



PRZYRZĄDY OPTOMETRYCZNE

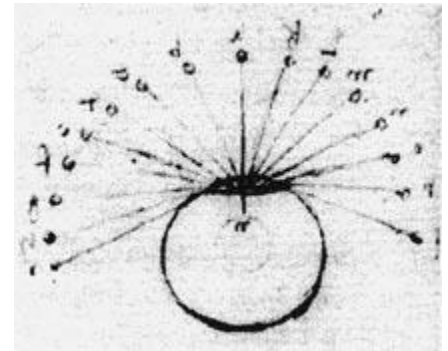
Dr hab. Jacek Pniewski

Sezon 2018/2019, semestr zimowy, środy 10.15-12.00

PERYMETRIA

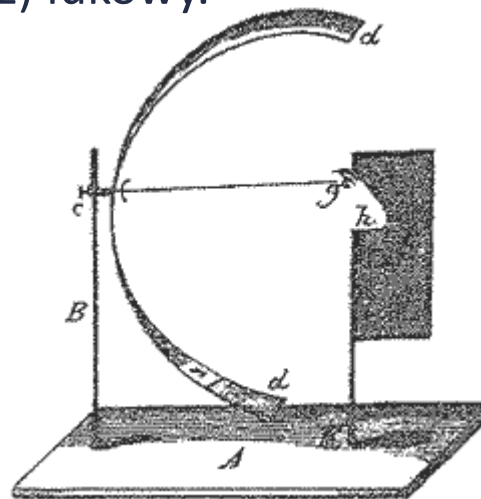
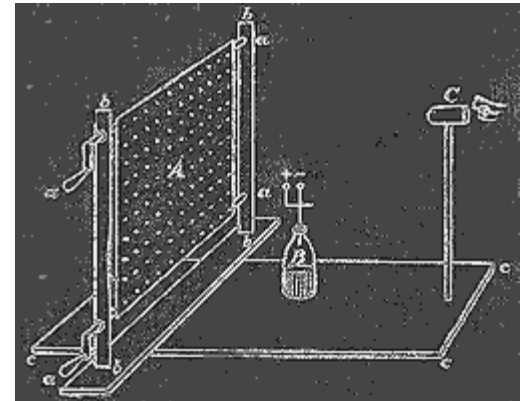
Odrobina historii

- Pierwsze wzmianki o brakach w polu widzenia (hemianopia – niedowidzenie połowicze) – Hipokrates: 5 wiek p.n.e.
- Pierwsze próby ilościowego opisu – Ptolemeusz: 2 wiek p.n.e.
- Pierwsza ilustracja pola widzenia opublikowana przez Ulmusa z Padwy: 1602 r.
- Około roku 1510 Leonardo da Vinci sprawdził, że momentami pole widzenia sięga 90 stopni wokół punktu fiksacji.
- W 1857 roku Hermann Aubert i Richard Förster z Wrocławia (obecnie) opublikowali serię artykułów *"Contributions to the knowledge of indirect vision."*
- Skonstruowali ekran stycznych i pierwszy powszechnie stosowany perymetr łukowy.



Ekran stycznych i perymetr łukowy

- Test wykonywano w zaciemnionym pomieszczeniu i aby uniknąć poruszania gałką oczną ekran oraz obiekt testowy były oświetlane na krótkie chwile. Pacjent patrzył na ekran przez krótką tubę, tak by nie widział samej lampy.
- Stwierdzili, że obiekt powinien znajdować się w stałej odległości od oka i zastosowali perymetr (polomierz) łukowy.



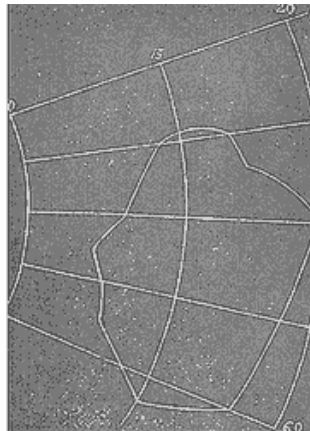
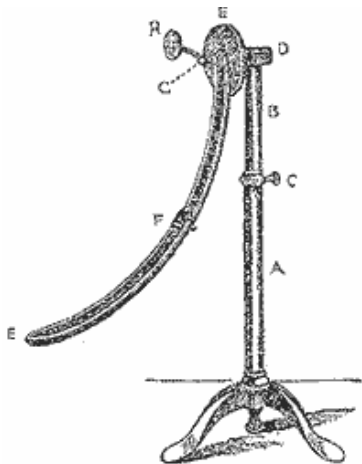
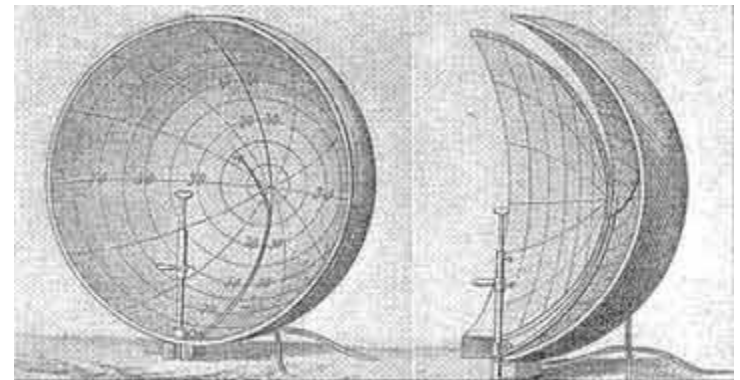
Dalsze usprawnienia



de Wecker w 1871, udoskonalił ekran stycznych von Graefego dodając podbródek i zaznaczając kąty okręgami.



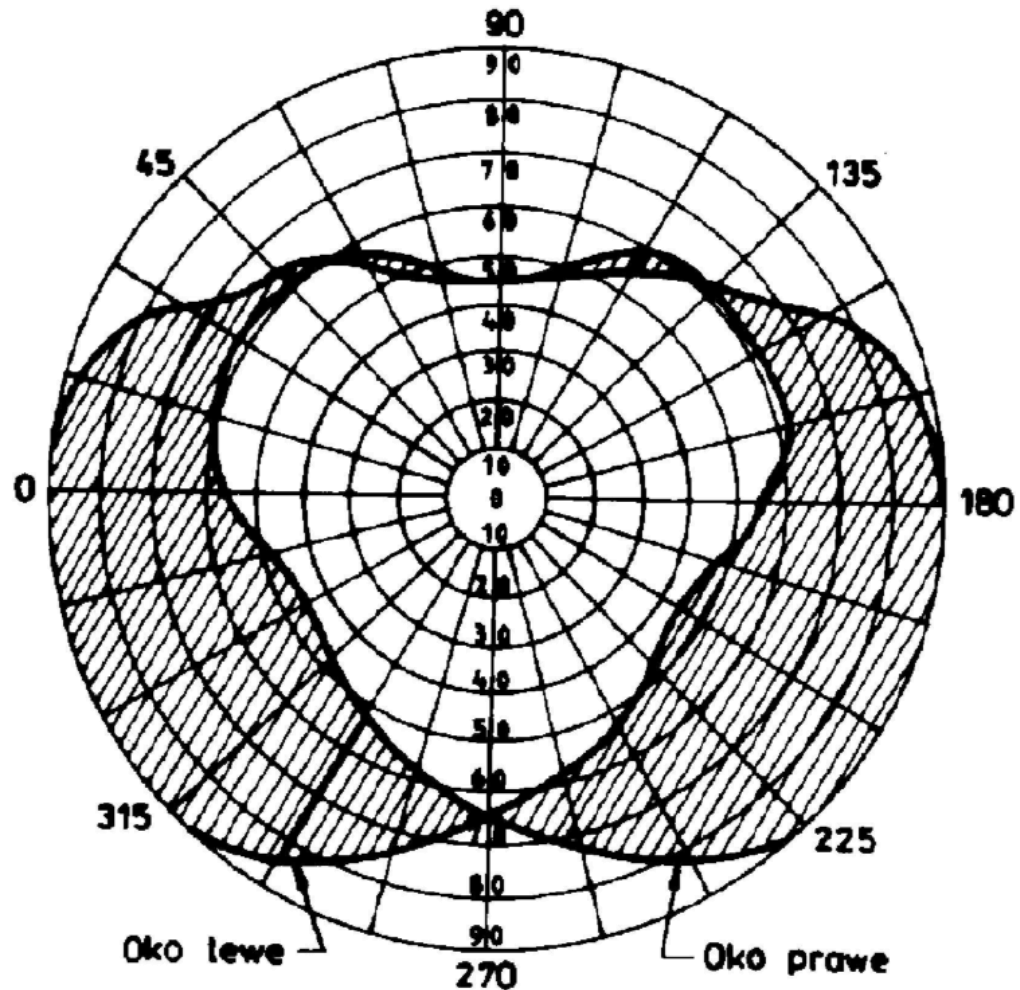
W 1872 roku Scherk opracował perymetr czaszowy, starając się wyeliminować tło, które odwracało uwagę. Problemem okazało się równomierne oświetlenie czaszy.



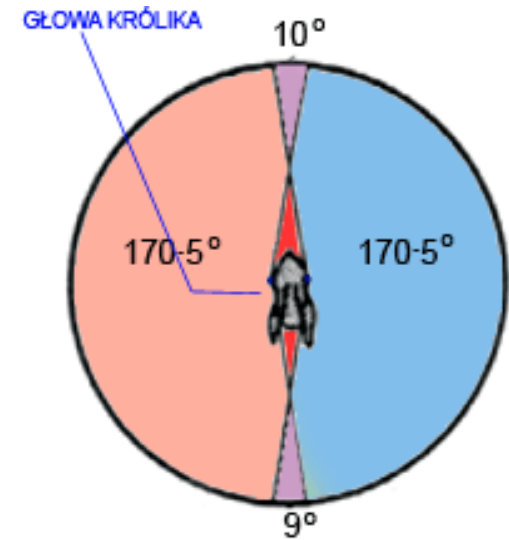
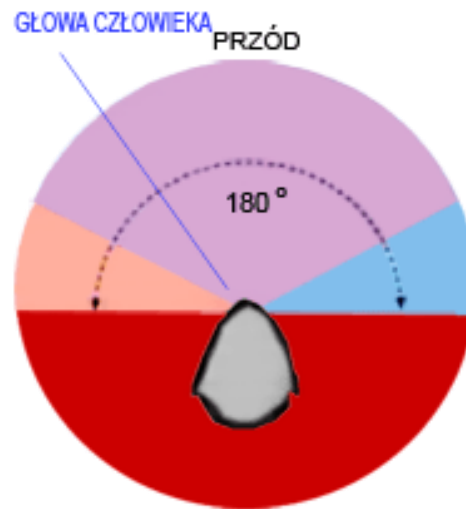
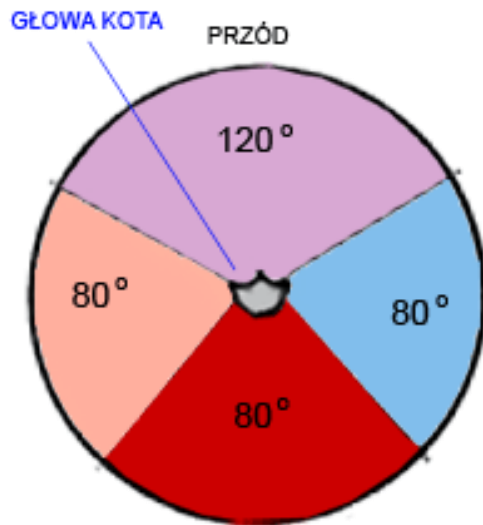
Carter skonstruował prosty i tani perymetr w 1873 roku, zwracając uwagę na możliwość powtarzalnego wykreślenia kątów.



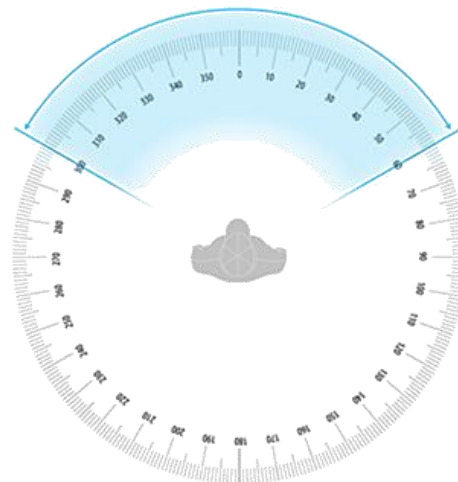
Pole widzenia człowieka



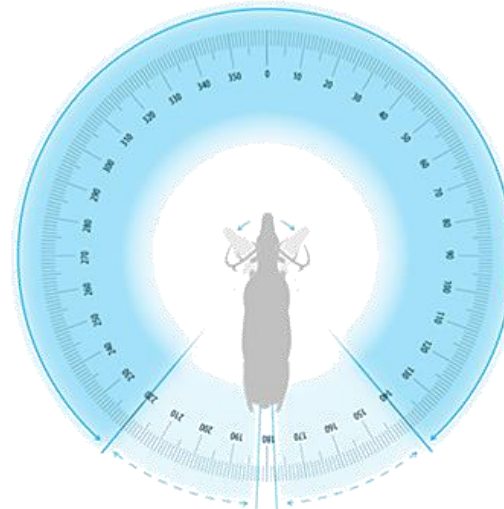
Pole widzenia zwierząt (w poziomie)



www.swiatkrolikow.com



120°



280°

Pole widzenia współcześnie

- Badanie pola widzenia (perymetria) – test stosowany głównie w okulistyce, w celu diagnozy i monitorowania ubytków w polu widzenia, w tym często jaskry.
- Polega na rejestracji obserwowanych przez pacjenta bodźców świetlnych.
- Zbiór punktów świetlnych dostrzegalnych tworzy pole widzenia.
- Istnieją różne strategie badania, m.in.: odsiewowa, nadprogowa, progowa, BSV (Binocular Single Vision), Flicker, Blue on Yellow, test adaptacyjny, BDT (Binocular Drivers Test).
- Wynik badania przedstawia się zwykle w skali decybelowej (*prawo Webera-Fechnera*), w różnej formie graficznej, np. poziomów szarości, kropkowej, kolorowej, jak i mapy trójwymiarowej.

Pierwszy w miarę automatyczny



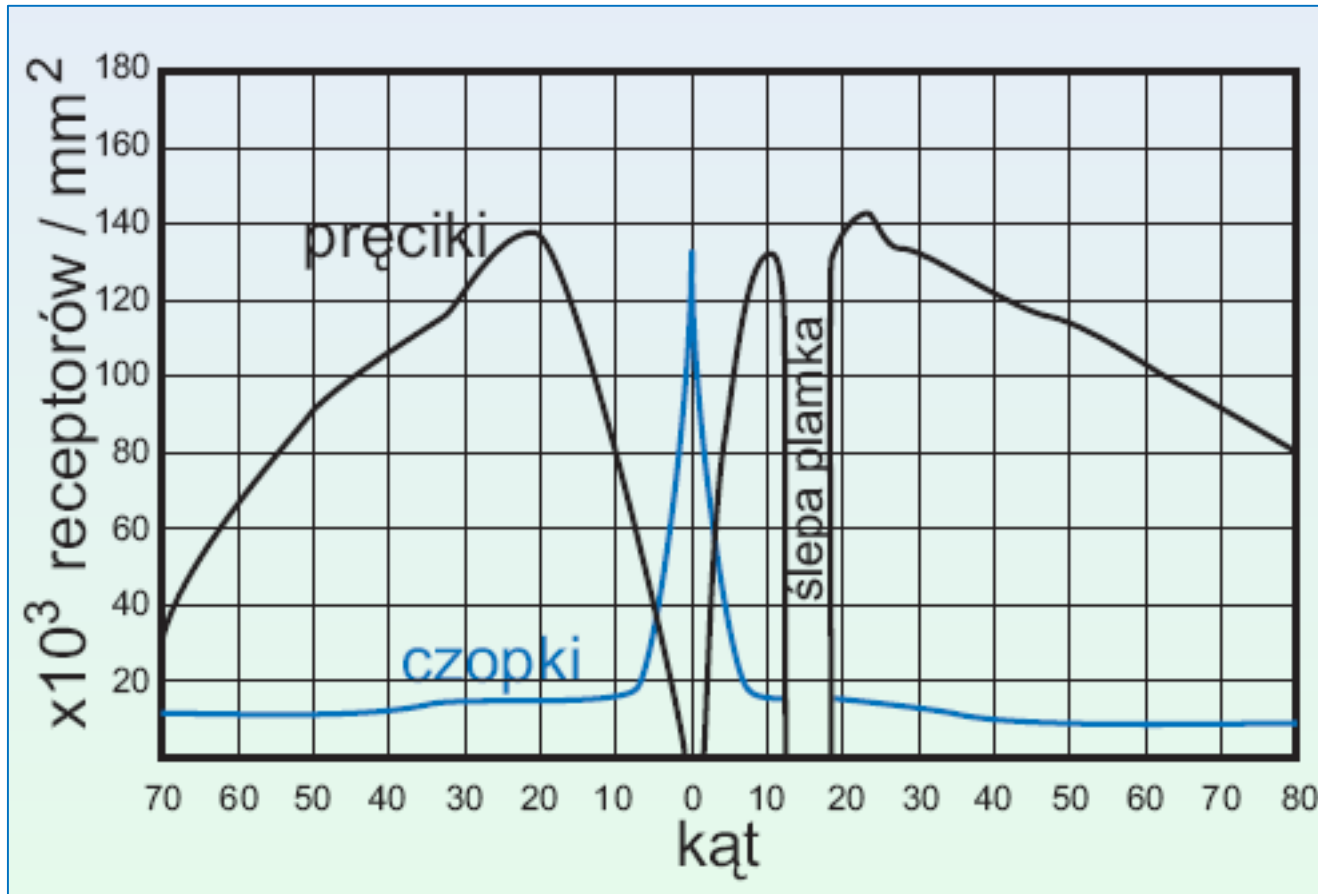
Fankhauser, 1975

Bardzo współcześnie





Naturalne różnice wynikające z budowy oka



Jednostki i pojęcia podstawowe

- Luminancja jest zdefiniowana jako

$$L_v = \frac{d^2 F}{dA d\Omega \cos \theta}$$

- L_v – wartość luminancji (cd/m^2)
 - F – wielkość strumienia świetlnego (lm),
 - θ – kąt pomiędzy normalną do powierzchni i określonym kierunkiem,
 - A – powierzchnia źródła (m^2) Ω – to wielkość kąta bryłowego (sr).
 - $\text{apostilb} = 0,31831 \text{ cd}/\text{m}^2$
- RÓŻNICUJĄCA CZUŁOŚĆ NA ŚWIATŁO – zdolność odróżniania bodźca od tła.
 - PRÓG WIDZIALNOŚCI – luminancja bodźca w dB lub asb widzianego w 50% przypadków.

Skala czułości

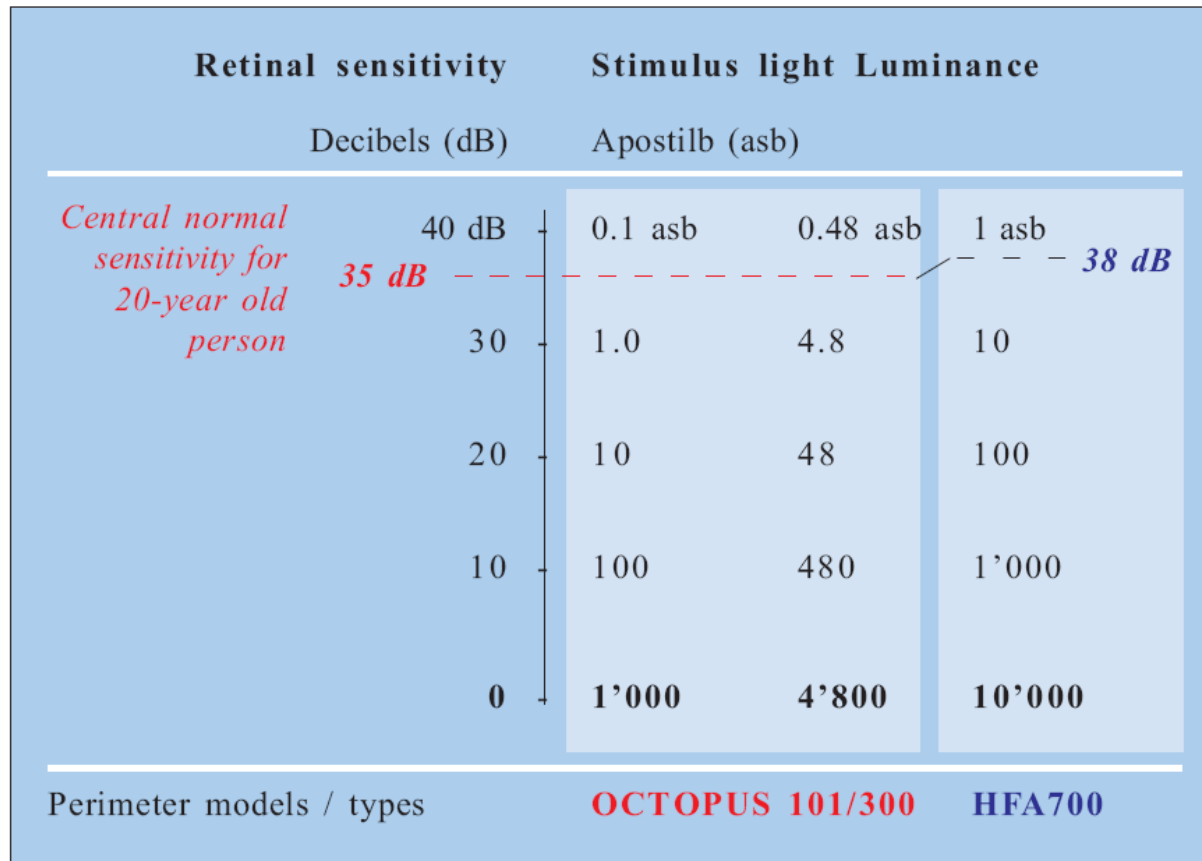


Figure 2-5: The measuring scale of the d.l. sensitivity in dB with the corresponding stimulus luminance in apostilb (asb).

Perymetria kinetyczna

- **Perymetria kinetyczna (izopterowa)** – przesuwanie znacznika testowego ze strefy niewidocznej w kierunku środka, aż do sygnalizacji zauważenia.
- W trakcie badania osoba znajduje się przed półkulistą czaszą, z głową opartą na podbródku i dotykającą naczółka. Jedno oko jest zasłonięte.
- Pacjent ma za zadanie wpatrywać się w punkt ustawiony w centrum czaszy na wprost badanego oka. Nie spełnienie tego warunku fałszuje wynik badania.
- Znacznik testowy o znanej wielkości i jasności, gdy zauważony określa pojedynczy punkt krzywej – izoptery. Badanie powtarza się dla kolejnych południków. W wyniku uzyskuje się mapę pola widzenia.
- Elementem badania jest określenie granic plamy ślepej oraz ewentualnych mroczków w polu widzenia.

Perymetria statyczna

- **Perymetria statyczna** – polega na wyświetlaniu nieruchomych bodźców o stałej wielkości i zmiennej jasności, w ściśle określonych punktach pola widzenia.
- Dla każdego z badanych punktów określa się graniczną wartość luminancji bodźca, powyżej której wszystkie bodźce są rejestrowane, a poniżej której pacjent nie jest w stanie ich spostrzec. Wartości czułości progowej dla tej metody podawane są z reguły w decybelach.
- W wersji komputerowej perymetria statyczna umożliwia analizę stanu siatkówki w różnych jej punktach w porównaniu do prawidłowego poziomu, z uwzględnieniem wieku pacjenta. Metoda ta zmniejsza subiektywne błędy osoby badanej i badającej.

Perymetria progowa i nadprogowa

- Dwie wersje perymetrii statycznej
- **Perymetria progowa** – określenie wartości luminancji progowej w różnych punktach pola widzenia i porównanie z normą wiekową.
- **Perymetria nadprogowa** – badanie pola widzenia bodźcami większymi niż przewidywana wartość progowa i poszukiwanie miejsc o obniżonej czułości.

Kampimetria

- **Kampimetria** uzupełnia badanie perymetryczne w sytuacji podejrzenia mroczków (drobnych ubytków) w środkowym polu widzenia ($<30^\circ$).
- Kampimetr to czarny ekran o wymiarach 2x2 m z centralnym białym punktem fiksacji i koncentrycznymi okręgami (co 10°) i południkami (co 30°). Pacjent siedzi w odległości 2 m od ekranu i obserwuje przesuwający się biały punkt, podając dane jak w perymetrii. Powoduje to, że wymiary kątowe ewentualnego mroczka wzrastają 4-krotnie w stosunku do perymetrii i stają się łatwiej wykrywalne.
- Wobec nowoczesnych strategii badania pola widzenia, coraz rzadziej stosowany.

Hill of vision – wzgórze widzenia

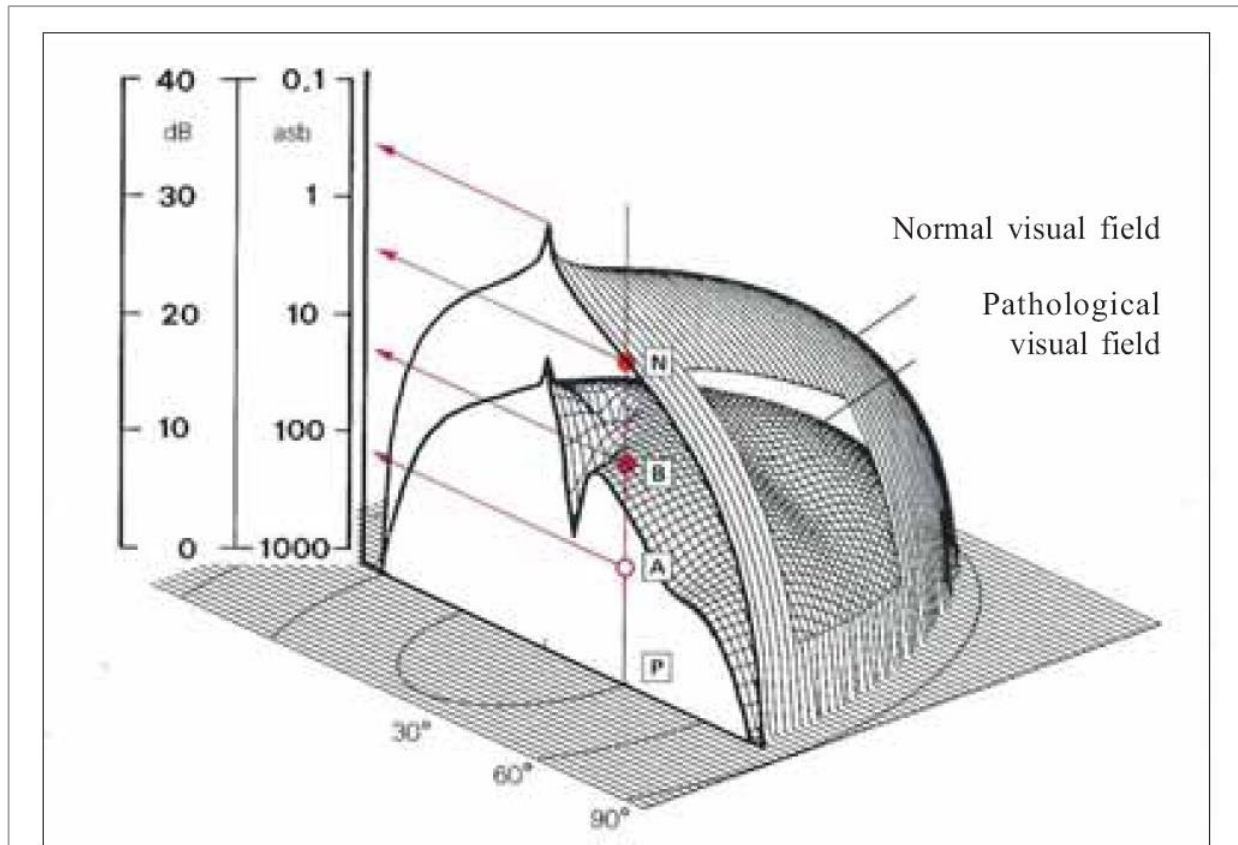


Figure 2-3: The hill of vision of a normal and pathological field. The scales show threshold stimulus luminances in apostilb (asb) and in decibel (dB).

Typowe wzgórze

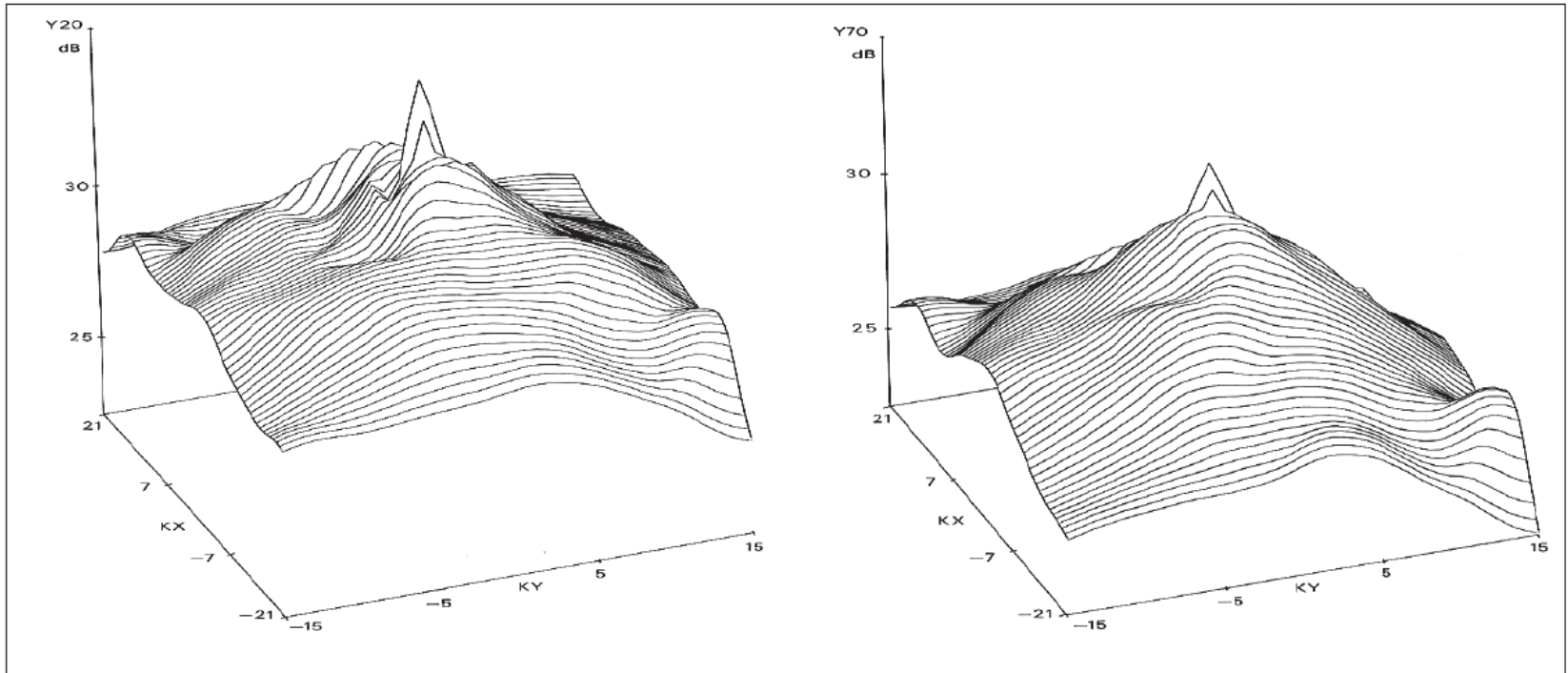
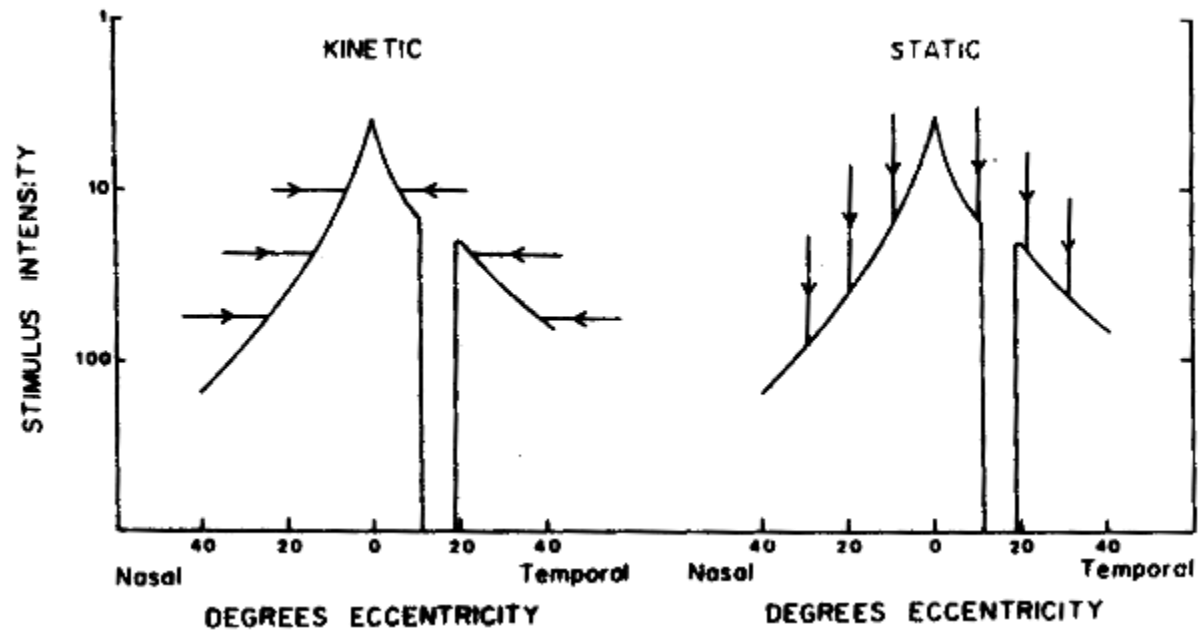


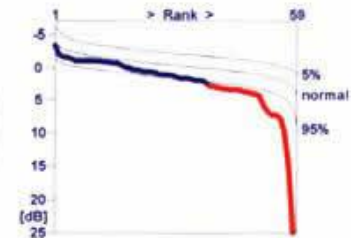
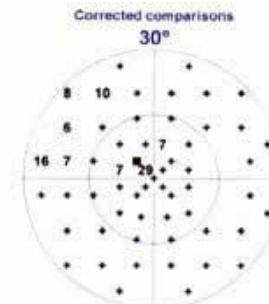
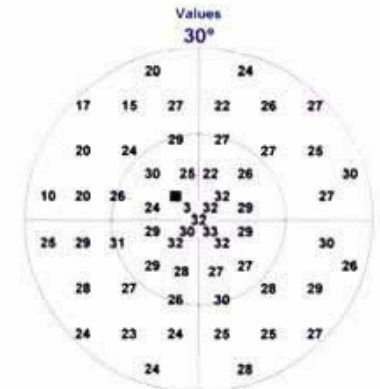
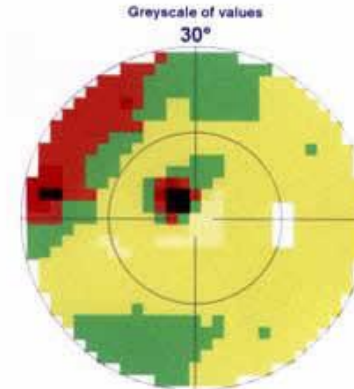
Figure 2-4: Typical hills of vision for a 20-year-old (left) and a 70-year old (right).

Porównanie



Przykład 1

Name:		Eye / Pupil[mm]:	Right(OD) /
First name:		Date / Time:	10/20/2000 10:23 AM
ID #:		Test duration:	12: 1
Birthdate:	09/26/1960	Program / Code:	G2 / 0
Age:	40	# Stages / Phases:	4 / 1
Sex:	female	Strategy / Method:	Normal / Normal
Refr. S / C / A:	/ /	Test target / duration:	III / 100 ms
Acuity:		Background:	4 asb
IOP:		# Questions / Repetitions:	324 / 1
Diagnostics:		# Catch trials:	pos 0 / 16, neg 0 / 17



○ P>5
 □ P<5
 ■ P<2
 ■ P<1
 ■ P<0.5

Deviation [dB] 0.0

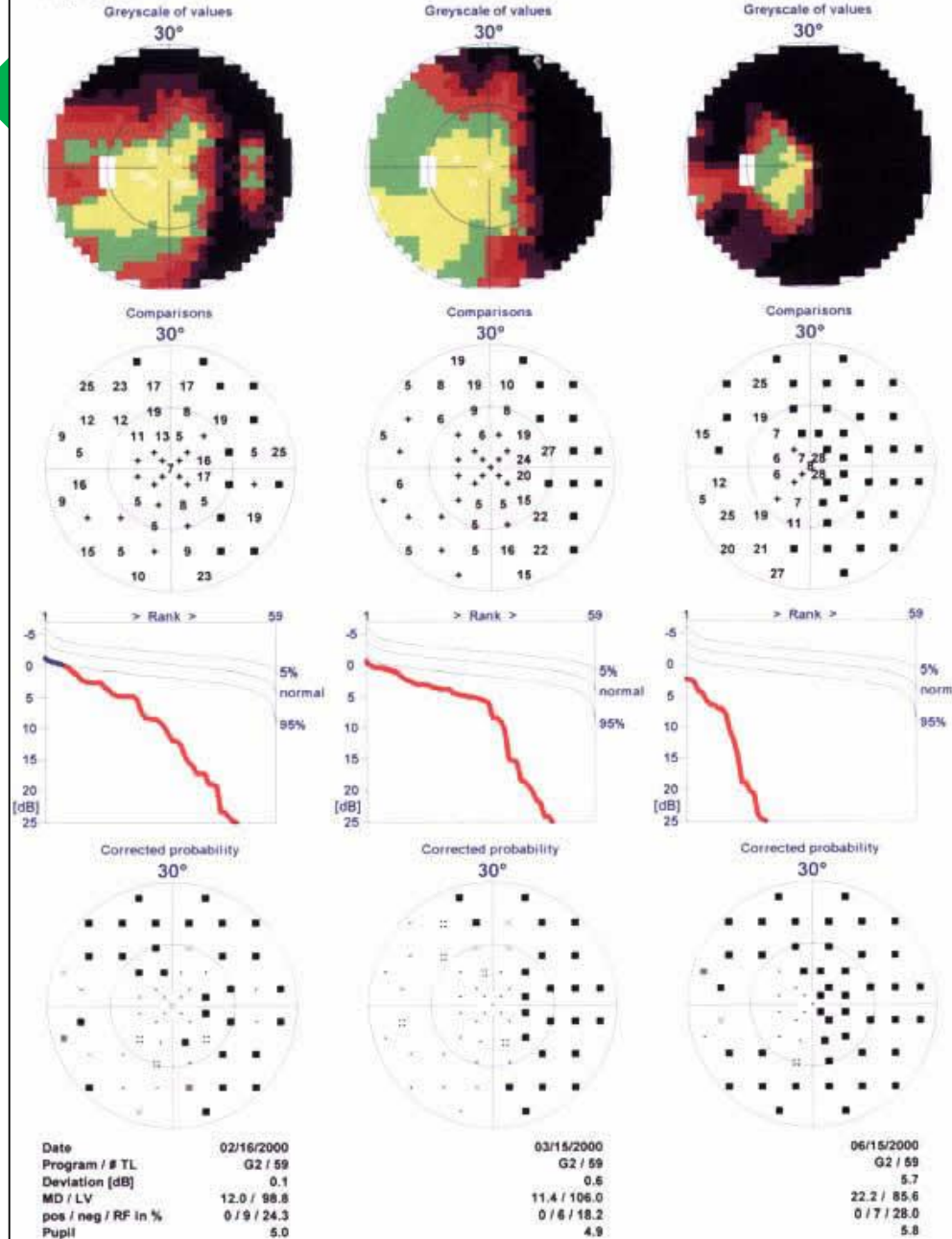
	Phase 1	Phase 2	Mean
#	59	0	0
MS	25.5		
MD	2.9		
LV	36.3		
CLV			
SF			
RF			0.0

Przykład 2

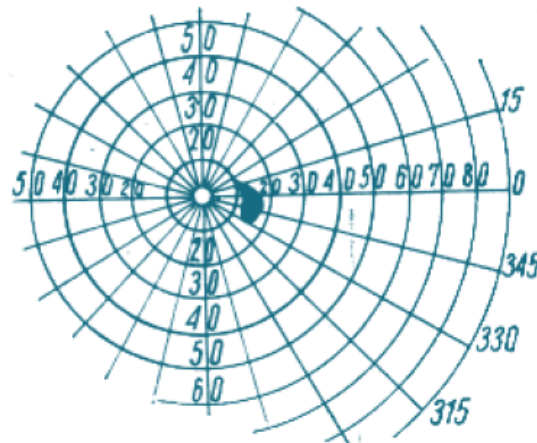
Name:
First name:

Eye:
Birthdate:

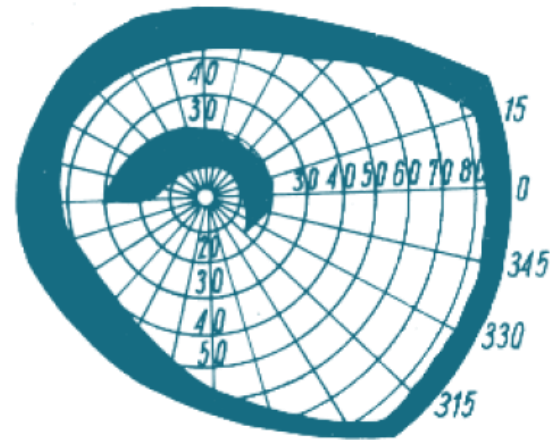
Left (OS)
05/07/1964



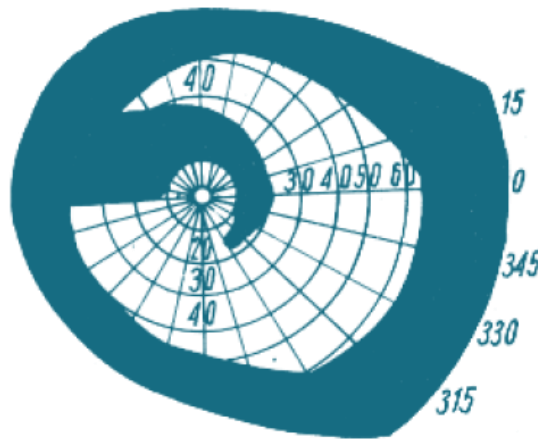
Przykład jaskry



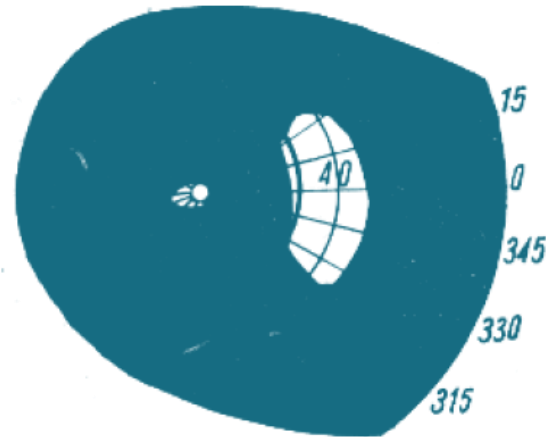
A



B



C

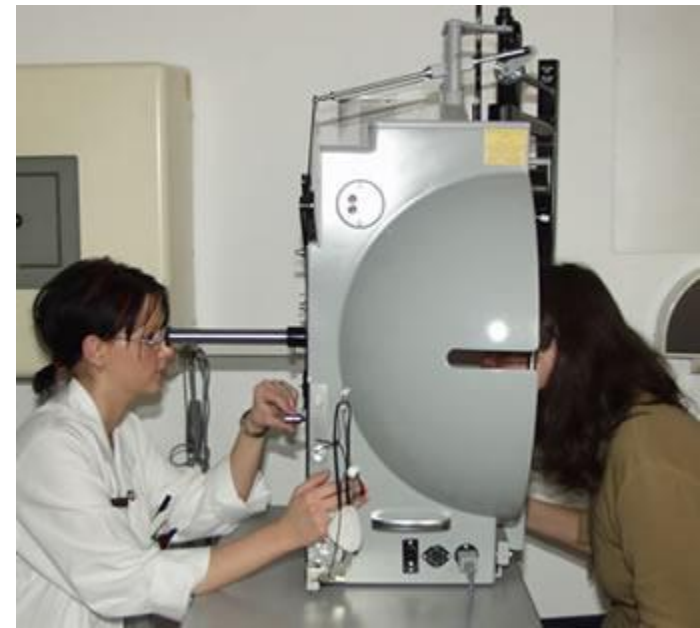


D

Przykładowe parametry

Perymetr Goldmanna

- Znaczkі świetlne o średnicach $1/16$; $1/4$; 1; 4; 16; 64 mm.
- Względna jasność znaczków: 0,030; 0,096; 0,31; 1.
- Znaczek 1000 asb do wykreślenia izoptery zewnętrznej,
- Znaczek 100 asb do wykreślenia izoptery centralnej i ślepej plamy.
- Barwy znaczków: czerwona, niebieska, zielona, biała.
- Stała luminancja czaszy: 2 asb.



Wielkość znaczników

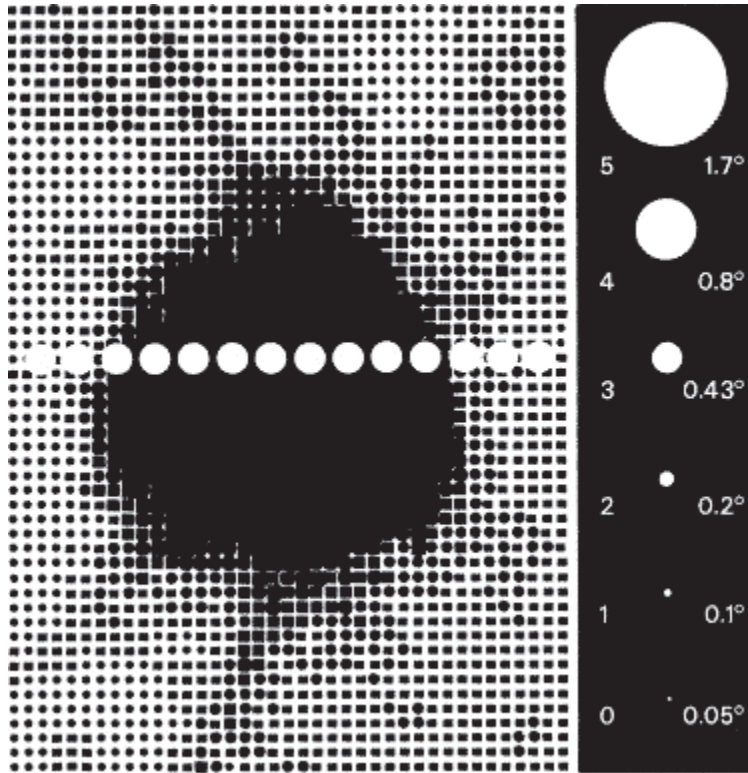


Figure 2-8: This greyscale image (from an OCTOPUS examination) shows the blind spot and six standard Goldmann stimulus sizes. The Goldmann stimulus size III, most frequently used in perimetry, is projected across the disc area.

Rozwiązania

Parameter	OCTOPUS 101	OCTOPUS 300	HFA 700
Bowl type	Spherical bowl 42.5 cm	Direct projection	A-spherical bowl 18-30 cm
Background - Luminance	4 asb (1.27 cd/m ²)	31.4 asb (10 cd/m ²)	31.5 asb (10 cd/m ²)
Stimulus - Size	Goldmann I - V	Goldmann III, V	Goldmann I - V
- Duration	100 ms	100 ms	200 ms
- Luminance for 0 dB	1'000 asb	4'800 asb	10'000 asb
Measuring range	0 - 40 dB	0 - 40 dB	0 - 40 dB
Test strategies	4-2-1 dB bracketing Dynamic strategy TOP	4-2-1 dB bracketing Dynamic strategy TOP	4-2 dB bracketing SITA Normal SITA Fast
Normal values	Age correction per year of age		

Figure 2-6: Basic perimeter parameters and test conditions.

Kontrola fiksacji

- Ze względu na możliwość mimowolnej zmiany kierunku patrzenia, perymetr przeprowadza kontrolę fiksacji metodą Hejil-Krakau: w pierwszej fazie badania odnajdują plamkę ślepą i następnie, podczas badania właściwego, co jakiś czas, dokonuje sprawdzenia fiksacji wyświetlając bodziec w obszarze plamki ślepej.

Fałszywe odpowiedzi

- Praktyka pokazuje, że pacjent może zareagować w sytuacji braku bodźca (odpowiedź fałszywa pozytywna), lub też nie zareagować w chwili pojawienia się bodźca (odpowiedź fałszywa negatywna).
- **Odpowiedź fałszywa pozytywna** – gdy pacjent zareaguje na wyświetlany bodziec, o jasności znacznie mniejszej od wartości progu czułości.
- **Odpowiedź fałszywa negatywna** – gdy pacjent nie zareaguje na bodziec o jasności większej o 6dB od spodziewanej wartości czułości.

TEST AMSLERA

Test Amslera

- Prosta metoda służąca do badania widzenia w obrębie plamki żółtej (dołka środkowego).
- Istnieją różne odmiany, ale podstawowym testem jest siatka o boku 10 cm z zaznaczonym punktem centralnym.
- Badanie przeprowadza się dla każdego z oka osobno. W przypadku zmian chorobowych okolicy plamki żółtej pacjent, patrząc z odległości 30 cm na punkt centralny, zauważa zniekształcenie linii, ubytki lub mroczki zaburzające regularność siatki.
- Wielkość na siatkówce $(20 \times 0,27 \text{ mm}) \times (20 \times 0,27 \text{ mm})$,

Przykłady siatek Amslera

Pytanie 1: Czy widać biały punkt w środku?

→ do wykrycia mroczka środkowego

Pytanie 2: Czy widać wszystkie wierzchołki i krawędzie dużego kwadratu?

→ do wykrycia mroczków obwodowych

Pytanie 3: Czy kreskowanie jest całe, czy występują dziury lub plamy?

→ do wykrycia mroczków względnych i bezwzględnych przyśrodkowych i okołosrodkowych

Pytanie 4: Czy wszystkie linie są odpowiednio równoległe a kwadraciki regularne i jednakowe?

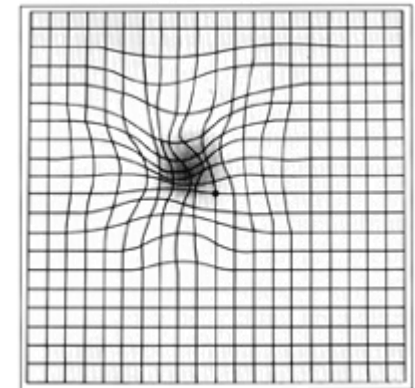
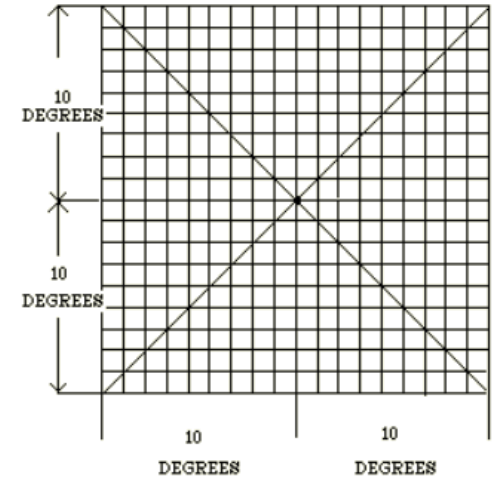
→ do wykrycia metamorfopsji

Pytanie 5: Czy niezależnie od zniekształceń lub plam widać inne zjawiska (ruchy, wibracje, przesunięcia, zmiany barw)?

→ do wykrycia świeżych zmian patologicznych w plamce

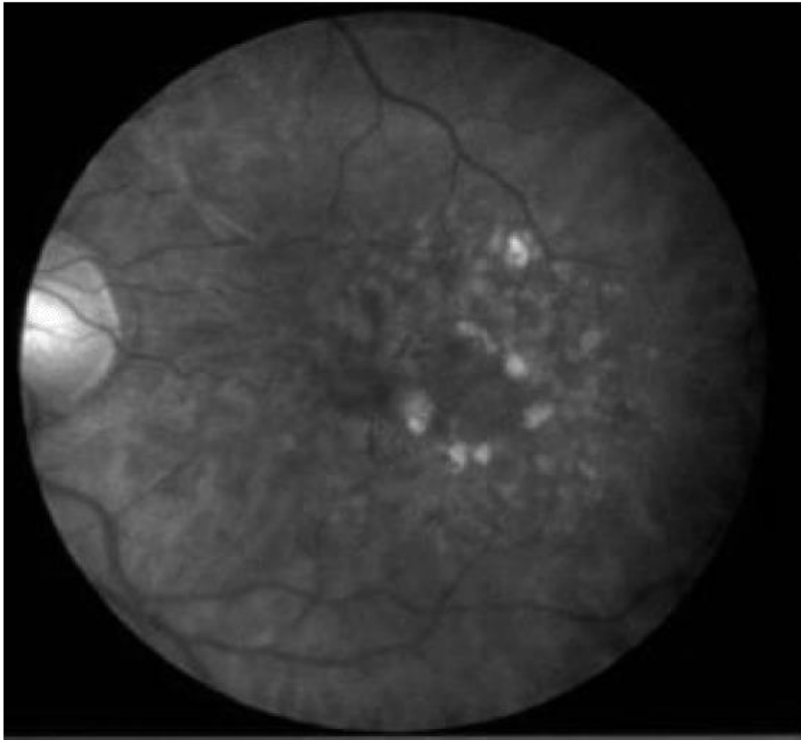
Pytanie 6: W jakiej odległości od punktu fiksacji znajduje się plama lub zniekształcenie siatki, jaka jest wielkość zmiany?

→ do zlokalizowania zmian w obrębie dołeczka

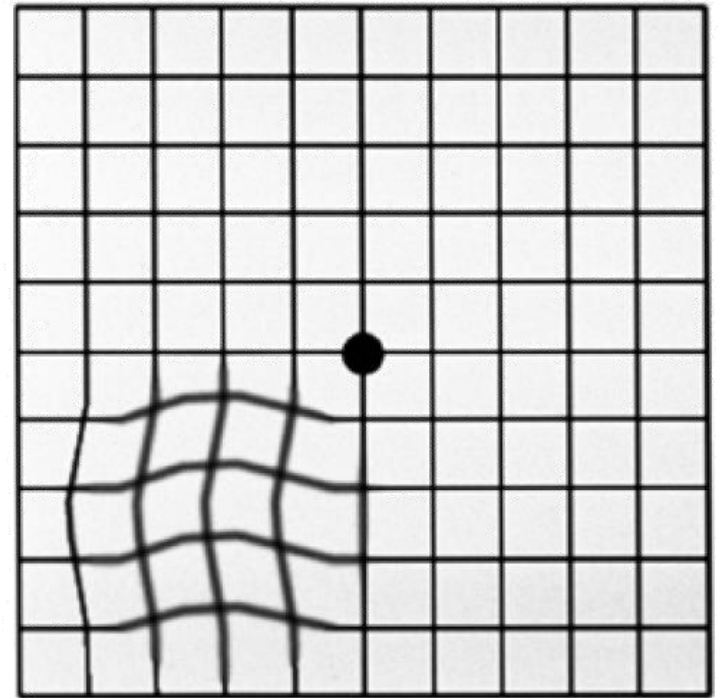


Siatka Amslera widziana przez pacjenta ze zwyrodnieniem plamki żółtej

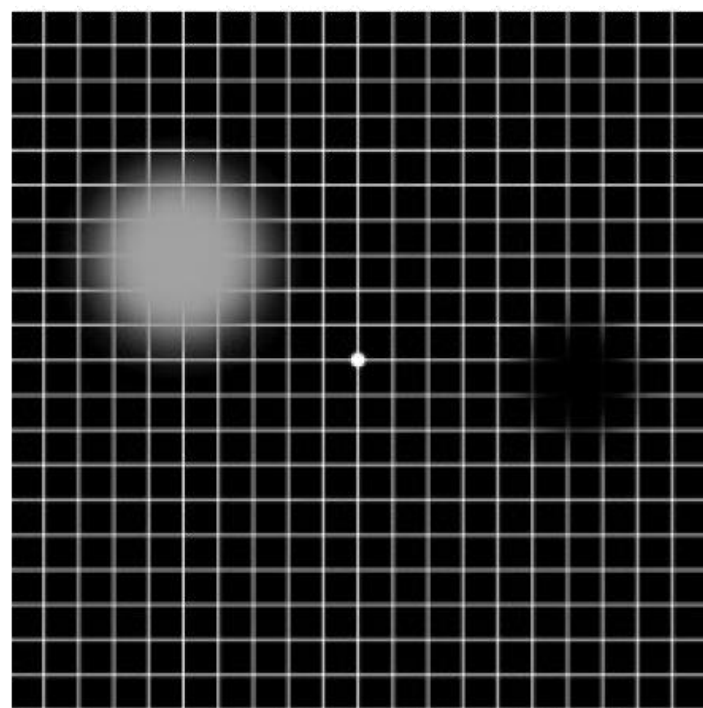
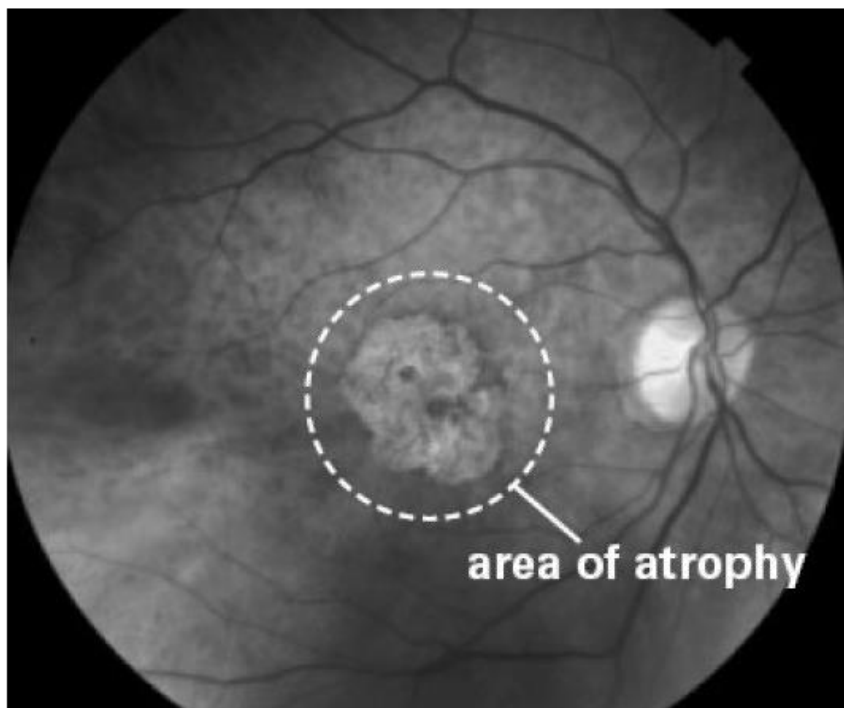
Degeneracja plamki



Degeneracja plamki
(macular degeneration)



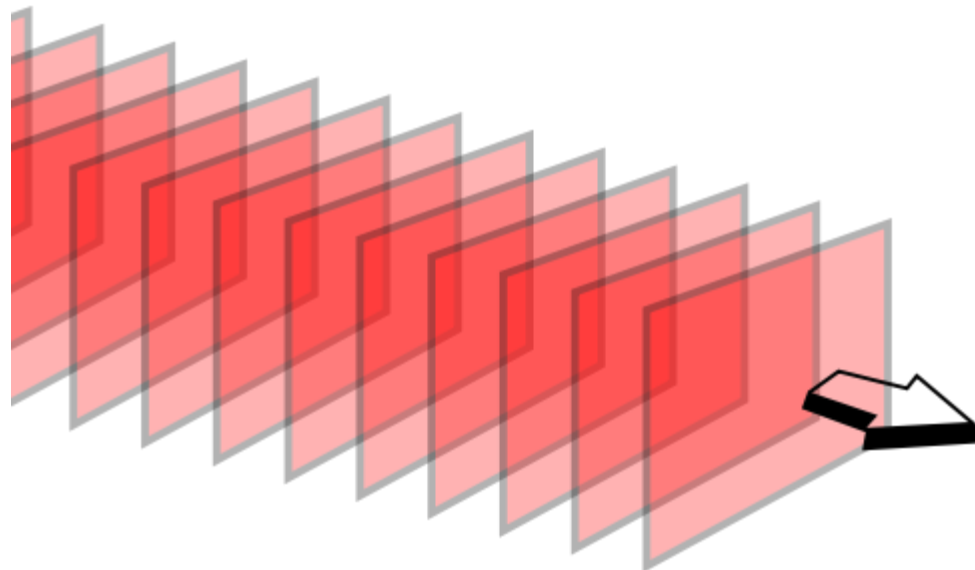
Atrofia



URZĄDZENIA *'WAVEFRONT DETECTION'*

Fala płaska

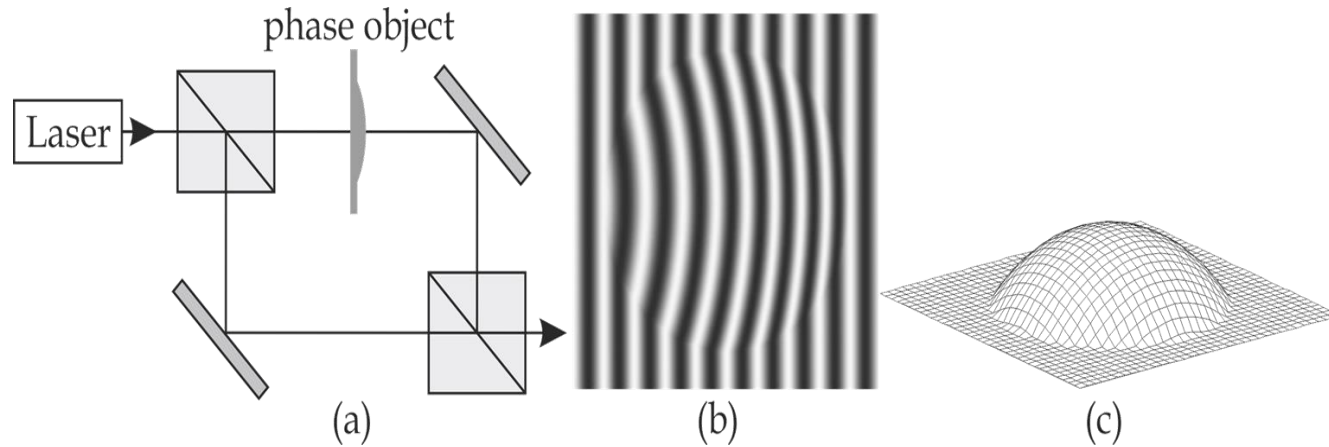
- Fala, której powierzchnie stałej fazy mają kształt płaszczyzn.
- Nie istnieje idealne źródło fali płaskiej, dobrym przybliżeniem jest źródło spójne i monochromatyczne – laser.



Obiekt fazowy

- Powoduje zniekształcenie frontu falowego fali płaskiej, nie zmieniając całkowitego natężenia światła.
- Przykładem obiektu czysto fazowego jest soczewka o transmitancji bliskiej 1.
- Inny przykład to przezroczysta płytka szklana o strukturyzowanej powierzchni.

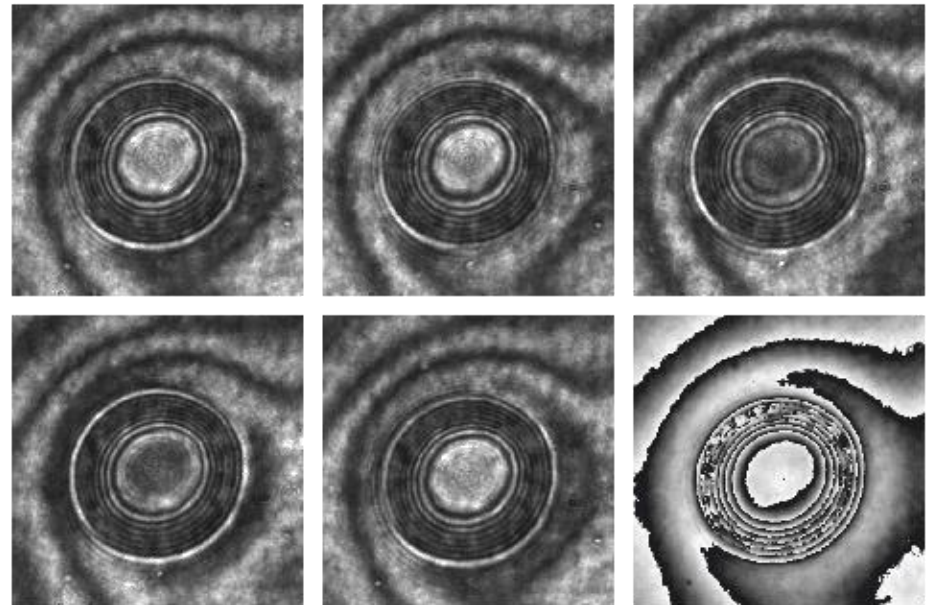
Badanie obiektów fazowych – interferometria



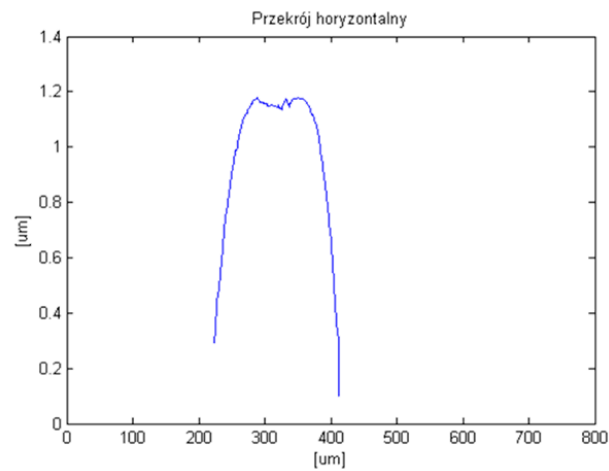
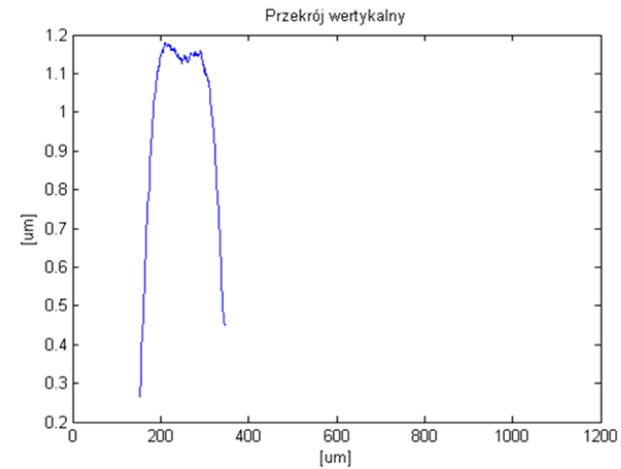
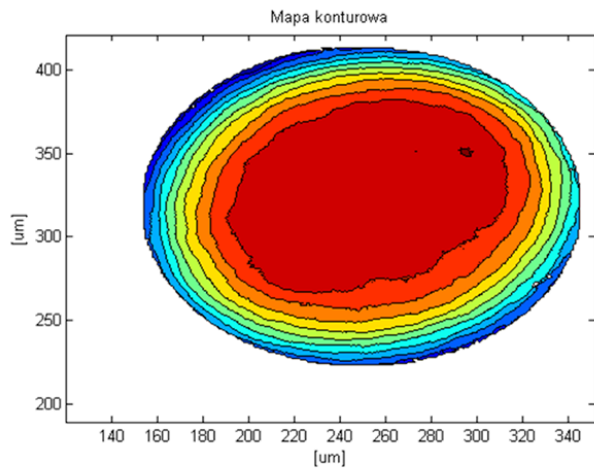
$$\varphi = \left\{ -\frac{3}{4}\pi, -\frac{1}{4}\pi, \frac{1}{4}\pi + \pi, +\frac{3}{4}\pi \right\}$$

$$g_\varphi(\theta, v) = Q \left[1 + V \cos(\theta + v\varphi_\varphi) \right]$$

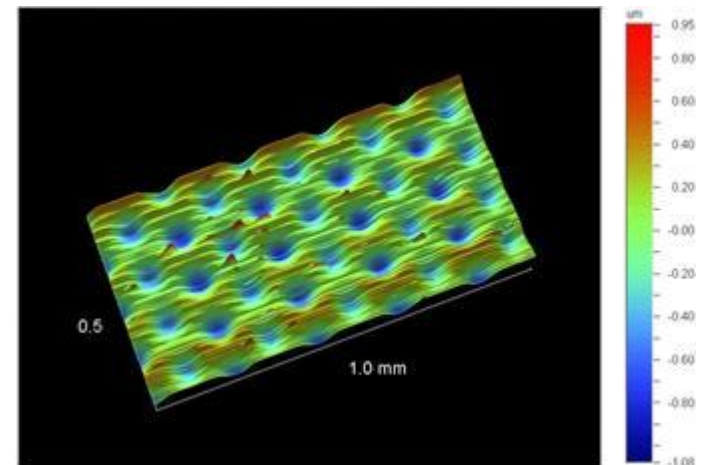
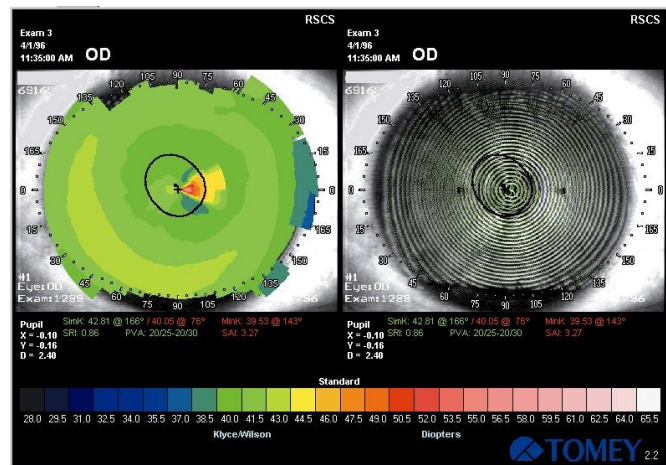
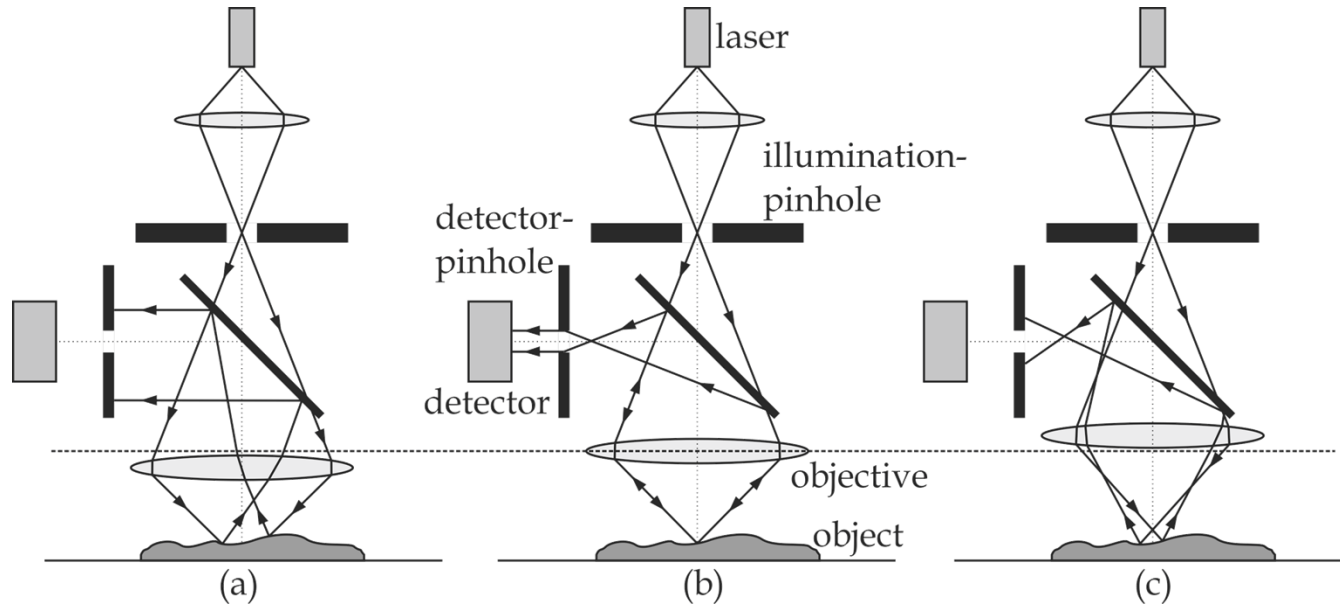
$$\theta = \arctan \left[\frac{-g_0 - g_1 + g_2 + g_3}{-g_0 + g_1 - g_2 + g_3} \right]$$



„Odwikłanie” profilu powierzchni

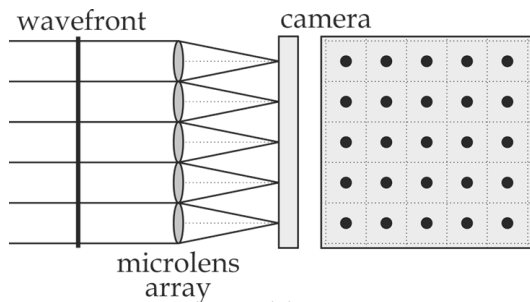


Badanie obiektów fazowych – profilometria

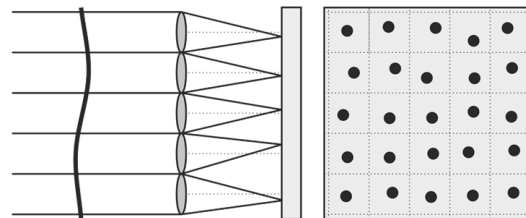


Badanie obiektów fazowych – detektor Shacka-Hartmanna

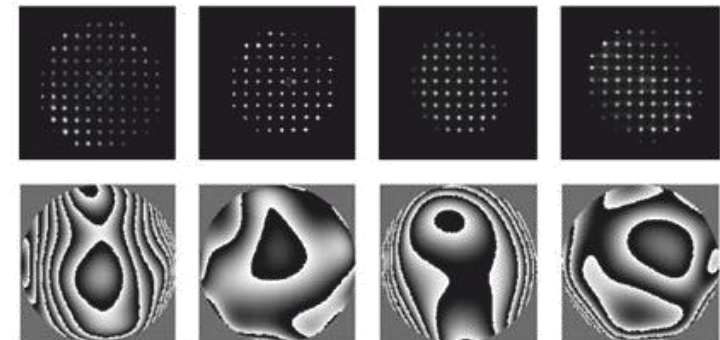
- Składa się z macierzy soczewek o tej samej ogniskowej. Soczewki są ogniskowane na detektorze. Jeśli front falowy jest zniekształcony, położenia ognisk zmieniają się.
- Detektor SH nie może mierzyć nieciągłości fazy.
- Detektor jest oparty o ideę macierzy otworów, rozwiniętej przez Johanna Franza Hartmanna w 1900 roku na potrzeby astronomii. W końcu lat 60. Roland Shack and Platt zmodyfikowali ten pomysł stosując macierz soczewek w miejsce otworów.



(a)

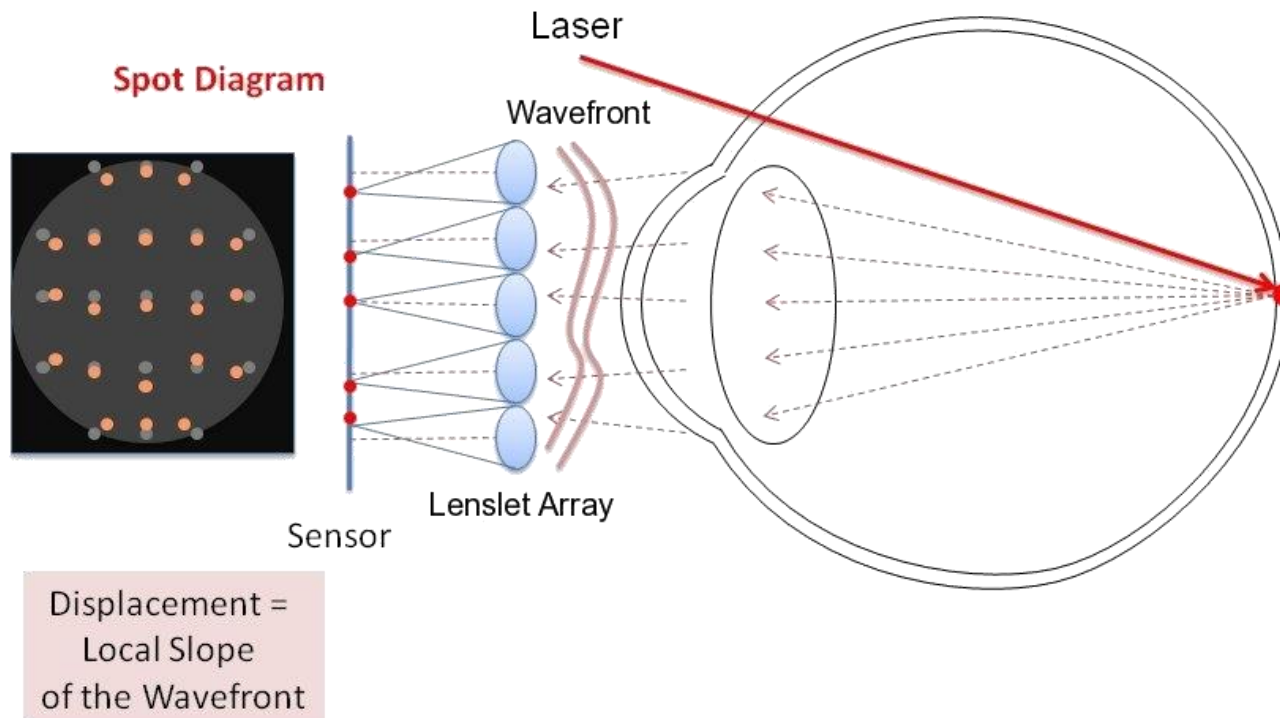


(b)

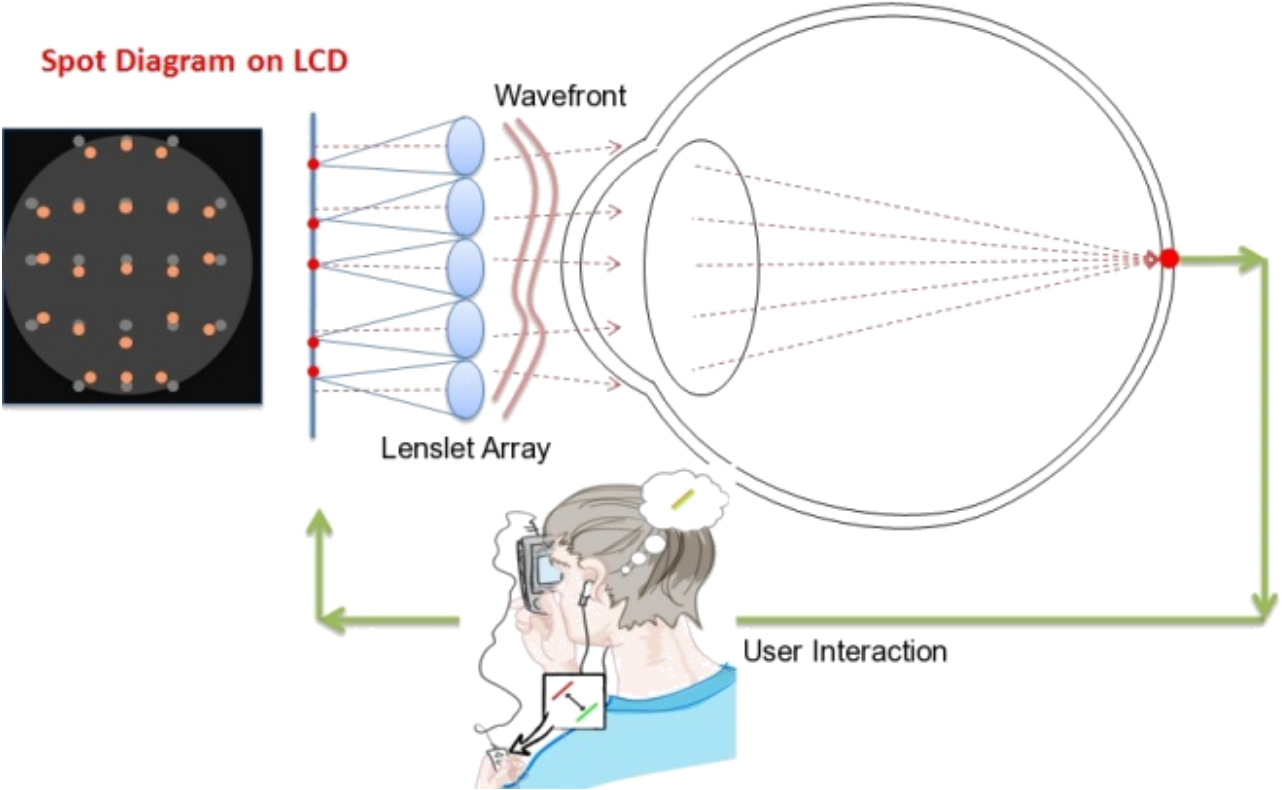


SH w optometrii

- Detektory Shacka-Hartmanna są stosowane w optometrii do mierzenia aberracji układu optycznego oka.
- Korzysta się z zasady, że fala płaska oświetlająca oko powinna zostać odbita przez siatkówkę także w formie fali płaskiej, a przynajmniej o symetrii obrotowej.

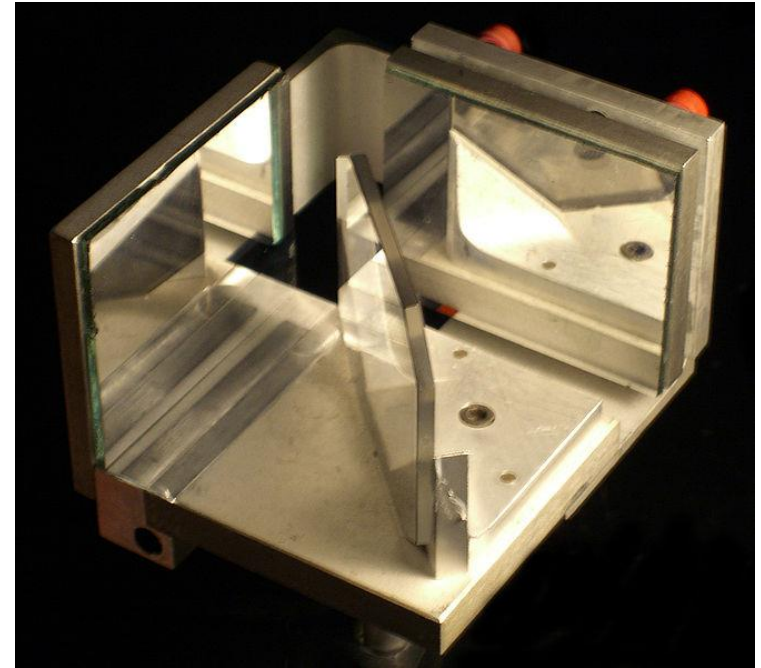
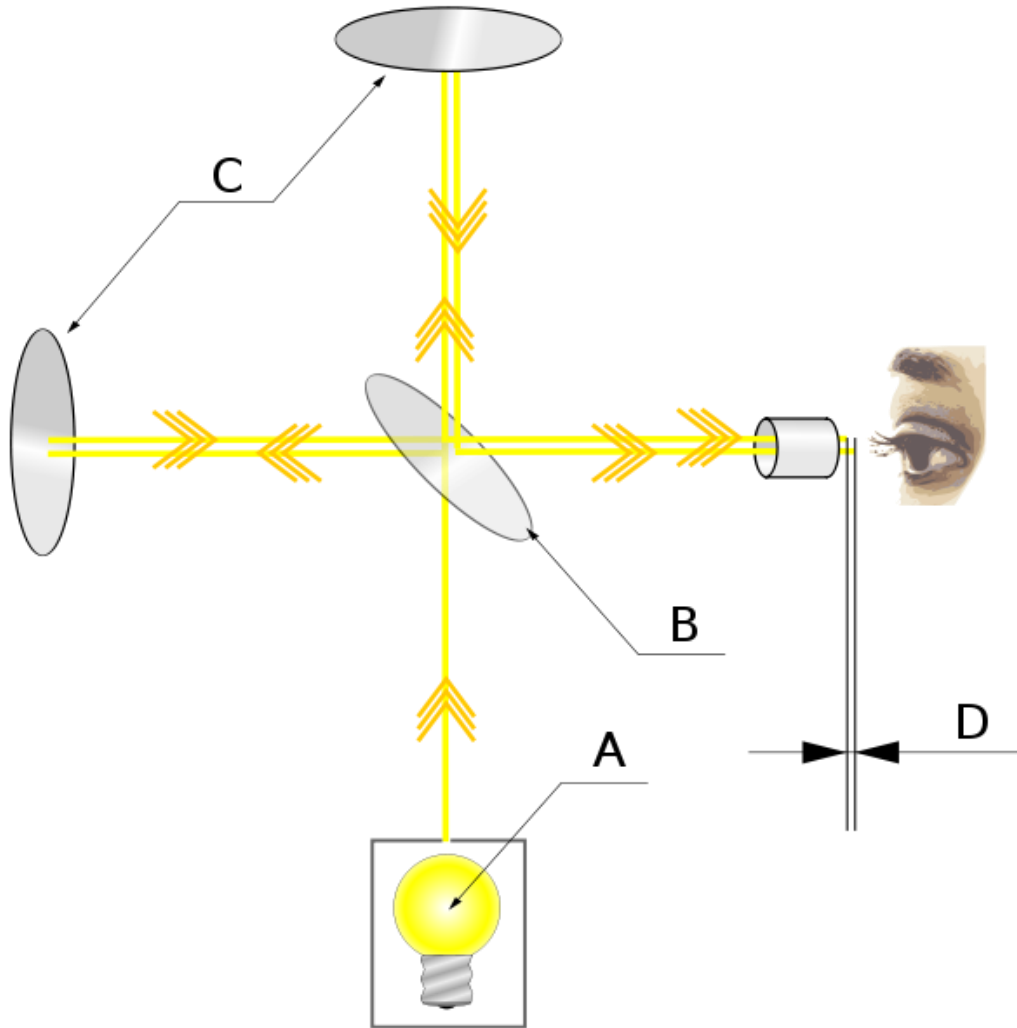


SH w interakcji z użytkownikiem

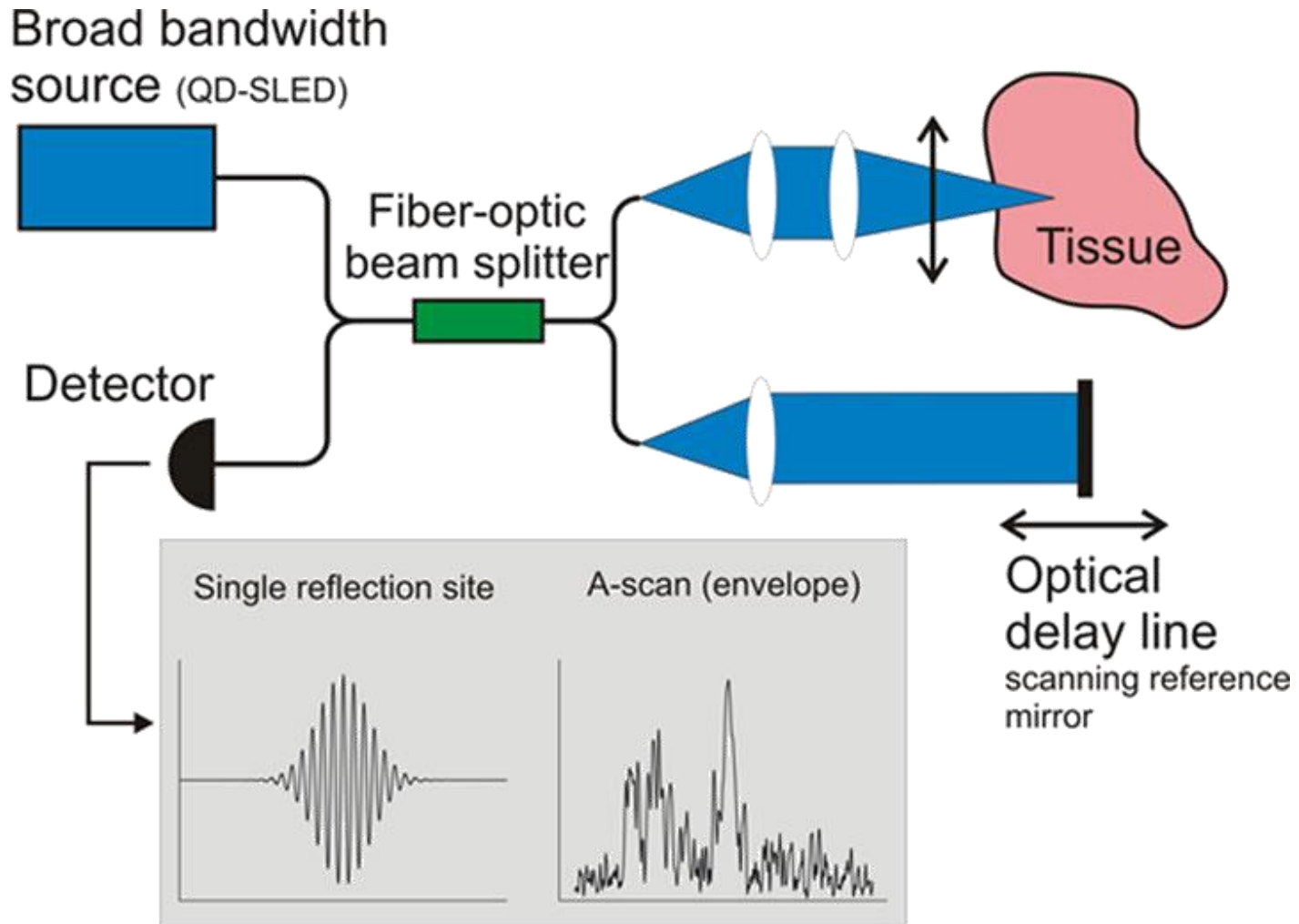


INTERFEROMETRIA

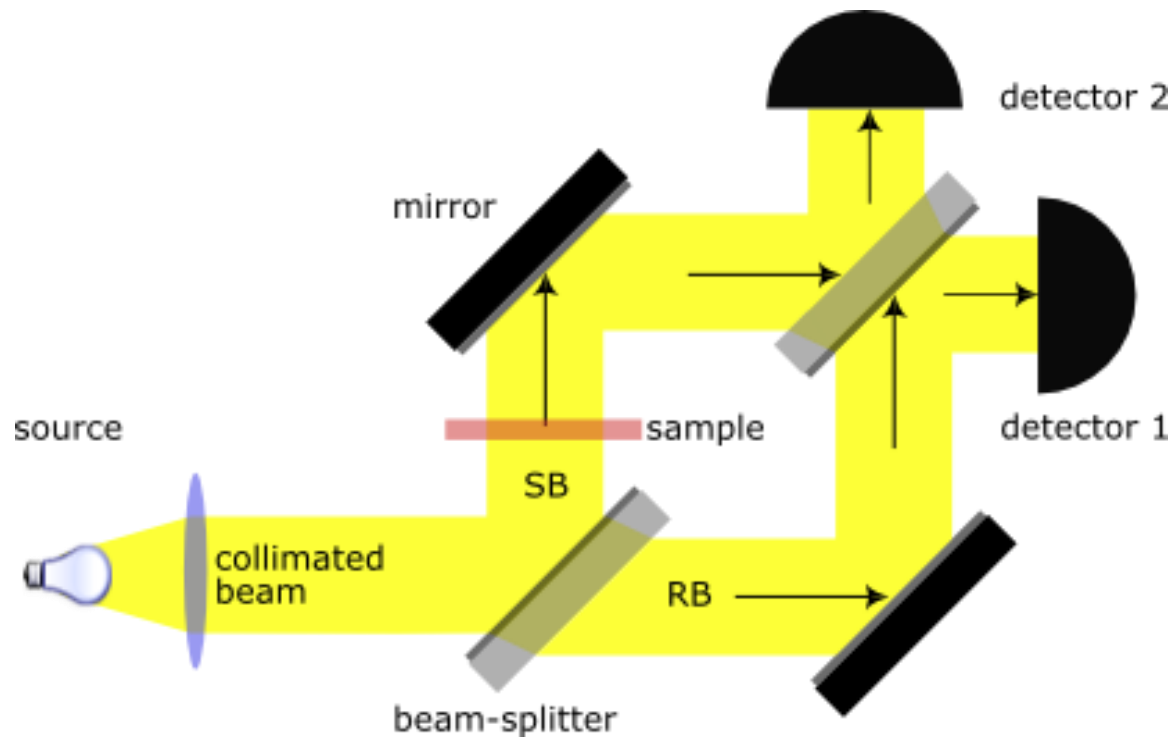
Interferometer Michelsona



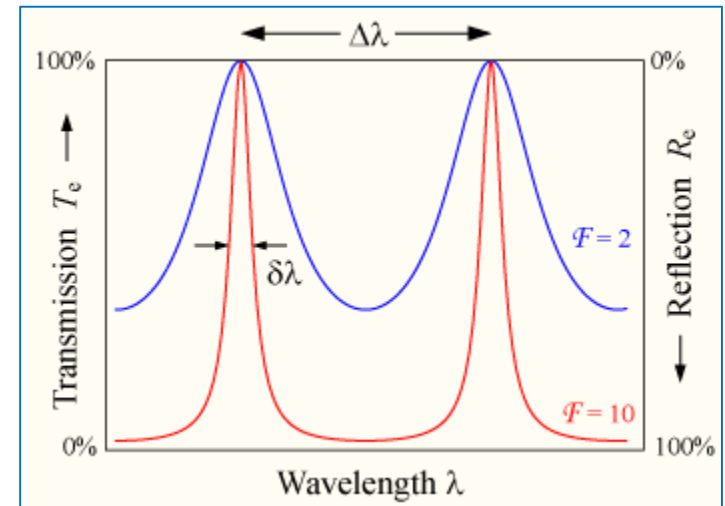
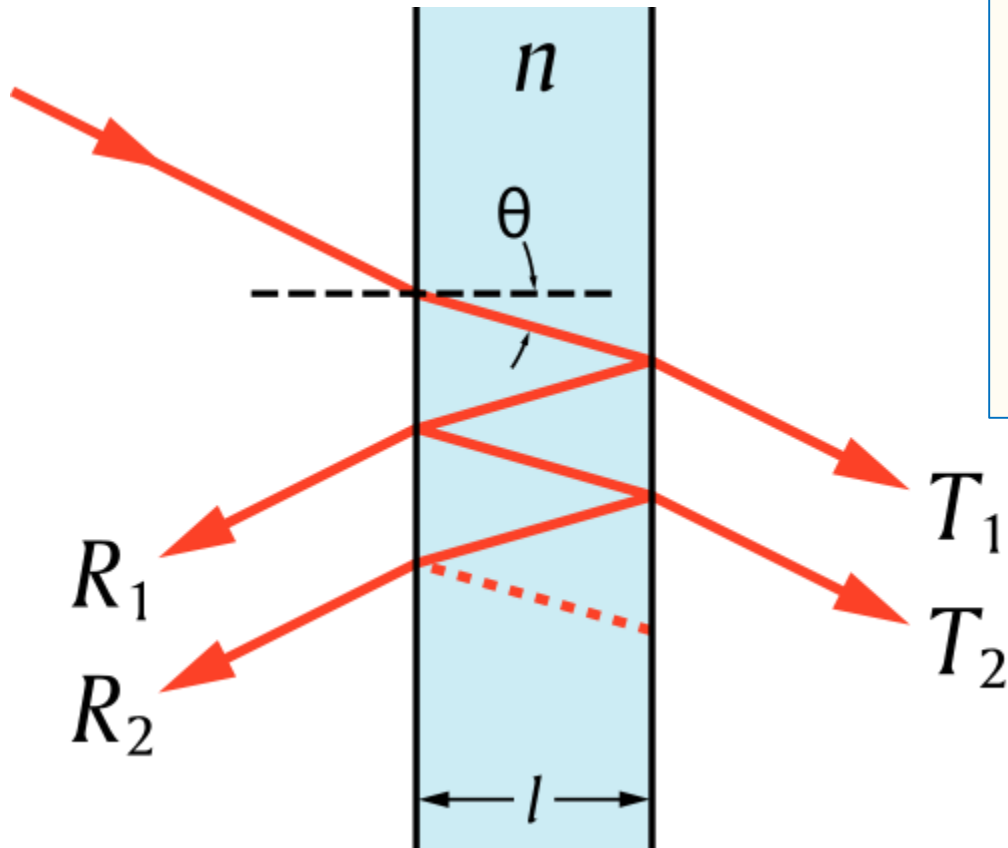
OLCR/OLCT/OCT



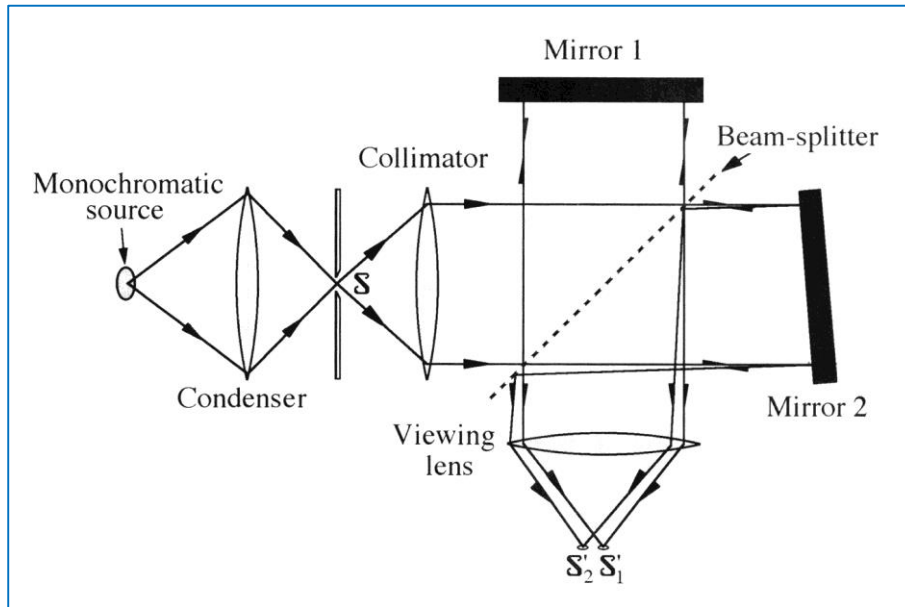
Interferometer Macha-Zehndera



Interferometer Fabry–Pérot

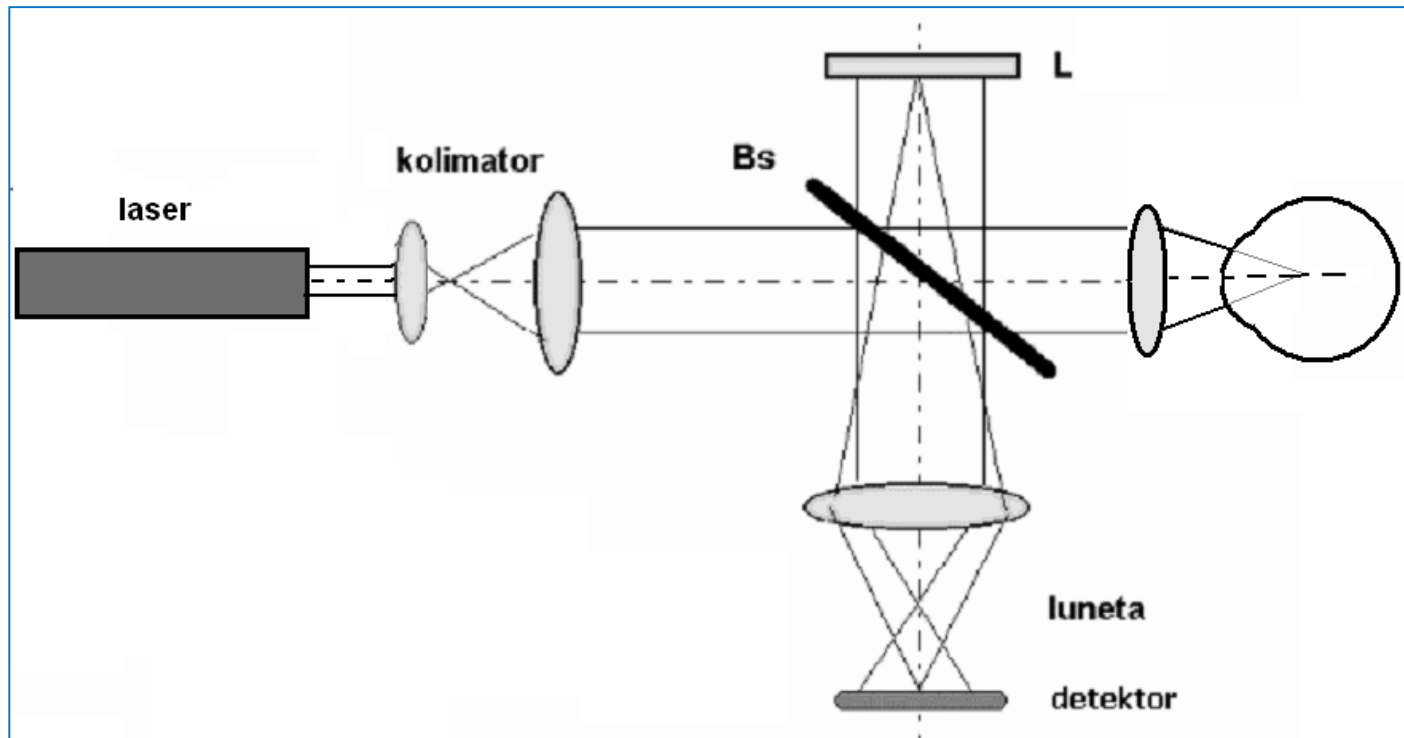


Interferometr Twymana-Greena

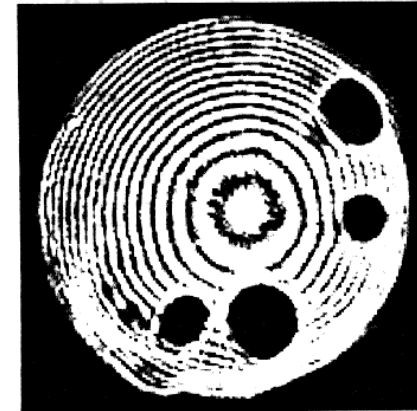
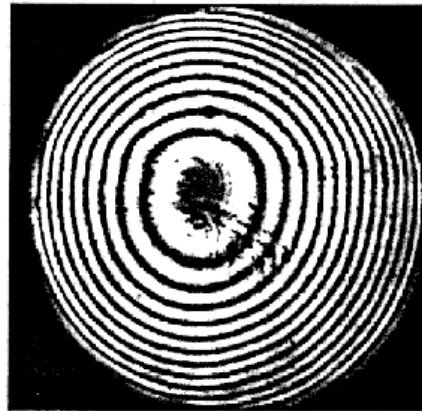
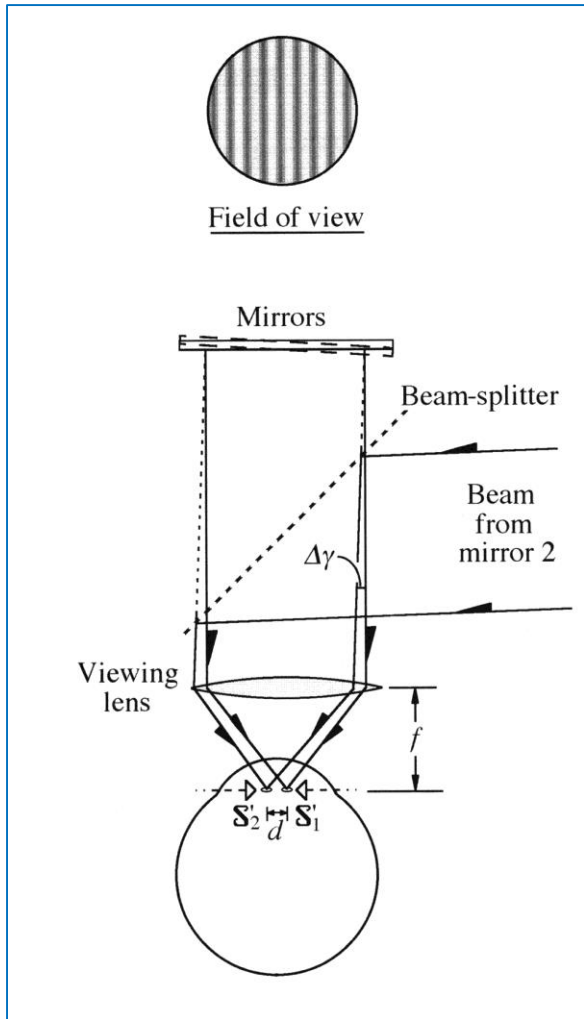


- Wynaleziony i opatentowany w 1916 r. pierwotnie do testowania pryzmatów i obiektywów mikroskopowych.
- Źródłem światła jest quasi-monochromatyczne źródło punktowe, skolimowane tak by otrzymać falę płaską.
- Fala jest rozdzielana na dwie wiązki na zwierciadle półprzepuszczalnym.
- Wiązka referencyjna odbija się od zwierciadła o znanych parametrach, zaś badająca odbija się od nieznanej powierzchni. Obie powracają do zwierciadła półprzepuszczalnego.
- Część światła z obu wiązek jest kierowana do soczewki obrazującej, tworząc interferogram w płaszczyźnie obrazu.

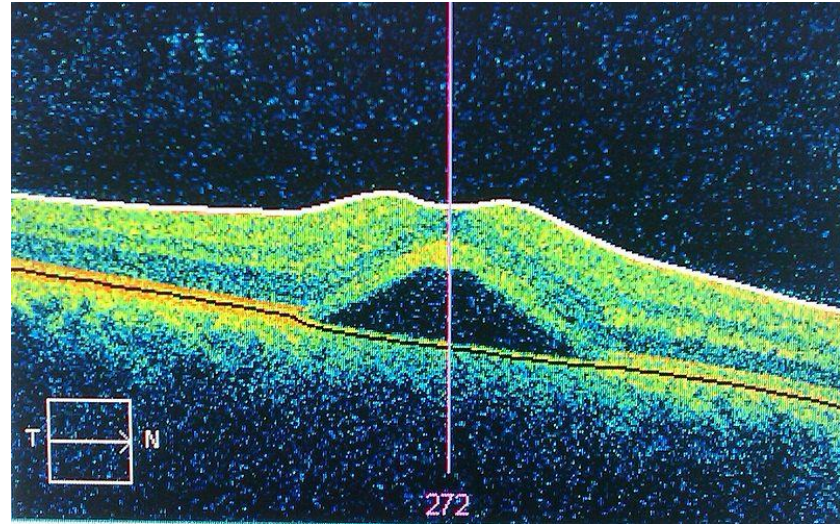
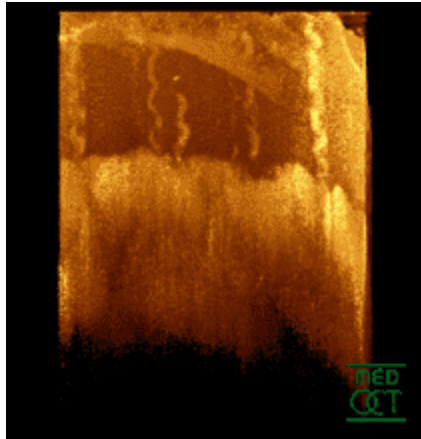
Interferometr TG a oko



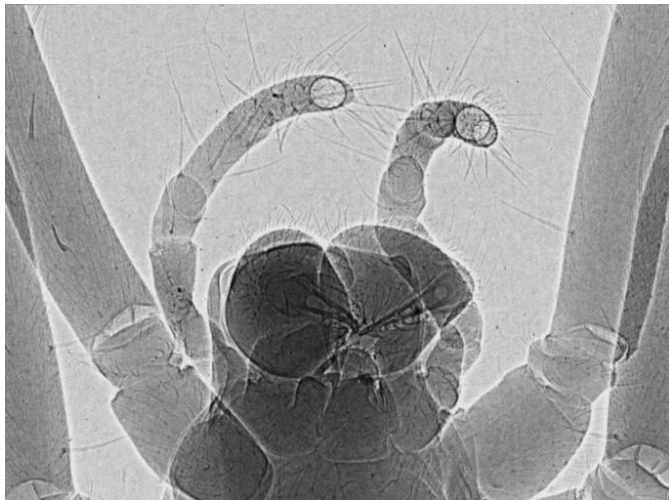
Interferometr TG – wynik działania



Przykład działania metod interferometrycznych



Central serous retinopathy, imaged using optical coherence tomography



High resolution phase-contrast x-ray image of a spider