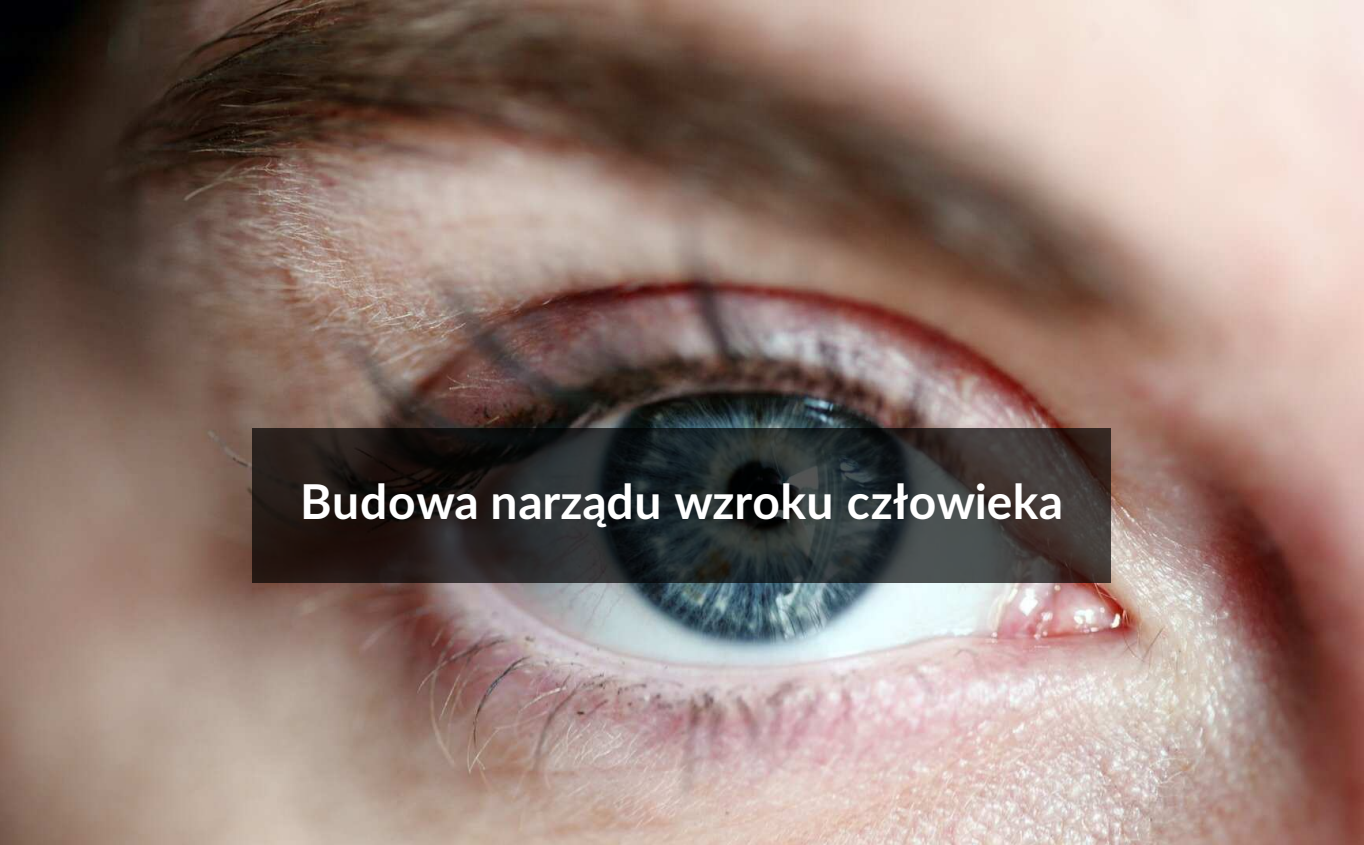




## Budowa narządu wzroku człowieka

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Model 3D](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



## Budowa narządu wzroku człowieka

Gdy komórki produkują za mało lub za dużo pigmentu w tęczówce, może dojść do zaburzeń w jego rozmieszczeniu – w jednym oku lub obojgu.

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

Oczy należą do najważniejszych narządów zmysłów. U każdego człowieka są inne, gdyż ich kolor jest niepowtarzalny: barwa zależy od ilości pigmentu (melaniny) w tęczówce i mieści się w gamie od najciemniejszych odcieni brązu do najjaśniejszych odcieni błękitu. Zwykle oboje oczu ma ten sam kolor. Jedynie u 1% populacji ludzkiej występuje różnokolorowość tęczówek, a wada ta nosi nazwę heterochromii. Nie wiąże się ona z dolegliwościami zdrowotnymi i nie wymaga leczenia, a co więcej – uznawana jest za oryginalną cechę urody. Różnokolorowe oczy mają m.in. aktorki Jane Seymour, Kate Bosworth i Mila Kunis.

### Twoje cele

- Przedstawisz elementy budowy narządu wzroku człowieka.
- Wyjaśnisz związek między budową oka a pełnioną przez nie funkcją.
- Omówisz elementy aparatu optycznego gałki ocznej.

# Przeczytaj

---

Narząd wzroku tworzy para oczu umieszczona z przodu głowy w oczodołach – to jeden z najważniejszych i najbardziej złożonych narządów zmysłów, za którego pośrednictwem odbieramy ponad 80% docierających do nas informacji.



Oczy z wiekiem rosną niewiele, przez co u małych dzieci nie zachowują proporcji względem reszty ciała i wydają się większe niż u dorosłych.

Źródło: Pexels, licencja CC 0.

## Elementy budowy narządu wzroku

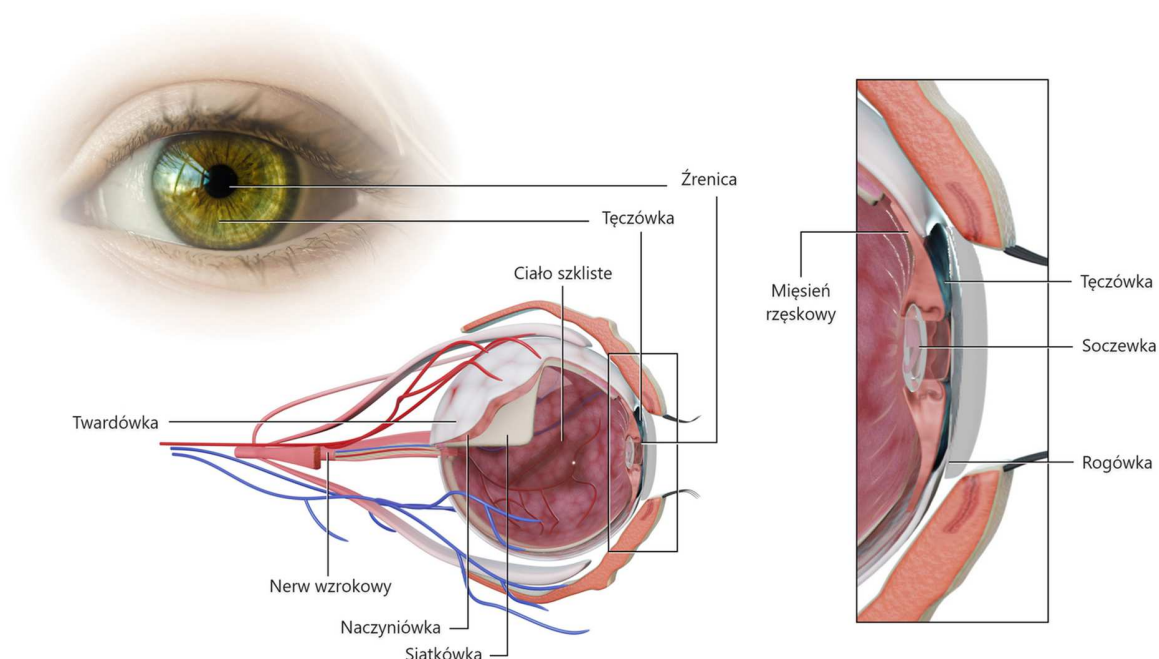
Główną częścią narządu wzroku jest gałka oczna, umieszczona na tłuszczowej wyściółce w oczodole. Oczodół stanowi jamę kostną, której ściany tworzy siedem kości twarzoczaszki. Z przodu gałkę oczną osłania powieka, należąca do narządów dodatkowych oka.

Elementy budowy narządu wzroku.

Większą część gałki ocznej wypełnia przezroczysty żel zwany [ciałem szklanym](#). Składa się on **w 98% z wody** oraz **w 2% z kwasu hialuronowego** (utrzymującego cząsteczki wody) i **włókien kolagenowych**, które odpowiadają za galaretowatą konsystencję. Ciecz znajduje się pod ciśnieniem, dzięki czemu gałka oczna zachowuje kulisty kształt.

Gałka oczna zbliżona jest kształtem do kuli. Waży od 7 do 8 g, ma objętość 7 ml, a jej długość wynosi 22–24 mm. Umieszczona jest w oczodole, który ma kształt czworobocznej piramidy o głębokości 50 mm i objętości 30 ml. Sześć mięśni ocznych poprzecznie prążkowanych – przytwierdzonych z jednej strony do gałki ocznej, a z drugiej do ściany oczodołu – umożliwia kontrolowane, podlegające naszej woli ruchy gałki ocznej w prawo, w lewo, do góry i do dołu. Nasz kąt widzenia wynosi ok. 180°.

Źródło: Patrick J. Lynch, Wikimedia Commons, licencja: CC BY 2.5.



Oko zbudowane jest z komórek nerwowych, glejowych, tkanki łącznej, naczyń krwionośnych, włókien mięśniowych oraz 15 różnych elementów niezbędnych do odbioru docierających do nas obrazów. Gałka oczna otoczona jest przez trzy pełniące różne funkcje błony: od zewnątrz błoną włóknistą, środkową naczyniową i stykającą się bezpośrednio z gałką oczną siatkówką.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ścianę gałki ocznej tworzą trzy różnie zbudowane błony:

1. zewnętrzna błona włóknista;
2. środkowa błona naczyniowa;
3. wewnętrzna błona nerwowa, zwana siatkówką.

### Zewnętrzna błona włóknista

Błona zewnętrzna – włóknista – zawiera liczne włókna kolagenowe i dzieli się na dwie części. W przedniej części gałki ocznej błona ta tworzy **rogówkę**, która jest cienka i przezroczysta. Odpowiada ona za ochronę gałki ocznej oraz skupianie i załamywanie światła, co ma szczególne znaczenie dla ostrości widzenia.

Rogówka jest silnie unerwiona, dlatego reaguje bólem i łzawieniem na dotyk i ciała obce. W tylnej części gałki ocznej zewnętrzna błona włóknista przechodzi w grubszą, nieprzezroczystą **twardówkę**, która tworzy sztywny, elastyczny szkielet gałki ocznej i chroni ją przed urazami. Twardówka ma kolor białawy (dlatego nazywana jest białkiem oka), który wraz z wiekiem zmienia się i przechodzi z białawoniebieskiego u dzieci w żółtawobiały u osób starszych.

### Środkowa błona naczyniowa

Pod zewnętrzną błoną włóknistą leży błona środkowa – naczyniowa. Składa się ona z trzech części:

1. przedniej – tęczówki;
2. środkowej – ciała rzęskowego;
3. tylnej – naczyniówki.

Tęczówka zbudowana jest z luźnej tkanki łącznej i zawiera pigment – melaninę. Barwnik ten pochłania światło, co zapobiega jego odbiciu wewnątrz gałki ocznej oraz nadaje tęczówce barwę.

Dzieci rodzą się zazwyczaj z niebieskimi oczami. Dopiero ok. 1 roku życia ustala się ilość zawartego w tęczówce pigmentu, który nadaje oczom ostateczny kolor. Gdy stężenie pigmentu jest małe, oczy mają kolor jasny, gdy duże – ciemny. Melanina to niejedyny czynnik odpowiedzialny za kolor oczu. Im krótsza fala świetlna padająca na tęczówkę, tym większemu ulega rozproszeniu – światło niebieskie rozpraszane jest bardziej niż światło czerwone, dlatego tęczówka przybiera takie kolory jak niebieski, zielony i brązowy.

### Ciekawostka

U albinosów nie jest wytwarzana melanina, a nabłonek barwnikowy siatkówki nie absorbuje większości światła. Odbija się ono z powrotem w kierunku tęczówki i źrenicy, gdzie oświetla naczynia krwionośne – powoduje to, że oczy przybierają kolor czerwony lub różowy. Podobne zjawisko zachodzi w przypadku robienia zdjęć z użyciem lampy błyskowej: gdy zbyt intensywne światło jest tylko częściowo pochłaniane, a reszta ulega odbiciu, na fotografii powstaje tzw. efekt czerwonych oczu.

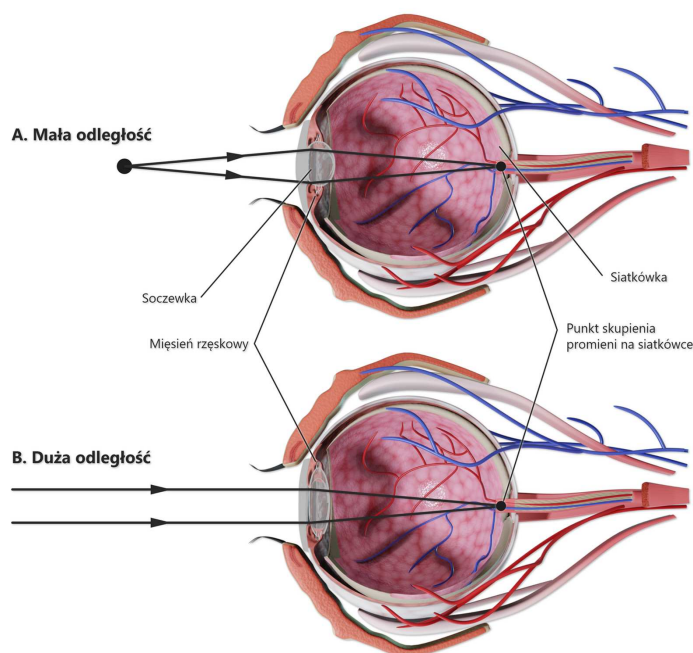
Obecne w tęczówce naczynia krwionośne zaopatrują komórki tej tkanki w tlen i substancje odżywcze.

W centralnej części tęczówki znajduje się okrągły otwór – źrenica, przez którą dostają promienie świetlne. Wielkość źrenicy jest regulowana przez tęczówkę, zaopatrzoną w mięśnie gładkie, których praca nie podlega naszej woli. W zależności od intensywności światła mięśnie te kurczą się lub rozluźniają, regulując w ten sposób wielkość źrenicy, a tym samym ilość wpuszczanego do oka światła. Źrenica powiększona 4-krotnie zwiększa 16-krotnie ilość światła docierającego do wnętrza oka.

Wielkość źrenicy zależy również od emocji: strachu, zdenerwowania, smutku czy zmęczenia.

Wielkość źrenicy zależy również od emocji: strachu, zdenerwowania, smutku czy zmęczenia.

Środkowa część błony naczyniowej to [ciało rzęskowe](#), którego najważniejszą część stanowi mięsień rzęskowy. Na jego włóknach (więzadłach), układających się podobnie jak szprychy w kole roweru, zawieszona jest soczewka. Jest ona dwuwypukła, przezroczysta, elastyczna i nie zawiera naczyń krwionośnych, a jej grubość zależy od stanu akomodacji. Skurcze mięśnia rzęskowego umożliwiają zmiany kształtu soczewki, co pozwala na ostre widzenie obrazów z bliska i z daleka. Więcej na ten temat przeczytasz [tutaj](#).



Mechanizm akomodacji oka.

A. Skurcz mięśnia rzęskowego powoduje, że soczewka staje się bardziej kulista, co umożliwia widzenie blisko położonych przedmiotów.

B. Rozluźnienie mięśnia rzęskowego powoduje spłaszczenie soczewki, co umożliwia ostre widzenie odległych przedmiotów.

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ciało rzęskowe przechodzi w tylną część błony zwaną naczyniówką. Zawiera ona nerwy, komórki barwnikowe oraz naczynia krwionośne, które zaopatrują zewnętrzną

część siatkówki w substancje odżywcze i tlen, a odprowadzają produkty przemiany materii. Płynąca w nich krew zabiera również ciepło z siatkówki, działając jak klimatyzator oka.

Wewnątrz gałki ocznej znajdują się trzy komory: tylna i przednia komora gałki ocznej oraz komora ciała szklanego. Przednia komora gałki ocznej leży między rogówką a tęczęwką, tylna zaś za tęczęwką, otoczona przez ciało szkliste, soczewkę i ciało rzęskowe. Obie komory wypełnione są wodnistą cieczą produkowaną przez ciało rzęskowe, zawierającą substancje odżywcze dla oka.

## Wewnętrzna błona nerwowa – siatkówka

Trzecia błona gałki ocznej to siatkówka.

Siatkówka otacza bezpośrednio gałkę oczną i stanowi błonę światłoczułą, w której są nierównomiernie rozmieszczone komórki światłoczułe: czopki i pręciki. Różnią się one położeniem na siatkówce, wrażliwością, aktywnością i pełnią inne funkcje w procesie widzenia.

Siatkówka składa się z 10 warstw komórek nerwowych, które mają zdolność odbierania światła i przekształcania go w impulsy elektryczne docierające do mózgu za pośrednictwem nerwu wzrokowego. W jednej z tych warstw, stanowiącej nabłonek zmysłowy siatkówki, znajdują się czopki i pręciki. Przykryte są one warstwą komórek zwojowych, zawierających specjalny pigment melanopsynę, która również reaguje na światło.

Źródło: Scientific Animations, licencja: CC BY-SA 4.0.

## Porównanie pręcików i czopków

Pręciki	Czopki
---------	--------

Pręciki	Czopki
ok. 120 mln	ok. 6 mln
Położone głównie w części obwodowej siatkówki.	Położone głównie w części środkowej siatkówki.
Zawierają barwnik światłoczuły – rodopsynę.	Zawierają barwnik światłoczuły – jodopsynę.
Wolno reagują na światło.	Szybko reagują na światło.
Odpowiedzialne za widzenie kształtu i ruchu, nawet przy niewielkiej ilości światła. Są nieczułe na kolory – umożliwiają widzenie czerni, bieli oraz odcieni szarości.	Odpowiedzialne za rozróżnianie barw i szczegółów, ale tylko przy odpowiednio mocnym oświetleniu.

W środkowej części siatkówki, gdzie skupiane są promienie świetlne wpadające do oka prosto i równolegle, znajduje się miejsce najbardziej ostrego widzenia, zwane **plamką żółtą**. Występuje tu największa liczba czopków, dlatego plamka żółta charakteryzuje się ogromną wrażliwością na światło i barwy.

Zawarte w czopkach i pręcikach barwniki światłoczułe rozkładają się pod wpływem światła. Powoduje to zamianę bodźca świetlnego w bodziec nerwowy, który przekazywany jest nerwem wzrokowym do ośrodków wzroku w płacie potylicznym kory mózgowej.

Nerw wzrokowy przekazujący impulsy elektryczne wychodzi z tylnej części siatkówki – tarczy nerwu wzrokowego. Znajduje się tam miejsce całkowicie pozbawione komórek światłoczułych, zwane plamką ślepą.



Test na istnienie plamki ślepej.

Wykonaj kolejno następujące czynności:

1. zasłoń lewe oko;
2. popatrz na krzyżyk z odległości ok. 25 cm;
3. powoli skracaj odległość.

Istnienie plamki ślepej (zniknięcie kropki) zauważamy przy odległości ok. 15 cm.

## Ochrona gałki ocznej

Gałki oczne, jako szczególnie delikatne i wrażliwe, są chronione przez oczodół, powieki górną i dolną, gruczoły łzowe oraz spojówki. Struktury te tworzą **aparat ochronny gałki ocznej** – chroni on oko przed uszkodzeniami mechanicznymi, wnikaniem drobnych ciał stałych oraz drobnoustrojów, a także nawilża i oczyszcza.

Element aparatu ochronnego gałki ocznej	Cechy charakterystyczne	Funkcja
---	-------------------------	---------

Element aparatu ochronnego gałki ocznej	Cechy charakterystyczne	Funkcja
<b>Brwi</b>	Krótkie, gęste włosy, rosnące na <a href="#">łukach nadoczołowych</a> .	Brwi chronią oczy przed potem spływającym z czoła (czasem też przed deszczem i krwią); zatrzymują cząsteczki pyłu i kurzu.
<b>Rzęsy</b>	Krótkie włosy wyrastające na przedniej powierzchni powiek. Do mieszków rzęs uchodzą gruczoły łojowe Zeissa.	Rzęsy zatrzymują cząsteczki pyłu i kurzu; wytwarzane przez gruczoły Zeissa lipidy wchodzi w skład <a href="#">filmu łzowego</a> .
<b>Powieki: górną i dolną</b>	Fałdy skórne, których ruchy w górę i w dół zamykają i otwierają oko. Pod skórą znajdują się mięśnie powiek, a pod nimi tkanka łączna zbita, zwana tarczką, zawierająca gruczoły tarczkowe Meiboma.	Powieki rozprowadzają po powierzchni rogówki łzy, oczyszczając i nawilżając gałkę oczną, chronią także oko przed uszkodzeniem oraz światłem o zbyt dużym natężeniu. Gruczoły tarczkowe Meiboma wydzielają lipidy wchodzące w skład filmu łzowego.
<b>Spojówka</b>	Przezroczysta błona śluzowa pokrywająca wewnętrzną powierzchnię powiek oraz przednią część gałki ocznej – rogówkę. Jest wyposażona w gruczoły wydzielające śluz.	Śluz nawilża powierzchnię gałki ocznej; jego główny składnik – <a href="#">mucyna</a> – jest jednym ze składników filmu łzowego.

Element aparatu ochronnego gałki ocznej	Cechy charakterystyczne	Funkcja
<b>Narząd łzowy</b>	Składa się z gruczołu łzowego, kanalików łzowych, woreczka łzowego oraz przewodu nosowo-łzowego. .	Narząd łzowy odpowiada za wytwarzanie łez oraz ich odprowadzanie do jamy nosowej. Łzy m.in. oczyszczają i nawilżają powierzchnię gałki ocznej; mają działanie bakteriobójcze i przeciwzapalne.

Więcej na temat narządów dodatkowych oka i ich funkcji przeczytasz [tutaj](#).

## Słownik

### akomodacja

(łac. *accomodatio* – przystosowanie) proces zmiany kształtu krzywizny soczewki i jej mocy skupiającej w wyniku obserwacji przedmiotów znajdujących się w różnych odległościach od oczu

### ciało rzęskowe

pierścieniowata część błony naczyniowej produkująca wodnisty płyn, wypełniający komory oka. Połączona jest z soczewką przez mięsień rzęskowy, którego skurcze umożliwiają zmianę kształtu soczewki i widzenie obrazów z różnych odległości

### ciało szkliste

galaretowata substancja wytwarzana przez ciało rzęskowe, wypełniająca przednią część jamy oka i utrzymująca kulisty kształt gałki ocznej

### film łzowy

cienka powłoka gałki ocznej, która składa się z trzech warstw utworzonych z białka mucyny (warstwa wewnętrzna), wody (warstwa środkowa) i lipidów (warstwa zewnętrzna). Film łzowy pełni złożone funkcje, m.in. nawilża i odżywia rogówkę, eliminuje jej naturalne nieregularności w celu utrzymania gładkiej powierzchni optycznej, pozwala na regularne usuwanie zanieczyszczeń, ułatwia ruchy gałki ocznej i powiek

### **łuki nadoczodołowe**

inaczej łuki brwiowe; zgrubienia kostne u człowieka nad oczodołami, niedochodzące do kości jarzmowych

### **mucyna**

gęste białko mające powinowactwo do wody przylegające bezpośrednio do powierzchni gałki ocznej, tworzące wewnętrzną warstwę filmu łzowego

### **naczyniówka**

tylna część błony środkowej między twardówką a siatkówką zawierająca liczne naczynia krwionośne

### **nerw wzrokowy**

łączy oko z mózgiem, przesyłając impulsy nerwowe z siatkówki do ośrodków wzrokowych w płacie potylicznym kory mózgowej

### **plamka ślepa**

obszar na siatkówce pozbawiony komórek światłoczułych. Występuje w miejscu, gdzie wypustki komórek zwojowych tworzą tarczę nerwu wzrokowego

### **plamka żółta**

najgęstsze skupienie w siatkówce elementów światłoczułych – czopków; miejsce najwyraźniejszego widzenia barwnych obrazów

### **przednia komora oka**

obszar w przedniej części oka ograniczony tylną powierzchnią rogówki, powierzchnią tęczówki i soczewką na obszarze źrenicy, wypełniony wodnistą cieczą produkowaną przez ciało rzęskowe

### **rogówka**

przejrzysta przednia część zewnętrznej błony włóknistej, umożliwiająca przechodzenie promieni świetlnych do wnętrza oka

### **siatkówka**

wewnętrzna warstwa ściany gałki ocznej; rozróżnia się w niej część wzrokową, która pokrywa naczyniówkę, oraz część ślepą, która przylega do ciała rzęskowego i wewnętrznej powierzchni tęczówki

### **soczewka oka**

przezroczysta struktura oka załamująca promienie świetlne, zdolna do zmiany kształtu i siły skupiającej

### **tarcza nerwu wzrokowego**

miejsce na siatkówce, z którego wychodzi nerw wzrokowy

### **tęczówka**

stanowi przednią część środkowej błony naczyniowej gałki ocznej; zawiera pigment – melaninę, która odpowiada za kolor oczu

### **twardówka**

tylna część zewnętrznej błony włóknistej, tworząca tylną część gałki ocznej

### **tylna komora oka**

obszar w przedniej części oka ograniczony przez tylną powierzchnię tęczówki, ciało szkliste i soczewkę; przepływa przez nią wodnista ciecz produkowana przez ciało rzęskowe

### **włókna obwódkowe**

zawieszona jest na nich soczewka, na którą przenoszą ruchy mięśnia rzęskowego, umożliwiając zmiany jej kształtu

### **źrenica**

otwór w tęczówce, przez który promienie świetlne przechodzą do wnętrza oka. Skurcze mięśni tęczówki przez zmianę średnicy źrenicy kontrolują ilość światła wpadającego do oka

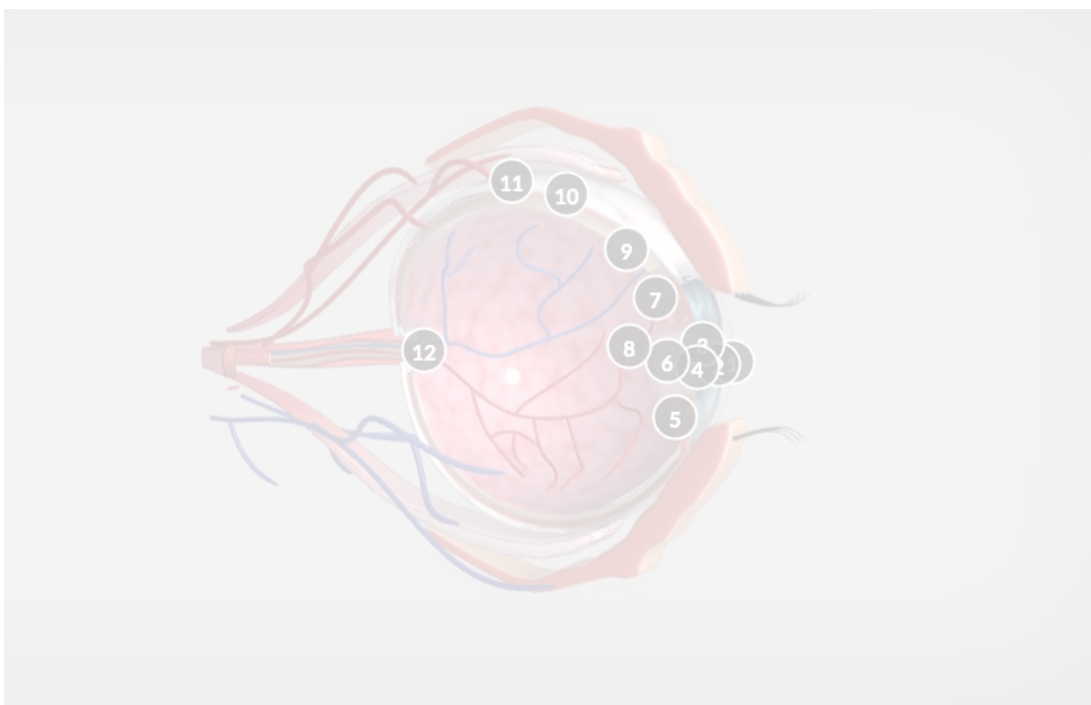
# Model 3D

---

## Polecenie 1

Przeanalizuj model 3D oka, a następnie:

- wskaż elementy aparatu optycznego gałki ocznej;
- wymień po kolei elementy oka, przez które przechodzi promień świetlny;
- określ położenie na siatkówce plamki żółtej i plamki ślepej.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DJW9FksOf>

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

## Polecenie 2




Przedstaw funkcję tęczówki, jaką pełni w regulacji wielkości źrenicy i ilości światła wpadającego do oka.

## Polecenie 3

Uwzględniając budowę ciała rzęskowego, wyjaśnij jego rolę w akomodacji oka.

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

## Ćwiczenie 2



Zaznacz prawidłowe dokończenie zdania.

W soczewce nie występują naczynia krwionośne. Za jej odżywianie odpowiada...

- naczyniówka.
- ciecz wodnista oka.
- rogówka.
- spojówka.

## Ćwiczenie 3



## Ćwiczenie 4



Przyporządkuj odpowiednie cechy do pręcików i czopków.

widzenie czarno-białe, wolna reakcja na światło, pigment jodopsyna, widzenie dzienne,  
szybka reakcja na światło, pigment rodopsyna, widzenie barwne, widzenie nocne

Czopki	
Pręciki	

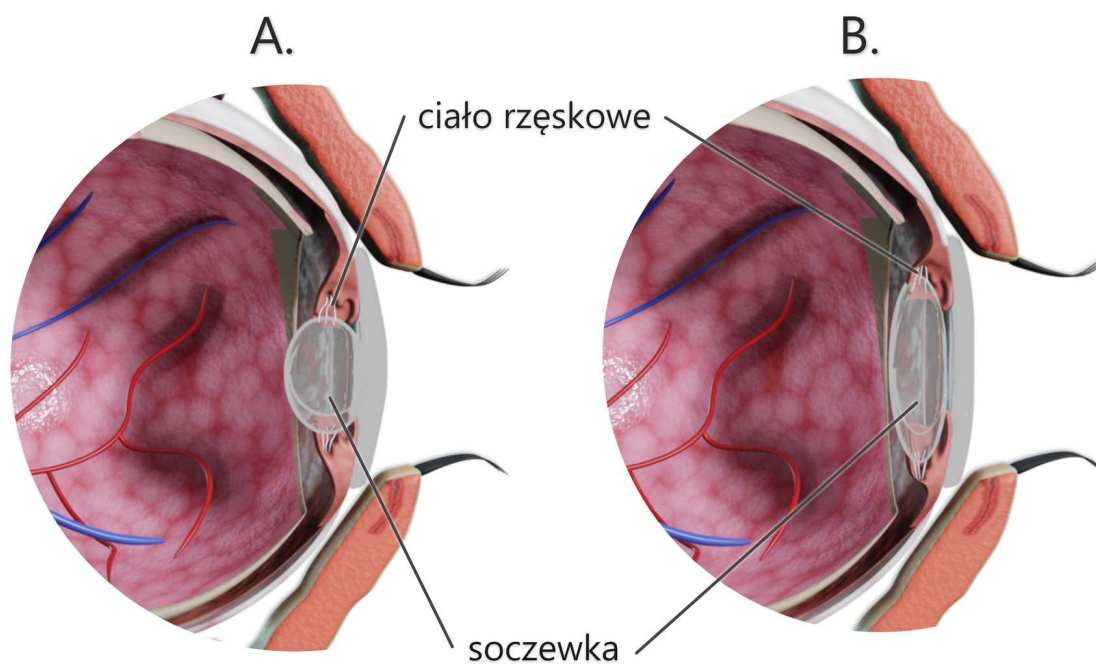
## Ćwiczenie 5



## Ćwiczenie 6



## Ćwiczenie 7



Porównanie modelu oka należącego do osoby młodej z modelem oka osoby starszej.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

## Ćwiczenie 8



Pręciki są nieczułe na kolory, odróżniają jedynie stopnie szarości, czerń i biel. Czopki pozwalają na widzenie barwne, ale tylko przy odpowiednio mocnym oświetleniu. Gdy zapada zmrok, nasze widzenie barw – głównie barwy czerwonej – zostaje zaburzone.

# Dla nauczyciela

---

## Scenariusz lekcji

**Autor:** Agnieszka Pieszalska

**Przedmiot:** biologia

**Temat:** Budowa narządu wzroku

**Grupa docelowa:** uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

### Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

V. Budowa i fizjologia człowieka.

7. Regulacja nerwowa. Uczeń:

8) przedstawia budowę oraz działanie oka i ucha; omawia podstawowe zasady higieny wzroku i słuchu;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XI. Funkcjonowanie zwierząt.

2. Porównanie poszczególnych czynności życiowych zwierząt, z uwzględnieniem struktur odpowiedzialnych za ich przeprowadzanie.

6) Regulacja nerwowa. Uczeń:

k) przedstawia budowę oraz działanie oka i ucha człowieka; omawia podstawowe zasady higieny wzroku i słuchu,

### **Kształtowane kompetencje kluczowe:**

- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

### **Cele operacyjne:**

Uczeń:

- wskazuje na ilustracji elementy budowy oka;
- wyjaśnia związek między budową oka a pełnioną funkcją;
- wymienia elementy aparatu optycznego gałki ocznej i określa ich funkcje.

### **Strategie nauczania:**

- konstruktywizm;
- konektywizm.

### **Metody i techniki nauczania:**

- okienko informacyjne;
- analiza tekstu źródłowego;
- praca z modelem 3D;
- pogadanka;
- ćwiczenia interaktywne;
- runda pytań.

## **Formy pracy:**

- praca indywidualna;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

## **Środki dydaktyczne:**

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- karty pracy – okienko informacyjne (zob. materiały pomocnicze);
- zagadnienia do losowania (zob. materiały pomocnicze).

## **Przebieg zajęć**

### **Faza wstępna:**

1. Nauczyciel zadaje pytanie: „Jakie znacie narządy zmysłów?”
2. Nauczyciel wyjaśnia uczniom, że narząd wzroku jest jednym z najważniejszych narządów zmysłów, ponieważ za jego pośrednictwem odbieramy aż 83% docierających do nas informacji.
3. Nauczyciel przedstawia temat i cele lekcji.

### **Faza realizacyjna:**

1. Uczniowie indywidualnie zapoznają się z treścią sekcji „Przeczytaj”.
2. Nauczyciel dzieli uczniów na cztery grupy. Każda z grup otrzymuje kartę pracy (okienko informacyjne, zob. materiały pomocnicze).
3. Uczniowie w grupach wypełniają karty pracy (okienka informacyjne). Nauczyciel nadzoruje pracę grup, w razie potrzeby wyjaśnia wątpliwości.

4. Grupy omawiają kolejno zagadnienia opracowane w okienku informacyjnym. Przy omawianiu budowy oka wskazują dany element na modelu 3D.
5. Uczniowie wykonują test na istnienie plamki ślepej (instrukcja wykonania testu jest zamieszczona w sekcji „Przeczytaj”) i porównują w parach uzyskane wyniki (np. sprawdzają, czy odległość krzyżyka od oka u kolegów i koleżanek w grupie jest taka sama, czy się różni).
6. Nauczyciel wyświetla ilustrację do ćwiczenia nr 7 (zob. sekcja „Sprawdź się”), przedstawiającą dwa modele oka. Uczniowie analizują oba modele i określają, który z nich prezentuje oko osoby młodej. Swoje stanowisko uzasadniają.
7. Uczniowie, pracując w parach, wykonują ćwiczenie nr 8: na podstawie własnej wiedzy oraz tekstu dotyczącego sposobu widzenia barw w zależności od oświetlenia wyjaśniają, dlaczego w jasnym świetle kwiaty geranium wydają się jaskrawoczerwone, a o zmroku ich kolor jest postrzegany jako ciemnoczerwony, a nawet czarny. Odpowiedź uczniów powinna uwzględniać nazwy fotoreceptorów i ich barwników. Para, która najszybciej wykona ćwiczenie, przedstawia swoją propozycję na forum klasy. Pozostali uczniowie weryfikują poprawność odpowiedzi.

### **Faza podsumowująca:**

1. Nauczyciel przeprowadza z uczniami rundę pytań sprawdzających zrozumienie wiadomości i operatywność wiedzy na temat budowy oka. W tym celu uczeń wskazany przez nauczyciela losuje kartkę z zagadnieniem (zob. materiały pomocnicze) i układa do niego pytanie. Chętni uczniowie na nie odpowiadają. Osoba, która udzieli poprawnej odpowiedzi, losuje kolejną kartkę i układa do niej pytanie.

### **Praca domowa:**

Uczniowie wykonują ćwiczenia interaktywne od 1 do 6.

### **Materiały pomocnicze:**

Załącznik 1. Karta pracy (pdf).

Plik o rozmiarze 58.78 KB w języku polskim

Załącznik 2. Zagadnienia do losowania (pdf).

Plik o rozmiarze 39.08 KB w języku polskim

### **Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania modelu 3D:**

Model 3D może zostać wykorzystany w fazie wstępnej lekcji.