

Poznámky pro učitele

k modulu 4

Oko a zrak

Jedno přísloví praví: „Oko do duše okno.“ Lidé se ale skutečně mnoho let snažili nahlédnout a odhalit fungování lidského oka. Je úžasné, jak nám oko díky změně svých vlastností provedené během zlomku sekundy umožňuje pozorovat tolik věcí o různých velikostech, tvarech a barvách.

V tomto modulu budou žáci porovnávat součásti fotoaparátu s částmi lidského oka a seznámí se s jejich jednotlivými funkcemi. Poznájí také „akomodaci“ – zvláštní schopnost oka, jež mu umožňuje zaostřit na různé předměty pouze díky změně tvaru oční čočky.

Shrnutí: Žáci budou porovnávat součásti fotoaparátu a části lidského oka. Pomocí dvou čoček se seznámí se způsobem, jakým lidské oko zaostřuje

Tento modul obsahuje dvě kapitoly:

- Pracovní list Pohled do oka
- Pracovní list Zaostřeno na oko

Určeno pro: Druhý stupeň základních škol nebo nižší třídy středních škol (přibližný věk žáků 12 až 14 let)

Doba trvání: Každá kapitola je určena pro jednu vyučovací hodinu o délce asi 40 minut

Předchozí znalosti žáků:

- Jak čočky soustřeďují světelné paprsky
- Zobrazovací rovnice pro tenkou čočku
- Základní typy čoček

Co se žáci naučí:

- Měřit ohniskovou vzdálenost
- Popis součástí fotoaparátu
- Popis částí lidského oka
- Funkce jednotlivých částí
- Zjistit nejdelší a nejkratší vzdálenost pro zaostření
- Princip akomodace oka

Rozvíjené dovednosti:

- Schopnost práce v týmu
- Nalézání spojitosti mezi konkrétními pojmy a předměty (fotoaparát) a abstraktnějšími pojmy (čočka lidského oka)
- Práce s čočkami a schémata chodu paprsků

Tento modul obsahuje:

- 2 pracovní listy
- 1 studijní list

Kapitola 1 | Pohled do oka

Doporučený program hodiny

V tomto modulu budou žáci porovnávat součásti fotoaparátu s částmi lidského oka a seznámí se s jejich jednotlivými funkcemi.

Časy v minutách	Činnost	Materiál
0-10	Obecná diskuse na téma Co vlastně znamená „vidět“	
10-30	Skupinový úkol: Složit „hlavolam“ a poznat správné pořadí součástí fotoaparátu a částí oka, rozpoznat jejich funkce	WS04.1
30-40	Diskuse výsledků v rámci třídy	
Domácí úkol	Žádný	

Popis doporučené vyučovací hodiny

Zeptejte se žáků, co podle nich znamená něco „vidět“. Většina z nich už asi ví, že od předmětů se odráží světlo, které dopadá do našeho oka, díky čemuž vidíme. Vedťe je však k poznatku, že to samo o sobě nestačí k tomu, abychom viděli. Například nevidíme židli ve tmě a nemůžeme se podívat přímo do slunce. V obou případech je problém v množství světla. K tomu, abychom viděli, totiž musí být k dispozici světlo „ve vhodné formě“. Účelem součástí fotoaparátu i částí našeho oka je upravit dopadající světlo tak, abychom viděli dobře.

Pracovní list „Pohled do oka“

Rozdělte třídu do skupinek po 2-3 žácích. Řekněte skupinám, aby si přečetly úvod listu WS4.1. Na skládačce mohou pracovat společně. Většina žáků už zná součásti fotoaparátu i některé části lidského oka. Tyto žáky požádejte, ať svoje poznatky sdělí kolegům ve skupině (např. že se závěrka otevírá a zavírá, a tím světlo vpouští nebo naopak zacloňuje). Poradte jim také, aby uvažovali o tom, zda je daná část pevná, nebo zda se může pohybovat (to bude snazší rozlišit u fotoaparátu než u lidského oka, a proto jim možná budete muset v tomto ohledu pomoci).

Žáci by měli uvažovat především o pořadí, v němž světlo prochází jednotlivými částmi oka a fotoaparátu, a o tom, co se se světlem děje při průchodu těmito částmi. Řešení skládačky s uvedením správného pořadí částí a jejich funkce je uvedeno na straně 6.

Procházejte mezi skupinami a podle potřeby žákům pomozte tak, aby správné řešení skládačky našly všechny skupiny.

Diskuse výsledků

Až budou mít všechny skupiny seřazeny všechny části ve správném pořadí, požádejte žáky, aby si je v tomto pořadí nalepili do sešitů a nechali pod nimi místo pro vpisování poznámek. Pak je nechte samostatně diskutovat o funkcích jednotlivých částí. Přecházejte mezi skupinami, dokud nebudou mít všechny odpovědi. Jestliže se názory skupin budou lišit, požádejte je, aby své odpovědi zdůvodnily a vedťe je ke správnému řešení.

Zeptejte se žáků, zda zcela souhlasí s následujícími tvrzeními.

1. Oko je „optický přístroj“, který přijímá světlo přicházející od předmětu, na který se díváme, a zachycuje obraz, a tím nám umožňuje vidět.
2. Fotoaparát a lidské oko se v mnoha ohledech velmi podobají.

Fotoaparát ve srovnání s okem: rozdíly

Požádejte žáky, aby uvedli některé rozdíly mezi fotoaparátem a lidským okem. Až bude mít každá skupina několik bodů připravených, sepište tyto body na tabuli. Někteří budou tvrdit, že se liší čočky, jiní že se fotoaparát musí připojit k počítači, kdežto z oka se informace posílají do mozku, atd. Poté požádejte žáky, aby společně vypracovali druhou část otázky č. 2) na pracovním listu WS4.1. Vedte je ke srovnání, že čočka ve fotoaparátu se vysouvá vpřed a zasouvá zpět, kdežto čočka lidského oka zůstává na jednom místě.

Pokud je ale čočka stále na svém místě a sítnítko (sítnice) se rovněž nepohybuje, jak potom oko může ostře vidět různé předměty rozmanitého tvaru umístěné v různých vzdálenostech?

Tuto otázku nechte otevřenou pro výuku s dalším pracovním listem. Řekněte žákům, že to, jak oko zaostřuje na různé předměty, poznají v další vyučovací hodině.

U otázky č. 3 by žáci měli dojít k poznání, že zatímco oko je „přístrojem“, který zachycuje světlo a odesílá informace. Prostředkem, který informace zpracovává do smysluplného obrazu a umožňuje nám mít zrak, je ve skutečnosti náš mozek. Princip je podobný jako u počítače (ať už jde o procesor zabudovaný do fotoaparátu nebo připojené externí zařízení), který zpracovává obrazové informace do tvaru fotografie.

Všeobecné základy

Receptory oka

V sítnici lidského oka jsou čtyři typy receptorů:

Tyčinky slouží k vidění v noci nebo při nízké intenzitě světla. V oku je asi 120 milionů tyčinek, které jsou velmi citlivé, ale nikoli na barvu.

Čípky, kterých je 6-7 milionů, jsou citlivé na barvy. Dělí se na tři druhy podle citlivosti na určité vlnové délky

1. *První typ receptorů – čípky citlivé na červenou barvu* – je nejcitlivější na světlo o velké vlnové délce (světlo, které se jeví červené nebo v červených odstínech)
 2. *Druhý typ – čípky citlivé na zelenou barvu* – je nejcitlivější na světlo o střední vlnové délce (světlo zelené barvy nebo se zelenými odstíny)
 3. *Třetí typ – čípky pro modrou barvu* – je nejcitlivější na krátké vlnové délky, při nichž se světlo jeví jako modré.
- Lidé s normálním barevným viděním mají všechny tři typy těchto receptorů. Lidem s poruchou barevného vidění (s daltonismem nebo méně přesně barvoslepi) jeden nebo více těchto typů receptorů chybí.

Tyto receptory – světločivné buňky – oka jsou neurony citlivé na světlo, u kterých dopad světla vyvolává elektrický impuls. Obraz na sítnici vzniká díky prostorově závislé aktivaci těchto receptorů.

Sítnice ve srovnání se snímačem typu CCD

Způsob, jakým sítnice přijímá obraz a přenáší informace do mozku, se velmi podobá způsobu, jakým funguje nábojově vázaný prvek – snímač CCD např. ve videokameře.

Snímač CCD se skládá z jednotlivých buněk (pixelů) citlivých na světlo. Buňka je v zásadě kondenzátor. Dopadne-li na ni světlo, vytvoří se v ní náboj, jehož velikost je přímo úměrná intenzitě tohoto světla. Tento náboj je „svázaný“ (odtud název nábojově vázaný prvek, v angličtině charge-coupled device (CCD)) s externím obvodem prostřednictvím náboje ostatních kondenzátorů. Externí obvod pak vysílá řadu napěťových signálů úměrných velikosti nábojů. Mikroprocesor pak obvykle tuto řadu podle hodnoty napětí převádí zpět na údaje o intenzitě dopadajícího světla.

V digitálních fotoaparátech je obvykle přes snímač CCD umístěna tzv. Bayerova maska. Každý čtverec masky tvořený čtyřmi buňkami má jeden filtr červený, jeden modrý a dva zelené. Lidské oko je totiž na zelenou barvu

citlivější než na ostatní dvě. Důsledkem toho je, že informace o jasu se zaznamenává v každé buňce, ale rozlišení barev je nižší než rozlišení jasu.

Sítnice lidského oka funguje velmi podobným způsobem. Jsou-li světelné paprsky soustředěny na receptory sítnice, dojde k hyperpolarizaci jejich membrán, při které vzroste jejich potenciál (napětí). Membránový potenciál neuronu v klidu je obvykle asi -70 milivoltů. Potenciál může vzrůst na maximální hodnotu asi -55 mV. Receptor, v němž proběhla hyperpolarizace (tyčinka nebo čípek) pak vyvolá excitaci bipolárního neuronu, který se nachází přímo pod ním, a ten následně excituje retinální gangliovou buňku. Ta přenáší elektrický impuls do mozku prostřednictvím zrakového nervu. (Pamatujte prosím, že tento popis podává pouze zjednodušený přehled skutečného děje, v němž je zapojeno několik vrstev neuronů.)

Samotné „zpracování obrazu“ probíhá v mozku. Konkrétně se tak děje v týlních lalocích mozku, v poli mozkové kůry sloužícím ke zpracování zrakových informací. Obraz z pravého oka se zpracovává na levé straně mozku a obraz z levého v pravé části mozku. Přestože je skutečný obraz promítnutý na sítnici oka převrácený, obraz, který vnímáme, má správnou orientaci.

Prostorové vidění

Lidé, a několik dalších živočišných druhů, jsou vybaveni prostorovým viděním, což znamená, že jeden a tentýž předmět mohou pozorovat oběma očima. Obě oči jsou umístěny v téže rovině na přední straně lebky. Liší se tím např. od ryb, jejichž oči leží po stranách hlavy, a přinášejí tak do mozku rozdílné obrazy. Jedním z důsledků prostorového vidění je vnímání hloubky prostoru a polohy předmětů. Lze to ověřit jednoduchým způsobem: před oči si nastavíte vlastní prst a poté zaostříte pohled na nějaký předmět za ním. Nyní budete střídavě, a poměrně rychle, zavírat oči, přičemž pohled budete nadále upírat na předmět za prstem. Uvidíte, že se poloha prstu zdánlivě mění, přestože předmět zůstává na jednom místě. Při pohledu člověka na předmět se oči otočí k sobě tak, aby se předmět zobrazoval ve středu sítnice obou očí. Ostatní předměty v okolí pozorovaného předmětu se zdánlivě vzhledem k němu posouvají (v tomto případě se posouvá váš prst).

Čočka lidského oka a její vlastnosti

Lomivost čočky lidského oka v jejím přirozeném prostředí je asi 18 dioptrií, což činí asi jednu třetinu celkové lomivosti oka. Index lomu čočky lidského oka je v rozmezí 1,38 – 1,40. Zvláštní vlastností této čočky je, že dokáže měnit svůj tvar, a tedy ohniskovou vzdálenost. Díky tomu dokážeme zaostřit pohled na různé předměty. Akomodace je reflexivní, ale lze ji řídit i vědomě. Lidé i jiní savci, a současně i ptáci a plazi, dokážou měnit optickou mohutnost oka změnou tvaru čočky pomocí *ciliárních svalů*. Člověk tak dokáže tímto způsobem dosáhnout změny mohutnosti až o 15 dioptrií. Ryby a obojživelníci mění optickou mohutnost svých čoček tak, že jejich svaly mění vzdálenost mezi pevnou čočkou a sítnicí.

Oko mladého člověka dokáže přeostrit z velké vzdálenosti na předmět ležící 7 cm od oka během 350 milisekund. Těto zásadní změny optické mohutnosti oka o velikosti asi 12 dioptrií (jedna dioptrie odpovídá převrácené hodnotě ohniskové vzdálenosti) se dosáhne stahem ciliárních svalů. Tato schopnost rychle měnit ohnisko oční čočky s věkem upadá.

Možné dotazy žáků

Jak funguje digitální fotoaparát?

Klasické fotoaparáty zachycují obraz na film. Fotografický film obvykle obsahuje světlocitlivý halogenid stříbra. Digitální fotoaparáty snímají obraz na pole světlocitlivých snímačů. Tyto snímače jsou citlivé na intenzitu dopadajícího světla a tento údaj předávají ve formě číslicového údaje o červené, zelené a modré barvě, tedy ve formě nezpracovaných dat. Snímače se vyskytují ve dvou hlavních provedeních: nábojově vázané prvky (charge-coupled device – CCD) a čipy s komplementárními oxidy kovů a polovodičů (complementary metal-oxide semiconductor – CMOS). Klasické fotoaparáty mohou fungovat bez elektrické energie, ale digitální potřebují pro zpracování a uložení obrazu propojení s procesorem.

Kapitola 2 | Ohnisková vzdálenost

Doporučený program hodiny

Žáci se dovědí, jakým způsobem oko soustřeďuje světlo a seznámí se s principem akomodace.

Časy v minutách	Činnost	Materiál
0-5	Navázání na předcházející diskusi	
10-20	Pokus s ohniskovou vzdáleností oka	WS04.2
20-30	Diskuse výsledků v rámci třídy	
30-40	Skupinový úkol: Pokus s ohniskovou vzdáleností	3 optické čočky (s ohniskovými vzdálenostmi 30 mm a 150 mm) Jednotka se světelnou diodou LED <i>Souprava pomůcek neobsahuje:</i> Stínítko Měřítka

Popis doporučené vyučovací hodiny

Řekněte žákům, že v návaznosti na diskusi z předchozí vyučovací hodiny si dnes ukážete, jak v lidském oku a ve fotoaparátu probíhá soustředění světla a budete měřit ohniskovou vzdálenost svých očí.

Ohnisková vzdálenost mého oka:

Požádejte žáky, aby si přečetli otázku 1) na pracovním listu WS4.2 a ve skupinkách po dvou nebo třech provedli příslušný pokus. Při práci podle oddílu, podle něhož se má měřit vzdálenost mezi jejich prstem a okem, by si měli navzájem pomoci s měřením. U poslední otázky („Je tato vzdálenost u každého ve třídě stejná?“) sepište výsledky všech skupin na tabuli a požádejte žáky, aby provedli jejich srovnání. Pokud se jejich výsledky liší, nechte je porovnat si navzájem postupy, které použili, a pokusit se odhalit příčinu odlišnosti.

Na pracovním listu je už uvedena zobrazovací rovnice tenké čočky ve formě, do které stačí doplnit změřené vzdálenosti a vypočítat ohniskovou vzdálenost oka.

Až žáci dokončí úkoly této části, požádejte je, aby ve skupinách o 2 – 3 členech pokračovali v práci a přečetli si úkoly 2) a 3). Dbejte na to, aby na čočku umístili stínítko do vzdálenosti větší, než je ohnisková vzdálenost čočky (150 mm) a aby toto stínítko bylo pevné. Až změří první vzdálenost, dohlédněte, aby se po výměně čočky za novou s optickou vzdáleností +30 mm nezměnila původní vzdálenost mezi čočkou a stínítkem.

Diskuse výsledků:

Bod 4) prodiskutujte se žáky. Zeptejte se jich, jaké měli výsledky, a jak postupovali. Po tomto pokusu mohou diskutovat o těch vlastnostech čočky, které souvisejí se zaostřením na blízké a vzdálené předměty. Pravděpodobně řeknou, že při delší ohniskové vzdálenosti čočka lépe ostří na vzdálené předměty, a naopak.

Požádejte žáky, aby si čočky důkladně prohlédli a řekli něco k jejich tvaru. Pravděpodobně si všimnou, že čočka s ohniskovou vzdáleností 30 mm je zaoblenější, kdežto druhá je plošší. Poté se žáků zeptejte, jakým jiným způsobem lze zaostřit na předmět, nezmění-li se čočka. Vedte je k poznatku, že existují dvě cesty: změnit čočku nebo vzdálenost mezi čočkou a stínítkem. V případě lidského oka se může měnit pouze tvar čočky, a právě k tomu v lidském oku dochází.

U části 5) budou žáci používat zobrazovací rovnici tenké čočky. Měli by porozumět tomu, že ohnisková vzdálenost a vzdálenost mezi rohovkou a sítnicí jsou neměnné. Tyto vzdálenosti jsou uvedeny na předcházející stránce. Části 6) a 7) lze použít volitelně, podle toho, zda jste už probírali schémata chodu paprsků.

Volitelné: U částí 6) a 7) by žáci měli nakreslit předmět a stínítko (které bude představovat sítnici) a nejprve se rozhodnout, kde se obraz tvoří při jednotlivých vadách (před sítnicí nebo za sítnicí). Pak, podle toho, zda je potřeba obraz přenést dopředu nebo posunout dozadu tak, aby dopadal na stínítko, by měli rozhodnout, která čočka je zapotřebí.

Všeobecné základy

Kapalinové čočky

Akomodace je natolik užitečný proces, že by umožnil výrazně zmenšit a zpřesnit některá zařízení, např. fotoaparáty. Složitě optické přístroje tradičně obsahují několik čoček o pevných ohniskových vzdálenostech. Intenzivní výzkum vedl k vytvoření „kapalinových čoček“, které dokážou měnit svůj tvar a ohniskovou vzdálenost podle potřeby. Taková čočka může nabýt podoby spojně i rozptylné čočky a zajišťovat všechny hlavní optické funkce, počínaje automatickým ostřením a stabilizací obrazu. Na principu tzv. elektrosmáčení (v angličtině electrowetting) pak průhledné a opticky bezvadné kapaliny vytvářejí čočku, jež v reálném čase dokáže měnit své parametry. Smáčivost je schopnost povrchu pokryt se vrstvou kapaliny či schopnost kapaliny zůstat v kontaktu s pevným povrchem a je dána kombinací různých sil. Elektrosmáčivost je metoda, pomocí které lze upravit smáčivost kapaliny aplikací elektrického pole.

Hlavní výhodou použití kapalinových čoček oproti skleněným nebo plastovým je velký rozsah ohniskových vzdáleností, kterého mohou dosahovat. Mezi další patří jejich odolnost a nárazuvzdornost a rychlost, s níž dokážou své vlastnosti měnit (v řádu milisekund). Díky jejich variabilitě lze do jediného těla objektivu umístit několik kapalinových čoček, které budou výrazně menší než současné čočky fotoaparátů.

Technologie kapalinových čoček už v současné době proniká do chytrých telefonů, fotoaparátů a zobrazovacích metod. Řada jejich aplikací však stále ještě čeká na své prozkoumání.

Možné dotazy žáků

Jak fungují kontaktní čočky?

Kontaktní čočky se obvykle umísťují na rohovku oka a pomáhají korigovat vady zraku. První čočky tohoto druhu, jakožto náhrada brýlí, byly vyrobeny ze skla. Dráždily však oči a nebyly vhodné pro dlouhodobé nošení. Sklo pak nahradil polymethylmethakrylát (PMMA). Tyto čočky byly mnohem pohodlnější, ale nepropouštěly k rohovce kyslík. Další výzkum vedl ke vzniku tuhých, ale pro plyn prostupných materiálů na kontaktní čočky. Všechny tyto čočky však byly dosud „tvrdé“.

Hlavní průlom v podobě měkkých kontaktních čoček přišel s uvedením prvních hydrogelových čoček na trh v některých zemích 60. letech 20. století a se schválením materiálu Soflens (polymacon) americkým Úřadem pro kontrolu potravin a léčiv (FDA) v roce 1971. Měkké čočky jsou pohodlné okamžitě, kdežto tuhé čočky potřebují určitou dobu na přizpůsobení. Polymery, ze kterých se měkké čočky vyrábějí, se za posledních 25 let zlepšily. To platí zejména pro zvýšení propustnosti pro kyslík, které se dosáhlo změnou přísad, které polymer tvoří.