

Rifrazione ed Aberrometria

dott. A. Lucente



Studio Oculistico



Castrovillari 01- 02/10/2010

Definizioni

★ **Rifrazione** (da *refractus = spezzato*): è la deviazione della luce quando passa da un mezzo ad un altro con cambio della sua velocità di propagazione

★ **Aberrazione** (da *aberratio = allontanare*) fenomeno per cui un sistema ottico dà immagini che non sono geometricamente simili agli oggetti (sistema non **ortoscopico**) o non sono nitide (sistema non **stigmatico**) o variano al variare del colore della luce (sistema non **acromatico**). *Fenomeno scoperto nel 1727 da J. Bradley astronomo, 1693-1762*



Ortoscopico comp. di *orto-* e *-scopia*

Stigmatico *stigma (-ătis)*= punto

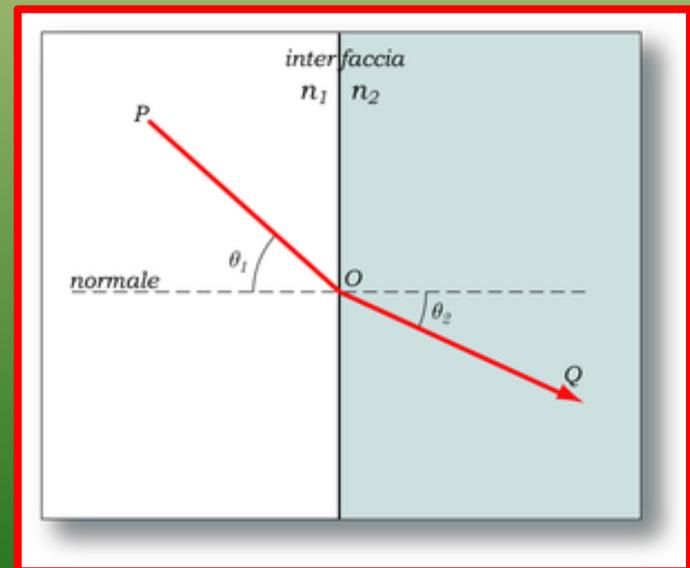
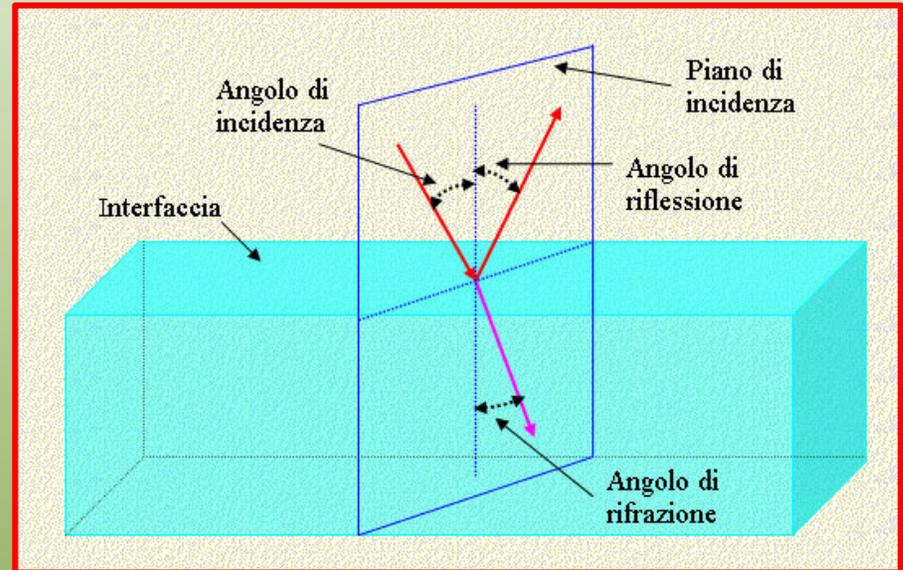
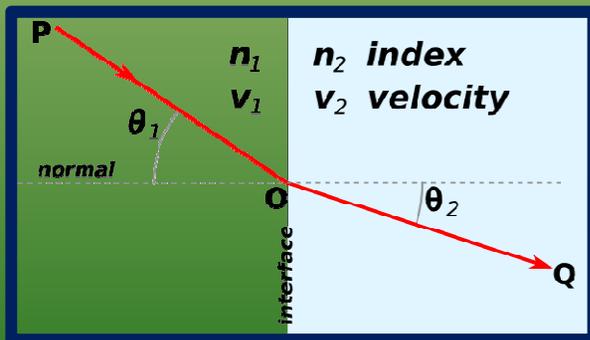
Acromatico comp. di *a-* priv. e *cromatico*

Willebrord van Roijen Snell (1580-1662) - Cartesio (1596-1650)

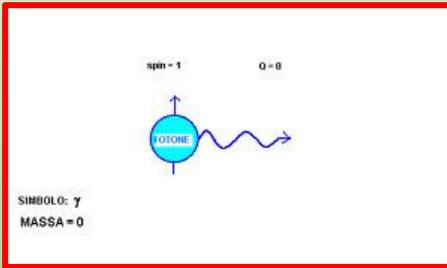
- 1° il raggio incidente, il raggio riflesso, il raggio rifratto e la normale al punto di incidenza giacciono in un medesimo piano;
- 2° il raggio riflesso è simmetrico al raggio incidente relativamente alla normale al punto di incidenza;
- 3° gli angoli di incidenza θ_1 e di rifrazione θ_2 sono legati tra loro dalla relazione:

La legge di Snell fornisce la relazione tra gli angoli θ_1 e θ_2 :

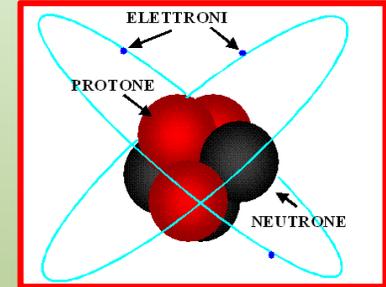
$$n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)$$



Principio di Fermat, o "principio di minor tempo",



L'ottica : quale futuro



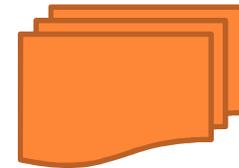
L'ottica sostituirà l'elettronica come il fotone sostituirà l'elettrone

(Alberto Mucci : Le nuove tecnologie fotoniche)

★ L'elettronica oggi permette il processamento di segnali con una velocità intorno ai 40 Gb/s

★ In un secondo possono essere elaborati 40 miliardi di bit

Da 40 Gb/s



A migliaia Gb/s

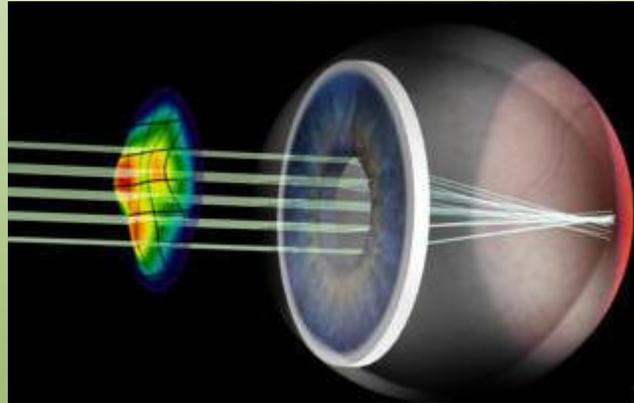
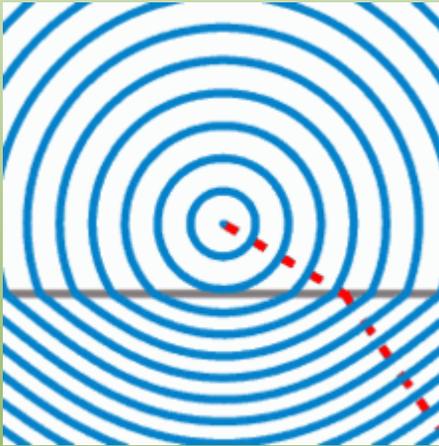
★ Con i sistemi ottici i flussi di elaborazione raggiungeranno una capacità di migliaia di Gb/s.

Dalla correzione rifrattiva alla correzione
aberropica :  alta qualità della visione

Si è calcolato in via teorica che la fovea ha una capacità visiva di 18-40/10



OWa = Ocular Wavefront aberration



CWa = Corneal Wavefront aberration +

IWa = Intern Wavefront aberration =

OWa= Ocular Wavefront aberration

CWa = ± 80%

IWa = ± 20%

OWa = 100%

CWa = 80%

+

IWa= 20%

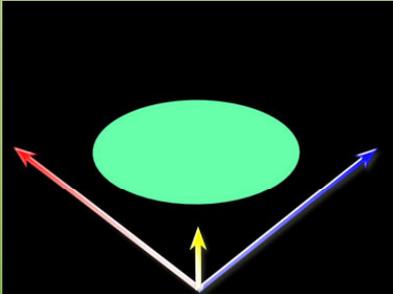
=

OWa = 100%

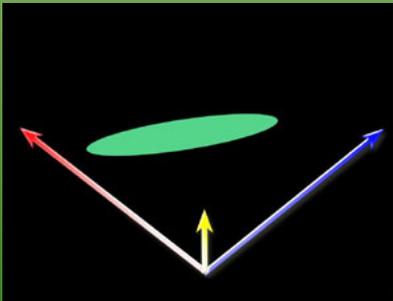
Gli ordini delle aberrazioni

LO

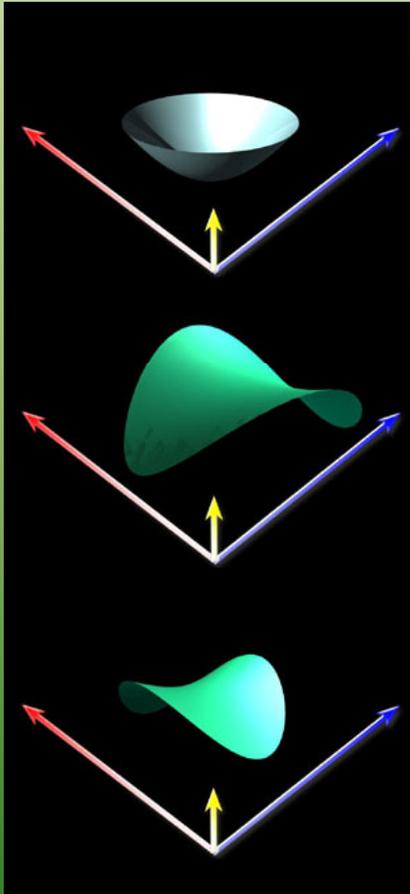
0° Ideale



1° Tilt



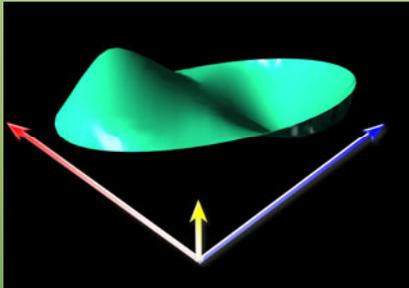
2° Defocus
a scodella e a sella



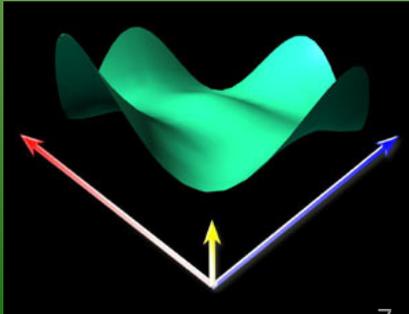
(Miopia+Iperm.+Astig.)

HO

3° Coma-like



4° Spherical: Quadrifoglio, Coma triangolare ecc



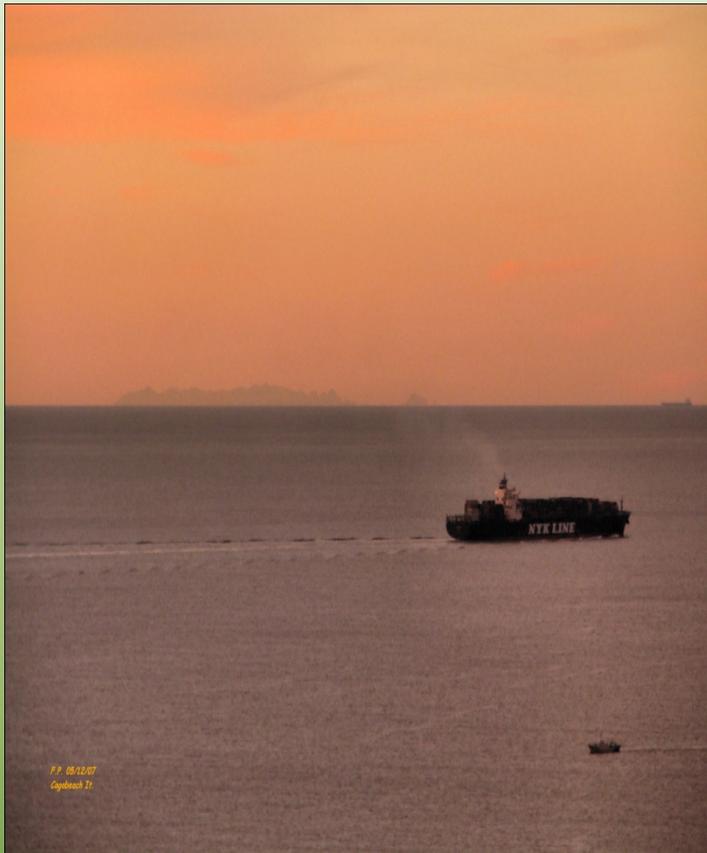
B
A
S
S
O

O
R
D
I
N
E

A
L
T
O

O
R
D
I
N
E

Le Aberrazioni ed i Miraggi



Miraggio superiore



Miraggio inferiore



Fata Morgana

Castrovillari 01- 02/10/2010

Polinomi di Zernike



Descrivono le aberrazioni del fronte d'onda

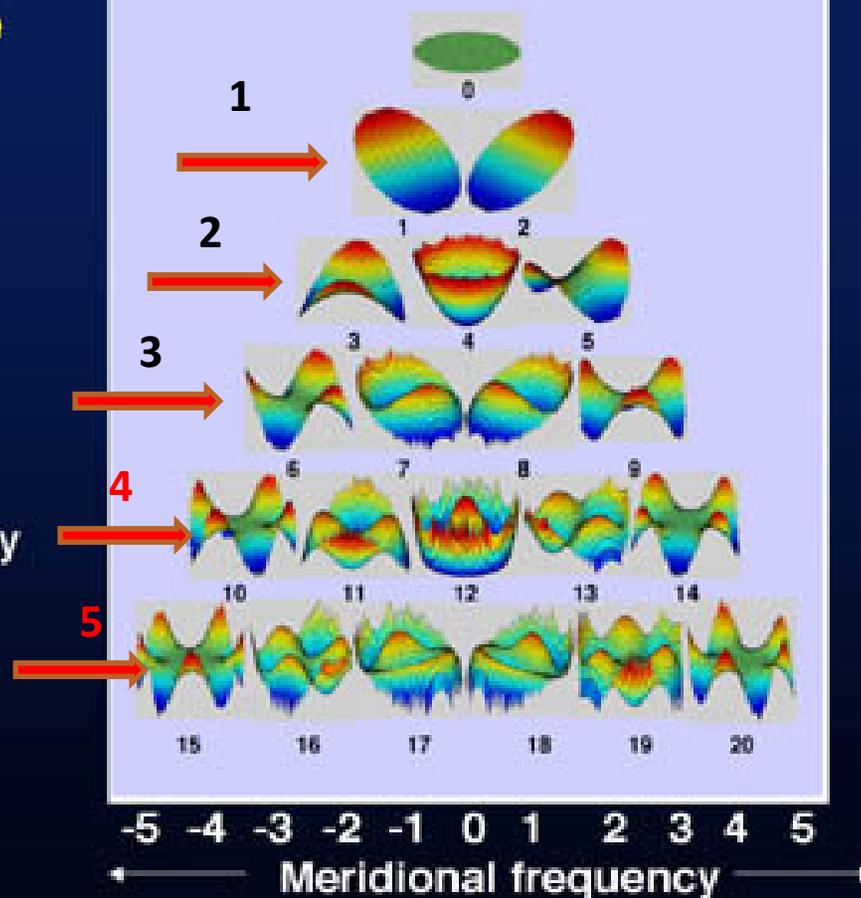
Frits Zernike 1888-1966
Nobel Fisica 1953 (Micr. a contr. di fase)

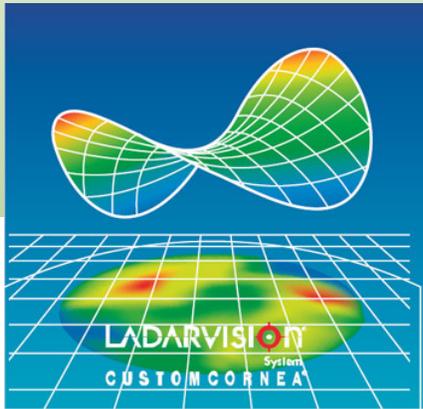
Periodic table
of Zernike
functions

$$Z_n^f$$

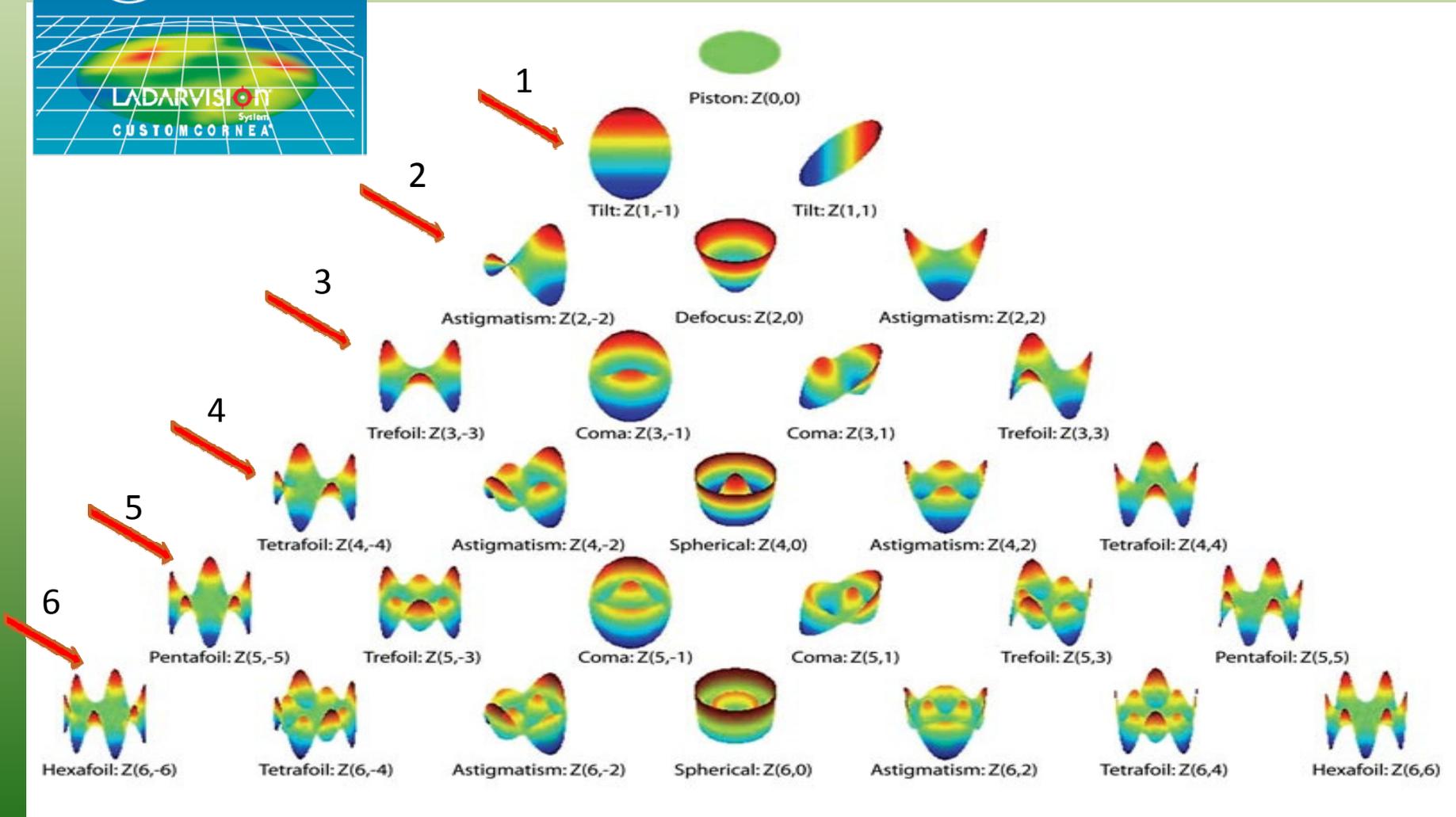
f = frequency

n = order





Polinomi di Zernike



Indici di Zernike



f : frequenza angolare =

$$-6 \leq f \leq +6$$



n : ordine radiale =

$$0 \leq n \leq +6$$

$$Z(r^n, f\theta) = Z_n^f$$

Double-index Zernike polynomials

Common names	f=Angular frequency													n=radial order
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	
Piston							0							0
Tip, Tilt						1		2						1
Astigmatism, Defocus					3		4		5					2
Coma, Trefoil				6		7		8		9				3
Spherical			10		11		12		13		14			4
Secondary coma				15		16		17		18		19		5
Secondary spherical					21		22		23		24		25	6

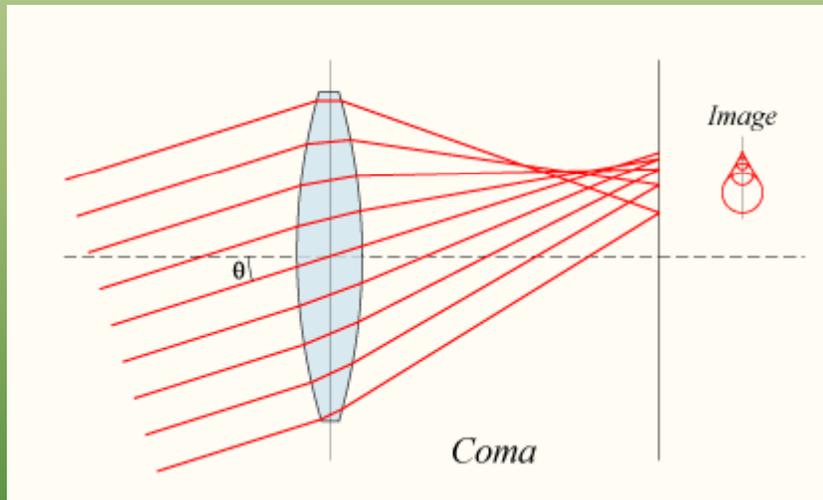
sine phase | cosine phase

Risultato visivo: aberrazioni alto ordine

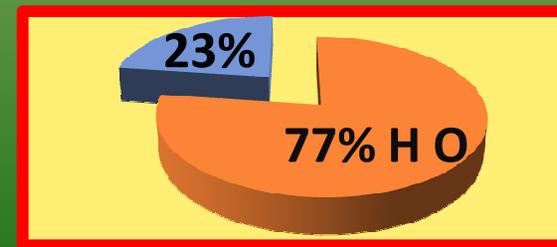
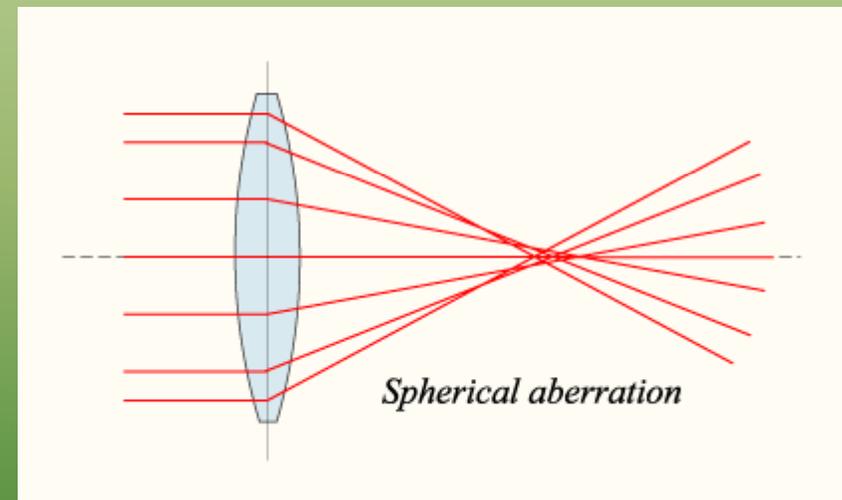
Ottica Fisica

HO

Aberrazione 3° Ordine



Aberrazione 4° Ordine



Aberropia= aberrazioni alto ordine

Agarwal A., Prakash G., Jacob S., et al. Can uncompensated higher order aberration profile, or aberropia be responsible for subnormal best corrected vision and pseudo-ambliopy. Med Hypotheses. 2009 May; 72(5): 574-7

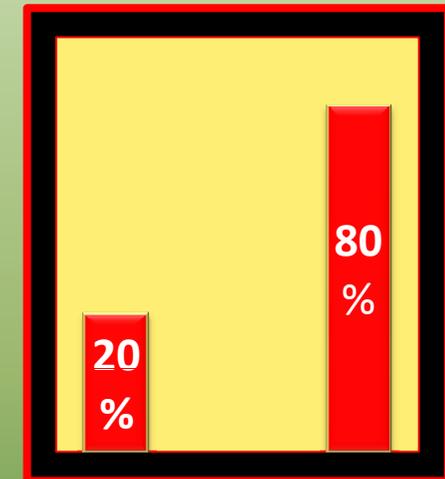


Agar Agarwal

★ Aberropia Congenita: (Ambliopia)

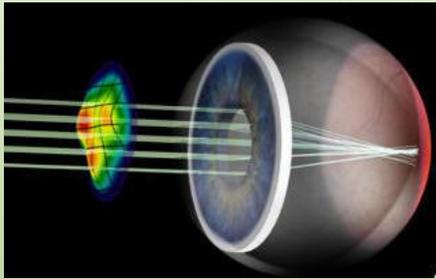
★ Aberropia Evolutiva: (Cheratocono)

★ Aberropia Acquisita o iatrogena: (Post-chirurgica)

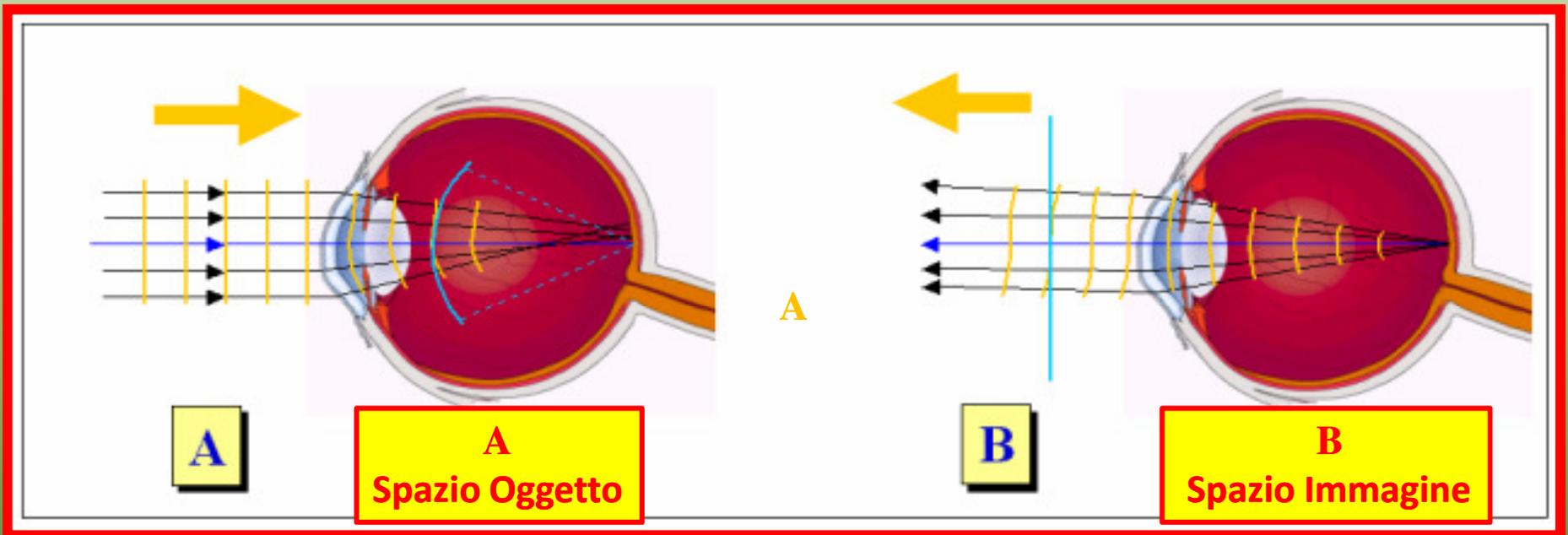
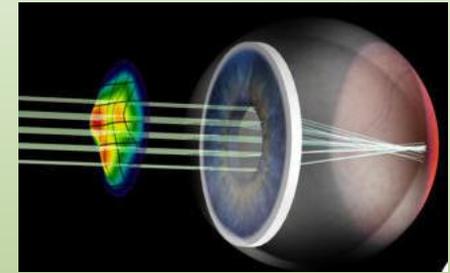


HO

LO



Il Fronte d'onda



Due metodi per rilevare il ray tracing:

(A) Nello spazio oggetto, in cui i raggi sono tracciati verso l'occhio e le aberrazioni del fronte d'onda sono misurate come differenza rispetto ad un fronte sferico ideale alla **entrance pupil**.

(B) Nello spazio immagine, in cui i raggi sono tracciati verso l'esterno dell'occhio e le aberrazioni del fronte d'onda sono misurate come differenza da un piano alla **exit pupil**.

Sensori aberrometrici

➔ Sensore di Hartmann-Shack

- (raggio laser monocromatico He-Ne a 632.8 nm + camera CCD)

➔ Sensori Proprietari

✦ Differential Skiascopy

✦ Ray Tracing

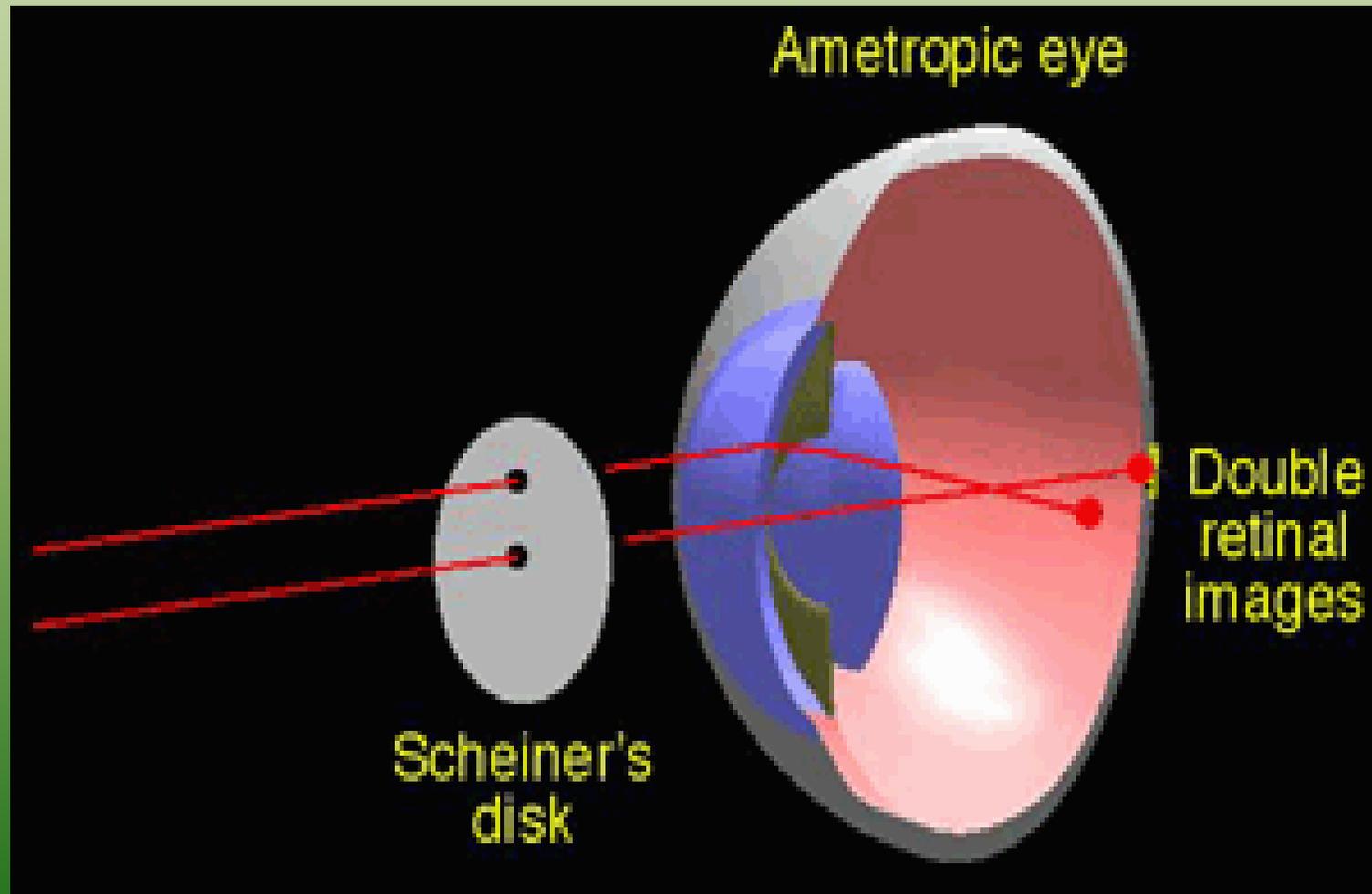
✦ Tschernig Aberrometry

✦ Olografia

Disco di Scheiner (1619)

Scheiner, C. (1619). Oculus, sive fundamentum opticum. Innspruk.

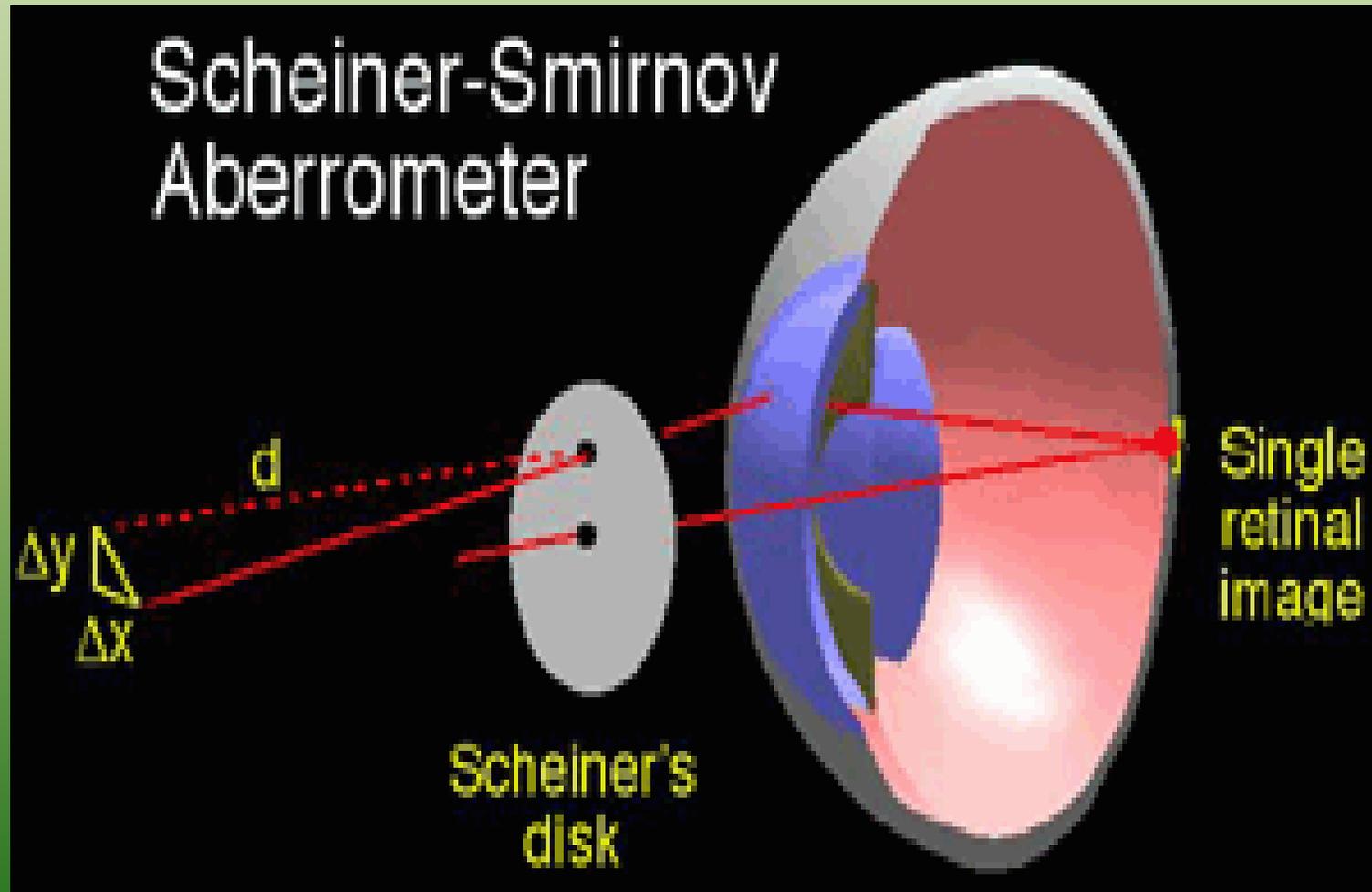
In caso di ametropie si avranno due punti immagine sulla retina



Scheiner-Smirnov (1961)

Smirnov, M. S. (1961). Measurement of the wave aberration of the human eye. Biofizika, 6, 687-703

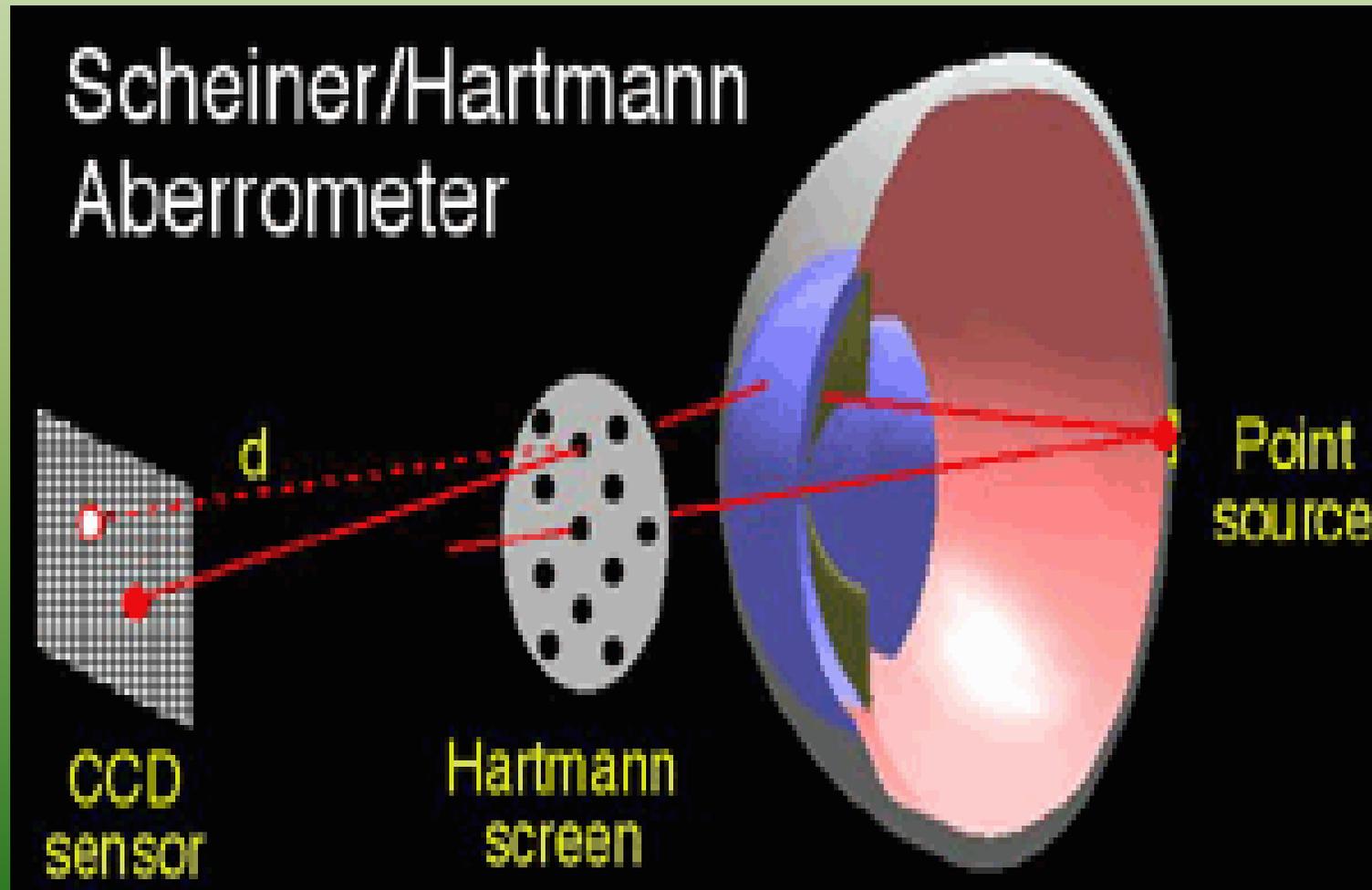
Smirnov misura l'angolo per cui dai due fori si forma un'unica immagine retinica



Scheiner-Hartmann (1900)

Hartmann, J. (1900). Bemerkungen über den Bau und die Justirung von Spektrographen. Z. Instrumentenk., 20, 47.

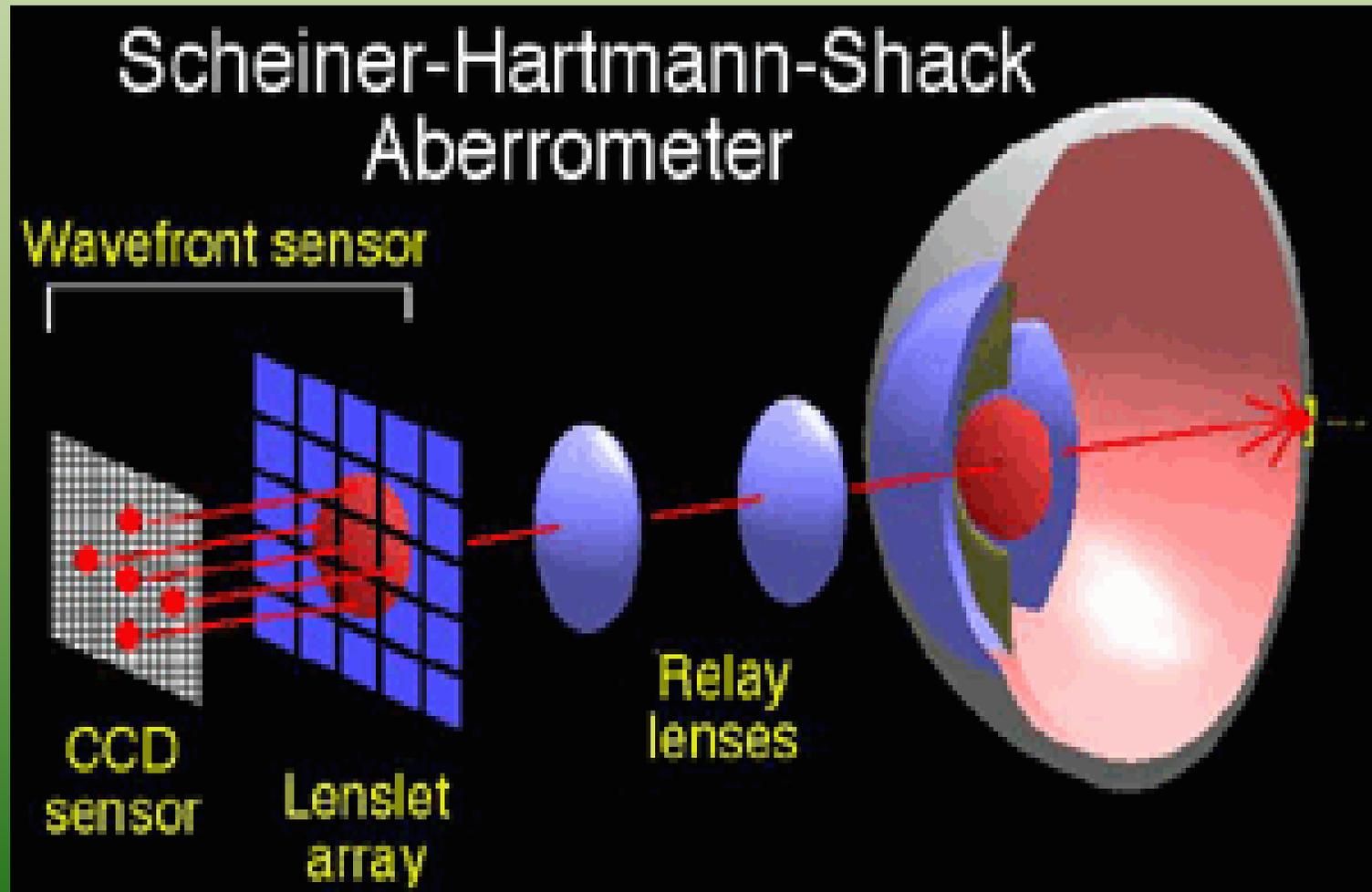
Più fori nel disco di Scheiner



Scheiner-Hartmann-Shack-Platt (1971)

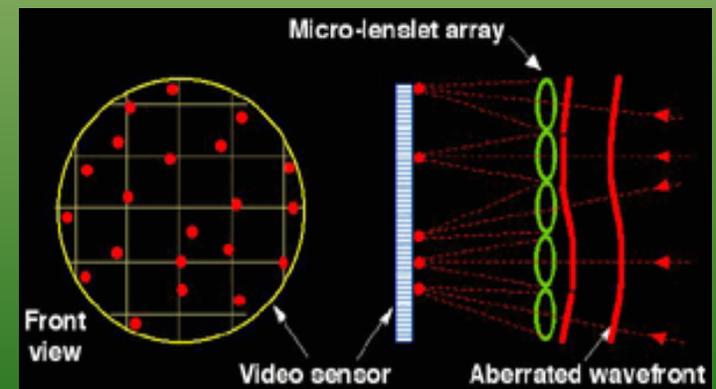
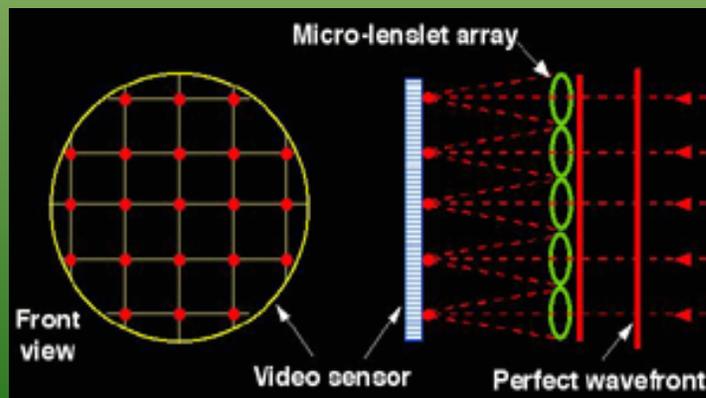
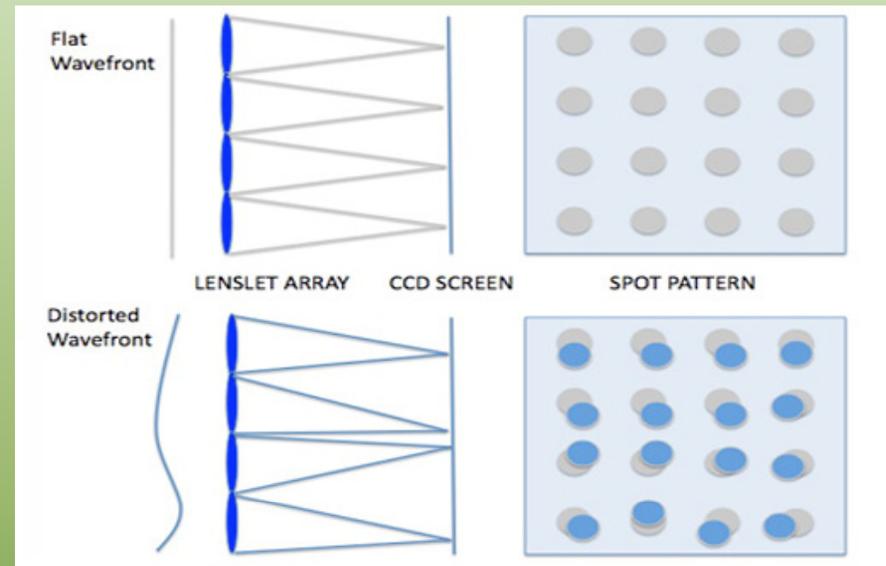
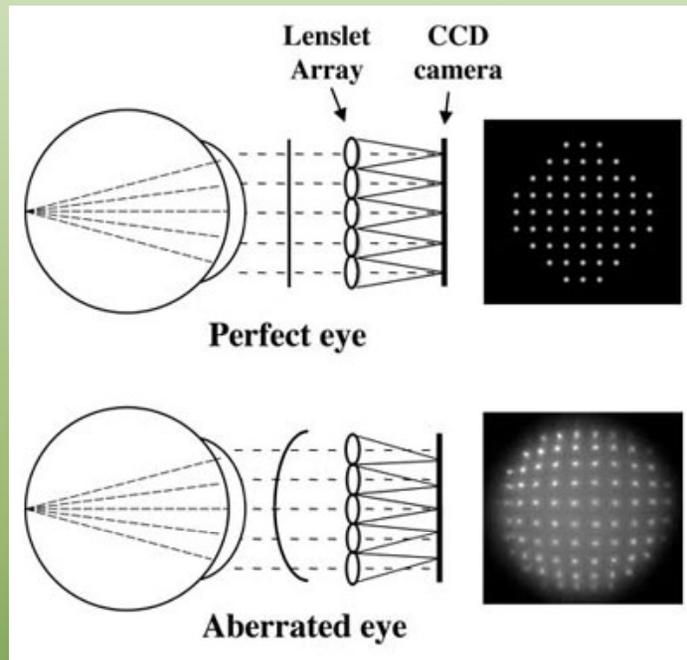
Shack, R. V., & Platt, B. C. (1971). Production and use of a lenticular Hartmann screen. Journal of the Optical Society of America, 61, 656.

Matrice di microlenti al posto del disco forato di Scheiner con un Wavefront -sensor



Sensore di Hartmann-Shack

Hartmann, J. (1900). Bemerkungen über den Bau und die Justirung von Spektrographen. Z. Instrumentenk., 20, 47.

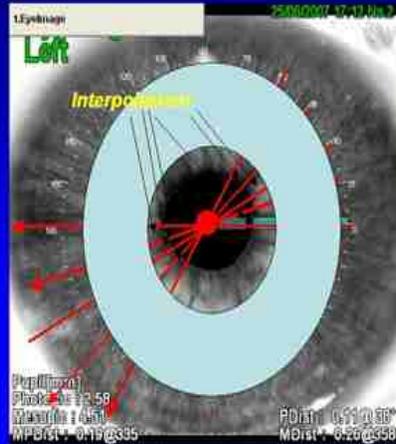


Sensori Proprietari

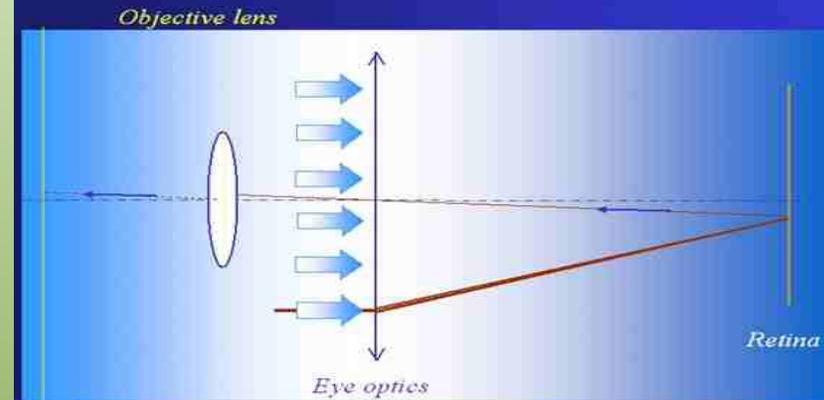
OPD-Scan - Mapped OPD

Schiasopia Dinamica

L'intensità dei
1440 punti
viene misurata
in questo modo



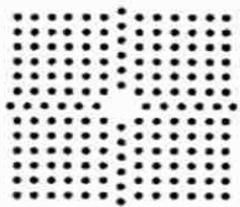
Ray Tracing



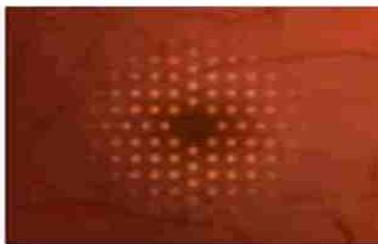
Position sensitive detector

Principles of Tscherning Aberrometry:

- A collimated laser beam illuminates a mask with a regular matrix of 168 pinholes to form a bundle of thin parallel rays
- These rays form a spot pattern on the retina that is more or less distorted according to the optical errors of the eye
- This retinal spot pattern is imaged onto the sensor of a low light CCD camera by indirect ophthalmoscopy
- The deviations of all spots from the form of Zernike polynomials

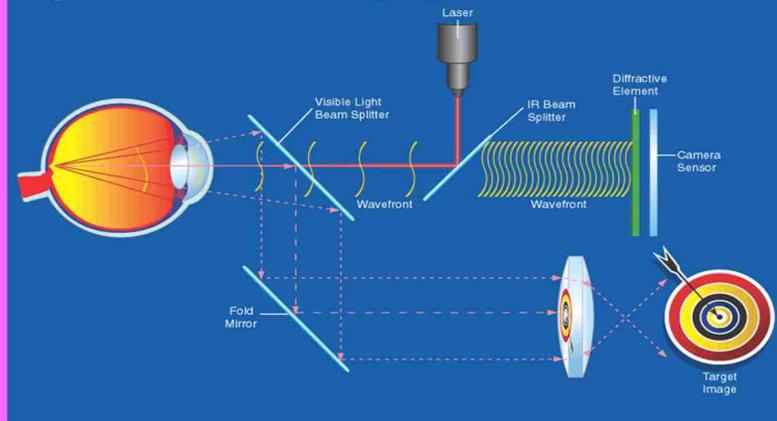


Incoming Ray Pattern



Analyzed Retinal Image

Ophthonix Self-imaging Wavefront Sensor



All Content © 2003 Ophthonix, Inc. All Rights Reserved.

Sensori Proprietari



Differential Skiascopy
OPD



OPD Nidek

Schiascopia spaziale dinamica
Disco di Placido 23 anelli per topo su 6800 punti con 8 fotosensori infrarossi ruotanti per l'aberrometria



Ray Tracing



I Trace

Raggio laser 0.3 mm 785nm infrarosso
256 passaggi in area pupillare in sequenza di 128x2.
Rilevato errore con $\neq 0.1D$ o 5° tra le due serie



Tschernig
Aberrometry



Allegretto Tschernig

Raggio Nd:Yag a 532 nm



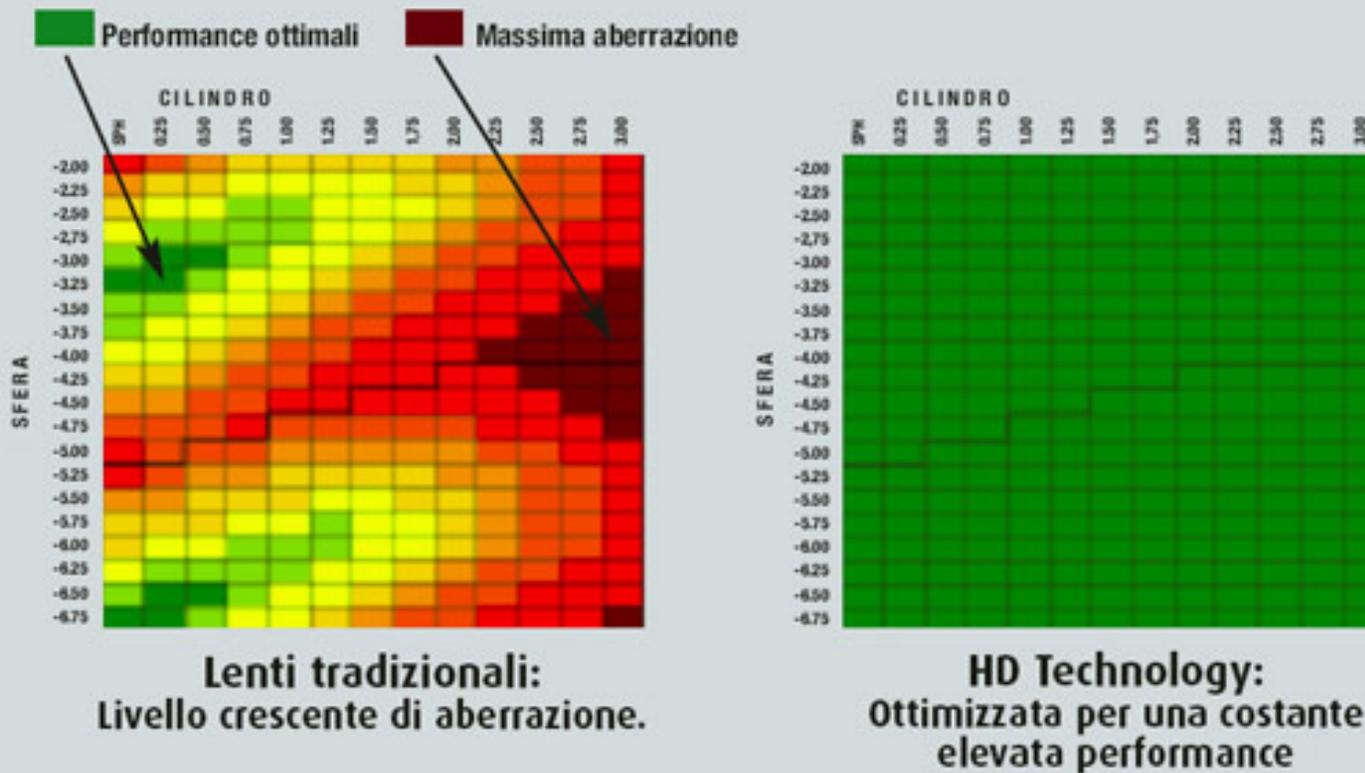
Olografia



ZView
Ophthonix
Reticolo
Olografico
Digitale
Binoculare
Olografia
Dennis Gabor
P.N Fisica 1971

Aumento delle aberrazioni delle lenti con l'aumento della correzione diottrica

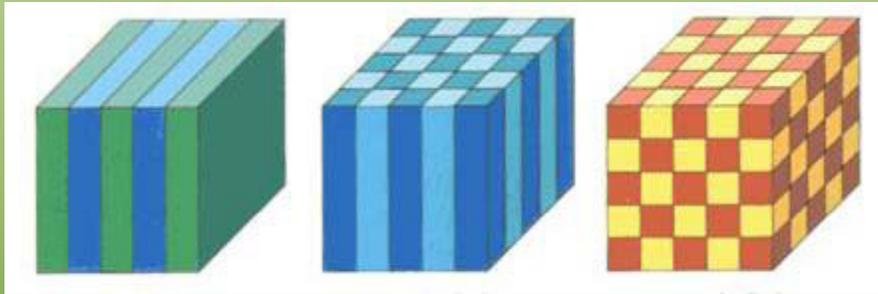
HD TECHNOLOGY SUPERA LA TECNOLOGIA ATTUALE



Il futuro : le lenti fotoniche ?



In **ottica** un **crystallo fotonico** è una **nanostruttura** dove l'**indice di rifrazione** ha una modulazione periodica su scale comparabili alla **lunghezza d'onda** della **luce**.
In particolare i cristalli fotonici possono presentare una **banda proibita** per la luce analoga a quella dei **semiconduttori** e dei **metalli**.

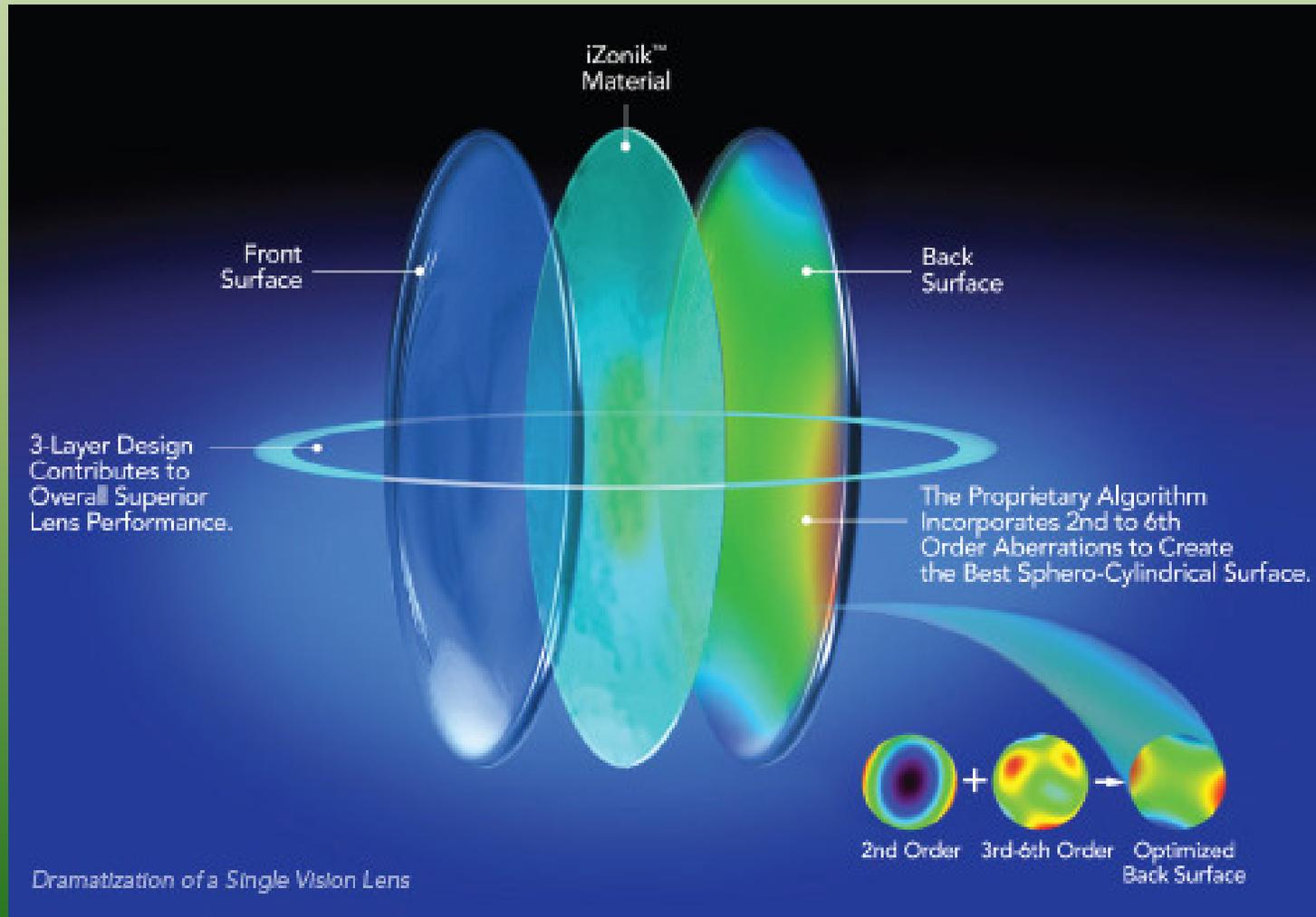


Opale australiano

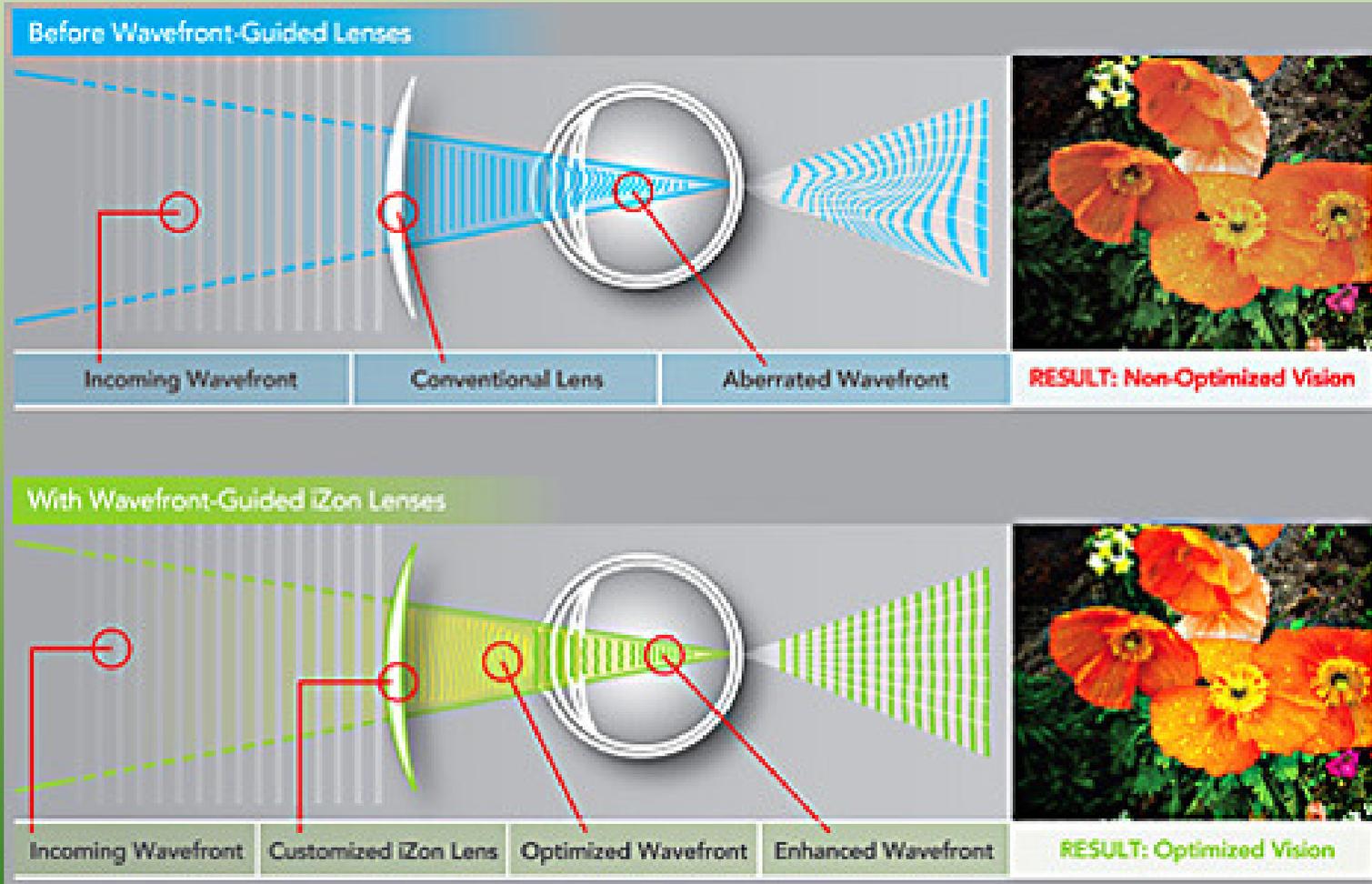
Le ali delle farfalle Morpho devono il loro blu ad una microstruttura ad alveare analoga ai cristalli fotonici.

Ottimizzazione delle lenti

Lenti *iZon* con strato intermedio polimerico "*iZonik*" che passa dallo stato liquido al solido con Raggi UV definendo "isole ad alta definizione" per contrastare le aberranze **HO** rilevate dall'aberrometro *Zview*



Le lenti antiaberranti iZon



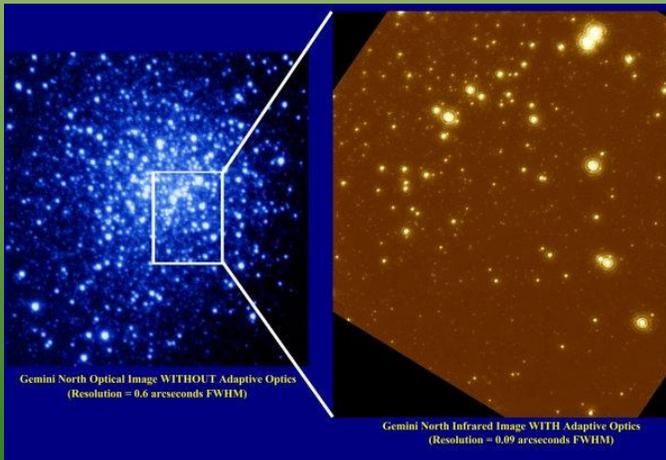
Il futuro : le lenti adattive



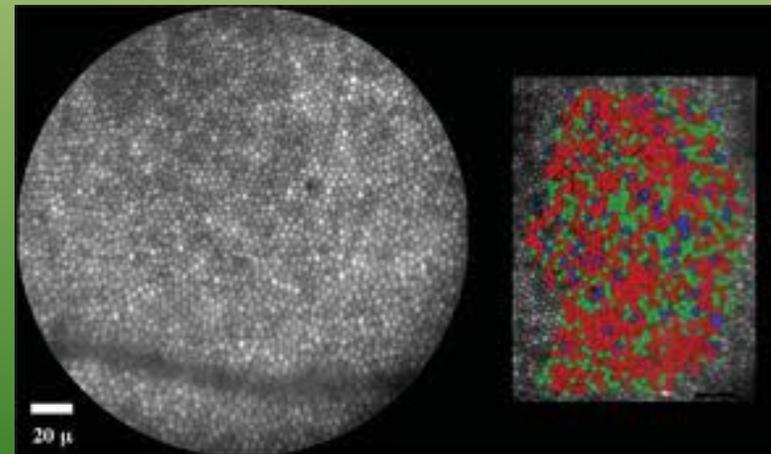
LBT Large Binocular Microscope ad Arcetri in fase di allestimento con i 672 magneti



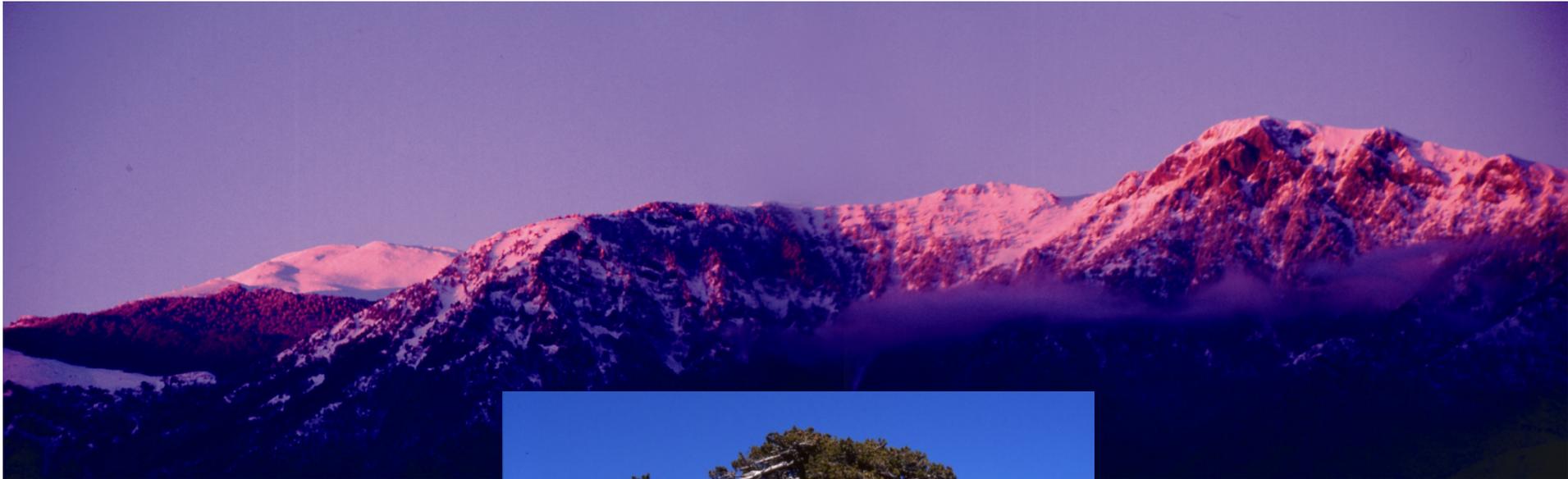
LBT assemblato con **ottiche adattive** in Arizona (25% è Italiano) 3 v. più def. di Hubble a 550 Km in orbita



Gemini North **senza** e con **ottica adattiva**



Mosaico dei coni con **Oct adattivo** e ricostruzione computerizzata dei coni : **Long (rossi)** **Medium (verdi)** e **Short (blue)**



Parco Nazionale



del Pollino



foto di Salvatore Sisca

SOCIETA' OTALMOLOGICA CALABRESE
X CONGRESSO REGIONALE
I DIFETTI RIFRATTIVI
Diagnostica e trattamento

Parco Nazionale del Pollino

CASTROVILLARI
Protoconvento Francescano
1-2 Ottobre 2010

Presidente : Prof. Giovanni Scorcia
Organizzatori : Dott. Pierluigi Fava ; Dott. Amedeo Lucente

emes
 eventi medico-scientifici
 INFO 0981 28750 ; 348 31 66 208

Grazie per l'attenzione

Castrovillari 01- 02/10/2010