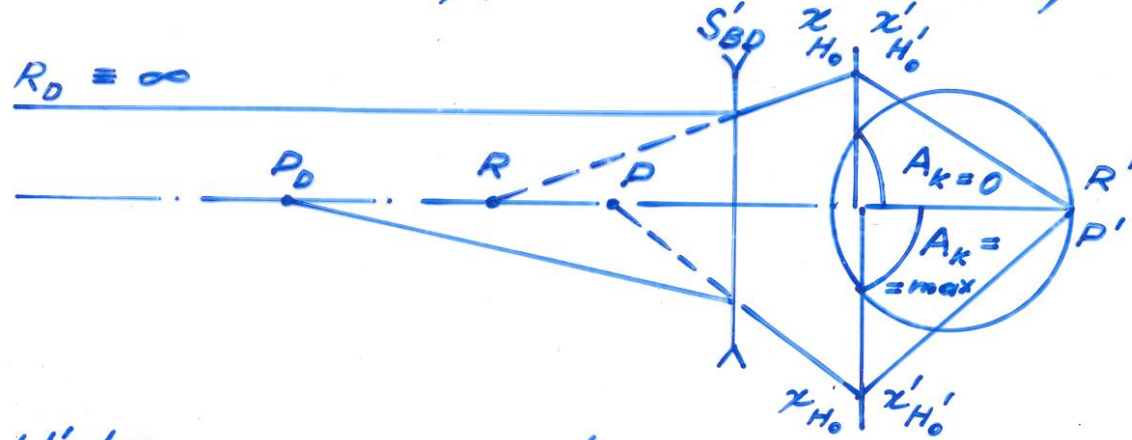


$$a_{RB} = -1/Add$$

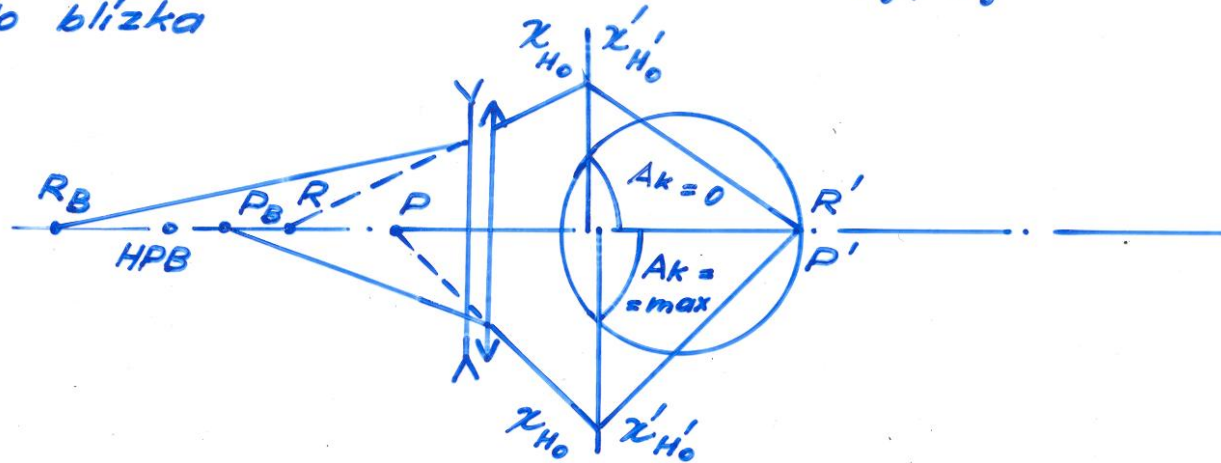
$$a_{PB} = -1/(Add + A_{\check{s}})$$

$$(h = -20 \text{ cm} \quad A_{\check{s}} = 3,0 \text{ D})$$

Akomodační interval myop. oka s korekcí do dálky



do blízka



Rozbor akomodačního procesu při korekci do blízka