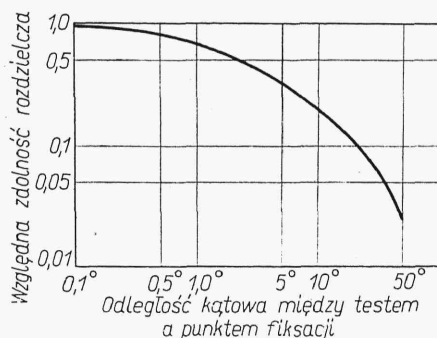


części siatkówki dają ogólnie tylko informację o obecności przedmiotu w polu widzenia.

Rezultatem przesunięcia dołka środkowego poza oś optyczną jest rozbieżność między osią optyczną, a osią główną widzenia przechodzącą przez punkt fiksacji i środek źrenicy wejściowej. Kąt między nimi wynosi średnio 5° .



Rys. 4.3

Fakt ten dla oka nieuzbrojonego ma tylko znaczenie teoretyczne. Oś główna widzenia, łatwa zresztą do wyznaczenia, jest najważniejszym elementem odniesienia w procesie widzenia i dlatego zwykle utożsamia się ją z osią optyczną, przyjmując, że układ optyczny oka ma obrotową oś symetrii. W tym sensie należy rozumieć dane przytoczone w tabl. 4.1.

Przy widzeniu nocnym, kiedy czułość czopków jest niewystarczająca nawet przy maksymalnej średnicy źrenicy, rolę odbiorników fali elektromagnetycznej przejmują pręciki, które zabezpieczone są przed nadmiarem światła przy widzeniu dziennym za pomocą wydzielanego barwnika. Proces jego pochłaniania i wydzielania nie jest natychmiastowy, co jest przyczyną zjawiska olśnienia przy przechodzeniu z pomieszczenia zaciemnionego do oświetlonego. Z tej samej przyczyny, jeżeli obserwator jest przystosowany do widzenia dziennego, przechodząc do warunków obserwacji nocnej stopniowo uzyskuje możliwości dostrzegania przedmiotów. Proces przystosowania się do warunków oświetlenia nazywa się *adaptacją*.

Pręciki znajdują się tylko poza dołkiem środkowym i największe ich zagęszczenie występuje na odległości kątowej 15° od jego środka. Stąd widzenie nocne jest widzeniem peryferyjnym.

W miejscu gdzie połączenia nerwowe elementów światłoczułych z mózgiem tworzą wspólny nerw wzrokowy powstaje *plamka ślepa* pozbawiona zupełnie czopków i pręcików. Przedmiot znajdujący się na odległości nieco poniżej 15° od punktu fiksacji po stronie skroni przy widzeniu jednoocznym nie zostanie zauważony przez obserwatora.

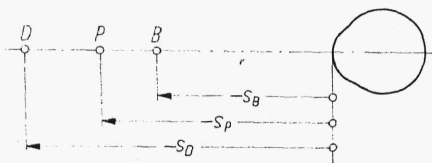
4.2. Wady refrakcji

Punkt przestrzeni przedmiotowej, który jest sprzężony z siatkówką przy zwolnionym napięciu mięśni odkształkających soczewkę oczną, nazywany jest *punktem dali D*, natomiast — przy maksymalnym wysiłku akomodującym — *punktem bliży B*. Między tymi dwoma punktami oko jest w stanie odwzorować ostro na siatkówce każdy punkt *P* (rys. 4.4). Od-

wrotność odległości (mierzonej w m) punktu dali od wierzchołka rogówki¹⁾ nazywana jest *refrakcją oka*, tzn.

$$R = \frac{1}{s_D} \quad (4.1)$$

Jednostką refrakcji jest dioptria (1/m). Dla oka miarowego, ponieważ punkt dali znajduje się w nieskończoności, $R = 0$.



Rys. 4.4

Przez *bliskość* X_p dowolnego punktu P rozumieć się będzie wielkość wyrażoną w dioptriach zgodnie z zależnością

$$X_p = \frac{1}{s_p} \quad (4.2)$$

gdzie s_p jest mierzone w m.

Stąd bliskość punktu dali jest równoznaczna z refrakcją. Różnica

$$A = R - X_p \quad (4.3)$$

nazywana jest *akomodacją czynną* przy obserwacji punktu P . Natomiast maksymalna wartość akomodacji czynnej

$$A_{max} = R - X_B \quad (4.4)$$

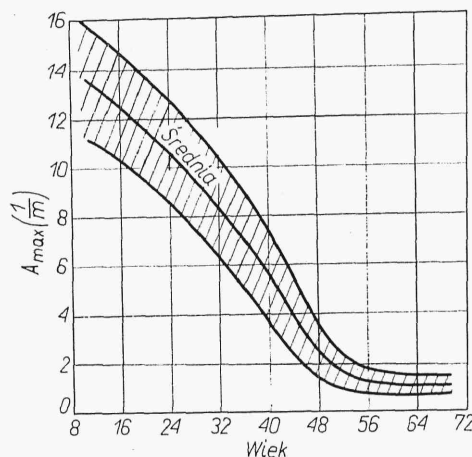
nazywa się *amplitudą akomodacji*.

Wartość amplitudy akomodacji największa u dzieci zmniejsza się u człowieka z wiekiem. Rys. 4.5 graficznie przedstawia tę zależność wyznaczoną przez *Douana*. Zakresowany obszar odpowiada wartościom pomierzonym dla różnych obserwatorów. Zgodnie z wykresem obserwator z oczami miarowymi ($R = 0$) w wieku powyżej 45 lat nie jest w stanie ostro odwzorować na siatkówce obrazu przedmiotów leżących bliżej niż 300 mm od niego. Stąd wynika konieczność kompensowania osobom starszym za pomocą dodatnich szkieł okularowych spadku amplitudy akomodacji co umożliwia im właściwą obserwację przedmiotów bliskich. Zmniejszenie się amplitudy akomodacji do wartości, kiedy konieczna jest jej kompensacja nazywane jest *starczowzrocznością*.

Jak już powiedziano oko jest wtedy miarowe, jeżeli przy braku akomodacji ognisko obrazowe pokrywa się z siatkówką oka. Składa się na to wiele czynników, jak moc rogówki, soczewki ocznej, współczynniki załamania ośrodków, długość mechaniczna oka itp. Ich odpowiednie nałożenie się definiuje dopiero prawidłowość pracy oka i ewentualnie istniejąca dys-

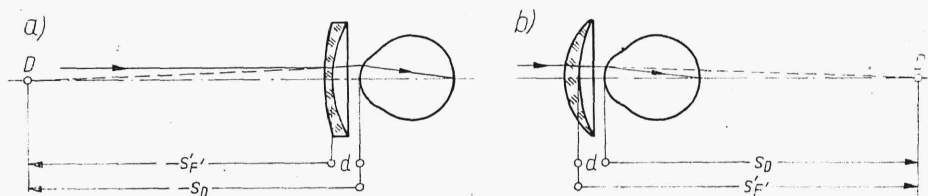
¹⁾ Często stosowane jest pojęcie *refrakcji głównej*, kiedy punktem odniesienia nie jest wierzchołek rogówki, a punkt główny przedmiotowy układu. Podobnie jak moc czołowa szkła okularowego w porównaniu z jego mocą, tak i refrakcja w porównaniu z refrakcją główną są pojęciami znacznie wygodniejszymi w okulistyce, gdyż nie wymagają przy doborze szkieł okularowych uwzględnienia niemal umownej poprawki na położenie płaszczyzny głównej.

harmonia powoduje powstanie krótkowzroczności lub nadwzroczności określonych wspólnie sferycznymi wadami refrakcji (niemiarowość sferyczna). Wtedy punkt dali leży w skończonych odległościach od oka. W pierwszym przypadku, kiedy np. gałka oczna może być zbyt długa,



Rys. 4.5

punkt D znajduje się w przestrzeni rzeczywistej (rys. 4.6a) ($R < 0$) i obserwator nie jest w stanie ostro widzieć przedmiotów dalekich. Przy nadwzroczności punkt dali jest pozorny ($R > 0$) (rys. 4.6b), i w zależności od stopnia wady i wartości amplitudy akomodacji punkt bliży może być pozorny lub rzeczywisty. W pierwszym przypadku nawet przedmioty nie-



Rys. 4.6

skończenie odległe nie będą ostro widoczne. Korekcja nadwzroczności i krótkowzroczności polega na dodaniu takiego szkła okularowego i w takiej odległości d od rogówki, aby obraz punktu nieskończenie odległego dany przez szkło pokrywał się z punktem D oka. Ponieważ szkła okularowe są cechowane za pomocą mocy czołowej D_c (1/m), przy czym

$$D_c = \frac{1}{s'_F} \quad (4.5)$$

gdzie s'_F — odległość ogniska obrazowego szkła od jego drugiej powierzchni wyrażona w m;

wówczas między refrakcją i mocą czołową szkła okularowego musi być spełniona zależność

$$D_c = \frac{R}{1 + dR} \quad (4.6)$$

Zwykle przyjmuje się $d = 0,012$ m.

Jeżeli rogówka nie jest powierzchnią sferyczną, wówczas układ optyczny oka ma różną moc, a więc i różną refrakcję w różnych przekrojach południkowych. Obraz jest astygmatyczny i przy obserwacji testu złożonego z promieniowo ułożonych kresek występują różnice między przekrojami w ich ostrym odwzorowaniu. Wada *astygmatyzmu* jest korygowana za pomocą szkła torycznych, których moc czołowa jest również odpowiednią funkcją przekroju południkowego.

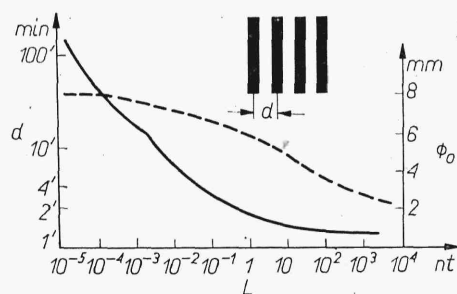
Bardziej szczegółowe dane na temat korekcji widzenia i konstrukcji szkła okularowych można znaleźć w [2] i [4].

4.3. Zdolność rozpoznawcza oka

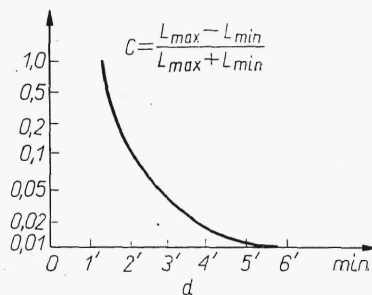
Z uwagi na budowę siatkówki, zachodzące procesy nerwowe, aberracje układu optycznego oka, zjawiska dyfrakcji itp. istnieją fizjologiczne granice możliwości rozpoznania przez człowieka różnych elementów lub zachodzących zdarzeń.

Przez *granice rozpoznania* lub *zdolność rozpoznawczą* oka rozumieć się będzie pewne wartości liczbowe, oderwane lub mianowane, charakteryzujące w sposób ilościowy wspomniane możliwości. Pojęcia te odnoszą się tu do warunków, kiedy obserwator ma swobodę w doborze najkorzystniejszego położenia oka, a więc bez ustalonego punktu fiksacji.

Granica rozpoznania jest najczęściej funkcją wielu parametrów, np. zależy od warunków w jakich próba się odbywa, od sposobu oświetlenia, od kolejności zachodzących zjawisk (zagadnienie adaptacji) itp. i wielokrotnie jest pojęciem subiektywnym z uwagi na trudność definicji samego momentu rozpoznania. Przykładem może być prosty przypadek obrazu dwóch punktów. Przy dostatecznie małej ich odległości powstaje wrażenie jednego punktu. W miarę ich oddalania najpierw obraz wydłuża się w kierunku ruchu, a dopiero później powstaje wrażenie zdwojenia. Przy jednakowej światłości obydwu punktów eksperymentalnie wyznaczony graniczny kąt rozpoznania przy dostrzeganiu wydłużenia wynosi $1,3'$, natomiast zdwojenia $1,8'$. Kąt ten rośnie, a więc zdolność rozpoznawcza maleje wraz ze wzrostem światłości obydwu punktów. Spowodowane jest to zwiększaniem się wpływu światła rozproszonego (zjawisko dyfuzji) w ośrodkach optycznych oka.



Rys. 4.7



Rys. 4.8

Test *Foucault'a* złożony z układu czarno-białych linii (rys. 4.7) odgrywa ważną rolę przy badaniu jakości obrazu układów optycznych. Jako graniczny kąt rozpoznawania testu przyjmuje się minimalny kąt, pod jakim