

Brýle – jak vidí hmyz

Kat. číslo 104.4186

Brýle pro simulaci fasetových (složených) očí

Jak opticky vnímá hmyz své okolí? Představu o procesu, který lze jen velmi obtížně, zprostředkovat umožní pomůcka.

Tyto biologické brýle pro simulaci fasetových očí nesmíme zaměňovat za levné, na trhu běžně dostupné kaleidoskopické brýle, protože u těchto brýlí není možno provést významný a rozhodující krok (druhá část pokusů, str. 4) k demonstraci skutečného obrazu složeného oka.

Základní informace:

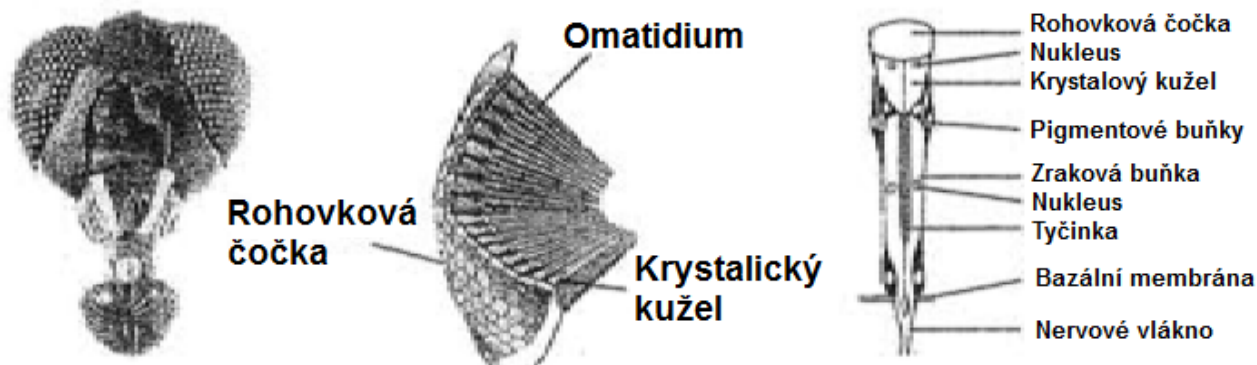
V lidském oku (oku s čočkami) vzniká na sítnici opačný („na hlavu postavený“) a zrcadlový, zmenšený obraz okolí. Protože je lomivost čočky proměnlivá, mohou být blízké či vzdálené předměty zobrazeny na sítnici vždy ostře (akomodace).

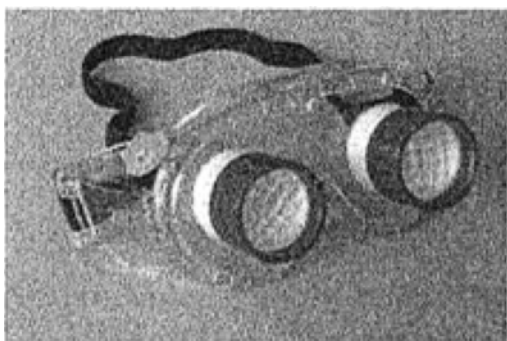


Podélný řez okem obratlovce

Složené (fasetové) oči členovců (např. hmyzu) se skládají z mnoha jednotlivých očí (takzvaných omatidií), které jsou uspořádány do tvaru polokoule. Oko mouchy domácí obsahuje až 4.000 jednotlivých očí, u vodních vážek je to více než 10.000. oko mravence se naproti tomu skládá jen z ca. 25 omatidií.

Každé omatidium má jednu chitinovou (rohovkovou) čočku, která společně s krystalovým kuželem tvoří optický aparát. Protože je však k dispozici pouze jeden tyčovitý zrakový prvek (tyčinka), vzniká v jednotlivém omatidiu pouze jeden zorný úhel. Rozlišovací schopnost u složeného oka je určena počtem těchto omatidií. Čím více omatidií je na prostorový úhel dáno, tím jemnější je bodový rastr, a tím i rozlišovací schopnost. Oko mouchy může proto vytvořit podstatně ostřejší obraz než složené oko mravence. Na rozdíl od oka složeného z čoček poskytuje hmyzí oko stranově správný obraz.



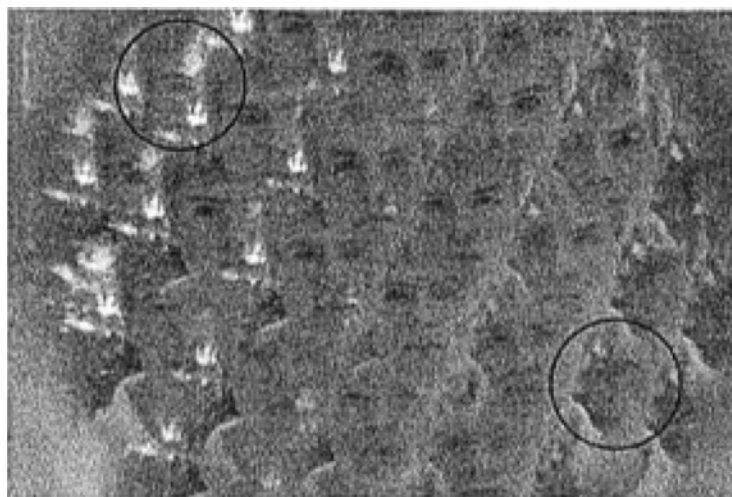
**Brýle pro simulaci fasetových očí**

mají pravý a levý model složeného oka s ca. 25 čočkami uspořádanými do polokoule (podobnost s okem mravence). Každá čočka představuje jedno omatidium (jednotlivé očko složeného oka). V přírodě jsou čočky vytvářeny hexagonálně. Pro jednoduchost používá model kvadratické čočky. Modré manžety na brýlích slouží pouze k ochraně proti poškození fasetových očí – v přírodě neexistují.

První část pokusů

Doporučujeme, aby si vyučující nejprve vyzkoušeli pokus sami. Tak si mohou najít správné objekty a vhodná osvětlení.

Nasadíte si brýle a jako objekt si vyberte například hlavu člověka, nebo postavte malou (nejlépe barevnou) láhev na bílý list papíru. Nejvhodnější je však hořící svíčka! Nyní můžete rozeznat na každé jednotlivé oko ca. 25 malých obrázků vybraného objektu.



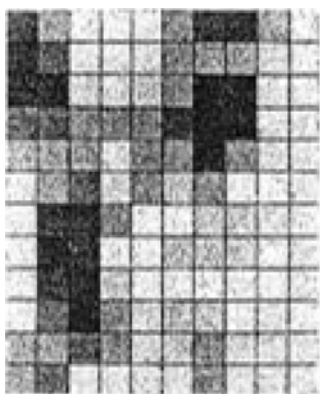
Protože jsou čočky uspořádány na kulovitěm povrchu (viz brýle), vidíte jednotlivé obrázky z poněkud rozdílných perspektiv – to znamená, že obrázek vpravo dole poskytuje jiný výřez než například vlevo nahoře (viz obrázek nahoře).

Brýlemi však nepohybujte, protože to se obrázkové výřezy ihned změní.

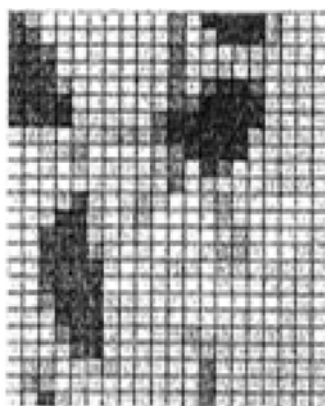
Co vypovídají jednotlivé obrázky?

Brýle pro složené oči zprostředkují žákům poznatek, že různá omatidia zachycují rozdílné výseky prostředí. Ukáže se, jaké obrázky by omatidia poskytovala, kdyby pracovala na principu oka obsahujícího čočky. To však přirozeně není případ složeného oka, protože zrakovou tyčinkou nevzniká obrázek, ale jen obrazový bod, a mnoha zrakovými tyčinkami (omatidia) vzniká pouze rastrovaný obrázek (viz další stránka nahoře).

Tento první „obrázek přes brýle“ jsme tedy mezitím pozorovali jen jako informaci a v našich pokusech, které povedou k jasnému vysvětlení, budeme pokračovat na stránce 4 v odstavci „Druhá část pokusů“.



Při malém počtu složených očí vzniká hrubý bodový rastr (např. mravenci)



Při velkém počtu jednotlivých očí vzniká detailní obraz bodového rastru



Oko složené z čoček tvoří jasné obrysy, které u složeného oka neexistují.

Asi tak vnímá hmyz „celkový obraz“.

Než začneme s druhou částí pokusů, provedeme ještě několik zajímavých testů:

- I. Pozorujte jedním okem malý černý bod (viz příloha). Abychom dostali světlý obraz, mělo by na něj dopadat silné šikmé světlo. Pokud přitom podržíte bod zcela blízko před skly brýlí, objeví se v zorném poli jeden jediný bod. Při zvětšení vzdálenosti se také zvětší počet bodů, protože do pozorování se zapojuje stále více omatidií. Nakonec je body zaplněno celé zorné pole

Úvaha: Do jaké míry by mohla vzdálenost od fasetového oka k objektu (bodu) ovlivnit informační hodnotu?

Závěr: Čím větší je vzdálenost mezi fasetovým okem a objektem, tím méně ostrý je vznikající obraz.

- II. Opakujte pokus I a jako přílohu k tomu použijte křížek a tečku.

Při velmi malé vzdálenosti rozeznáme křížek a tečku jako oddělené postavy. Při rostoucí vzdálenosti se zvětší počet, - nakonec se překryjí a už je nemůžeme vnímat odděleně.

- III. Použijte předlohu s černou a bílou plochou. Jedním okem zafixujte při co nejkratší vzdálenosti hranici mezi černou a bílou.

Pozorování: Polovina zorného pole se jeví jako černá, druhá jako bílá. Hranice mezi nimi je ostrá. To znamená, že polovina omatidií zachycuje černou oblast, zbytek bílou.

Pokud teď pohneme modelovým okem doprava nebo doleva, tak se s tím hýbá i hranice, a to vždy tím „správným“ směrem.

Druhá část pokusů

Učitel opět vybere nějaký kontrastní objekt – rozsvícenou svítilnu, nejlépe hořící svíčku nebo nějaký jiný předmět.

- a) Brýle si nyní nenasazujte, ale zaměřte je s rukama asi 30 cm před očima na zamýšlený objekt. Sklem brýlí pozorujte objekt ve vzdálenosti, ve které se zřetelně rozliší světlé a tmavé rastrové obrázky.
- b) Pomocí malého triku můžeme žákům zprostředkovat představu o průběhu vidění složeným okem. Předřazením dodané matové fólie před brýlemi dosáhneme toho, že nyní jsou obrázky zredukovány na různě světlé skvrny. Podržte tedy matovou fólii přímo před skly brýlí. Vznikne obrazový rastr, který ve formě „celkového obrazu“ rozlišuje světlé a tmavé části a který odpovídá hodnotám jasnosti předchozího obrázku bez matnice. Předpokládáme, že obraz, který vnímá mravenec, je vytvořen asi takto.

Může se stát, že žák nejprve řekne „nevidím nic“. Ale po určité adaptační době už je schopen rozlišit obrazové body v různých stupních jasnosti.

Závěr

Složené oko nemůže nikdy vytvořit tak ostré obrysy jako oko složené z čoček, při nízkém počtu omatidií vytváří dokonce jen hrubý rastr. Rozdíl mezi řádem nebo čeledí hmyzu je s ohledem na počet omatidií značný. Čím víc omatidií, tím lepší jsou obrysy „celkového obrazu“.

Složené oko zprostředkuje stranově správný vznik obrazu na rozdíl od oka složeného z čoček, které na sítnici vytváří převrácený, stranově inverzní obraz.

Omatidia tedy nedodávají žádné obrazy, ale pouze různě světlé obrazové body (skvrny). V případě oka mravence je to tedy ca. 25 obrazových bodů, které pak mozek hmyzu skládá do jednoho „celkového obrazu“.