

Kartoteka nauczyciela (wersja guided inquiry)

Zawiera oczekiwane odpowiedzi uczniów na polecenia z karty pracy oraz propozycję ich oceniania wraz z komentarzami.

Część A - oko człowieka

Polecenie wstępne. [2 punkty] „Sformułuj, na podstawie powyższych pytań badawczych, dwie hipotezy, które zweryfikujesz (potwierdzisz lub odrzucisz) w tej części doświadczenia.”

Możliwe do sformułowania przez uczniów hipotezy:

H1. Obraz rejestrowany w oku jest obrazem rzeczywistym, pomniejszonym i odwróconym, nie jest zatem zgodny z tym, co nas otacza.

H2. Oko ludzkie lepiej rejestruje ruch niż statyczny obraz.

Hipotezy mogą być inaczej sformułowane, mogą także być przeciwne do zaproponowanych wyżej. Istotne jest, by postawione hipotezy odnosiły się merytorycznie do postawionych pytań badawczych oraz by uczeń uwzględnił w treści hipotez trzy elementy obecne w pytaniach. Za poprawne sformułowanie każdej z dwóch hipotez w postaci zdania twierdzącego, odnoszącego się do pytań badawczych przyznajemy 1 punkt.

Stawianie hipotez uznaje się za umiejętność dość zaawansowaną - stąd uczniowie mogą mieć problemy z ich sformułowaniem, mimo wskazówki w karcie pracy. Jeśli uczniowie będą prosić o pomoc, można na tablicy zapisać przykładową hipotezę: „Obraz rejestrowany w oku nie jest zgodny z tym, co nas otacza.” i zastrzec, że nie musi to być w pełni właściwe.

Ćwiczenie A1. Plan i przebieg obserwacji [2 punkty].

Uczeń winien wpaść na pomysł, by umieścić linijkę (ewentualnie inne przedmioty) w obszarze peryferyjnym pola widzenia i obserwować ją, gdy jest ona nieruchoma [za ten lub równoważny pomysł przyznajemy jeden punkt]. Następnie uczeń proponuje poruszanie linijką i obserwowanie, czy w takiej sytuacji jest łatwiej czy trudniej ją dostrzec [za ten pomysł przyznajemy jeden punkt]. Każdy pomysł musi być odpowiednio opisany.

Planowanie przebiegu obserwacji (doświadczenia) jest także uznawane za umiejętność zaawansowaną, która może uczniom sprawiać problemy. Należy przewidywać, że nie wszyscy uczniowie (grupy uczniowskie) mogą sobie z tym poleceniem poradzić. Z kolei zaplanowanie obserwacji warunkuje jej przeprowadzenie, a co za tym idzie, również wykonanie poleceń zawartych w „dokumentacji obserwacji”. Dlatego nauczyciel winien mieć przygotowaną strategię postępowania wobec uczniów czy grup, które mogłyby „utknąć w miejscu” i pozostawać bezczynne w trakcie lekcji. Strategia taka może polegać, przykładowo, na udzielaniu odpowiednich wskazówek (ustnie lub w postaci wręczanych kartek), z jednoczesnym odnotowaniem w karcie pracy faktu udzielenia wskazówki. Wskazówki takie należy przemyśleć i przygotować z wyprzedzeniem.

Ćwiczenie A1. Dokumentacja obserwacji.

A1.1 [2 punkty maksymalnie] „Sformułuj różnice w cechach rejestrowanego obrazu obiektu nieruchomego leżącego naprzeciwko oczu i obiektu poruszającego na skraju pola widzenia.”

Uczeń powinien stwierdzić, że poruszający się przedmiot na granicy jego pola widzenia nie jest widziany „kolorowo”; nie jest też łatwo określić jego kształt. Uczeń może także wspomnieć, że trudno jest się skoncentrować na nieruchomym obiekcie, że ruchomy obiekt bardzo przyciąga uwagę. Za każde z tych stwierdzeń przyznajemy 1 punkt; maksymalnie 2 punkty za ćwiczenie. Jeśli znajdziemy

inne stwierdzenia, winniśmy każdorazowo zastanowić się nad właściwym komentarzem i decyzją o przyznaniu punktu.

To zadanie można uznać za dość trudne, przede wszystkim ze względu na jego dość nietypowy charakter - uczeń jest postawiony w sytuacji dla siebie nowej, w której musi „przełać na papier” swoje doznania wzrokowe.

Ćwiczenie A2. Plan i przebieg obserwacji [1 punkt].

Uczeń winien umieścić soczewkę w stosunkowo niewielkiej odległości od ekranu i powoli zbliżać lub oddalać ją, aż do uzyskania ostrego obrazu otoczenia [za ten lub równoważny opis postępowania przyznajemy jeden punkt]. Jeśli uczeń narysował schemat układu, to przyznajemy za to punkty zgodnie z zaleceniami dla A2.1.

Zaplanowanie i opisanie tej obserwacji jest względnie łatwe. Wynika to z dwóch czynników:
- podobne czynności uczeń mógł widzieć lub nawet samodzielnie wykonywać (np. w ramach zabawy soczewką w skupianie promieni słonecznych);
- Sprzęt do dyspozycji jest w miarę prosty i jest go w miarę niewiele.

Ćwiczenie A2. Dokumentacja obserwacji.

A2.1 [2 punkty] „Sporządź schemat układu obserwacyjnego, z którego korzystasz w ćwiczeniu A2”.

Uczeń powinien wykonać schemat (rysunek), na którym umieści i opisze trzy podstawowe składniki układu: źródło światła (przedmiot), soczewkę oraz ekran z obrazem (lub sam obraz). Odległość pomiędzy źródłem światła a soczewką winna być wyraźnie większa niż odległość pomiędzy soczewką a ekranem. Za taki schemat przyznajemy dwa punkty; gdy brakuje jednego lub dwóch elementów czy opisów, przyznajemy jeden punkt.

Jest to zadanie o przeciętnym stopniu trudności. Kształtuje ono umiejętność komunikowania się z odbiorcą za pomocą schematu/rysunku.

A2.2 [1 punkt] „Zapisz cechy obrazu powstałego na ekranie.”

Uczeń powinien zapisać, że obraz jest rzeczywisty, odwrócony i pomniejszony.

Zadanie jest zdecydowanie łatwe, typowo szkolne, związane z zapamiętaniem wiadomości ale również z umiejętnością obserwacji – to, że obraz jest odwrócony i pomniejszony można stwierdzić porównując to co widać na ekranie z obiektem będącym źródłem światła.

A2.3 [1 punkt] „Nazwij tę część oka człowieka, która spełnia rolę ekranu.”

Uczeń powinien zapisać, że chodzi o siatkówkę.

Zadanie jest zdecydowanie łatwe, typowo szkolne, związane z zapamiętaniem wiadomości.

A2.4 [2 punkty] „Uzyskiwanie możliwie ostrego obrazu w oku nazywa się akomodacją. Rozstrzygnij, czy zastosowany przez Ciebie w tym ćwiczeniu sposób uzyskiwania ostrego obrazu jest właściwym modelem dla akomodacji oka u człowieka. Uzasadnij swoje rozstrzygnięcie.”

Uczeń powinien rozstrzygnąć, że nie jest to dobry model; za co uzyskuje 1 punkt. Powinien to uzasadnić jednym z dwóch argumentów:

a) „U człowieka akomodacja przebiega na drodze zmian zdolności skupiającej (lub ogniskowej) soczewki (lub układu optycznego)”. Równie dobrze: „U człowieka akomodacja przebiega poprzez zmianę kształtu soczewki.”

albo:

b) „Budowa oka ludzkiego nie przewiduje możliwości wysuwania/wsuwania soczewki (oddalania/zbliżania jej do siatkówki), więc akomodacja oka musi odbywać się inaczej”.

Za każde z tych uzasadnień (a także za każde inne, rozsądne) przyznajemy 1 punkt. Zwracamy także uwagę na sytuacje, w których uczeń w rozstrzygnięciu stwierdził, że model jest dobry. Należy takie odpowiedzi potraktować jako poprawne jeśli są opatrzone logicznym uzasadnieniem. Przykładowo: uczeń stwierdził, że model jest dobry i podał argument, że człowiek chcąc poprawić ostrość obrazu zbliża lub oddala przedmiot lub zbliża się lub oddala od obserwowanego przedmiotu. Z jednej strony jest to niezgodne z założeniami ćwiczenia, w którym zmieniano odległość soczewka-ekran (a nie przedmiot-soczewka). Jednak z drugiej strony jest to zgodne z wieloma sytuacjami, które uczeń mógł obserwować i które mają niejaki związek z przeprowadzoną obserwacją. Można więc ocenić taką wypowiedź na co najmniej jeden punkt. Należy zawsze z uwagą przeczytać przedstawione uzasadnienie i przyznawać nawet dwa punkty w sytuacji, gdy jest ono logicznie spójne z przyjętym, formalnie błędnym, rozstrzygnięciem.

Zadanie nie jest łatwe, szczególnie w części, w której trzeba podać uzasadnienie. Warto zwrócić tu uwagę, że uzasadnienie 'a' znamionuje gotowe, zastane wiadomości u ucznia, zaś uzasadnienie 'b' wskazuje, że uczeń wykorzystał analogię doświadczalną i wykluczył na tej podstawie pewne funkcje oka.

Ćwiczenie A3. Plan i przebieg obserwacji [2 punkt].

Uczeń winien najpierw umieścić linijkę nieruchomą w obszarze pomiędzy soczewką a źródłem światła i zaobserwować jej obraz na ekranie [za ten lub równoważny opis postępowania przyznajemy jeden punkt]. Następnie uczeń powinien poruszać linijką, raz wolniej, raz szybciej i ponownie zaobserwować jej obraz na ekranie [za ten lub równoważny opis postępowania przyznajemy jeden punkt].

Zaplanowanie i opisanie tej obserwacji także jest względnie łatwe.

Ćwiczenie A3. Dokumentacja obserwacji.

A3.1 [1 punkt] „Rozstrzygnij, czy obraz nieruchomej linijki na ekranie jest tak samo ostry jak obraz źródła światła.”

Uczeń powinien stwierdzić, że linijka wydaje się być nieostra, podczas gdy reszta obrazu jest w miarę ostra.

Zadanie jest łatwe, wymaga uważnego przyjrzenia się obrazowi.

A3.2 [2 punkty] „Podaj teoretyczny powód dla swojego rozstrzygnięcia z poprzedniej obserwacji.”

Uzasadnienie powinno składać się z dwóch części. Kolejność tych części jest dowolna, ale muszą one tworzyć spójną całość. Za każdą z tych części przyznajemy 1 punkt.

a) Uczeń powinien stwierdzić, że uzyskanie ostrego obrazu wymaga odpowiedniego dobrania odległości pomiędzy źródłem światła a soczewką z jednej strony oraz odległości pomiędzy soczewką a ekranem z drugiej strony. (Może, ale nie musi, powołać się przy tym na matematyczny wzór: $1/x + 1/y = 1/f$).

b) Uczeń powinien stwierdzić, że linijka jest bliżej soczewki niż źródło światła a ostrość obrazu na ekranie była ustawiana przez regulację odległości soczewki od ekranu.

Zadanie jest dość trudne, wymaga bowiem sformułowania dwuczęściowego uzasadnienia.

A3.3 [1 punkt] „Rozstrzygnij, czy szybkość ruchu linijki wpływa na Twoje postrzeganie ostrości jej obrazu.”

Uczeń powinien zapisać, że linijka wydaje się być widoczna tym wyraźniej, im szybciej jest poruszana.

Zadanie jest łatwe, podobnie jak zad. A3.1 wymaga uważnego przyjrzenia się temu, co się dzieje na ekranie. Autorzy zwracają jednak uwagę, że efekt „wyostrenia się” obrazu linijki (gdy jest ona poruszana) nie ma charakteru stricte obiektywnego; najprawdopodobniej efekt ten zawdzięczamy mózgowi, który koncentruje się na śledzeniu ruchomego obiektu, z jednoczesną zmniejszoną koncentracją na obrazie geometrycznym pozostałych, nieruchomych obiektów. Gdyby uczeń zawarł w swej wypowiedzi podobne myśli, należy rozważyć przyznanie mu dodatkowego punktu (poza ogólną punktacją), uznającego jego wiadomości i umiejętności wykraczające poza typowe oczekiwania/wymagania.

Polecenia podsumowujące

„Odnieś się do hipotez postawionych przez siebie na początku tej części zajęć. W krótkiej wypowiedzi powołaj się - tam gdzie uznasz to za stosowne - na wyniki swoich obserwacji.”

1a. [3 punkty maksymalnie] Przykładowa hipoteza **H1**: „Obraz rejestrowany w oku jest obrazem rzeczywistym, pomniejszonym i odwróconym, nie jest zatem zgodny z tym, co nas otacza”.

Uczeń powinien potwierdzić tak sformułowaną hipotezę, powołując się na wyniki ćwiczenia A2. za co przyznajemy 1 punkt.

Uczeń może dodatkowo sformułować komentarz związany z udziałem mózgu w przetwarzaniu danych rejestrowanych przez oko, przykładowo:

- a) W mózgu następuje swoiste „skorygowanie/odwrócenie” (lepiej: w mózgu następuje właściwa interpretacja) powstającego na siatkówce obrazu. Powoduje to, między innymi, że nie widzimy świata „do góry nogami”.
- b) W mózgu następuje właściwe „przeskalowanie” rozmiarów wszystkich obiektów, które znajdują się w naszym polu widzenia.

Za każdy tego typu komentarz możemy przyznać dodatkowo 1 punkt.

Jakikolwiek inny rozsądny i spójny komentarz do hipotezy postawionej przez ucznia powinien zostać przez nauczyciela przeanalizowany i skomentowany; należy też podjąć decyzję o ewentualnym przyznaniu punktu (także poza punktacją ogólną).

1b. [3 punkty maksymalnie] **H2**: Oko ludzkie lepiej rejestruje ruch niż statyczny obraz.

Uczeń powinien potwierdzić tak sformułowaną hipotezę, za co przyznajemy 1 punkt. Powinien także przedstawić co najmniej dwa uzasadnienia, odnoszące się do obserwacji. Za każdy z nich przyznajemy 1 punkt.

- a) W ćwiczeniu A1 stwierdzono, że oko ludzkie nie rozróżnia kolorów ani kształtów na obrzeżach pola widzenia, jednak rejestruje ruch.
- b) W ćwiczeniu A3 stwierdzono, że oko ludzkie, rejestrując ruch obiektu, pomija obniżoną jakość geometryczną (ostrość) elementów statycznych obrazu.

Jakikolwiek inny rozsądny komentarz lub uzasadnienie do hipotezy postawionej przez ucznia powinien zostać przez nauczyciela przeanalizowany i skomentowany. Pamiętać jednak należy, że preferowane są tu argumenty odnoszące się do obserwacji. Należy też podjąć decyzję o ewentualnym przyznaniu punktu (także poza punktacją ogólną) za taki komentarz.

Podobnie jak stawianie hipotez, ich weryfikowanie (komentowanie) jest umiejętnością zaawansowaną, warto więc najtrafniejsze wypowiedzi uczniów weryfikujące postawione hipotezy pokazać lub zapisać tak, by były widoczne dla pozostałych.

2. [4 punkty] „Która z umiejętności wynikających z działania narządu wzroku człowieka – widzenie obiektu nieruchomego czy rejestracja ruchu – wydaje się być starsza ewolucyjnie, bardziej pierwotna? Uzasadnij swoje stanowisko.”

Uczeń powinien przedstawić swój pogląd i go uzasadnić w zwartej, kilkuzdaniowej wypowiedzi. Oceniamy strukturę tej wypowiedzi:

- postawienie tezy (np., że widzenie ruchu jest ewolucyjnie starsze);
- przytoczenie argumentów (dowodów) wynikających z przeprowadzonych obserwacji (np. że podczas próby postrzegania ruchu linijki, mózg „uzupełnia informacje o jej ostrości”; gdy zaś linijka spoczywa, jest postrzegana jako nieostra);
- analiza i wnioskowanie (np., że te dwie umiejętności były kształtowane w związku z różnymi potrzebami biologicznymi; potrzeba postrzegania ruchu w otoczeniu jest istotniejsza od potrzeby postrzegania kształtów);
- spójność przedstawionej argumentacji.

Zadanie zawiera kilka trudności z punktu widzenia ucznia.

Po pierwsze, uczeń powinien przedstawić rozstrzygnięcie problemu w postaci tezy, której w dalszym ciągu wypowiedzi będzie „bronił”. Istotne jest, by przyznać punkt za samo postawienie tezy, nawet jeśli jest ona błędna.

Po drugie, uczeń powinien zebrać argumenty i je odpowiednio zaprezentować.

Po trzecie winien wskazać, w jaki sposób argumenty te odnoszą się do postawionej tezy.

Po czwarte wreszcie, uczeń powinien podsumować swój wywód w postaci konkluzji (wniosku), stwierdzającego prawdziwość swojej tezy.

Część B - oko owada.

Polecenie wstępne. [3 punkty] „Sformułuj, na podstawie powyższych pytań badawczych, trzy hipotezy, które zweryfikujesz (potwierdzisz lub odrzucisz) w tej części doświadczenia.”

Możliwe do sformułowania przez uczniów hipotezy:

- H1. Obraz rejestrowany przez owada różni się od obrazu jaki powstaje w oku człowieka.
- H2. W oku złożonym owada powstaje zwielokrotniony obraz obiektu, w pojedynczym ommatidium powstaje fragment obrazu rzeczywistości.
- H3. Obraz geometryczny w oku owada nie powstaje lub powstaje tylko w zarysie, nieostry, ruch rejestrowany jest bardzo dobrze.

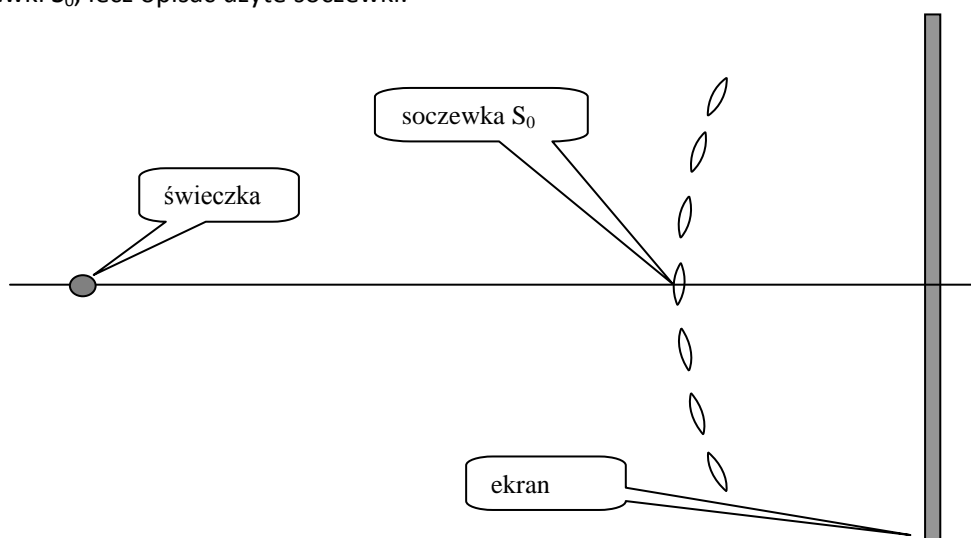
Hipotezy mogą być inaczej sformułowane, mogą także być przeciwne do zaproponowanych wyżej. Istotne jest, by postawione hipotezy odnosiły się merytorycznie do postawionych pytań badawczych oraz by uczeń ujął wszystkie postawione pytania w ramach trzech hipotez. Za każdą hipotezę przyznajemy 1 punkt; trzy punkty przyznajemy pod warunkiem, że uczeń ujął w swych hipotezach wszystkie problemy postawione w pytaniach badawczych.

Stawianie hipotez uznaje się za umiejętność dość zaawansowaną - stąd uczniowie mogą mieć problemy z ich sformułowaniem, mimo wskazówki w karcie pracy. Jeśli uczniowie będą prosić o pomoc, można na tablicy zapisać przykładową hipotezę: „Obraz rejestrowany w oku złożonym owada nie jest zgodny z geometrycznym obrazem otoczenia.” i zastrzec, że nie musi to być w pełni właściwe.

Ćwiczenie B1. Plan i przebieg obserwacji [4 punkty]; schemat układu [2 punkty].

Uczeń winien wpisać na pomysł, by pomiędzy świeczką a ekranem umieścić soczewki w układzie „jedna obok drugiej” [za ten lub równoważny pomysł przyznajemy jeden punkt]. Następnie uczeń winien zaproponować rozmieszczenie tych soczewek wzdłuż określonej linii [za ten pomysł przyznajemy dwa punkty, jeśli uczeń wybrał linię zakrzywioną taką, jak na poniższym schemacie wzorcowym, lub jeden punkt jeśli umieścił je na innej linii, np. na linii prostej]. Czwarty punkt przyznajemy za dobranie takiej odległości świeczki od układu soczewek, by w soczewce centralnej (na schemacie oznaczonej symbolem S_0) powstał ostry obraz płomyka świeczki na ekranie. Każdy pomysł musi być odpowiednio opisany.

Za sporządzenie czytelnego, prawidłowo opisanego schematu doświadczenia przyznajemy dwa punkty. Poniżej pokazano przykładowy schemat; uczeń w swoim schemacie nie musi wyróżnić soczewki S_0 , lecz opisać użyte soczewki.



Jest to bardzo trudne zadanie, niepodobne do czegokolwiek, co uczeń mógł widzieć w szkole, czy poza nią. Wymaga ono syntezy czynności z ćwiczenia A2 oraz właściwych wniosków z analizy schematu oka owada, a także dużej pomysłowości. Dodatkową trudność sprawia stosunkowo duża liczba dostępnych artefaktów.

Podobnie jak w ćwiczeniu A1, należy przewidywać, że daleko nie wszyscy uczniowie (grupy uczniowskie) mogą sobie z tym poleceniem poradzić. Nauczyciel winien więc przygotować analogiczną strategię postępowania wobec uczniów czy grup (a może nawet całej klasy!), które nie poradzą sobie z ustawieniem zestawu.

Ćwiczenie B1. Dokumentacja obserwacji.

B1.1 [1 punkt] „W tym doświadczeniu każda soczewka jest modelem jednego ommatidium. Podaj powód, dla którego zaproponowałeś(łaś) ustawienie zestawu soczewek wzdłuż w taki właśnie sposób.”

Uczeń powinien stwierdzić, że ustawienie soczewek wzdłuż łuku przypomina (modeluje) wypukły kształt oka złożonego owada, widoczny na rysunku. Za taką lub równoważną wypowiedź przyznajemy jeden punkt. Jeśli znajdziemy inne stwierdzenia, rozwijające tę myśl, idące przykładowo w kierunku omawiania ograniczeń takiego modelu, to winniśmy rozważyć przyznanie dodatkowego punktu, poza przewidzianą punktacją. Z kolei jeśli uczeń zaproponował inne ustawienie soczewek, to możemy przyznać mu punkt za sensowne uzasadnienie tego wyboru.

Zadanie o przeciętnym poziomie trudności, wymagające od ucznia uzasadnienia swojego postępowania.

B1.2 [2 punkty] „Sformułuj różnice pomiędzy obrazami na ekranie powstałymi w poszczególnych soczewkach.”

Uczeń ma tu możliwość zaobserwowania aż trzech różnic: obrazy uzyskane w soczewkach „pobocznych” są nieostre, zniekształcone a nawet mogą nie powstać w ogóle - szczególnie w soczewkach „peryferyjnych”¹, podczas gdy obraz uzyskany w soczewce S_0 jest ostry, o kształcie podobnym do obiektu i wyraźnie widoczny. Za wskazanie jednej spośród tych trzech różnic przyznajemy jeden punkt; za wskazanie dwóch lub trzech przyznajemy dwa punkty.

Zadanie niezbyt trudne, wymagające przyjrzenia się uzyskanemu w doświadczeniu efektowi. Dla niektórych uczniów prawidłowe nazwanie efektu może się okazać trudniejsze niż jego zauważenie.

Należy także zwrócić uwagę, że - zgodnie zresztą z poleceniem - uczeń nie ma obowiązku uzasadniania wskazanych tutaj różnic. Jeśli uczeń podjął próbę uzasadnienia zaobserwowanych różnic, możemy w komentarzu podkreślić dwa aspekty: z jednej strony zwrócić uwagę, że w wypowiedzi należy trzymać się zakresu wynikającego z treści polecenia (lub narazić się na zarzut pisania „nie na temat”); z drugiej strony należy pochwalić ucznia za odruch uzasadniania poglądu, co jest cenne w naukach przyrodniczych.

B1.3 [1 punkt] „Sformułuj różnice pomiędzy obrazem (jako całością) powstałym na ekranie w tym doświadczeniu a obrazem otrzymanym w ćwiczeniu A2.”

Zasadnicza różnica, którą powinien tu wskazać uczeń i za to otrzymać jeden punkt, to pojawienie się kilku obrazów tego samego obiektu w ćwiczeniu B, podczas gdy w ćwiczeniu A pojawił się tylko

¹ Niepojawienie się obrazu w pojedynczej soczewce jest uwarunkowane odpowiednim ustawieniem całego zestawu i nie jest - w tym ćwiczeniu - efektem koniecznym do uzyskania. Tak więc zauważenie tego efektu nie może być wymagane od wszystkich uczniów.

jeden obraz. Można przewidywać, że uczeń będzie wskazywał także inne różnice, np. takie, które już opisał w ćwiczeniu B1.2.

Zadanie, podobnie jak poprzednie, jest stosunkowo łatwe. Uczeń nie powinien mieć problemów ze wskazaniem ani z nazwaniem różnicy. Może jednak wpaść w „pułapkę” ponownego (polecenie B1.2) opisywania cech obrazów uzyskanych w soczewkach pobocznych. W takim przypadku zwracamy uwagę, że ten problem został już poruszony wcześniej.

Nie można także wykluczyć, że uczeń - podobnie jak w poprzednim zadaniu - będzie próbował uzasadnić opisywaną różnicę.

Ćwiczenie B2. Dokumentacja obserwacji.

B2.1 [2 punkty] „Opisz zmiany, jakie podczas ruchu świeczki następowały w obrazie uzyskanym na ekranie. Uwzględnij w swoim opisie obrazy uzyskane we wszystkich soczewkach.”

Uczeń powinien stwierdzić, że w miarę przesuwania świeczki, obrazy przemieszczały się na ekranie [za ten lub równoważny opis przyznajemy jeden punkt]. Uczeń powinien także stwierdzić, że w miarę zbliżania świeczki do osi symetrii wybranej soczewki, obraz w niej uzyskany stawał się coraz bardziej ostry (wyraźny lub inne, równoważne określenie) [za ten lub równoważny opis przyznajemy jeden punkt]. Uczeń może zauważyć, że w niektórych położeniach świeczki jej obraz w ogóle nie powstaje w wybranej soczewce.

Jest to zadanie typowo „obserwacyjne”. Wymaga ono przyjrzenia się efektowi uzyskanemu przez zmianę układu i syntetycznego opisanie tego efektu.

B2.2 [2 punkty] „Zwróć uwagę na specyficzną cechę budowy pojedynczego ommatidium: elementy światłoczułe są w nim umieszczone niemal wyłącznie na głównej osi optycznej jego soczewki. Oznacza to, że każde ommatidium rejestruje niewielki wycinek otoczenia oka złożonego. Skorzystaj z tej informacji oraz z efektów zaobserwowanych w tym ćwiczeniu i opisz w jaki sposób oko owada rejestruje ruch w swoim otoczeniu.”

Uczeń powinien stwierdzić, że w miarę przesuwania świeczki jej obraz jest rejestrowany w sposób „prawidłowy” przez kolejne soczewki (ommatidia); za to spostrzeżenie przyznajemy jeden punkt. Oznacza to, że ruch w otoczeniu owada jest postrzegany w taki sposób, że obraz poruszającego się obiektu pojawia się w obszarze czynnym kolejnych ommatidiów, znikając jednocześnie z pola widzenia innych ommatidiów; za tę konkluzję przyznajemy drugi punkt.

Zadanie jest trudne. Wymaga ono zsyntetyzowania informacji „teoretycznej”, podanej w pierwszej części treści, z wynikami obserwacji, dokonania generalizacji oraz wyciągnięcia i sformułowania odpowiedniego wniosku.

Polecenia podsumowujące

„Odnieś się do hipotez postawionych przez siebie na początku tej części zajęć. W krótkiej wypowiedzi powołaj się - tam gdzie uznasz to za stosowne - na wyniki swoich obserwacji.”

1a. [2 punkty] Przykładowa hipoteza **H1**: „Obraz rejestrowany przez owada różni się od obrazu jaki powstaje w oku człowieka.”.

Uczeń powinien potwierdzić tak sformułowaną hipotezę, za co przyznajemy 1 punkt. Powinien także uzasadnić swój pogląd, podkreślając zasadniczą różnicę pomiędzy tymi obrazami, czyli pojedynczy obraz w oku człowieka i wiele obrazów w oku owada. Za to uzasadnienie przyznajemy 1 punkt.

1b. [2 punkty] **H2:** „W oku złożonym owada powstaje zwielokrotniony obraz obiektu, w pojedynczym ommatidium powstaje fragment obrazu rzeczywistości.”.

Uczeń powinien potwierdzić tak sformułowaną hipotezę, za co przyznajemy 1 punkt. Powinien także przedstawić uzasadnienie, odnoszące się do obserwacji, w postaci prostego komentarza, np. „W obserwacji stwierdzono, że ostry (prawidłowy) obraz powstaje tylko w jednej soczewce (w jednym ommatidium); pozostałe soczewki dawały obrazy nieostre, albo nie dawały obrazów w ogóle”. Za taki komentarz przyznajemy 1 punkt.

*W ćwiczeniu proponujemy jedynie i aż **model** oka złożonego; ma on określone ograniczenia. Trzy podstawowe ograniczenia to:*

- mała liczba i duże rozmiary soczewek (w porównaniu z odległościami od przedmiotu i krzywizną linii soczewek);
- brak stożków na soczewkach;
- przyjęcie, że „otoczenie” to świeczka - jest to obiekt praktycznie punktowy (o małych rozmiarach), a nie rozciągły.

*Te ograniczenia powodują, że otrzymujemy kilka obrazów (istotnie różnej jakości), z których każdy (lepiej lub gorzej) odzwierciedla **całe otoczenie**, a nie tak, jak zapewne jest w oku owada, tylko fragment otoczenia. Dlatego też zakłada się, że wnioskowanie ucznia na podstawie obserwacji może zawierać nieścisłość. Proponowane określenie „zwielokrotniony” (lub równoważne) - jest zgodne z obserwacją i stanowi **przybliżenie** rzeczywistości w podobnym stopniu w jakim proponowany układ soczewek, ze świeczką i ekranem, modeluje oko owada.*

1c. [3 punkty] **H3:** „Obraz geometryczny w oku owada nie powstaje lub powstaje tylko w zarysie, nieostry, ruch rejestrowany jest bardzo dobrze.”.

Uczeń powinien potwierdzić tak sformułowaną hipotezę, za co przyznajemy 1 punkt. Powinien także przedstawić dwa uzasadnienia, odnoszące się do obserwacji. Za każdy z nich przyznajemy 1 punkt. Przykładowe uzasadnienia to:

- Mózg owada ma za mało danych, by stworzyć pełny geometryczny obraz otoczenia, gdyż otrzymuje prawidłową informację jedynie z jednego ommatidium (z niewielkiej liczby ommatidiów); informacje z pozostałych ommatidiów, jeśli są przekazywane do mózgu, to są zniekształcone wobec rzeczywistego obiektu.
- Mózg owada dostaje informacje o zmianach obrazu w poszczególnych ommatidiach, co dość łatwo jest zinterpretować jako ruch obiektu w otoczeniu owada.

Komentarz jak w części A

2. [4 punkty] „Czy możliwe jest – Twoim zdaniem - by na podstawie analizy wyników przeprowadzonych obserwacji, wnioskować o ewolucji procesu widzenia w jednym z jego aspektów? Chodzi tu o kolejność kształtowania się dwóch umiejętności: rejestrowania ruchu obiektu w otoczeniu organizmu i tworzenia obrazu geometrycznego (ostrego widzenia nieruchomego obiektu). Zapisz swoje refleksje na ten temat.”

Uczeń powinien przedstawić swój pogląd i go uzasadnić w zwartej, kilkuzdaniowej wypowiedzi. Oceniamy strukturę tej wypowiedzi: postawienie tezy (np., że postrzeganie ruchu jest starsze ewolucyjnie), przytoczenie argumentów (dowodów) wynikających z przeprowadzonych obserwacji (np., że wykształcenie wielu prostych układów optycznych, czyli ommatidiów, jest prostsze niż

wykształcenie jednego, ale bardziej kompleksowego układu, zawierającego jedną soczewkę i wiele elementów światłoczułych), analiza i wnioskowanie oraz spójność przedstawionej argumentacji.

Komentarz jak w części A.