

Kilka informacji o widzeniu

Życie rozwijało się na naszej planecie w obecności światła – dokładniej fal elektromagnetycznych o określonym zakresie częstotliwości. Dziś wiemy, że z całego, dość szerokiego widma fal elektromagnetycznych docierających ze Słońca na Ziemię, ogromna część jest pochłaniana przez ziemską atmosferę. Do powierzchni Ziemi (a także na kilkadziesiąt metrów w głąb wód) dociera pewien niewielki fragment tego widma, zwany widmem widzialnym albo światłem widzialnym.

Od czasu, gdy w skład ziemskiej atmosfery wchodzi azot, tlen (zarówno O_2 jak i O_3) oraz mniejsza lub większa domieszka dwutlenku węgla, skład widmowy światła widzialnego praktycznie się nie zmienia. Tak więc ewolucja wykształciła narządy czułe na fale elektromagnetyczne z tego właśnie zakresu długości fali. Tylko niektóre zwierzęta są w stanie rejestrować intensywność promieniowania elektromagnetycznego spoza tego zakresu: w ultrafiolecie (UV) lub podczerwieni (IR).

Światło widzialne zostało wykorzystane przez organizmy żywe i to na dwa, w zasadzie różne sposoby. Jeden z nich (dotyczy on tzw. organizmów autotroficznych, głównie roślin), polega na pochłanianiu energii niesionej przez światło w procesie fotosyntezy, służącej do wytwarzania związków będących źródłem energii i budulca. Drugi, nieco bardziej wysublimowany, polega na rejestrowaniu przez organizm informacji ze środowiska zewnętrznego, niesionych przez światło.

Na lekcjach *przyrody*, których przeprowadzenie proponujemy w tym materiale, zajmiemy się wybranymi aspektami tego drugiego sposobu wykorzystywania światła przez organizmy żywe: rejestrowaniem ruchu w otoczeniu organizmu oraz tworzeniem geometrycznego obrazu otoczenia. Będziemy przy tym rozpatrywać światło widzialne pochodzenia słonecznego, obecne w atmosferze (także w wodzie), odbite od przedmiotów znajdujących się i poruszających się w otoczeniu organizmu żywego.

Analizując możliwości rejestrowania informacji niesionych przez światło przez organizmy można zauważyć, że są one zróżnicowane.

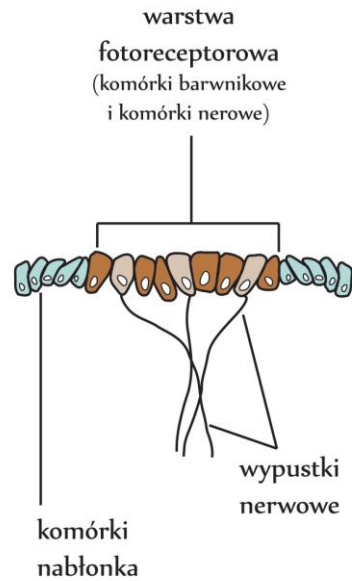
1. Najprostsze z nich to rejestracja informacji o obecności lub braku światła, ewentualnie o zmianie natężenia światła. By odebrać taką informację potrzebna jest substancja światłoczuła, w której światło powoduje określone zmiany chemiczne – wzbudza, zmienia przebieg lub hamuje określone reakcje¹. Związki takie mogą występować w pojedynczych komórkach lub ich grupach czy wręcz w tkankach, stanowiących załączek narządu wzroku.

Przykładem takiej struktury, rejestrującej jedynie światło lub jego brak mogą być ropalia parzydełkowców np. chełpii bałtyckiej.

Rys. 1. Model budowy ropalium (na podstawie Encyclopedia Britannica).

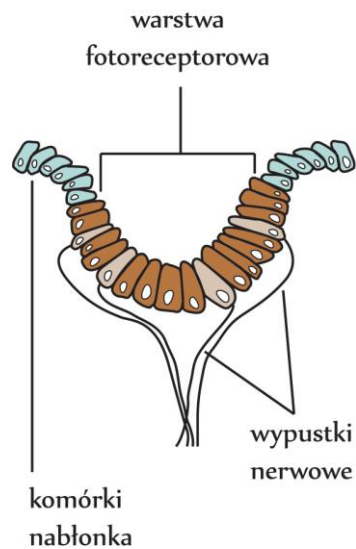
1

¹ Przydatne może być zapoznanie się z pojęciami: „fotochemia”, „reakcje fotochemiczne”, np. w Wikipedii.



2. Kolejną umiejętnością dotyczącą zbierania informacji niesionych przez światło jest rejestrowanie zmiany kierunku padania światła. Wiąże się to z zagłębieniem warstwy światłoczułych komórek i powstaniem tzw. „eye cup”. Przykładem tego może być struktura obecna u wolnożyjących wirków – zagłębienia w części głowowej wyścielone nabłonkiem zmysłowym, rejestrującym światło lub jego brak, a także – pośrednio – kierunek, z którego dochodzi światło.

Rys. 2 Model budowy „oka” wypławka białego, zdolnego do rozróżniania kierunku padania światła (na podstawie Encyclopedia Britannica).

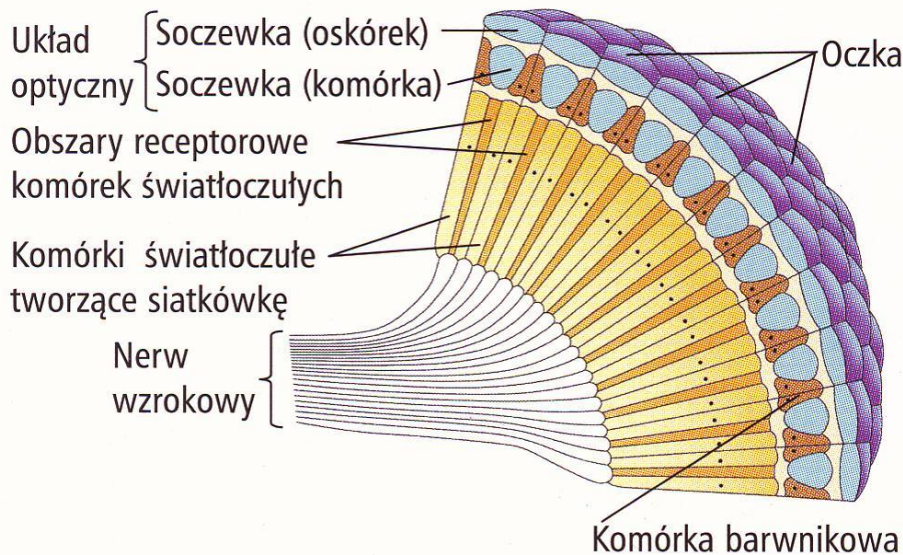


Wklęsła powierzchnia warstwy komórek światłoczułych umożliwia w tym przypadku rejestrowanie kierunku padania światła (patrz też film <http://www.youtube.com/watch?v=dDcPlh7kCOK>)

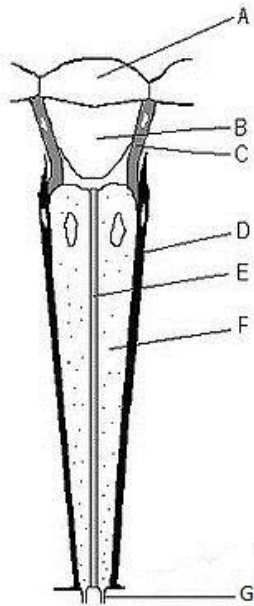
Innym sposobem rejestrowania kierunku, z którego przychodzi bodziec świetlny jest rozmieszczenie na powierzchni ciała wielu struktur światłoczułych. Tak jest m.in. u meduz, których ropalium stanowi przykład najbardziej pierwotnej wersji narządu zmysłu wzroku. Rozmieszczenie kilku ropaliów na brzegu dzwonu pozwala każdemu z nich rejestrować bodźce świetlne pochodzące z różnych źródeł, docierające z różnych kierunków.

3. Od rejestrowania kierunku, z którego przychodzi bodziec świetlny już tylko mały krok do rejestrowania informacji o ruchu w otoczeniu. W rejestrowaniu ruchu bardzo przydatne jest wyposażenie każdego z wielu struktur światłoczułych w mechanizm precyzujący (ograniczający) kierunek, z którego przychodzi światło. Dodatkowo, każda ze struktur powinna być „wycelowana” w nieco innym kierunku. Dobrym przykładem narządu zmysłu wzroku doskonale rejestrującego ruch jest oko złożone (fasetkowe) owada. W oku owada efekt ten uzyskany jest dzięki specyficznej, wypukłej powierzchni samego oka oraz dzięki wyposażeniu każdego ommatidium (pojedynczego oczka) w jego własny układ soczewka-stożek; ścianki boczne tego ostatniego są izolowane komórkami barwnikowymi od sąsiednich ommatidiów. Do każdego ommatidium trafia więc światło z bardzo wąskiego wycinka otoczenia, leżącego niejako „na wprost”. Co ważne – każde ommatidium rejestruje światło i zmiany jego natężenia oraz kąta padania niezależnie od innych ommatidiów.

Rys. 3 Budowa oka złożonego owada. (<http://www.blog.bezokularow.pl/niesamowite-oczy-owadow-jak-to-dziala/>)



Rys. 4 Budowa pojedynczego ommatidium. (<http://pl.wikipedia.org/wiki/Omatidium>)



- A – soczewka,
- B – stożek krystaliczny,
- C i D – izolacja pigmentowa,
- E – rabdom,
- F – komórka receptorowa,
- G – wypustka nerwowa (opis zmieniony)

4. Pozyskanie informacji o barwie obiektów znajdujących się w otoczeniu organizmu czyli o składzie widmowym (barwie) światła jest możliwe dzięki obecności różnych związków światłoczułych, reagujących na różne zakresy światła widzialnego lub też niereagujących na poszczególne jego zakresy. Zdolność do rozróżniania barw jest trudna do zdiagnozowania, ale doniesienia naukowe mówią, że istnieje już ona u owadów (przynajmniej w stosunku do niektórych barw), a u skorupiaków morskich osiągnęła bardzo wysoki stopień zaawansowania (ich oczy zawierają dziesiątki różnych barwników światłoczułych)

Należy przy tym pamiętać, że istotnym warunkiem korzystania z pozyskanych informacji niesionych przez światło jest ewolucyjny rozwój możliwości ich analizy przez inne części organizmu – przez wysoko wyspecjalizowaną tkankę nerwową, budującą układ nerwowy, w tym ośrodki wzroku w centrach nerwowych – zwojach głowowych (np. owady) czy mózgowiu (np. człowiek).

5. Kolejna, bardziej zaawansowaną ewolucyjnie zdolność, to możliwość zbierania informacji o geometrycznych kształtach występujących w otoczeniu organizmu (obraz geometryczny). Dla ich rejestrowania nie jest potrzebna dalsza komplikacja budowy narządu wzroku – wystarczą komórki światłoczułe w odpowiednim układzie oraz element skupiający i ogniskujący światło (soczewka), ewentualnie elementy antyodblaskowe (komórki barwnikowe). Natomiast konieczna jest zaawansowana analiza zebranych danych, prowadząca do utworzenia na ich podstawie obrazu geometrycznego otoczenia.

Wiadomo, że zwoj głowowy owada posiada tę umiejętność w zakresie ograniczonym. Wynika to, między innymi, z braku „całościowego” ogniskowania obrazu otoczenia w poszczególnych ommatidiach – centrum nerwowe owada musiałoby uzupełniać sporo brakujących informacji. Można też domniemywać, że taka umiejętność nie jest niezbędna w życiu owada – jest on nastawiony głównie na unikanie drapieżników czyli obiektów poruszających się, zaś źródło pokarmu rozpoznaje po barwie czy też po zapachu, a niekoniecznie po kształcie.

U człowieka umiejętność tworzenia w mózgu pełnego, geometrycznego obrazu otoczenia jest możliwa dzięki zaawansowanym czynnościom mózgowia. Jest ona kształtowana w pierwszych

tygodniach, a nawet miesiącach życia, we współpracy narządu zmysłu wzroku z narządami zmysłu dotyku, słuchu i smaku (stąd znana tendencja niemowlaka do dotykania – i brania do buzi! – wszystkiego, co znajdzie się w zasięgu jego rączek i oczu). Obraz geometryczny otoczenia pozwala na podejmowanie precyzyjnych działań zarówno ruchowych jak i intelektualnych, umożliwia też tworzenie się pamięci wzrokowej, podstawowej w poznawaniu nowych, nieznanych obiektów.

6. Wydaje się, że szczytem zaawansowania ewolucyjnego narządu wzroku jest zdolność widzenia stereoskopowego (trójwymiarowego). Narządy wzroku (oczy), w powiązaniu z ośrodkami nerwowymi w mózgu, nie tylko rejestrują i analizują kształt i ruch ale są także w stanie ocenić odległość pomiędzy obserwatorem a obserwowanym obiektem. Widzenie stereoskopowe szczególnie dobrze rozwinęło się u zwierząt które muszą precyzyjnie oceniać odległości w środowisku np. u drapieżników (m.in. u kotów i sów) oraz zwierząt nadrzewnych (m.in. małp, niektórych gryzoni).

Niezależnie od możliwości, jakie stwarza zdolność do tworzenia trójwymiarowego geometrycznego obrazu otoczenia, należy raczej uznać, że najistotniejszą funkcją narządu wzroku jest rejestrowanie ruchu, związanego z zagrożeniem lub też obecnością źródła pokarmu czy partnera seksualnego. Tezę tę potwierdza zjawisko różnych rodzajów ruchów gałki ocznej u człowieka – wodzących, sakadycznych czy drgających. Większość z nich ma za zadanie odświeżyć obraz otaczającego nas świata. Znieczulenie mięśni oka i wpatrywanie się w ten sam punkt powoduje dość szybkie zanikanie obrazu co dowodzi, że widzimy tylko wtedy, gdy obiekt jest ruchomy, nawet jeśli ten ruch wynika z ruchów naszych oczu.

Ciekawy tekst źródłowy: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Oku>