

INSTRUKCJA WYKONANIA ĆWICZENIA

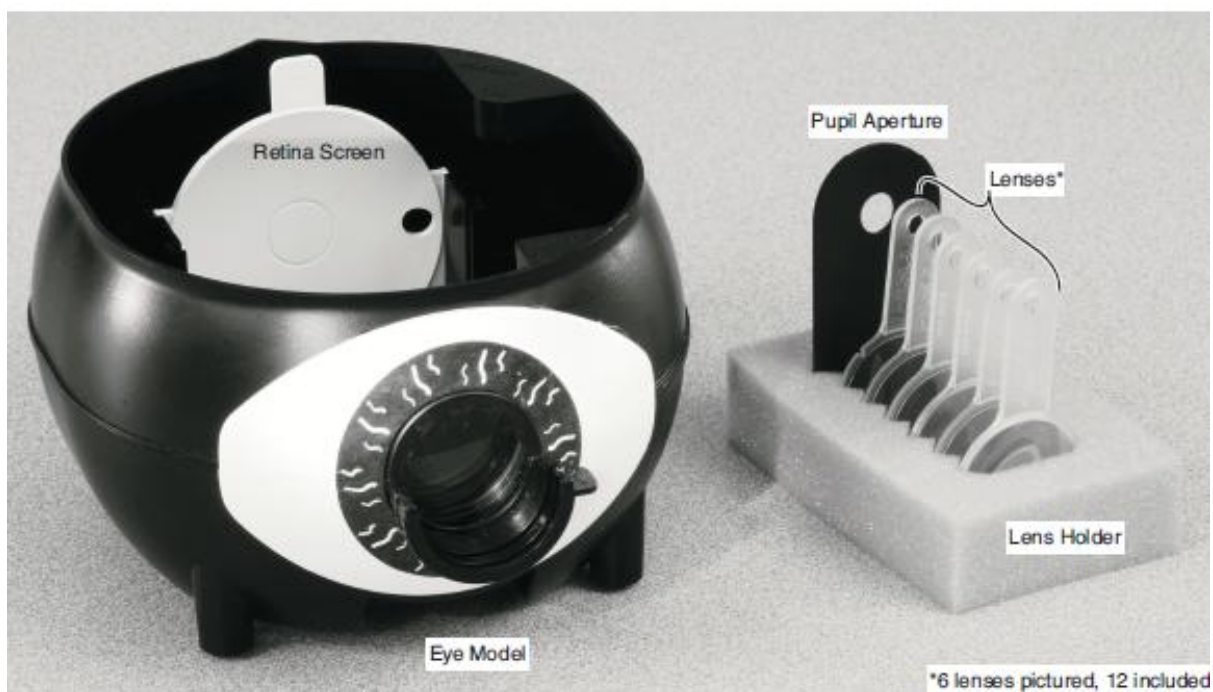
OPTYKA OKA

Zagadnienia teoretyczne:

1. Pojęcie soczewki i rodzaje soczewek
2. Parametry soczewki (ogniskowa, zdolność skupiająca soczewki)
3. Obrazy powstające w oku
4. Refrakcja oka
5. Układ optyczny oka

Na stanowisku znajduje się:

1. - model ludzkiego oka OS-8477A,
2. - 6 soczewek plastikowych o stałych ogniskowych,
3. - soczewka o zmiennej ogniskowej wypełniona wodą,
4. - ekran siatkówki,
5. - przysłona źrenicy (czarna płytką),
6. - piankowy stojak do soczewek,
7. - suwmiarka,
8. - miarka metrowa
9. - źródło światła o dużej mocy;



Do wykonania zadań przydatna może okazać się przysłonka do przyciemnienia ekranu siatkówki w celu dokładniejszej obserwacji powstającego obrazu.

Zadanie 1. Obrazy powstające w oku

a)

- 1) Umieść ekran soczewki w szczelinie oznaczonej NORMAL. Skieruj model oka do obserwacji oddalonego przedmiotu i obserwuj jego obraz powstały na siatkówce. Jakie są cechy tego obrazu?
Obraz jest ostry, tzn. że oko widzi ostro przedmioty w nieskończoności - soczewka w modelu ogniskuje promienie na ekranie siatkówki. Oznacza to, że jej działanie reprezentuje zarówno ogniskowanie promieni przez rogówkę jak i przez soczewkę oka w stanie zrelaksowanym, a więc z największą ogniskową.
- 2) Zmierz ogniskową rogówki (odległość rogówki od ekranu siatkówki) i oblicz jej zdolność skupiającą (w dioptriach)

b)

- 1) Włóż soczewkę o ogniskowej +400 mm w szczelinę oznaczoną napisem SEPTUM.
- 2) Ustaw oświetlony przedmiot w odległości 50 cm od rogówki w modelu oka. Jeżeli w pomieszczeniu gdzie wykonywane jest ćwiczenie jest zbyt jasno, zakryj model od góry aby zobaczyć powstający obraz.
- 3) Poruszaj przedmiotem w lewo i prawo, w górę i w dół. Jak porusza się obraz na siatkówce? Obróć przedmiot "do góry nogami". Jaki obraz otrzymasz?
- 4) Narysuj schemat obrazu powstającego na ekranie i zapisz obserwację.
 - Jeśli obraz na siatkówce jest odwrócony, to dlaczego nie widzimy przedmiotu "do góry nogami" ?

Zadanie 2. Akomodacja

W procesie akomodacji mięśnie oka zmieniają kształt soczewki oka, przez co zmienia się jej ogniskowa. Umożliwia to powstawanie ostrego obrazu na siatkówce gdy zmianie ulega odległość od oglądanego przedmiotu.

UWAGA

Z soczewką o zmiennym kształcie wypełnioną wodą należy obchodzić się bardzo ostrożnie:

- Nie dotykaj palcami przezroczystych powierzchni, nie kładź poziomo soczewki.
- Nie rozłączaj połączeń soczewka-wężyk-strzykawka.
- Tłok strzykawki przesuwaj bardzo powoli aby nie doprowadzić do zbyt dużego uwypuklenia soczewki, przez co błonki ograniczające mogą pęknąć.
- Po ćwiczeniu tłokiem strzykawki wyreguluj soczewkę tak, by błonki były płaskie.

- 1) Włóż ekran siatkówki w szczelinie oznaczonej NORMAL. Włóż soczewkę o zmiennej ogniskowej w szczelinę oznaczoną napisem SEPTUM. Model oka ustaw w odległości 10 cm od oświetlonego przedmiotu. Czy na ekranie siatkówki powstał ostry obraz? Poruszaj powoli tłokiem strzykawki tak, aby powstał możliwie najwyraźniejszy obraz.

- Wyjmij delikatnie soczewkę i oceń, czy powierzchnie soczewek są wypukłe czy wklęsłe, soczewka jest skupiająca czy rozpraszająca
- 2) Umieść ponownie soczewkę w szczelinie SEPTUM i odsuń model oka dalej od przedmiotu, na odległość 20 cm. Za pomocą strzykawki dopasuj kształt soczewki tak, aby otrzymać ostry obraz na ekranie siatkówki
- Jak przy wzroście odległości przedmiotu od oka zmienił się kształt powierzchni soczewki - jest bardziej czy mniej wypukły?
- Czy ogniskowa soczewki wzrosła czy zmniejszyła się?
- Czy soczewka silniej czy słabiej skupia promienie?
- 3) Traktując układ skupiający oka w sposób uproszczony, oblicz z równania soczewki cienkiej wypadkową ogniskową i zdolność skupiającą układu skupiającego przy obu odległościach przedmiotu od oka. Wyciągnij wnioski. (Za odległość obrazu od soczewki przyjmij odległość ekranu siatkówki od soczewki wbudowanej w model).

Zadanie 3. Dalekowzroczność

Osoby dalekowzroczne mają oczy krótsze niż normalne, przez co siatkówka znajduje się zbyt blisko układu optycznego oka. Wskutek tego obrazy przedmiotów bliskich powstają za siatkówką

- 1) Włóż ekran siatkówki w szczelinie oznaczonej NORMAL. Włóż soczewkę o ogniskowej +62mm w szczelinę oznaczoną napisem SEPTUM. Model oka ustaw jak najbliżej oświetlonego przedmiotu a następnie dostosuj ich odległość tak, by obraz powstały na siatkówce był ostry. Tak widzi człowiek o oku miarowym.
- 2) Nie zamieniając położenia obiektu przenieś ekran siatkówki do szczeliny FAR, przez co zmniejszysz długość oka. Powstały obraz jest obrazem jaki widzi dalekowiec kiedy patrzy na przedmiot z bliska. Zapisz jakie różnice zaobserwowałeś..
- 3) Zmniejsz rozmiar źrenicy przez umieszczenie przesłony źrenicy w szczelinie. Jak zmienił się obraz ? Usuń przesłonę źrenicy.

Dobór szkieł korekcyjnych dla dalekowidza przy patrzeniu z bliska

- 4) Dobierz soczewkę, która umieszczona w uchwycie 1 spowoduje wyostrenie obrazu na ekranie siatkówki. Czy jej obrót wpływa na obraz?
- 5) Jaka jest ogniskowa soczewki korekcyjnej? Ile wynosi jej zdolność skupiająca w dioptriach?
 - Dlaczego zmniejszenie źrenicy oka wyostrza obraz? Osoba dalekowzroczna widzi lepiej w jasnym czy ciemnym świetle?
 - Silniejsze soczewki mają większą czy mniejszą ogniskową?
 - Do korekcji dalekowzroczności używa się soczewek rozpraszających czy skupiających? Obraz przesuwa się wówczas bliżej czy dalej soczewek oka
 - Dlaczego zdolność oka do kompensaty dalekowzroczności przez akomodację maleje z wiekiem?

Zadanie 4. Krótkowzroczność

Osoba cierpiąca na krótkowzroczność ma dłuższą gałkę oczną niż normalna, co sprawia, że siatkówka znajduje się zbyt daleko od soczewki. Wskutek tego obraz dalekich obiektów powstaje przed siatkówką.

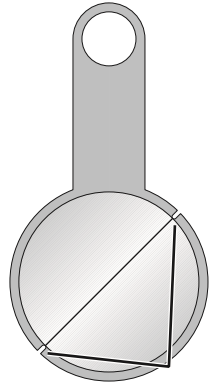
- 1) Ustaw model oka na normalne, bliskie widzenie (włóż soczewkę +62 mm w szczelinę SEPTUM, wyjmij pozostałe soczewki i ustaw ekran siatkówki w pozycji NORMAL). Dostosuj wzajemną odległość modelu oka i oświetlonego przedmiotu tak, aby obraz powstały na ekranie siatkówki był wyraźny.
- 2) Przesuń ekran siatkówki w szczelinę oznaczoną NEAR nie poruszając modelem. Opisz co się dzieje z obrazem. Tak widzi bliskie przedmioty krótkowidz.
- 3) Zmniejsz rozmiar źrenicy przez umieszczenie przesłony źrenicy w szczelinie A. Jak zmienił się obraz ? Usuń przesłonę źrenicy.

Dobór szkieł korekcyjnych dla krótkowidza przy patrzeniu z bliska

- 4) Dobierz soczewkę, która umieszczona przed okiem w uchwycie 1 spowoduje wyostrenie obrazu na ekranie siatkówki. Czy jej obrót wpływa na obraz?
 - Jaka jest ogniskowa soczewki korekcyjnej? Ile wynosi jej zdolność skupiająca w dioptriach?
- 5) Usuń soczewkę korekcyjną i ustaw odległość przedmiot-oko aby na ekranie siatkówki powstał ostry obraz. Czy odległość ta jest inna od odległości dla normalnego oka (ustawionej jak w pkt 1)? Dlaczego?
- 6) Przetwórz model oka tak, aby patrzył na oddalony obiekt. Opisz powstający obraz. Usuń soczewkę ze szczeliny SEPTUM, pozostała wbudowana soczewka odpowiada układowi skupiającemu oka normalnego Czy obraz jest wyraźny? Tak widzi osoba krótkowzroczna, próbująca patrzeć na odległy obiekt.
 - Czy dzięki akomodacji oka można uzyskać ostry obraz przedmiotów odległych na siatkówce?
 - Aby skorygować krótkowzroczność należy przesunąć powstający obraz bliżej czy dalej soczewki oka? Wymaga to zastosowania soczewki skupiającej czy rozpraszającej, wypukłej czy wklęsłej, o zdolności skupiającej dodatniej czy ujemnej?
 - Dlaczego w modelu oka uchwyt ekranu siatkówki oznaczony NEAR znajduje się najdalej od soczewki?

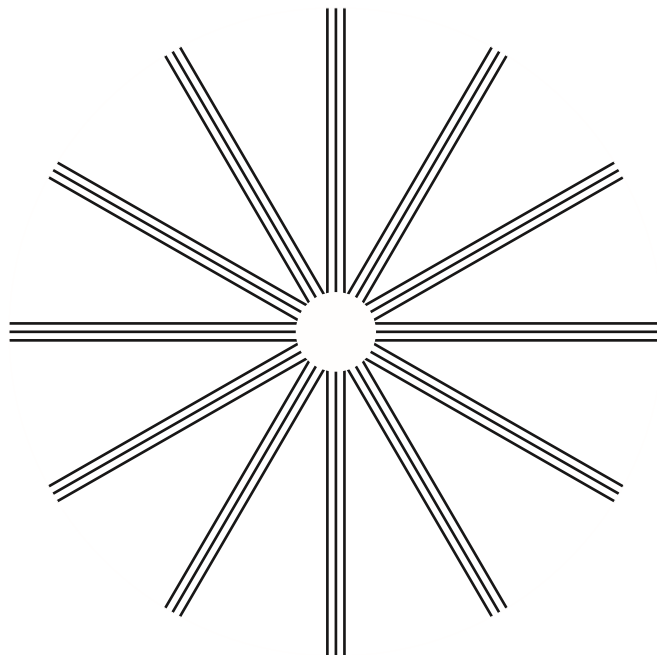
Zadanie 5. Astygmatyzm

W oku normalnym (miarowym) powierzchnie soczewek są kuliste i sferycznie - symetryczne. Oko z astygmatyzmem ma powierzchnie soczewek, które nie są sferycznie - symetryczne, przez co oko jest w stanie ostro ogniskować światło tylko na liniach niektórych kierunków, zaś punkty obrazu leżące poza tymi liniami są rozmazane. Astygmatyzm można skorygować za pomocą okularów z cylindrycznymi soczewkami o odpowiednim ustawieniu osi cylindra. W każdej soczewce cylindrycznej dołączonej do modelu oka oś cylindra oznaczone dwoma wcięciami na krawędzi.



Poniższy rysunek przedstawia wykres testu na astygmatyzm. Wszystkie linie są tej samej grubości i jasności, ale osoba z astygmatyzmem widzi niektóre linie jako ciemniejsze..

- 1) Zakryj jedno oko i spójrz na wykres. Czy niektóre linie są ciemniejsze od innych? Jeśli tak, obrócić o 90° obiekt i przekonaj się, że linie są właściwie takie same, a to tylko twoje oko, powoduje taki efekt.
- 2) Jeśli nosisz okulary, spójrz na rysunek zarówno z jak i bez okularów. Spróbuj obrócić okulary z przodu twarzy, patrząc na wykres przez jedną z soczewek.



- 3) Ustaw model oka w normalnej, bliskiej pozycji (umieść soczewkę +62 mm w szczelinie SEPTUM, usuń inne soczewki oraz umieść ekran siatkówki w pozycji NORMAL). Ustaw model oka tak, by uzyskać ostry obraz bliskiego oświetlonego przedmiotu.
- 4) Umieść cylindryczną soczewkę -128 mm uchwycie A. Opisz obraz utworzony przez oczy z astygmatyzmem.
- 5) Obracaj soczewkę cylindryczną. Co się dzieje z obrazem? Jak widać astygmatyzm może być różnie zorientowany zależnie od orientacji defektu w soczewce oka.

Dobór szkieł korekcyjnych dla oka z astygmatyzmem

- 6) Umieść korekcyjną soczewkę cylindryczną $+307$ mm w uchwycie 1. Obracaj nią i obserwuj co się dzieje z obrazem. Znajdź położenie soczewki przy którym obraz jest najostrzejszy. Jaki kąt tworzą wówczas osie soczewki cylindrycznej oka i soczewki korekcyjnej?
- 7) Oko może mieć więcej niż jedną wadę.
Ustaw model oka na astygmatyzm i dalekowzroczność, przesuwając ekran siatkówki do pozycji FAR. Jaką dodatkową soczewkę korekcyjną należy umieścić w uchwycie 2 by przywrócić ostrość obrazu na ekranie siatkówki?
- W jaki sposób można wykazać, że dane okulary służą do korekty astygmatyzmu ?
 - Obejrzyj uważnie powierzchnię soczewki -128 mm wzdłuż osi wyznaczonej przez nacięcia. Jaki kształt zaobserwowałeś?
 - Jakiego kształtu powinny być soczewki do jednoczesnej korekty astygmatyzmu i dalekowzroczności (jak w pkt 7)?

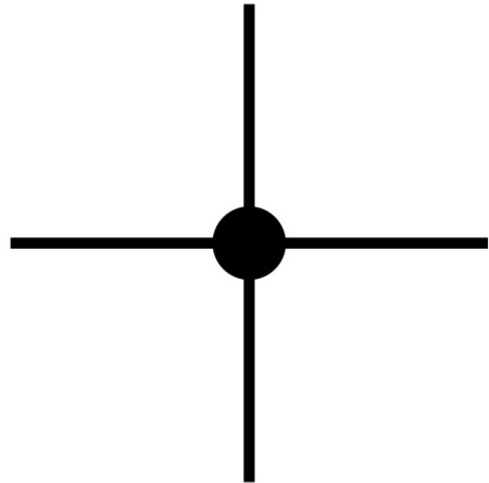
Zadanie 6. Plamka ślepa

Plamka ślepa to mały obszar na siatkówce oka, gdzie nerw wzrokowy opuszcza gałkę oczną. Obszar ten jest pozbawiony fotoreceptorów (pręcików i czopków), więc jest niewrażliwy na światło.

- 1) Zakryj lewe oko i spójrz na poniższy rysunek tylko prawym okiem. Trzymaj kartkę na długość wyciągniętej ręki i patrz na znak plus prawym okiem. Po prawej stronie, w polu widzenia peryferyjnego, powinieneś być w stanie zobaczyć kropkę. Nie patrz bezpośrednio na kropkę, przyglądaj się na znak plus i powoli przesuwaj kartkę bliżej oka. Czy w odległości około 30 cm kropka zniknęła? Zbliź kartkę jeszcze bardziej. Czy kropka ponownie pojawiła się?



- 2) To, co "widzisz" ze względu na ślepą plamkę, nie jest dziurą w obrazie, ale obszarem, w którym mózg wypełnia brakujące szczegóły. Powtórz ćwiczenie z poniższym rysunkiem i ustaw odległość, tak aby kropka zniknęła. Czy widzisz białą plamę, w miejscu gdzie powinna być kropka, czy linie zdają się krzyżować? Spróbuj stworzyć własne wzory. Przekonasz się, że twój mózg jest bardzo dobry w wypełnianiu (tworzeniu) brakujących szczegółów. Wypróbuj różne kolory.



- 3) Ustaw model oka na normalne bliskie widzenie (umieść soczewkę +62 mm w pozycji SEPTUM i ekran siatkówki w pozycji NORMAL).
 - 4) Zrób kopię tego rysunku na osobnej kartce papieru. Trzymaj go około 30 cm od przedniej części modelu oka i skieruj na niego światło lampki. Czy widzisz obraz rysunku w modelu oka? Ustaw odległość do obiektu tak, żeby obraz był ostry. Ślepa plamka w modelu oka jest reprezentowana przez otwór w ekranie siatkówki. Czy możesz dostosować położenie papieru, tak aby obraz małego plusa pojawił się blisko centrum siatkówki i aby kropka znajdowała się na ślepej plamce? Zrób szkic ekranu siatkówki i obrazu na nim.
- Co należy zmienić, aby obserwacje z pkt 1 powtórzyć lewym okiem?
 - Powtórz ćwiczenie z plamką ślepą ale patrząc obuocześnie. Jaki jest wynik i dlaczego?
 - Ekran siatkówki w modelu oka reprezentuje oko lewe czy prawe? Wyjaśnij.

Zadanie 7. Pozorna wielkość

Kiedy patrzysz na coś, jego pozorna wielkość jest określona przez rozmiar obrazu utworzonego na siatkówce. Rozmiar ten zależy zarówno od wielkości obiektu jak i jego odległości od oka. Trzymaj rękę blisko oka i spójrz na nią jednocześnie patrząc na wybrany obiekt, który jest dalej (np. krzesło po drugiej stronie sali). Który obiekt jest większy, a który wydaje się być większy? Jak sądzisz, który z nich daje większy obraz na siatkówce?

- 1) Ustaw model oka na normalne bliskie widzenie (soczewka +62 mm w pozycji SEPTUM). Oświetlony przedmiot ustaw w takiej odległości, od modelu oka aby otrzymać ostry obraz. Użyj miarki do pomiaru wielkości przedmiotu i obrazu oraz ich odległości od soczewek. Narysuj szkic powstawania obrazu.
- 2) Ustaw model oka do widzenia na średnich odległościach (soczewka +120 mm w pozycji SEPTUM, soczewka +400 mm w szczeliny B). Zwiększ odległość modelu od obiektu, aż obraz ponownie się wyostri. Zmierz odległość oraz rozmiar obiektu i obrazu. Czy rozmiar i odległość obrazu się zmieniły? Narysuj kolejny szkic.

- Jak zmienia się rozmiar obrazu na siatkówce przy zmianie odległości przedmiotu od oka?
- 3) Przy ostrym obrazie dla średnich odległości usuń soczewkę +400 mm zostawiając +120 mm. Obraz stał się nieostry, a co z jego wielkością? Czy rozmiar obrazu zależy od zdolności skupiającej soczewki oka?
 - 4) Umieść ponownie w modelu soczewkę +400 mm i zmieniaj odległość przedmiot-oko. Co zaobserwowałeś? Czy rozmiar obrazu zależy od odległości przedmiot-oko przy stałej mocy soczewki oka?
 - 5) Narysuj schemat powstawania obrazu i nanieś odległości uzyskane w pkt 1. Czy otrzymane trójkąty są podobne?
 - 6) Zachowując skalę wykonaj schemat jak w punkcie wyżej, ale z wynikami pomiarów z pkt 2. Czy otrzymane trójkąty są podobne? Czy trójkąty z obu rysunków są podobne?

Zadanie 8. Powiększenie

Zwykle oko nie może skupić się (akomodować) na obiekcie znajdującym się bliżej niż 25 cm. Szkło powiększające umożliwia ostre widzenie obiektów z bardzo bliskiej odległości poprzez tworzenie obrazu w większej odległości od oka. Chociaż powstający obraz znajduje się dalej niż obiekt, to jest on większy od obiektu, jak też rozmiar obrazu pozornego jest większy.

- 1) Przytrzymaj soczewkę +120mm przed okiem i patrz przez nią na przedmiot znajdujący się w pobliżu. Przysuwaj go tak blisko oka jak to możliwe przy jednoczesnym utrzymaniu ostrości obrazu.
Teraz spójrz na przedmiot z takiej samej odległości, ale bez użycia soczewki. Czy widzisz wyraźnie?
Odsuń przedmiot od oka, tak aby wyraźnie go zobaczyć. Czy bez soczewki widzisz wszystkie detale widoczne przy jej użyciu?
- 2) Jeszcze raz spójrz przez soczewkę, ale tym razem postaraj się spojrzeć na coś z daleka. Czy jesteś w stanie wyraźnie zobaczyć przedmiot znajdujący się dalej niż 120 mm od soczewki? Jaka jest orientacyjna odległość między soczewką, a twoim okiem? Zapisz swoje obserwacje. Czy soczewka działa jak lupa przy obserwacji przedmiotów dalekich?
- 3) Przy modelu oka ustawionym na normalne, bliskie widzenie (soczewka +62 mm w szczeliny SEPTUM), ustaw obraz w centrum ekranu siatkówki. Małe kółko w pobliżu centrum ekranu siatkówki obrazuje dołek środkowy siatkówki oka (zawiera plamkę żółtą), czyli obszar na siatkówce odpowiadający za najbardziej ostre widzenie. Jak duży jest obraz w porównaniu z dołkiem? Naszkicuj rysunek obrazu i dołka soczewki.
- 4) Aby dostrzec więcej szczegółów, rozmiar obrazu musi być większy, tak aby obraz przedmiotu na który patrzysz wypełnił obszar dołka siatkówki. Aby to osiągnąć włóż soczewkę +120 mm z przodu modelu oka w szczelinę 1, by działała jak szkło

powiększające. Dostosuj odległość oko-przedmiot tak aby obraz był wyraźny. Jaki rozmiar ma teraz obraz w porównaniu do dołka środkowego? Narysuj kolejny schemat obrazu i dołka siatkówki.

- Jaka jest odległość pomiędzy okiem i obiektem gdy patrzysz przez lupę? Czy oko może akomodować na tej odległości bez szkła powiększającego?
- Gdy model oka z lupą jest zogniskowany na obiekcie, to czy obraz przedmiotu na ekranie siatkówki jest większy niż przedmiot? Jeśli nie, to dlaczego lupa powoduje, że przedmioty wydają się większe? (porównaj rozmiary obrazu uzyskane z lupą i bez lupy)

ZADANIA RACHUNKOWE

Zadanie rachunkowe nr 1

Przedmiot o wysokości $h = 8$ cm ustawiono prostopadle do osi optycznej soczewki, w odległości $x = 15$ cm od niej. Ogniskowa soczewki f jest równa 20 cm. W jakiej odległości od soczewki powstanie obraz i jakiej będzie wielkości? Wykonaj rysunek. Oblicz zdolność skupiającą soczewki i powiększenie obrazu.

Wykorzystaj wzory:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y} \qquad Z = \frac{n}{f} \qquad p = \frac{H}{h}$$

Zadanie rachunkowe nr 2

Dwie cienkie soczewki o ogniskowych 20 cm i 50 cm zbliżono do siebie tworząc układ. Jaka jest ogniskowa i zdolność skupiająca układu soczewek. W jakiej odległości powstanie obraz odległego przedmiotu?

Zadanie rachunkowe nr 3

Jaka jest zdolność skupiająca układu optycznego oka gdy patrzymy na przedmioty odległe, a jaka gdy czytamy z odległości 25 cm? Odległość siatkówki od układu optycznego oka wynosi 24 mm.

OPRACOWANIE WYNIKÓW

1. Obrazy powstające w oku

Obserwacje

.....

.....

.....

Schemat

2. Akomodacja

Obserwacje

3. Dalekowzroczność

Obserwacje

.....

.....

.....

Schemat

4. Krótkowzroczność

Obserwacje

.....

.....

.....

5. Astygmatyzm

Obserwacje

.....

.....

.....

6. Plamka ślepa

Obraz powstały na ekranie

7. Obraz pozorny

Rozmiar 1. obrazu -

Obraz 1.

Rozmiar 2. obrazu -

Obraz 2.

8. Powiększenie

Obserwacje

.....
.....
.....

Obraz 1.

Obraz 2.