



Jak vidí včely



ROZŠÍŘENÍ

LIST 1

Další podrobnosti ke zraku včel a hmyzu

U létajícího hmyzu zajišťují velké složené oči výborný rozhled kolem dokola – nahoru, dolů, dopředu, a dokonce i dozadu, to vše bez toho, aby se oči musely pohnout. Hmyz tak má dokonalý přehled o všem, co se kolem něj děje. Významně to napomáhá schopnosti manévrovat v letu a včas rozpoznat blížící se nebezpečí. Stavba složeného oka je navíc výhodná pro určování přesného směru, odkud světlo přichází, což výrazně napomáhá v prostorové orientaci s využitím svitu slunce, hvězd či měsíce. A co víc, díky vnímavosti vůči polarizovanému světlu mohou některé druhy hmyzu určit polohu slunce či měsíce i přes mraky.



zdroj: <https://21stoleti.cz/2010/04/17/oko-vcely-je-chlupate/>

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).

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. Na rozdíl od oka složeného z čoček poskytuje hmyzí oko stranově správný obraz.



zdroj: https://www.conatex.cz/media/manuals/BACS/BACS_1044186.pdf

Co je to polarizované světlo?

Světlo je typ vlnění, které kmitá do všech stran. Polarizace způsobí, že kmitá jen v jedné rovině.

V roce 1808 Étienne–Louis Malus pozoroval světlo zapadajícího Slunce, které se odráželo v oknech nedalekého paláce a zjistil, že světlo má stejné vlastnosti, jako by prošlo vápencovým krystalem. Malus zavedl název polarizace. V roce 1821 na základě interference polarizovaných paprsků prohlásil Fresnel světlo za vlnění příčné.

Světlo je elektromagnetické vlnění příčné. Při šíření prostorem, se mění intenzita elektrického a magnetického pole. To si asi nikdo neumí přímo představit, a proto se často používá analogie s mechanickým vlněním například na provaze, které si snadno představíme a vyzkoušíme.

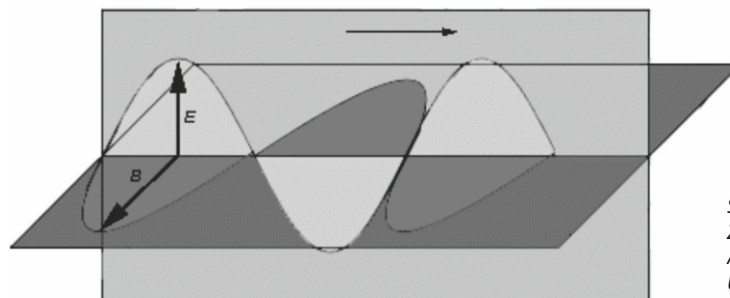


Schéma elektromagnetické vlny.
Zdroj: Techmania Science Center.
Autor: Magda Králová.
Under Creative Commons.





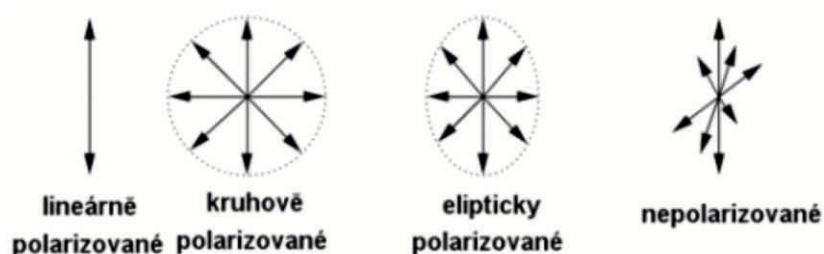
Jak vidí včely



ROZŠÍŘENÍ

LIST 2

Rozkmitáme-li jeden konec nataženého provazu, prohýbá se postupně v různých místech nahoru a dolů a tyto vlnky se šíří směrem ke druhému konci. Světelné vlnění se chová v podstatě obdobně, ovšem se zásadním rozdílem v tom, že zde nekmitá žádný provaz a vůbec žádné hmotné prostředí, ale postupně se zvětšuje a zmenšuje vektor intenzity elektrického (eventuelně magnetického) pole. Jestliže složky elektromagnetického vlnění mají stálý směr, označujeme toto vlnění jako vlnění polarizované. Světlo obecně nevykazuje vlastnosti polarizovaného vlnění. V obvyklých zdrojích (žárovka, plamen, jiskra, Slunce) probíhají elektromagnetické děje neuspořádaně, elektrická i magnetická složka vlnění mění směr nahodile, takové světlo nazýváme přirozené – nepolarizované. Koncový bod světelného vektoru může tedy opisovat křivku, která může mít jakýkoliv tvar. Odrazem, lomem, absorpcí aj. lze dosáhnout toho, že křivka je v obecném případě elipsa, která ve speciálních případech přechází v kružnici nebo v přímku. Hovoříme pak o světle elipticky, kruhově (cirkulárně) a přímkově (lineárně) polarizovaném.



Druhy polarizace.
Zdroj: Techmania Science Center.
Autor: Magda Králová.
Under Creative Commons.

Pro oko se však polarizované světlo nijak neliší od světla přirozeného. K tomu, abychom polarizované světlo rozlišili, popř. abychom zjistili orientaci roviny, v níž leží polarizovaná světelná vlna (kmitová rovina), potřebujeme další zařízení – analyzátor. Tvoří jej opět vhodný polarizační prostředek, který propouští polarizované světlo jen s určitou orientací kmitové roviny.

Jestliže se podíváme přes polarizační filtr např. na lesknoucí se okenní sklo a budeme jím otáčet, pak při určité poloze filtru lesk oken vymizí. To znamená, že polarizované světlo filtrem neprošlo. Polarizační filtry obsahují uspořádané krystalky nebo jiné opticky aktivní látky, které vytvoří z nepolarizovaného světla světlo lineárně polarizované podél určité roviny. Pokud je polarizační rovina filtru rovnoběžná s rovinou polarizace světla, projde filtrem všechno světlo, pokud jsou roviny navzájem kolmé, neprojde nic. Opět si to lze představit pomocí jednoduché analogie s vlněním na provaze. Jako polarizační filtr nám bude sloužit latkový plot, kterým provaz prochází. Budeme-li s provazem kmitat nahoru a dolů, vlnění bez problému projde za plot (kmitání provazu nic nebrání), pokud budeme kmitat vodorovně, zarazí se kmitání provazu o latky plotu a vlnění se dál nedostane.

Mnoho živočichů je schopno pozorovat polarizované sluneční světlo. Tuto schopnost využívají zejména k navigaci, protože sluneční světlo procházející atmosférou je vždy lineárně polarizované a směr polarizace je kolmý ke směru šíření světla před polarizací, tedy ke směru, kde se nachází slunce. Tuto vlastnost můžeme pozorovat zejména u včel, které takto získané informace využívají k orientaci při svých komunikačních tancích. Tuto vlastnost mají také někteří mravenci, pavouci nebo ptáci. Nejvyvinutější smysl pro vnímání polarizovaného světla má brouk vruboun (*Scarabaeus Zambezius*), který se živí trusem antilop a prasat bradavičnatých, z něhož si uplácává kuličku. Tu se pak snaží odvalit. Leze přitom pozpátku hlavou dolů a kuličku valí zadními nohama. Tato poloha mu umožňuje dívat se vzhůru k obloze, orientovat se podle polarizovaného měsíčního světla a lézt v přímce. Vyhne se tak střetu s ostatními.





Jak vidí včely



ROZŠÍŘENÍ

LIST 3

Podobně Vikingové užívali polarizované světlo k navigaci při svých cestách Severním mořem, když Slunce bylo pod horizontem (vzhledem k vysoké hodnotě severní šířky). Tito dávní mořeplavci objevili některé krystaly (nyní nazývané kordierity), které měnily svou barvu, když se otáčely v polarizovaném světle. Když se námořníci dívali na oblohu skrz takový krystal a otáčeli jím kolem směru pozorování, mohli zaměřit směr ke Slunci a tak zjistit, kde je jih.

zdroj: <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/svetlo/polarizace-svetla>



Zajímavé odkazy

Video v němčině, jak vidí včely:

<https://www.youtube.com/watch?v=b7jOw4ZCPmg>



Obrázek porovnávající, jak vidí včela a jak člověk:

<https://es.scribd.com/document/544167043/Las-Flores-Como-Las-Ven-Las-Abejas-BBC-News-Mundo>



Článek v časopisu Vesmír o tom, jak čmeláci rozeznávají květy v polarizovaném světle

<https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2014/cislo-11/cmelaci-umeji-rozeznavat-kvety-polarizovanem-svetle.html>



Článek v časopisu Vesmír o vlivu včel na barevnost květů: Včely a evoluce barev květů - Časopis Vesmír (vesmir.cz)

<https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2003/cislo-9/vcely-evoluce-barev-kvetu.html#:~:text=V%C4%8Dely%20maj%C3%AD%20jin%C3%BD%20typ%20vid%C4%9Bn%C3%AD%20a%20stavbu%20oka,jde%20tedy%20o%20ultrafialov%C3%BD%2C%20modr%C3%BD%20a%20zelen%C3%BD%20receptor.>



Shrnutí smyslů včel: 22 (muni.cz)

<https://www.sci.muni.cz/ptacek/AFH-vypracovane-otazky/22-Smysly.htm>



Video na ČT EDU o včelích smyslech: Včelí smysly - ČT edu - Česká televize (ceskatelevize.cz)

<https://edu.ceskatelevize.cz/video/12657-vceli-smysly>

