

Poznámky pro učitele

k modulu 3

Čočky a dalekohledy

Optická čočka je základní součástka optických systémů. Pochopení její funkce není zcela triviální. Čočky mají široké spektrum použití. Může to být např. v dalekohledech, kterými pozorujeme nebeská tělesa. V tomto modulu budou žáci pracovat s optickými čočkami a sami odhalí zajímavé fyzikální jevy.

Shrnutí: Žáci se naučí, jak vyduté a vypuklé čočky soustřeďují paprsky. Sami také postaví Galileův i Keplerův dalekohled pro pozorování vzdálených předmětů.

Modul obsahuje jeden pracovní list:

- Dráha světla

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

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

Předchozí znalosti studentů:

- Základní vědomosti o optických čočkách
- Vyduté a vypuklé čočky

Co se studenti naučí:

- Jak různé typy čoček soustřeďují světlo
- Fyzikální pojem ohniska
- Rozdíl mezi skutečnými a zdánlivými obrazy
- Jak sestavit dva typy dalekohledu
- Jak zjistit zvětšení dalekohledu
- Obsah pojmu zorné pole

Rozvíjené dovednosti:

- Schopnost práce v týmu
- Práce s čočkami a schémata chodu paprsků
- Stavba vlastních experimentálních sestav a souvislost mezi pozorováním a teorií

Tento modul obsahuje:

- 1 pracovní list
- 1 studijní list

Kapitola 1 | Dráha světla

Doporučený program hodiny

Žáci se naučí, jak a do kterých bodů vyduté a vypuklé čočky soustřeďují paprsky. Seznámí se také se skutečnými a zdánlivými obrazy.

Časy v minutách	Činnost	Materiál
0-20	Skupinový úkol: Zjistit, jak různé optické čočky soustřeďují paprsky a prozkoumat vlastnosti obrazu. Vytvořit a vyplnit tabulku. Rozpracovat bod 2)	3 optické čočky (s ohniskovými vzdálenostmi +30 mm, -30 mm a 150 mm) Jednotka se světelnou diodou LED <i>Součástí vybavení není</i> Pozorovaný předmět, např. víčko od lahve nebo obličej nakreslený na papíru
20-35	Postavit Galileův a Keplerův dalekohled	
35-40	Diskuse výsledků v rámci třídy	
Domácí úkol	Žádný	

Popis doporučené vyučovací hodiny

Na začátku hodiny nechte žáky prozkoumat čočky na vlastní pěst. Požádejte je, aby své poznatky zapisovali do stejné tabulky, jako je tabulka na pracovním listu. Hlavním cílem je, aby dokázali obrazy z čoček *kvalitativně* analyzovat. Bylo by nejlépe, kdyby žáci v tomto pokusu použili předmět, který má na první pohled zjevnou orientaci. Měli by totiž snadno rozpoznat, kdy bude jeho obraz převrácený. Mohou to být např. víčka od limonád s nápisem nebo obličej nakreslený na papíru.

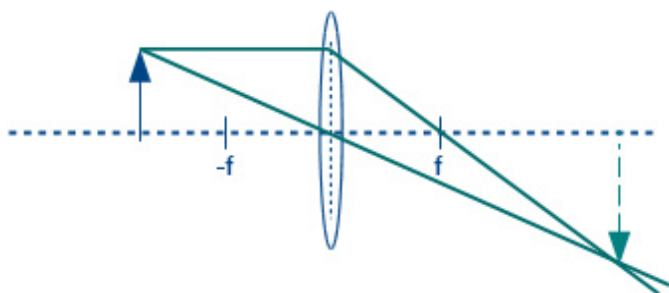
Po tomto pokusu by žáci měli být schopni shrnout vlastnosti každé čočky formou níže uvedené tabulky, tedy uvést, zda má výsledný obraz správný směr nebo zda je převrácený, zda je zvětšený či zmenšený, apod.

Typ čočky	Ohnisková vzdálenost	Poloha předmětu	Vzdálenost obrazu	Orientace obrazu	Velikost obrazu
dvojvypuklá	+30 mm				
dvojvypuklá	+150 mm				
dvojdutá	-30 mm				

Žáci by měli také prozkoumat význam ohniskové vzdálenosti a ohniska, aby pochopili, co se s obrazem děje, když se předmět umístí do ohniska, poblíž něho anebo do velké vzdálenosti od něj. Po tomto úkolu by žáci mohli mít následující dvě otázky: co se stane, když bude předmět velmi blízko rozptylné čočky a proč je obraz předmětu výškově převrácený, když je předmět velmi blízko spojně čočky. Ponechte tyto otázky na pozdější diskusi a řekněte žákům, aby zpracovali následující část úkolů, ve které mohou přijít na odpověď sami.

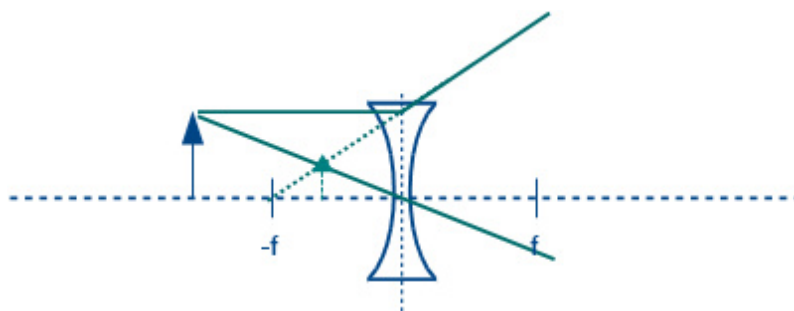
Skutečné a zdánlivé obrazy

V otázce 2 pracují žáci s dvojdutou a dvojbypuklou čočkou. Cílem je, aby zjistili, že dokáží na stínítku vytvořit ostrý obraz pomocí té první, ale nikoli prostřednictvím druhé. V bodu 3) se jim dostane vysvětlení co je skutečný a co zdánlivý obraz. Pochopení těchto pojmů jim můžete usnadnit pomocí schémat chodu paprsků. Níže jsou uvedeny dva příklady

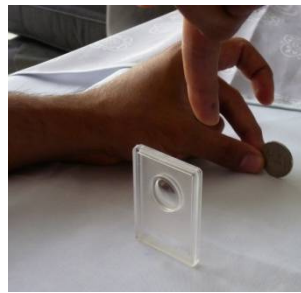
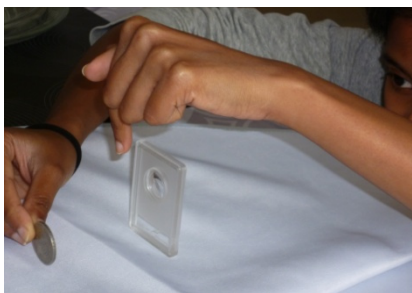


Dvojbypuklá čočka vytváří zvětšený skutečný obraz předmětu, je-li předmět umístěn ve vzdálenosti větší než f od čočky. Tento typ obrazu je na stínítku viditelný

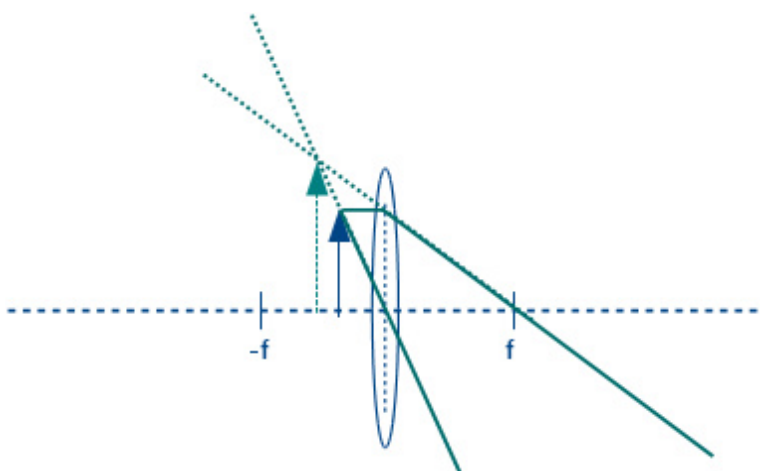
Dvojdutá čočka vytváří zmenšený zdánlivý obraz předmětu, je-li předmět umístěn ve vzdálenosti větší než f od čočky. Tento typ obrazu na stínítku viditelný není. Dráhy světelných paprsků se sbíhají před čočkou a zdánlivě z tohoto bodu vycházejí.



Zbude-li čas, můžete třídu předvést pro osvětlení tohoto jevu jednoduchý pokus. Umístěte čočku s ohniskovou vzdáleností -30 mm na stůl. Přidržte za čočkou malý předmět ve vzdálenost větší než 30 mm. Vyzvěte některého žáka, aby se na předmět podíval přes čočku oběma očima. Pak ho požádejte, aby nad předmět umístil svůj prst, přičemž musí stále sledovat předmět skrze čočku. Důležité je, aby se žák na svůj prst nedíval přes čočku. Prst by měl být těsně nad čočkou. Požádejte jej, aby řekl „ted“ a jeho prst přidržíte na místě. Vyzvěte ho, aby se zpoza čočky podíval na prst nad předmětem. Pokud jste postupovali správně, žákův prst by měl vždy být mezi čočkou a předmětem. *V tomto místě se nachází zdánlivý obraz.*



V oddílu 4) žáci pracují s dvojbypuklou čočkou. Měli by zjistit, že když se předmět umístí před ohnisko (< 30 mm od čočky) nebude na stínítku vidět ostrý obraz. Paprsky se rozbíhají, jak ukazuje následující schéma chodu paprsků, a vzniká zdánlivý obraz.



Galileův a Keplerův dalekohled

S tímto oddílem pracovního listu mohou žáci pracovat několika způsoby. Nabízejí se dvě možnosti:

1) Galileovy i Keplerovy osudy zahrnují mnoho zajímavých historických skutečností, jimiž lze osvěžit výklad v hodině. Žáci by se dověděli, proč bylo potřeba daný problém vyřešit a co jeho řešení v tomto období dějin přineslo. *Pokud je času málo*, můžete žáky rozdělit na Galileovu a Keplerovu skupinu a nechat každou z nich pracovat na jednom typu dalekohledu. Jakmile skupiny své dalekohledy vytvoří, měly by druhé skupině ukázat, jak jejich dalekohled funguje, a oba typy porovnat. Žáci by měli také probrat otázku, k čemu může být každý z těchto dalekohledů vhodný.

2) Rozdělte třídu do skupin po 2-3 žácích a nechte je společně pracovat na bodech 5-7 z listu WS 3.1 tak, aby vytvořili oba konstrukční typy dalekohledů. Pak může proběhnout volná diskuse, při které budete zapisovat vlastnosti obou typů dalekohledu na tabuli.

POZNÁMKA: Pamatujte, že při úkolech z tohoto oddílu se žáci musejí zaměřit na vzdálený předmět (který bude nejméně 5-6 metrů daleko). V optimálním případě by měli z okna pozorovat vzdálenou budovu. Jestliže tuto možnost nemáte, pověste na vzdálenější stěnu třídy plakát, který budou žáci moci pozorovat. Na plakátu by měly být i texty nebo písmena, aby se snadno poznala orientace obrazu.

V oddílu 5) budou žáci probírat, zda je možné vytvořit dalekohled pouze s jedinou čočkou. Zde může vyvstat otázka, zda patří mezi dalekohledy i lupa, protože i ona tvoří zvětšený obraz předmětů. Lupa je dvojbypuklá čočka, která dává zvětšený obraz předmětů, jež leží přibližně ve vzdálenosti ohniska. Dalekohled se naproti tomu skládá nejméně ze dvou čoček a poskytuje zvětšený obraz velmi vzdálených předmětů. Proto je k jeho vytvoření zapotřebí nejméně dvou čoček.

V oddílu 6) žáci postaví *Galileův dalekohled*. Žáci by měli poznat, že kombinace těchto čoček nabízí menší zorné pole (vidí menší plochu), a obraz je správně výškově orientovaný. Vzdálenost čoček je v Galileově uspořádání *součtem jejich ohniskových vzdáleností, tedy asi 120 mm*.

V oddílu 7) žáci postaví *Keplerův dalekohled*. Ten nabízí větší zorné pole, ale s převráceným obrazem. Vzdálenost čoček, která zajistí ostrý obraz, je opět součtem jejich ohniskových vzdáleností, tedy asi 180 mm.

V oddílu 8) budou žáci pomocí vzorce, který dostanou, počítat zvětšení svého dalekohledu. Měli by zjistit, že obě konstrukce dalekohledu mají totéž zvětšení, ale u Keplerova dalekohledu je záporné znaménko. To udává orientaci obrazu, a Keplerův dalekohled tedy dává převrácený obraz.

Všeobecné základy

Zajímavá historická fakta: Galileo a Kepler

Galileovo celé jméno bylo Galileo di Vincenzo Bonaiuti de' Galilei. Narodil se v italské Pise v roce 1564 a stal se proslulým fyzikem, matematikem, astronomem a filosofem, který sehrál hlavní úlohu v takzvané vědecké revoluci. V roce 1589 se stal profesorem matematiky v Pise. V roce 1592 přešel na univerzitu v Padově a až do roku 1610 tam učil geometrii, mechaniku a astronomii. V tomto období také učinil zásadní objevy v oblasti teoretické vědy (např. v kinematice a astronomii) i ve vědě aplikované (např. pevnost materiálů, zlepšení konstrukce dalekohledu). Jeho mnohostranné zájmy zahrnovaly i astrologii, která byla v té době spjata s matematikou a astronomií. Pravděpodobně jeho nejznámější snahou je podpora heliocentrického názoru, podle něhož je středem vesmíru Slunce, a nikoli Země.

V roce 1609 Galileo podstatně vylepšil první vezi dalekohledu, jež o rok dříve představil Hans Lippershey. Galileo stavěl dalekohledy s trojnásobným až třicetnásobným zvětšením. Po určitou dobu byl jediným, kdo dokázal zkonstruovat dostatečně silný dalekohled pro pozorování nebeských těles na noční obloze. Roku 1610 pozoroval Galileo tři ze čtyř Jupiterových měsíců a vyvolal tak převrat v tehdejší astronomii. Výsledky jeho pozorování byly v rozporu s teorií, že všechna nebeská tělesa obíhají kolem Země. Galileo tyto družice pozoroval i nadále po dobu osmnácti měsíců a v polovině roku 1611 již měl pozoruhodně přesné odhady jejich doby oběhu – což by výkon, který Kepler považoval za nemožný.

Galileo, mimo jiné úspěchy, byl také první, kdo pozoroval fáze Venuše, což spolu se sledováním oběhu měsíců výrazně přispělo k odvratu od geocentrismu (podle něhož je středem vesmíru Země) a přechodu k heliocentrické světové soustavě.

Johannes Kepler, který se narodil roku 1571, byl německý matematik, astronom a astrolog. Jako ústřední postava tzv. vědecké revoluce 17. století je asi nejznámější díky svým zákonům pohybu planet. Kepler žil v době, kdy se v podstatě nerozlišovalo mezi astronomií a astrologií, ale mezi astronomií a fyzikou byl výrazný předěl. Kepler do svých prací také zapojoval náboženské úvahy a argumenty. Miloval astronomii a jako šestileté dítě měl možnost pozorovat roku 1577 velkou kometu a v devíti letech i zatmění Měsíce.

Kepler začal v roce 1601 pracovat pro Tychona de Brahe. Kepler pak byl jmenován jeho následníkem ve funkci císařského matematika, v níž strávil 11 let. Intenzivně pracoval na prvních teoriích o příčině zatmění, na zákonu o nepřímé úměře veličiny kvadrátu vzdálenosti, kterým se řídí intenzita světla, na odrazu od plochých a zakřivených zrcadel a na základech dírkové kamery.

Systematicky studoval supernovu objevenou roku 1604 a v návaznosti na práce Tychona de Brahe vytvořil dnešní známé tři zákony pohybu planet:

- Planety obíhají po elipsách kolem Slunce, které se nachází v jednom ohnisku elipsy.
- Průvodič planety (proměnná úsečka spojující planetu a slunce) vymezení za stejné časové úseky stejné plochy. [1]
- Druhá mocnina oběžné doby planety je přímo úměrná třetí mocnině velké poloosy její dráhy.

Když se dověděl o Galileově pozorování těles pomocí dalekohledů, pracoval rovněž s dalekohledy a objevil, že při použití dvou spojných čoček získá větší zvětšení než u Galileova dalekohledu.

Zrcadlové dalekohledy

Zrcadlové dalekohledy (zvané také reflektory) jsou optické dalekohledy, jejichž konstrukce využívá kombinaci zakřivených zrcadel – nebo jen jediné zrcadlo – k odrazu světla a tvorbě obrazu. Zrcadlový dalekohled byl vynalezen v 17. století jako alternativa k čočkovým dalekohledům, jejichž konstrukce v té době vykazovala silnou barevnou vadu. Přestože zrcadlové dalekohledy trpí i jinými optickými vadami, jejich konstrukce umožňuje použití velmi velkých objektivů. Velký objektiv čočkového dalekohledu vyžaduje přesně broušenou čočku, kdežto u zrcadlové konstrukce stačí jednodušší proces leštění zrcadla. Téměř všechny hlavní typy dalekohledů používané v astronomickém výzkumu jsou reflektory. Isaaku Newtonovi se obvykle připisuje autorství prvního zrcadlového dalekohledu postaveného v roce 1668. Tento dalekohled měl kulovitě broušené kovové primární zrcadlo a v Newtonově optické konfiguraci malé diagonální zrcadlo.

Primární zrcadlo soustřeďuje paprsky do bodu umístěného před jeho odrazivým povrchem. Téměř všechny zrcadlové dalekohledy proto mají v blízkosti ohniska umístěno sekundární zrcadlo, držák filmu nebo detektor. Vlivem toho je primární zrcadlo částečně zastíněno. Tím jednak klesá množství světla, které může systém zachytit a jednak dochází ke zhoršování kontrastu obrazu vinou difrakčních jevů.

Použitím zrcadel se lze vyhnout barevné vadě, ale jejich vlivem vznikají jiné typy vad. Jednoduché kulovité zrcadlo nemůže soustředit světlo ze vzdáleného předmětu do jediného ohniska, protože paprsky, jež dopadnou na zrcadlo blízko jeho okraje, se nesbíhají s těmi, které se odrážejí poblíž středu zrcadla. Tato nedokonalost se nazývá sférická vada. Aby k ní nedocházelo, je ve většině zrcadlových dalekohledů použito parabolických zrcadel, neboť jejich tvar umožňuje soustředit veškeré světlo v jediném ohnisku. Parabolická zrcadla jsou vhodná pro pozorování předmětů poblíž středu obrazu, kde jsou světelné paprsky rovnoběžné s optickou osou. V blízkosti okrajů zorného pole však obraz trpí vadami zobrazení předmětů mimo optickou osu.

Možné dotazy žáků

Kolik čoček mívají dalekohledy a proč?

Žádná skutečná čočka není dokonalá. Obraz dalekohledu se dvěma čočkami trpí několika problémy. Obraz je např. zakřivený a poznamenaný barevnou vadou, neboť ohyb světla na čočce závisí na vlnové délce světla čili jeho frekvenci, a dalekohled lze tedy zaostřit pouze ve středu okuláru. (Čím vyšší je frekvence, tím intenzivnější je ohyb paprsků dané barvy. Proto se předměty, od nichž vychází světlo různých barev, nezobrazí ve spektru elektromagnetického záření ostře v jediném ohnisku.) Několik takových problémů se podařilo vyřešit zlepšením okuláru a osazením většího počtu okulárových čoček. Dnešní dalekohledy mají korekci jasu, barvy, kontrastu a kvality obrazu a jsou rovněž přenosné.