

SVĚTLO

Soubor námětů pro motivační pokusy v přírodovědě

Zdeněk Drozd, Dana Mandíková



Pokusy v přírodovědě na 1. stupni základní školy

Téma 4: Světlo

Pokusy se světlem

Světlo odedávna přitahovalo pozornost lidí. Vždyť většinu informací o světě kolem nás získáváme zrakem. A když nahlédneme do nejstarších knih...

„Zrak, podle mého soudu jest nám příčinou největšího prospěchu, protože z nynějších výkladů o všehomíru by nebylo mohlo býti proneseno nic, kdybychom nebyli viděli ani hvězd, ani Slunce, ani oblohy. Takto však vidíme den a noc, měsíce a kruhové dráhy roků, rovnodennosti i obraty Slunce: to jest příčinou čísla a dalo nám pojem času i podnět ke zkoumání přírody...“

Platón, *Timaios*

„Celý běh našeho života závisí na našich smyslech, z nichž zrak je smyslem nejuniverzálnějším a nejvznešenějším, a není pochyb, že vynálezy sloužící k jeho posílení jsou ze všech nejužitečnější. Stěží lze nalézt jiný vynález, který by tento smysl umocňoval více než podivuhodné dalekohledy a mikroskopy, které ač používány teprve nedlouho, nám už odhalily nové hvězdy na nebi a další nové objekty na Zemi, a to ve větším počtu, než jsme kdy mohli dříve vidět: takže prodloužením našeho vidění na větší vzdálenosti, než si dokázali naši otcové představit, zdají se dalekohledy otevírat nám cestu vedoucí k poznání Přírody daleko většímu a dokonalejšímu, než měli oni.“

René Descartes: *Dioptrika*

Na počátku stvořil Bůh nebe a zemi. Země byla pustá a prázdná a nad propastnou tůňí byla tma ...

I řekl Bůh: „Bud' světlo!“ A bylo světlo. Viděl, že světlo je dobré ...

Genesis, První kniha Mojžíšova

Pojďme tedy zkoumat světlo.

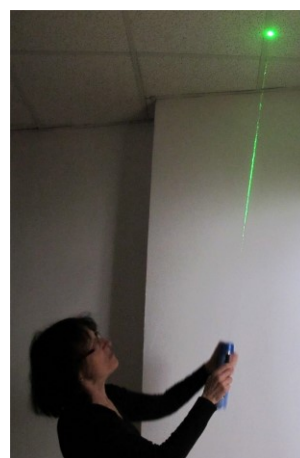
• Je světlo vidět?

Pomůcky: laserové ukazovátko, sprej na osvěžování vzduchu nebo nějaký podobný (nutno předem vyzkoušet)

Provedení pokusu: Laserovým ukazovátkem posvítíme na strop (aspoň trochu přitom zatemníme místnost). Všimáme si, jestli je vidět světlo, které z ukazovátka vychází. Pokud ve vzduchu není zvýšený obsah prachu, vidíme pouze světlou stopu na stropě, kam svítíme. Světlo mezi laserem a stropem vidět není.

Nyní do prostoru mezi zdroj světla a strop stříkneme osvěžovačem vzduchu. Nad laserovým ukazovátkem se objeví „svítící provázek“ jdoucí ke stropu.

Otázky pro žáky: Je vidět světlo? (Není. Světlo nevidíme, vidíme ale osvětlené předměty.) Proč vidíme okolní předměty? (Dopadá na ně světlo – sluneční, z lampy, ... a odráží se od nich do našich očí.)



Vysvětlení pokusu: Světlo nevidíme, i když se mu ve fyzice říká „viditelné světlo“. Vidíme ale předměty, od nichž se světlo odráží do našich očí. Pokud svítíme do čistého vzduchu, vidíme osvětlený strop, zdi apod., ale ve vzduchu samotném nic vidět není. Poté, co nad ukazovátko stříkneme osvěžovačem vzduchu, dostanou se tam drobné částičky, které odrážejí světlo a zviditelníme tak prostor, kterým světlo prochází.

Metodické poznámky: Při práci s laserovým ukazovátkem buďte opatrní, abyste někomu neposvítili do oka (je to velmi nebezpečné). Je zapotřebí vyzkoušet, jakým sprejem do vzduchu stříkat. Lepší, než sprej, je cigaretový kouř. Ten ale při výuce nemůžeme používat. Případně lze vyklepat hadr od křídý či prachovku. Pokus se lépe vydaří v zatemněné místnosti.

Pobavte se s dětmi o tom, proč vidíme okolní předměty. Některé děti o tom mají chybné představy. Domnívají se například, že z našich očí vycházejí „zrakové“ paprsky a těmi si „ohmatáváme“ okolní předměty.

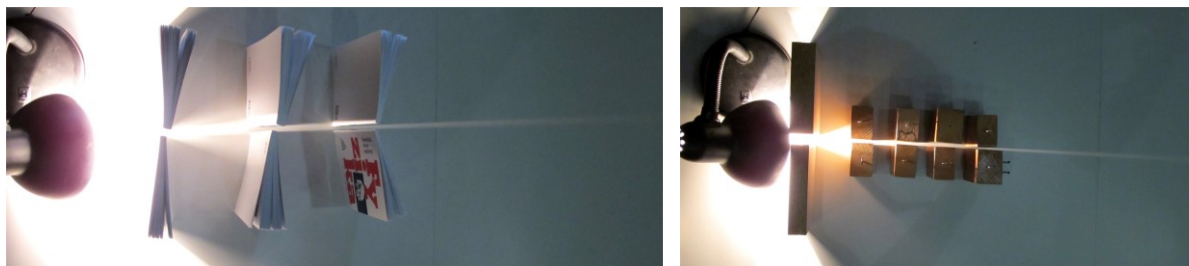
JAK SE SVĚTLO ŠÍŘÍ

• Stopování světla

Pomůcky: svíčka (+ zápalky), lampička, baterka popřípadě jiný vhodný zdroj světla, knížky, destičky, kartonové obdélníky apod.

Provedení pokusu: Rozsvítíme svíčku, nebo lampičku apod. a zeptáme se dětí, kudy a jak asi „cestuje“ světlo, když se šíří ze zdroje světla na dané místo. Necháme děti, aby vymyslely, jak své nápady ověřit.

Děti pravděpodobně napadne, že světlo se šíří „rovně“. Když posvítí na knížku, destičku apod., uvidí rovné hranice stínu. Nejjednodušším způsobem „stopování“ světla je postavit mu do cesty překážky s otvory a seřadit tyto otvory za sebe tak, aby jimi světlo prošlo. Těmito otvory mohou být díry vystřižené v listech papíru, nebo je děti mohou vytvořit z dvojic knížek postavených tak, aby vytvářely jakási dvířka - úzké šterbiny. Když na řadu takovýchto šterbin posvítíme lampičkou, baterkou, nebo třeba svíčkou, vidíme, že jimi světlo projde tehdy, když jsou v jedné přímce za sebou. Správně rozestavenými šterbinami můžeme protáhnout provázek a vidíme, že je přímý. Světlo se tedy šíří přímočaře.



Otázky pro žáky: Všimli jste si někdy něčeho, co by napovídalo, že světlo se šíří přímočaře? (Např. tvar hranic stínů předmětů, světlo baterky v zaprášené místnosti, okraje světelných kuželů od světlometů automobilů v mlze apod.)

Vysvětlení pokusu: Vysvětlit přímočarost šíření světla není snadné a určitě nemá smysl se pokoušet vysvětlit tento jev dětem. Můžeme ale vycházet z každodenní zkušenosti a uvést některé situace, které by nastaly, kdyby světlo nějak zatáčelo. (Viděli bychom např. skrz zahnutou hadici.)

Metodická poznámka: Světlo se šíří přímočaře pouze v tzv. homogenním (stejnorodém) prostředí – třeba ve vzduchu ve třídě. To, že prostředí je homogenní znamená, že je všude stejné, má všude stejnou hustotu, teplotu apod. Mohou nastat případy, kdy se světlo přímočaře nešíří – např. při průchodu vodní hladinou se láme (pokud dopadlo na hladinu šikmo), nad rozpálenou silnicí za horkého letního dne se světlo nešíří přímočaře (mění se teplota vzduchu nad silnicí, těsně nad ní je horký, pak teplota klesá), sluneční světlo při průchodu zemskou atmosférou se nešíří přímočaře. Naše zkoumání šíření světla se ale týkalo situace, kdy se světlo přímočaře šíří.

• Zobrazení svíčky dírkou

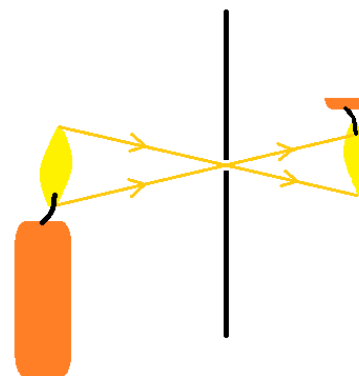
Pomůcky: list kancelářského papíru, malý hřebík, špendlík, zašpičatělá špejle apod., svíčka, zápalky

Provedení pokusu: Do papíru uděláme díрку hřebíčkem, ostrou špejlí, nebo něčím podobným (průměr zhruba 1 mm). Zapálíme svíčku, a promítneme ji pomocí dírkou v papíru na zeď tak, jak je to znázorněno na fotografii. Prohlédneme si obraz plamínku svíčky na zdi. Pokus potom zopakujeme s dírkou většího a menšího průměru.



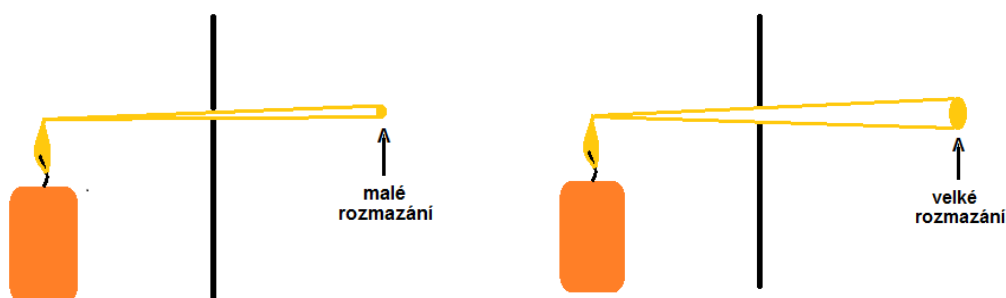
Otázka pro žáky: Proč je obraz svíčky převrácený? (Odpověď je nejlépe nakreslit podobně, jako je znázorněno na našem obrázku.)

Vysvětlení pokusu: Světlo se šíří přímočaře. Šíření světla si často znázorňujeme pomocí paprsků. Na obrázku jsou znázorněny paprsky jdoucí ze špičky plamínku svíčky a z jeho spodní části. Paprsky sice jdou od plamínku do všech stran, nás ale zajímají jenom ty, které se „trefí“ do dírkou v papíru. Ty dojdou až na zeď a v místě jejich dopadu se zobrazí bod, z něhož vyšly. Díky tomu, že se v dírci paprsky překříží, je obrázek plamínku převrácený.



Pokud pokus provádíme v zatemněné místnosti, všimneme si, že na zdi vidíme nejenom plamínek, ale i kousek „těla“ svíčky. To si vysvětlíme tak, že roztavený vosk nahoře okolo knotu trochu svítí a také z této části se tedy šíří světelné paprsky. Horní část svíčky je navíc osvětlena plamínkem a šíří se odsud odražené světlo.

Můžeme si také všimnout toho, jak vypadá obraz svíčky promítnutý malou a jak velkou dírkou. Malá dírkou vytváří ostrý, ale málo „jasný“ obraz. Velká dírkou promítneme svíčku jasněji, ale její obraz je rozmazaný. Tento jev si snadno vysvětlíme. Představme si např., jak se zobrazuje špička plamínku malou dírkou. Ze špičky neprochází dírkou jenom jeden paprsek, ale rozšiřující se svazek paprsků. Malá dírkou propustí jenom velmi úzký kužel světla a rozmazání špičky je malé. Velkou dírkou ale projde více se rozšiřující kužel světla a rozmazání je větší (světla ale projde více a obraz je „jasnější“).



Pokusy v přírodovědě na 1. stupni ZŠ (Světlo)

Metodické poznámky: Při pokusu aspoň částečně zatemněte místnost. Papír držte blízko u zdi (několik cm od ní), jas obrazu rychle klesá s rostoucí vzdáleností dírkou od zdi.

• Dírková komora

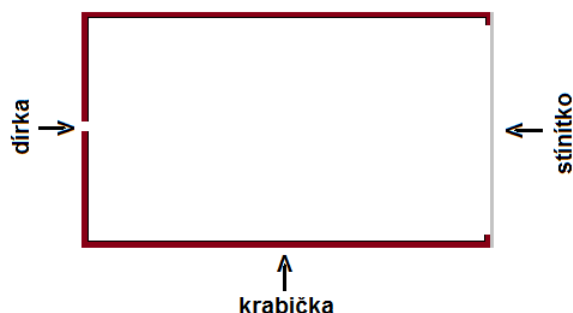
Pomůcky: papírová krabice, velký plastový kelímek, pauzák, lepidlo, důlčík (nebo malé zakulacené nůžky), špendlík, malý hřebík, matná černá barva

Provedení pokusu: Dírková komora (camera obscura) je jedním z nejjednodušších a nejstarších optických přístrojů. Vyrobit ji z jakékoli krabice, nebo např. z velkého plastového kelímku. Abychom dosáhli lepších výsledků je dobré vnitřek komory nabarvit černou matnou barvou, není to ale nutné (černá barva pohlcuje světlo, a proto výsledný obraz neruší odrazy světla od stěn komory).

Jednoduchou verzi dírkové komory vyrobíme tak, že do přední stěny komory (nebo do dna kelímku) uděláme díрку s průměrem asi 1 mm. Do stěny naproti díрке vystříhneme velký otvor (obdélníkový, čtvercový) a přelepíme ho tzv. pauzákem. Pokud vyrábíme komoru z kelímku, přelepíme pauzákem horní stranu kelímku. Tím jsme získali stínítko, na kterém budeme pozorovat obraz vytvořený dírkou.

Před díрку umístíme svítící předmět (např. zapálenou svíčku) a na zadní straně dírkové komory, tedy na stínítku z pauzáku, pozorujeme převrácený obraz pozorovaného předmětu.

Pokud chceme vyrobit složitější variantu dírkové komory, prorazíme do místa dírkou větší otvor důlčíkem. Průměr může být např. 10 mm. Před tuto díru nalepíme mechanismus pro měnění velikosti dírkou komory. Ten může vypadat např. tak, jako na fotografii. Ať už vyrobíme takovýto, nebo nějaký jiný mechanismus, můžeme vyzkoušet, jaký vliv na kvalitu obrázku má průměr použité dírkou.

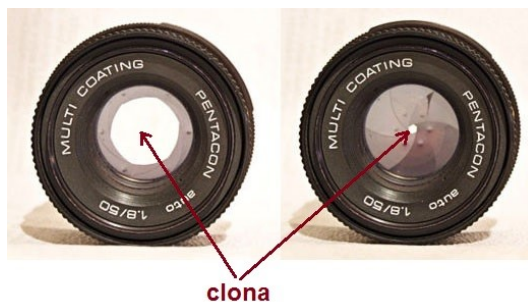


Otázka pro žáky: Znáte nějaký přístroj, ve kterém vidíte obraz věcí, které jsou před ním? (Fotoaparát. Obraz vidíme na displeji, není ale převrácený.)

Vysvětlení pokusu: Tento pokus je zdokonalenou variantou pokusu předchozího. Místo na zeď teď ale promítáme obraz na pauzák, který je součástí dírkové komory (funguje jako „obrazovka“ dírkové komory). I v tomto případě vidíme převrácený obraz pozorovaného objektu. Důvod je stejný jako u promítání dírkou na zeď (překřížení paprsků v dírce).

Metodické poznámky: Dírkovou komoru používali lidé už ve středověku a podle dochovaných záznamů ji znali dokonce už staří Číňané. Dírkové komory se tehdy vyráběly i v tak velkém provedení, že bylo možné vlézt dovnitř.

To, že malá dírka vytváří ostrý obraz, se využívá např. ve fotoaparátu. Ten má clonu, a když je fotografovaná scéna dostatečně osvětlená, můžeme si dovolit clonu hodně „přiškrtit“ (většina současných fotoaparátů to umí dělat automaticky). Naopak, když je scéna málo osvětlená, musí být clona více otevřená – fotografie je potom méně ostrá, ale není příliš „temná“. Podobný princip funguje i v oku. V šeru se rozšiřuje zornička, za světla se zužuje. (Děti to asi budou znát u oka kočky.)



JAK SE SVĚTLO ODRAŽÍ

• Hrátky se zrcátky – odraz světla

Pomůcky: zrcátka, baterka, zpětný projektor (např. Meotar apod. – není ale nutný)

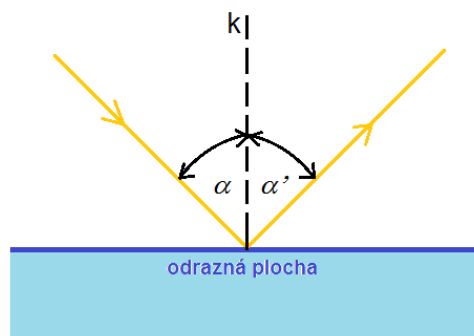
Provedení pokusu: Dětem rozdáme zrcátka a necháme je, ať si vyzkouší, jak lze pomocí zrcátek vytvářet „prasátka“ na zdi. Po chvíli pokusování se zrcátka a prasátka požádáme děti, aby se pokusily „umístit“ prasátko na místo, které určíme. Pro vytváření prasátek využijeme světlo jdoucí do místnosti oknem, nebo v případě „pošmourného počasí“ využijeme světlo zpětného projektoru, nebo výkonné baterky.

Baterka je v tom případě dobré mít více. Dalším úkolem může být vytvoření prasátka na zdi pomocí dvou zrcátek. Jedno dítě pošle prasátko na zrcátko druhého dítěte a to teprve pošle prasátko na zeď.

Otázky pro žáky: Jak musíte nastavit zrcátko, aby se prasátko objevilo tam, kde ho chcete mít? (Od dětí asi nemůžeme čekat odpověď, že úhel, pod kterým světlo dopadá na zrcátko, je stejný, jako úhel, pod kterým se světlo od zrcátka odráží. Děti ale tuto věc intuitivně vytuší a nějakým způsobem popíší. Např., že musíme zrcátko natočit k oknu stejně jako ke zdi apod.)

Vysvětlení pokusu: Vysvětlení pokusu spočívá v zákonu odrazu světla. Ten říká, že úhel dopadu je stejný jako úhel odrazu, přičemž odražený a dopadající paprsek leží v jedné rovině. Na obrázku vpravo jsou žlutě naznačeny paprsky, modře odrazná plocha a černá čárkovaná čára je tzv. kolmice dopadu, od níž se (podle dohody) měří úhel dopadu (α) a úhel odrazu (α').

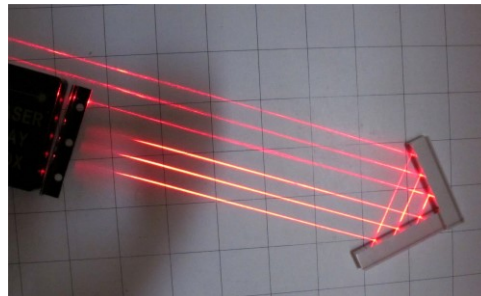
Metodická poznámka: Na obrázku je úmyslně napsáno „odrazná plocha“ a ne zrcátko. Odraz od zrcátka je totiž komplikovanější. Zrcátko je tvořeno skleněnou destičkou, která je na spodní straně pokovená. K odrazu světla dochází hlavně na této pokovené části, jen malá část světla se odráží od horní skleněné plochy.



• Koutový odražeč

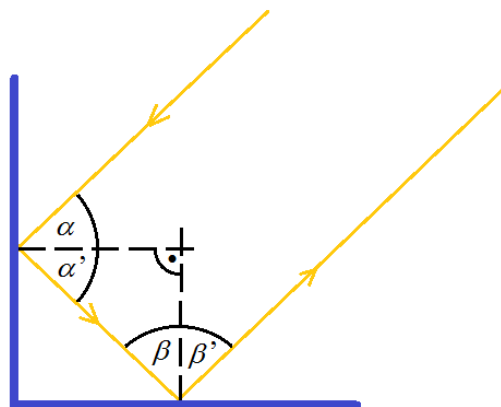
Pomůcky: dvě zrcátka, baterka, nebo jiný zdroj světla (okno v tomto případě není nejvhodnějším zdrojem světla), pokud je to možné, půjčíme si v kabinetu fyziky laserovou optickou soupravu

Provedení pokusu: Úkolem je odrazit pomocí dvou zrcátek světlo do směru, ze kterého přišlo. Navíc chceme, aby odražeč světla takto fungoval, i když měníme směr, ze kterého na něj svítíme. Tento úkol splníme tehdy, když umístíme dvě zrcátka kolmo k sobě. (Tak, jak je znázorněno na obrázku – jde o koutový odražeč modelovaný pomocí laserové soupravy.)



Otázka pro žáky: Může být zařízení, které odráží světlo zpátky tam, odkud přišlo k něčemu užitečné? (Např. při osvětlení dopravní značky ve tmě je důležité, aby se hodně světla vrátilo zpět proti autu. Řidič potom dobře značku vidí. Jiné využití malých koutových odražečů je v odrazkách na kole, v reflexních prvcích na oblečení apod.)

Vysvětlení pokusu: Funkci koutového odražeče pochopíme pomocí zákona odrazu světla. Stačí si rozmyslet, jak se světlo odráží od soustavy dvou zrcadel. Na obrázku je modře znázorněn koutový odražeč. Součet úhlů $\alpha' + \beta = 90^\circ$ (jsou to totiž dva vnitřní úhly trojúhelníku, v němž třetí úhel je pravým úhlem, a jak víme, součet úhlů v trojúhelníku je 180°). Protože ze zákona odrazu vyplývá $\alpha = \alpha'$ a $\beta = \beta'$ musí být také $\alpha + \beta' = 90^\circ$. Paprsek dopadající na koutový odražeč a paprsek, který z odražeče vychází, spolu svírají úhel $\alpha + \alpha' + \beta + \beta' = 180^\circ$ a jsou tedy rovnoběžné. (Toto vysvětlení je uvedeno pro vás, nesnažte se takto vysvětlovat koutový odražeč dětem – ty vidí, že koutový odražeč funguje a to stačí.)



• Periskop

Pomůcky: tvrdý papír, dvě zrcátka, lepidlo (např. acetonové, nebo některé z univerzálních lepidel – na přilepení zrcátek), disperzní lepidlo (Herkules) – na slepení tubusu periskopu, nůžky, pravítko, nůž, popřípadě matná černá barva a štětec

Provedení pokusu: Na tvrdý papír přeneste obrázek rozloženého tubusu periskopu. (Šablonu naleznete v příloze tohoto textu.) Tubus vystříhnete a pomocí nože a pravítka naříznete šrafované čáry (podle nich budete tubus ohýbat). Na plošky vyznačené tečkováním přilepte zrcátka a periskop slepte. Část se spodním zrcátkem nechejte zatím nezalepenou. Pokud chcete mít kvalitnější „přístroj“ natřete tubus (jeho vnitřní stranu) ještě před slepením černou matnou barvou. Pozorujte pomocí periskopu okolí podobně, jako je zachyceno na fotografiích.

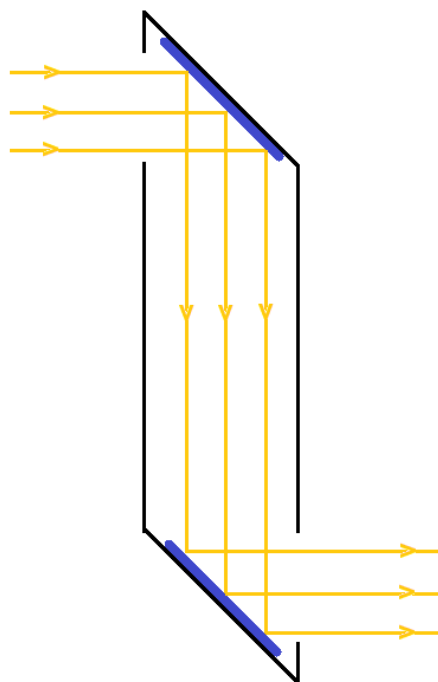


Otázky pro žáky: Používá se někde periskop? A k čemu se hodí?
(Např. v ponorkách. Hodí se k pozorování okolí ze skryté polohy – třeba ze zákopu.)
Nakreslete zrcátka v periskopu a zkuste vymyslet, jak periskopem prochází světlo. (Obrázek vidíte níže.)

Vysvětlení pokusu: Horní zrcátko (kterým pozorujeme scenerii před periskopem) odráží paprsky světla k dolnímu zrcátku, které je odráží do pozorovatelova oka. Periskop dobře funguje tehdy, když je sklon horního zrcátka takový, aby paprsky procházely tubusem rovnoběžně s jeho delší stranou (prochází tedy ve směru „osy periskopu“). Změnou náklonu dolního zrcátka najdeme jeho správnou polohu tak, aby se nám periskopem dobře pozorovalo, a teprve v této poloze dolní část zalepíme. Část se spodním zrcátkem můžeme popřípadě nechat nezalepenou a „nastavovat“ polohu zrcátka při každém pozorování.



Periskop můžeme vyrobit i jednodušším způsobem (nebude ale tak efektní, protože bude „krátký“). Použijeme k tomu krabici od mléka, kterou dobře vymyjeme. Vyřízneme do ní „pozorovací okénko“, díрку na dívání (o průměru cca 3-5 mm), tu uděláme kousek nad spodním zrcátkem ve stěně naproti „okénku“ a otvory na zrcátka. Zrcátka vsuneme odraznými plochami proti sobě tak, jak je vidět na obrázku vlevo.

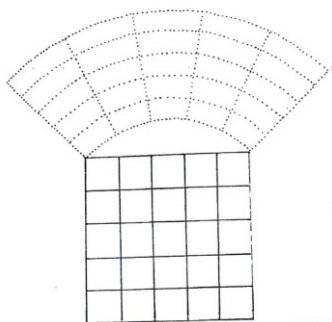


Metodická poznámka: Pro výrobu periskopu můžete použít malá kosmetická zrcátka, nebo si můžete nechat zrcátka nařezat „na míru“ ve sklenářství. (Pokud použijete šablonu z přílohy s těmi rozměry, které jsou v ní uvedeny, budou mít „zrcátka na míru“ rozměry 8 cm x 6 cm.)

• Válcové zrcadlo

Pomůcky: hrneček válcovitého tvaru, zrcadlová samolepící tapeta, papír, tužka, pastelky

Provedení pokusu: Na hrneček nalepíme samolepící zrcadlovou tapetu. Tím získáme válcové zrcadlo. Hrneček postavíme do vhodné polohy vůči zdeformovanému obrázku (předloha je v příloze k tomuto textu) a pozorujeme jeho obraz v zrcadlové fólii na hrnku. Správná poloha hrnku vůči předloze je vidět na fotografii. Válcové zrcadlo zobrazuje zdeformovanou předlohu jako nezdeformovaný obrázek.



Předlohy pro zobrazování válcovým zrcadlem si můžeme sami snadno vyrobit. Potřebujeme k tomu čtvercovou síť a její zdeformovanou podobu (obojí naleznete v příloze textu – vedle vidíte její zmenšený obrázek). Nejprve nakreslíme obrázek na nezdeformovanou čtvercovou síť a poté překreslíme obsah každého čtverečku do jeho zdeformovaného ekvivalentu v „prohnuté síti“. Síť si zkopírujeme v takové velikosti, aby spodní prohnutá hrana sítě kopírovala obvod hrnečku.



Vysvětlení pokusu: Při kreslení předlohy provádíme geometrickou transformaci pravoúhlé čtvercové sítě do kruhově zdeformované sítě. Ke zpětné transformaci obrázku do nezkreslené polohy dochází díky odrazu světla od válcové plochy zrcadla. Světlo nejprve dopadá na zdeformovanou předlohu, od ní se odráží na povrch válcového zrcadla a zde se odráží do našeho oka. Geometrie předlohy a zrcadlicí plochy se tedy vhodně doplňují tak, aby světlo, které se řídí zákonem odrazu, zobrazilo zkrácený obrázek v nezkreslené podobě.

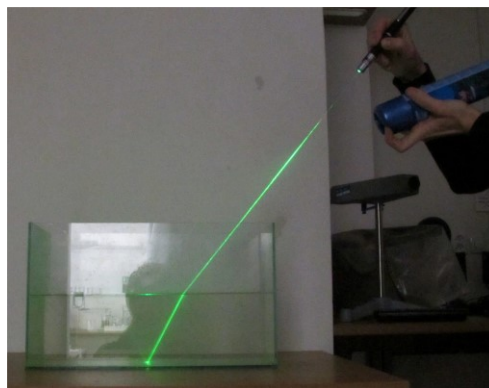
Metodická poznámka: Tento pokus byl znám už v 18. století. V příloze je pro zajímavost překopírováno několik dobových zdeformovaných předloh, které jsou převzaty z katalogu muzea fyzikálních pomůcek Univerzity v Coimbre (Portugalsko).

JAK SE SVĚTLO LÁME

• Lom světla na rozhraní dvou prostředí

Pomůcky: laserové ukazovátko, průhledná nádoba s vodou (malé skleněné akvárium, plastová dóza apod.), osvěžovač vzduchu, nebo jiný podobný sprej

Provedení pokusu: Zatemníme místnost (aspoň trochu). Do průhledné nádoby nalijeme asi do poloviny vodu, nad hladinu stříkneme osvěžovačem vzduchu, nebo jiným podobným sprejem (je nutno předem vyzkoušet, který sprej vyhovuje) a laserovým ukazovátkem posvítíme šikmo na hladinu vody. Všimneme si toho, že zviditelněný paprsek světla se na hladině láme.

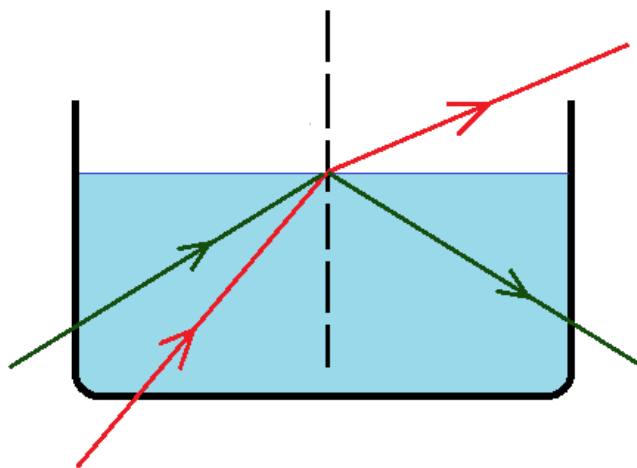
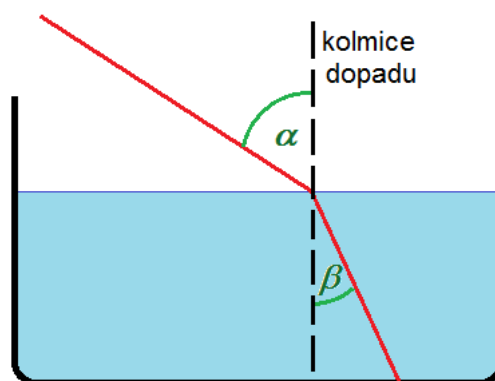


Posuneme nádobu tak, aby trochu přečnívala přes okraj stolu, a posvítíme do ní (šikmo) zdola přes její průhledné dno. Nad hladinu před tím opět stříkneme sprejem. I teď je vidět, že při průchodu hladinou se mění směr paprsku. Od určitého sklonu laserového ukazovátka se všechno světlo odráží od hladiny zpět do vody.

Otázka pro žáky: Láme se světlo jinak, když jde ze vzduchu do vody a naopak? (Při přechodu ze vzduchu do vody se paprsek zlomí dolů od původního směru, při přechodu z vody do vzduchu se odkloní od původního směru tak, že se skloní k hladině. Může dojít k případu, že se všechno světlo od hladiny odrazí – to ale jenom při svícení z vody do vzduchu.)

Vysvětlení pokusu: Pokud světlo prochází rozhraním dvou prostředí (v našem případě je to vzduch a voda a rozhraním je hladina vody), změní se směr šíření světla – říkáme, že se světlo láme. Vysvětlení, proč k tomu dochází, je složité a na prvním stupni ZŠ nemá smysl se o něj pokoušet.

Užitečné ale je všimnout si toho, na co jsme upozornili v „otázce pro žáky“. Připomeňme si základní znalosti o lomu světla (ale to je jenom pro vás, pro děti by to bylo nejspíš příliš složité). Světlo si znázorníme paprskem (červená čára v obrázku vedle). Paprsek je jenom pomocná geometrická konstrukce, která nám umožňuje jednoduše přemýšlet o tom, jak se světlo šíří. Rozlišujeme tzv. úhel dopadu (na obrázku označený α) a úhel lomu (na obrázku β). Tyto úhly měříme od pomyslné čáry kolmé k hladině – říkáme jí kolmice dopadu (pod hladinou by se asi měla jmenovat „kolmice lomu“, ale to se nepoužívá). Pokud světlo dopadá z prostředí, kterému říkáme „opticky řidší prostředí“ (v našem případě vzduch), do opticky hustšího prostředí (zde voda), dochází k lomu „ke kolmici“. Pokud je tomu naopak, jde o lom od kolmice.



K zajímavé situaci může dojít, když světlo prochází z vody do vzduchu (z opticky hustšího do řidšího prostředí). Když se podíváme na obrázek vlevo, vidíme červeně znázorněný paprsek, který se láme od kolmice. Pokud má ale úhel dopadu (tady je na rozdíl od předchozího případu tento úhel pod hladinou – všimněte si, odkud světlo přichází) určitou velikost, měl by lomený paprsek ležet přímo v rovině hladiny. Tomuto úhlu dopadu se říká mezní úhel. Při kterémkoli větším úhlu dopadu se už světlo nemůže lámat a všechno se od hladiny odrazí. Tomuto jevu říkáme „úplný odraz“ (zelený paprsek v obrázku).

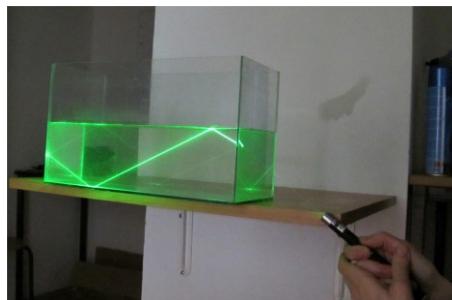
Metodická poznámka: Při práci s laserovým ukazovátkem buďte opatrní. V žádném případě nesmíte nikomu posvítit do oka a to ani odraženým laserovým světlem. Použijte ukazovátka s malým výkonem (okolo 1 mW).

- **Polapené světlo (princip optického vlákna)**

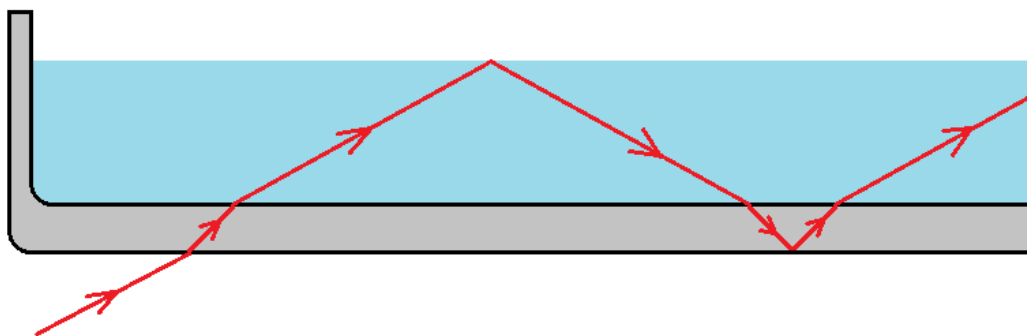
Pomůcky: PET lahev (1,5 l, ale může být i jiná), malý hřebík, laserové ukazovátko, kbelík, dlouhá průhledná nádoba, průhledná plastová tyč

Poznámka k pomůckám: K tomuto pokusu nepotřebujete všechny uvedené pomůcky. Popíšeme několik variant pokusu, vy si můžete vybrat podle toho, jaké pomůcky budete mít k dispozici.

Provedení pokusu – varianta 1: Dlouhou průhlednou nádobu postavíme na stůl tak, aby trochu přečnívala přes okraj. Nalijeme do ní vodu a svítíme ze spodu šikmo k hladině. Při určitém náklonu ukazovátko dojde k překročení mezního úhlu a k úplnému odrazu světla od hladiny. Paprsek se odrazí od hladiny, u dna se opět odrazí, pokračuje k hladině atd. Světlo se tedy šíří nádobou soustavou úplných odrazů.

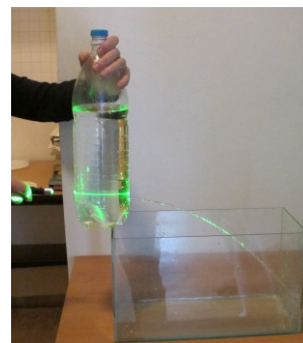


Poznámky: Odraz od hladiny je při překročení mezního úhlu úplným odrazem, protože nad hladinou je vzduch, což je opticky řidší prostředí (k úplnému odrazu dochází právě jenom v případě, kdy světlo dopadá na rozhraní s opticky řidším prostředím – po průchodu rozhraním se láme od kolmice a může proto být dosaženo mezního úhlu a úplného odrazu). Odraz u dna nádoby je komplikovanější. Pokud je nádoba skleněná, dochází nejprve k lomu na rozhraní voda sklo (sklo je opticky hustší než voda, nemůže tedy dojít k úplnému odrazu při průchodu světla z vody do skla). Po průchodu skleněným dnem dojde k úplnému odrazu na rozhraní sklo – vzduch, světlo se vrací skleněným dnem, lomí se při průchodu do vody a pokračuje k hladině. Průchod paprsku je načrtnut na obrázku.



Musíme si ještě uvědomit, že pozorovaný jev není úplným odrazem v pravém slova smyslu. To, že paprsek ve vodě vidíme, znamená, že světlo se dostává do našich očí a jeho část se tedy rozptýlila do okolí. Pokud by byl odraz skutečně úplný, nemohli bychom paprsek v nádobě vidět.

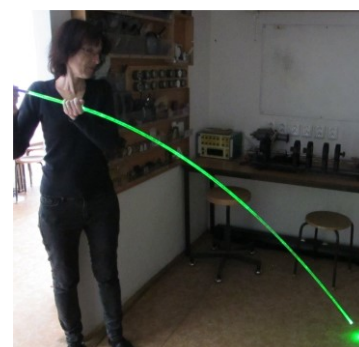
Provedení pokusu – varianta 2: Tento pokus byl popsán již v polovině 19. století Danielem Colladonem a Johnem Tyndallem (samozřejmě ne s laserovým ukazovátkem...). PET lahev z boku nade dnem propíchneme malým hřebíkem, naplníme ji vodou, našroubujeme víčko a postavíme ji na vhodné místo nad dřezem, nad kbelíkem apod. Dokud je na lahvi utažené víčko, voda z ní nevytéká a pokus si můžeme v klidu připravovat. Povolíme víčko a svítíme do lahve, vodorovným směrem tak, abychom osvětlovali díрку, z níž teče voda. Vidíme, že vodní paprsek vede světlo.



Provedení pokusu – varianta 3: Pokud ve škole seženete laserovou optickou soupravu (možná ji mají v kabinetu fyziky), můžete s ní demonstrovat princip optického vlákna tak, jak vidíte na fotografii. K posloupnosti úplných odrazů laserového paprsku (jak je to s jejich „úplností“ už víte) dochází v hranolu z průhledného plastu, který je modelem optického vlákna.



Provedení pokusu – varianta 4: V prodejnách, jako je třeba Bauhaus, Hornbach apod. lze koupit dlouhou tyč z průhledného plastu (bývá bohužel dost drahá). Takovou tyč můžeme s úspěchem použít jako model optického vlákna. Držíme ji poblíž jednoho konce a svítíme do ní laserovým ukazovátkem. Vidíme, že tyč vede světlo, i když je prohnutá.



Otázky pro žáky: Slyšeli jste někdy o optických vláknech? Viděli jste někdy někde vodní optické vlákno, podobné tomu, které jsme si ukázali s PET lahví? (Optická vlákna se používají pro přenos signálů. O tom možná děti někdy slyšely. Vodní optická vlákna, tedy pramínky vody, do kterých se svítí, se používají v Křížíkově fontáně. Pokud tedy někdy děti tuto „atrakci“ viděly, viděly vodní optická vlákna. Na rozdíl od toho, které jsme ukazovali s PET lahví, stříkají pramínky vody v Křížíkově fontáně svisle vzhůru.)

Vysvětlení pokusu: V optickém vlákně dochází k sérii úplných odrazů světla. V našich pokusech nejde o úplné odrazy v pravém slova smyslu. Jak už bylo řečeno, kdyby šlo o úplné odrazy, nemohli bychom pozorovat šíření světelného paprsku ve vlákně. Všechno světlo by šlo vnitřkem vlákna a do našich očí by se nemohlo dostat.

Metodická poznámka: I v tomto případě buďte opatrní při práci s laserovým ukazovátkem. Nesmíte jím nikomu posvítit do očí. Nebezpečný je přitom i odražený laserový paprsek. Používejte ukazovátka s malým výkonem (okolo 1 mW – na barvě příliš nezáleží, lépe ale bývá vidět paprsek zeleného laserového ukazovátka).

• Kouzlo s drátem

Pomůcky: průhledná nádoba s vodou, drát (nebo špejle, pastelka, nějaká tyčka apod.)

Provedení pokusu: Dětem ukážeme rovný drát, nebo např. špejli a upozorníme je, že jsou rovné. Potom drát (špejli) částečně zanoříme do vody. Držíme ho šikmo, popřípadě měníme jeho náklon. Najednou vidíme, že drát se v místě hladiny zlomil. Když drát opět vyndáme z vody, je rovný.

Otázka pro žáky: Všimli jste si někdy něčeho podobného? (Děti pravděpodobně budou mít zkušenosti z bazénu, nebo z vany. Tam se zdá, že mají „zlomenou“ nohu, nebo třeba ruku, pokud ji částečně zanoří a dívají se ze správného úhlu.)



Vysvětlení pokusu: „Kouzlo“ vysvětlíme pomocí lomu světla na hladině. Abychom špejli viděli, musí být osvětlená (na to stačí okolní světlo, nemusíme na ni navíc zvlášť svítit). Světlo se od špejle odráží a prochází hladinou do našeho oka. Na hladině se láme (od kolmice). Oko „neví“ o tom, že se světlo láme. „Vyhodnocuje“ směr, ve kterém do něj přichází paprsek, a „myslí si“, že jde z toho směru, do kterého se příslušný paprsek zlomil. Zdá se nám tedy, že jednotlivé kousky ponořené špejle jsou v trochu jiném místě a špejle se nám jeví zlomená. (Všimněte si uvozovek u slov „vyhodnocuje“ a „myslí si“...)

Metodická poznámka: Abychom jev dobře viděli, musíme se dívat z vhodného směru (vyzkoušejte si, z jakého). Ukazujeme-li pokus více dětem najednou, budou některé vidět „zlomenou špejli“ lépe, jiní hůře. Nejlepší je, když děti provádí pokus samy (v několika skupinkách).

• Kouzlo s kuličkou

Pomůcky: kousek plastelíny, hrneček s vodou.

Provedení pokusu: Pokus je dobré provádět ve dvojici. Na dno hrnku nalepíme kuličku z plastelíny. Díváme se do hrnku tak, aby jeho horní okraj zakrýval kuličku, takže ji nevidíme. Pomocník do hrnku opatrně nalije vodu. Kulička se v určitém okamžiku objeví, přestože jsme při jejím pozorování nepohnuli hlavou.



Vysvětlení pokusu: I tento pokus vysvětlíme lomem světla na hladině vody. Když v hrnku nebyla voda, světlo odražené od kuličky do našeho oka nedopadlo, bránila mu v tom stěna hrnku a kuličku jsme neviděli. Po nalití vody se paprsek světla odraženého od kuličky na hladině vody zlomil tak, že dopadl do našeho oka a kuličku jsme uviděli.

Metodická poznámka: Děti by si měly pokus samy vyzkoušet. Místo kuličky mohou z plastelíny vymodelovat nějakou malou figurku, která se po nalití vody náhle objeví.

OPTICKÉ PŘÍSTROJE A JEJICH SOUČÁSTI

Zrcadla a čočky jsou důležitými prvky optických přístrojů (fotoaparátů, kamer, dalekohledů, mikroskopů...). Při výuce přírodovědy na 1. stupni ZŠ samozřejmě nemůžete rozebírat funkci těchto přístrojů, ani se nějak podrobně zabývat zrcadly a čočkami, některé věci ale dětem lze zajímavou a hravou formou nastínit. Pojďme se tedy nejprve podívat na zrcadla a čočky.

• Zkoumáme zrcadla

Pomůcky: rovná kosmetická zrcátka, nerezová lžíce, nerezová naběračka

Provedení pokusu: Dětem rozdáme zrcátka, lžíce a naběračky. Nejprve se budeme dívat do rovných kosmetických zrcátek. Všimneme si, že se v nich vidíme nezdeformovaní a že obraz je stranově obrácený. (Když např. mrkneme pravým okem, obraz na nás mrká okem levým.) Vidíme také, že obraz je jakoby vnořený za zrcadlo. Když zrcátko vzdalujeme od oka, posouvá se jeho obraz dále za zrcadlo, když naopak zrcátko přibližujeme, přibližuje se i obraz.

Nyní děti necháme, ať pozorují obraz svého oka (své tváře apod.) ve vyleštěné lžici, nebo naběračce. Obraz vytvořený naběračkou je zdeformovaný. Díváme-li se do vyboulené části (tedy do zadní strany naběračky) není náš obraz převrácený, v naběračce jsme ale zmenšení. Podobně jako u kosmetického zrcátka si všimneme, že když např. „hrozíme“ našemu obrazu levým ukazováčkem, obraz nám hrozí ukazováčkem pravým.

Zajímavý je pohled do dutiny naběračky. Jsme v ní převrácení. Zkusíme-li opět svému obrazu „hrozit“ pravým ukazováčkem, převrácený obraz nám také pohrozí pravým ukazováčkem. Zajímavá věc se stane, když do naběračky zasouváme natažený prst (třeba ukazováček). Pomalu se prstem blížíme do dutiny naběračky – obraz prstu se zvětšuje a je stále převrácený. Když jsme už prstem hluboko v naběračce, obraz se na chvíli rozmaže a potom ho vidíme nepřevrácený (to už se prstem naběračky téměř dotýkáme).

Otázka pro žáky: Viděli jste někdy někde zrcadlo podobně zdeformované, jako je naběračka? (Zrcadlo na křižovatce – připomíná naběračku zespodu – je vypuklé. „Talíře“ používané pro příjem televize – ty připomínají dutinu naběračky, moc dobře se v nich ale nevidíme. Zrcátko „na tyčce“, které používají zubaři,...)

Vysvětlení pokusu: Vysvětlovat vznik obrazu v zrcadle a jeho vlastnosti dětem na prvním stupni nemůžeme – je to příliš složité. O zrcadlech se budou děti učit až později ve fyzice. Můžeme ale upozornit na to, že různá zrcadla jsou užitečná např. na nepřehledných křižovatkách. Něco podobného, jako když jsme strkali prst do naběračky, využívají zubaři, když nám prohlíží zuby svým vyšetřovacím zrcátkem apod. Zrcadla, svým tvarem podobná naběračce se používají v reflektorech automobilů, v některých kapesních svítilnách apod.

Metodické poznámky: Prodávají se i kosmetická zrcátka, která mají jednu stranu vypuklou a druhou dutou. S těmi si také můžete pohrát. Dutá zrcadla mají své využití v astronomických dalekohledech a v mnoha jiných optických přístrojích. Ty sice děti nejspíš většinou neznají, může se ale stát, že o tom někdo bude vědět.

- **Zkoumáme čočky**

Pomůcky: různé čočky – brýlová skla, lupy apod., čočky si můžete půjčit v kabinetu fyziky

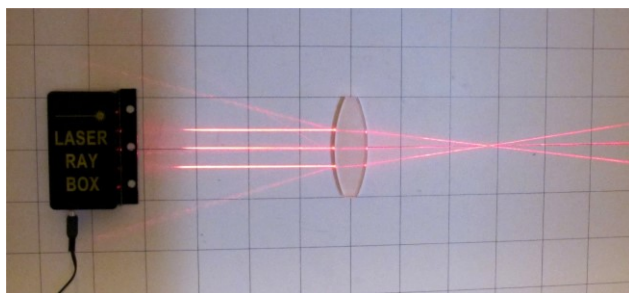
Provedení pokusu: Rozdejme dětem různé čočky a nechejme je, aby si s nimi trochu pohrály. Děti zjistí, že některé čočky zvětšují a některé naopak zmenšují. Přes některé čočky si můžeme prohlížet okolí a vidíme ho v nich převrácené, přes některé čočky to nejde. Některými čočkami je možné promítnout na zeď např. okno a věci venku za oknem a je také možné, podobně jako dírkou v papíru, promítnout plamínek svíčky. Plamínek je ale ostřejší a jeho obraz na zdi vidíme, i když je čočka od zdi dostatečně daleko. Při některých polohách svíčky a čočky vidíme zmenšený obraz plamínku na zdi, jindy je obraz zvětšený. Vždy je ale převrácený.

Otázky pro žáky: Víte, kde se používají čočky? (V brýlích, dalekohledech, fotoaparátech apod.) Víte, jak se jmenuje zvětšující čočka? (Lupa.)

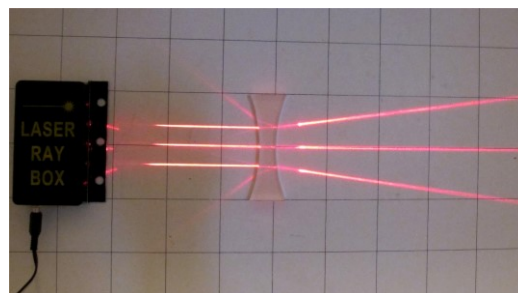
Vysvětlení pokusu: Dětem na prvním stupni se nesnažte vysvětlovat, jak fungují čočky. O tom se budou učit ve fyzice na druhém stupni. Dětem ale můžeme říct, že existují dva druhy čoček – spojky a rozptylky. Spojky jsou ty, kterými je možné promítnout okno, nebo svíčku na zeď. Spojka také může zvětšovat obraz předmětu, když ji držíme před pozorovaným předmětem dostatečně blízko (v tom případě spojku používáme jako lupu). Rozptylky naopak vždy obraz zmenšují a nelze jimi nic promítnout.



Metodická poznámka: Pokud si můžete půjčit ve fyzikálním kabinetu laserovou optickou soupravu, můžete pomocí ní ukázat základní vlastnost spojky – to, že paprsky, které přes ni projdou, se sbíhají (spojují se) do bodu, kterému říkáme ohnisko a základní vlastnost rozptylky, totiž to, že paprsky, které skrz ni projdou, se rozbíhají (rozptylují).



Laserová souprava – model spojky.



Laserová souprava – model rozptylky.

• Lupa

Pomůcky: libovolná lupa (některé děti pravděpodobně doma lupu mají, mohou ji přinést a budete mít dostatek lup pro skupinovou práci).

Provedení pokusu: S lupou můžeme dělat pokusy podobné těm, které jsme popsali výše. Pokud neseženeme čočky, o kterých jsme psali v popisu předchozího pokusu, můžeme lupou promítnout okno a plamínek svíčky na zeď. Lupou je vždy spojka, takže pokusy s rozptylkami v tomto případě dělat nelze.

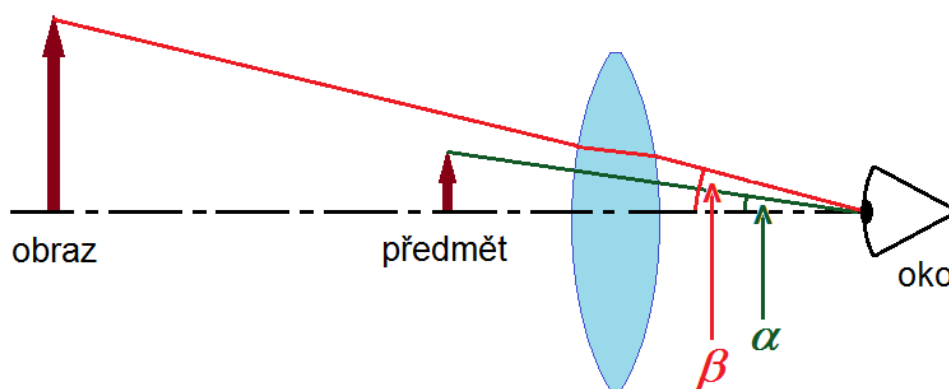
Děti se přes lupu můžou dívat na vzdálenější předměty ve svém okolí – pokud lupu drží blízko oka, uvidí předměty rozmazané, ale ve správné poloze. Když dají lupu dále od oka, uvidí předměty převrácené, ale jejich obraz se jim podaří zaostřit tím, že najdou správnou vzdálenost lupy od oka.

Hlavní věc, na kterou se zaměříme, bude pozorování malých předmětů. Lupou pozorujeme (děti pozorují) předměty z malé vzdálenosti. Většinou je lupu třeba držet několik cm před zkoumaným předmětem, u speciálních „silných lup“ to může být jen několik mm, to ale většinou bývají „lupy“ tvořené dvěma čočkami - používejte raději ty, které jsou tvořeny jedinou čočkou. Malou změnou vzdálenosti lupy od pozorovaného předmětu můžeme obraz více, nebo méně zvětšit.

Otázka pro děti: Víte, kdo lupu často potřebuje? (Hodinář, sběratel známek, člověk, který zkoumá hmyz...)

Vysvětlení pokusu: Nesnažme se dětem vysvětlovat, jak lupa funguje. Stačí, když je upozorníme na to, že je to „zvětšovací sklo“, kterému se správně říká čočka (spojka). Naučme děti lupu správně používat a nechejme je, aby s její pomocí pozorovaly zajímavosti jako je třeba vlas, nehet, kůže na ruce apod.

Pro vás, vyučující, se pokusíme naznačit funkci lupy pomocí následujícího obrázku:



Malá šipka, nazvaná v obrázku „předmět“ je to, co pozorujeme. Vidíme, že je umístěna kousek před lupou (předmět musí být blíže k lupě, než je její tzv. ohnisková vzdálenost). Když si na chvíli odmyslíme lupu, viděli bychom okraje předmětu pod úhlem označeným zeleným písmenkem alfa (α). Tomuto úhlu říkáme zorný úhel. U malých předmětů je zorný úhel malý a nevidíme příliš mnoho detailů. Lupa dokáže změnit chod paprsků světla tak, že se zorný úhel zvětší - v obrázku je tento nový zorný úhel označený červeným písmenkem beta (β). POZOR! Do obrázku jsme úmyslně nenakreslili všechny potřebné paprsky, pomocí nichž lze geometricky zkonstruovat obraz pozorovaný lupou. Nechali jsme zde pouze ten paprsek, který jde do oka od zdánlivého obrazu vytvořeného lupou. (V obrázku by jinak byla „změť“ paprsků, kterou bychom si museli pořádně vysvětlit, a to není záměrem tohoto textu.)

• Dalekohled

Pomůcky: spojka s větší ohniskovou vzdáleností - např. brýlové sklo +2 D (plus dvě dioptrie, což odpovídá tzv. ohniskové vzdálenosti 50 cm; znamená to, že takováto spojka soustředí paprsky do bodu, který je od ní vzdálen 50 cm), lupa, rozptylka s malou ohniskovou vzdáleností (tu si zkuste půjčit v kabinetu fyziky – možná tam budou mít i zmíněnou spojku s větší ohniskovou vzdáleností)

Provedení pokusu: v jedné ruce držíme spojku s větší ohniskovou vzdáleností a do druhé ruky si vezmeme lupu. Lupu přitom držíme blíže k oku. Měníme vzdálenost obou čoček a díváme se přes ně na vzdálené předměty. Když se nám podaří dalekohled zaostřit, všimneme si, že pozorované předměty vidíme „blíže“ a jsou převrácené. Díváme se modelem tzv. Keplerova dalekohledu.

Místo lupy vezmeme nyní do ruky rozptylku. Ve druhé ruce máme stále původní spojku.

Opět se pokusíme zaostřit na nějaký vzdálenější objekt. Tentokrát uvidíme přiblížený objekt v nepřevrácené poloze. Díváme se modelem tzv. holandského dalekohledu, kterému se často říká Galileiho dalekohled. Na fotografii vidíte pozorování dalekohledem tvořeným dvěma čočkami z optické soupravy (nejedná se o brýlové sklo a lupu). Takové čočky vám možná půjčí kolegové z kabinetu fyziky.



Vysvětlení pokusu: Ani zde nemá smysl chtít dětem vysvětlit, jak funguje dalekohled. Do rozboru jeho funkce se nebudeme pouštět ani my – je to hodně nad rámec toho, co má smysl dělat v hodinách přírodovědy.

Děti by mohlo zajímat, že dalekohled velmi pravděpodobně objevil malý holandský chlapec – syn brusiče čoček – někdy koncem 16. století. Ten si údajně hrál s čočkami, které vyráběl jeho otec, a náhodou se podíval přes správné dvě čočky stejným způsobem, jako vy a děti v tomto pokusu.

Dalekohled, podobně jako lupa, dokáže zvětšit zorný úhel, pod kterým pozorujeme vzdálený objekt (na rozdíl od lupy, kterou pozorujeme předměty velmi blízké). Díky zvětšenému zornému úhlu se nám objekt v dalekohledu zdá být blíže a vidíme na něm více detailů než bez dalekohledu. Dalekohled má ještě jednu důležitou funkci. Jeho objektiv (to je čočka vzdálenější od oka) má větší průměr a tedy i plochu, než má čočka v našem oku (respektive, než je průměr „clony před čočkou v našem oku, touto clonou je tzv. duhovka). Dalekohled tedy zpracuje více světla, což je důležité např. při pozorování hvězd – vidíme hvězdy, které bychom pouhým okem neviděli, protože z nich přichází do oka příliš málo světla.

Metodická poznámka: Existují různé typy dalekohledů. Astronomické dalekohledy mají často jako objektiv speciálně vybroušené zrcadlo, myslivci používají tzv. triedr apod. My jsme si naznačili funkci dvou nejstarších čočkových dalekohledů, které má lidstvo k dispozici zhruba od začátku 17. století.

- **Válcová čočka**

Pomůcky: zavařovací sklenice s vodou, stojánek, nebo nějaká podložka pod sklenici, list papíru s různými nápisy

Provedení pokusu: Na list papíru napíšeme nějaké nápisy a přichytíme ho ke zdi, nebo nějak jinak upevníme do svislé polohy. Před papír postavíme na stojánek, nebo na nějakou podložku zavařovací sklenici s vodou a pozorujeme přes ni nápisy na papíru. Vidíme, že sklenice stranově převrací nápisy a písmenka jsou různě zvětšená ve vodorovném směru (záleží na jejich pozici vůči sklenici a také na tom, odkud se díváme – kolmo k papíru, trochu zešikma, shora, zdola).



Otázka pro žáky: Všimli jste si už někdy něčeho podobného? (Například při pohledu přes skleněnou vázu s vodou na něco co stojí za ní, nebo třeba na ornamenty na ubrusu.)

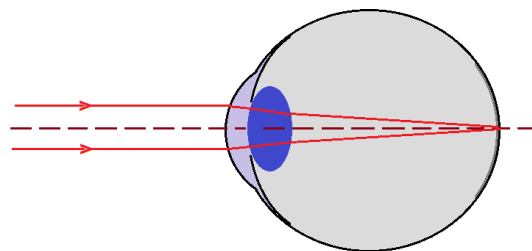
Vysvětlení pokusu: Sklenice s vodou vytvořila tzv. válcovou čočku. Skutečné válcové čočky se vyrábí z jednoho kusu skla, nebo plastu a mají využití v některých speciálních přístrojích. Funkci naší válcové čočky se nesnažme vysvětlovat dětem – pouze je upozorníme na to, co taková čočka dělá. My si můžeme rozmyslet, že světlo mezi určitým bodem nápisu a naším okem musí projít rozhraními vzduch-sklo, sklo-voda, voda-sklo a sklo-vzduch. Největší optickou hustotu má přitom sklo, následuje voda a nejmenší optickou hustotu má vzduch. Ani v tomto případě nepůjdeme do detailů a nebudeme řešit zobrazování takto komplikovanou válcovou čočkou.

Oko a brýle

Následující krátký text není zamýšlen jako námět k pokusům. Jde pouze o velmi stručný nástin toho, jak fungují brýle.

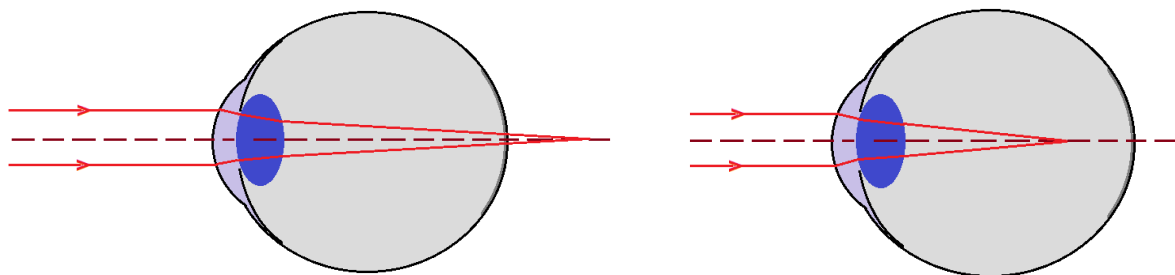
Naše oči jsou velmi složitou a důmyslnou optickou soustavou. V oku je čočka (spojka), která má velice zajímavou schopnost – může měnit své zakřivení a tím můžeme zaostřovat při pohledu na různě vzdálené předměty. Této vlastnosti se říká akomodace. Před čočkou je rohovka, která má v oku velmi důležitou vlastnost – mění chod světelných paprsků a ve „spolupráci“ s čočkou vytváří obraz, který se zobrazuje na sítnici. Před čočkou máme v oku duhovku, což je vlastně clona, o které již byla zmínka dříve. Další důležité části oka zde nebudeme zmiňovat.

Na vedlejším obrázku je znázorněno zdravé oko. Vidíme na něm dva paprsky, které přichází rovnoběžně s optickou osou oka (čárkovaná čára). Paprsky se lomí při vstupu do rohovky a dále je jejich chod korigován čočkou tak, že se protínají na zadní části oka – sítnici.



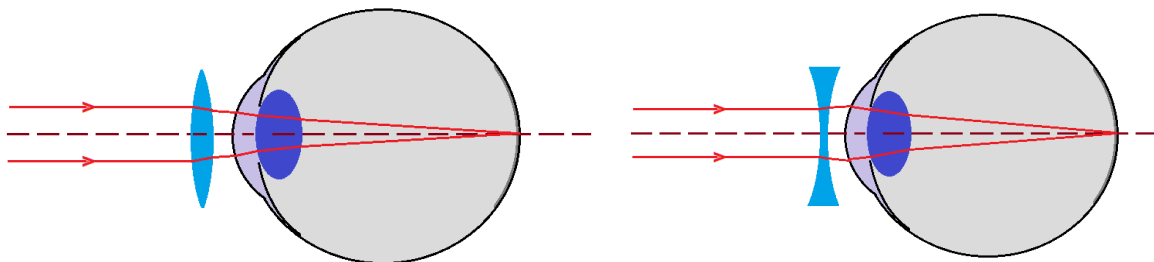
Další dva obrázky ukazují oko, které je dalekozraké (vlevo) a krátkozraké (vpravo).

V těchto případech čočka nedokáže korigovat chod paprsků tak, aby se protínaly na sítnici. U dalekozrakého oka by se paprsky protnuly až za sítnicí, u krátkozrakého se naopak protínají před ní.



Pokud chceme člověku s některou z těchto vad pomoci, poslouží k tomu brýle.

U dalekozrakého oka je zapotřebí paprsky před okem pomocí brýlového skla korigovat tak, aby se začaly poněkud sbíhat – použijeme tedy spojku (obrázek vlevo dole). Před krátkozraké oko naopak umístíme rozptylku, aby se paprsky před dopadem na rohovku začaly trochu rozbíhat. Oko už potom v obou případech dokáže korigovat chod paprsků tak, aby se protínaly na sítnici, jako je tomu u zdravého oka. (Tento způsob pomoci znali lidé už na konci středověku – proto existovali brusiči čoček zmínění u pokusu s dalekohledem. Kvalita tehdejších brýlí byla ale asi všelijaká...)



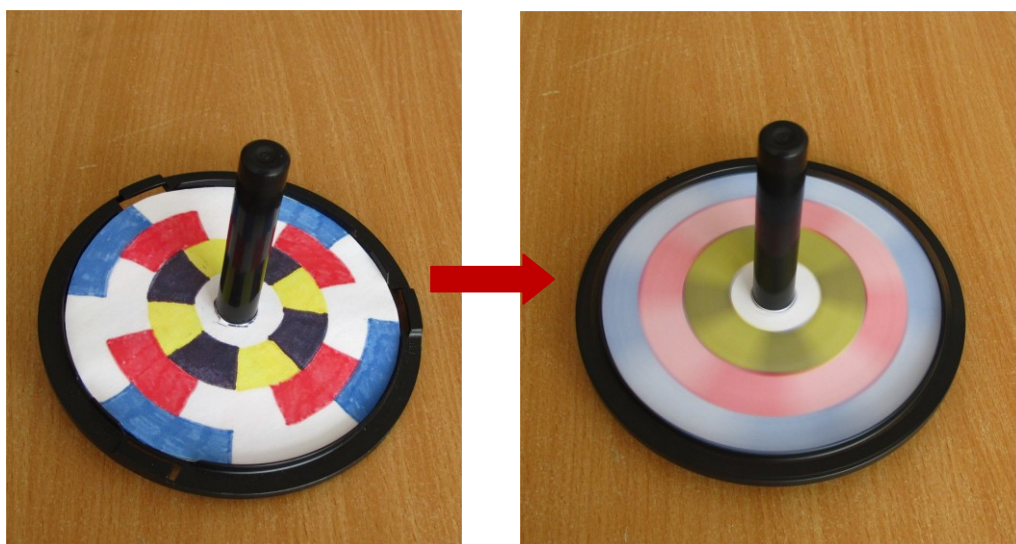
• Optické jevy na rotující káče

Pomůcky: spodní část krabičky od CD (DVD) s tyčkou, skleněná kulička, lepidlo (nějaké univerzální lepidlo, nebo dvousložkové epoxidové lepidlo), několik listů papíru, pastelky

Provedení pokusu: Na spodní část krabičky od CD, kde je důlek, přilepíme kuličku – tím vytvoříme otáčivou „káču“. Z papíru vystříháme kruhy s dírkou uprostřed (můžeme obkreslit CD, nebo vystříhnout kotouče z přílohy tohoto textu. Pokud vyrábíte kotouče z čistého papíru, nakreslete na ně ornamenty podobné těm, které jsou na obrázcích.



Vybereme některý z kotoučů, nasadíme ho na káču a roztočíme. Pozorujeme zajímavé efekty – z rovných čar se stanou kružnice, na roztočeném černobílém kotouči vidíme barevná mezikruží a z barevných plošek se stanou také hezká barevná mezikruží.



Vysvětlení pokusu: Tento pokus je založen na tom, že nedokážeme zrakem vnímat kontinuálně, ale potřebujeme určitou krátkou dobu na to, abychom zrakový vjem zpracovali. Můžeme si to představit tak (ale pozor, je to představa tak trochu naivní), jako bychom zrakem fotografovali okolí a jednotlivé fotografie bychom si potom v rychlém sledu prohlíželi. Takovýchto fotografií pořizujeme (jenom jako pořizujeme) zhruba 25 každou sekundu. Pomocí této představy můžeme pochopit např. to, proč v kině vidíme „pohyblivé obrázky“. To, co nám promítají v kině na plátno, je rychlý sled fotografií a náš zrak je nedokáže rozlišit jakožto jednotlivé obrázky, ale splývají nám v jeden kontinuální záznam.

Metodická poznámka: Pokud nemáte krabičku od CD, můžete vzít samotné CD, vlepít do něj kuličku (popřípadě ji stačí podložit pod díru uprostřed CD), na CD položíte některý z kotoučů a CD roztočíte. S trochou cviku dosáhnete stejných výsledků jako s popsanou káču. (Roztočené CD s kuličkou je na fotografii vpravo.)



- **Pohyblivé obrázky**

Pomůcky: vzory obrázků, nůžky, lepidlo, nit, špejle

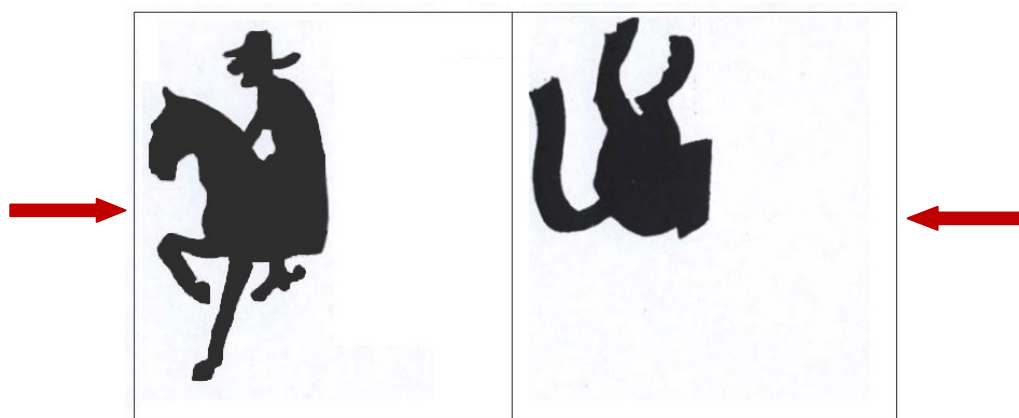
Provedení pokusu: Vystříhneme obrázek, přehneme podle vyznačené čáry a namažeme lepidlem. Doprostřed vložíme buď kus nitě tak, aby oba konce přesahovaly ven, nebo kus špejle, tady stačí, aby koukal ven jeden konec. Pak obě části slepíme k sobě.

Uchopíme obrázek za nit (špejli) a rychle jím otáčíme. Co uvidíme? (Sluníčko se směje; Bob si hází míčkem a netopýr mává křídly.)

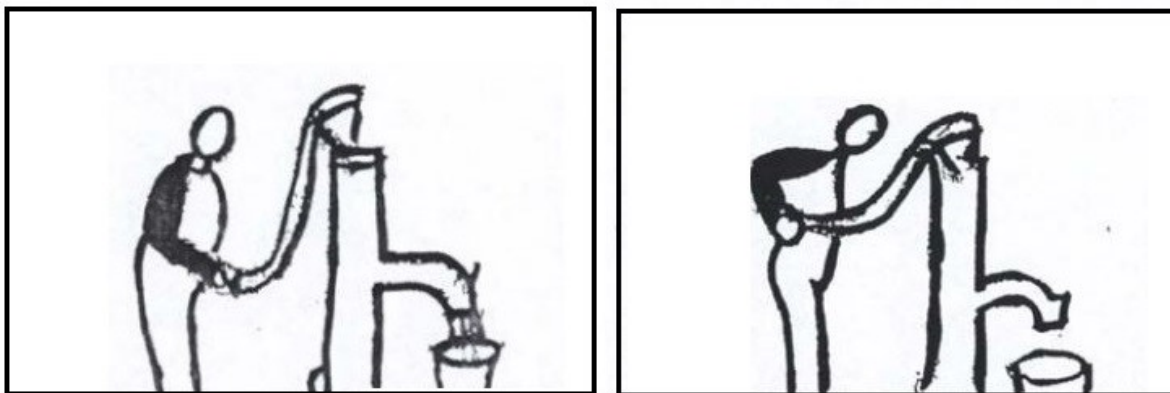


(Obrázky ve větším provedení naleznete v příloze na konci tohoto textu.)

Vystříhněte si následující obrázek a otácejte jím podle vodorovné osy, kterou naznačují červené šipky (v příloze ho naleznete ve větším provedení):



A ještě jedna varianta pohyblivých obrázků: Vystříhněte si oba obrázky pumpaře. Dejte je na sebe a scvakněte na levém okraji sešívačkou. Horní obrázek naviňte na tužku. Pak jím rychle přejíždějte přes spodní obrázek. Vidíte, jak pumpař pumpuje. (Také obrázek pumpaře je v příloze.)



Vysvětlení pokusu: V pokusech s pohyblivými obrázky využíváme toho, že zrak má jistou „setrvačnost“. U rychle se pohybujících obrázků nejsme schopni ostře odlišit jeden od druhého, ale splývají nám v pohyblivý obraz.

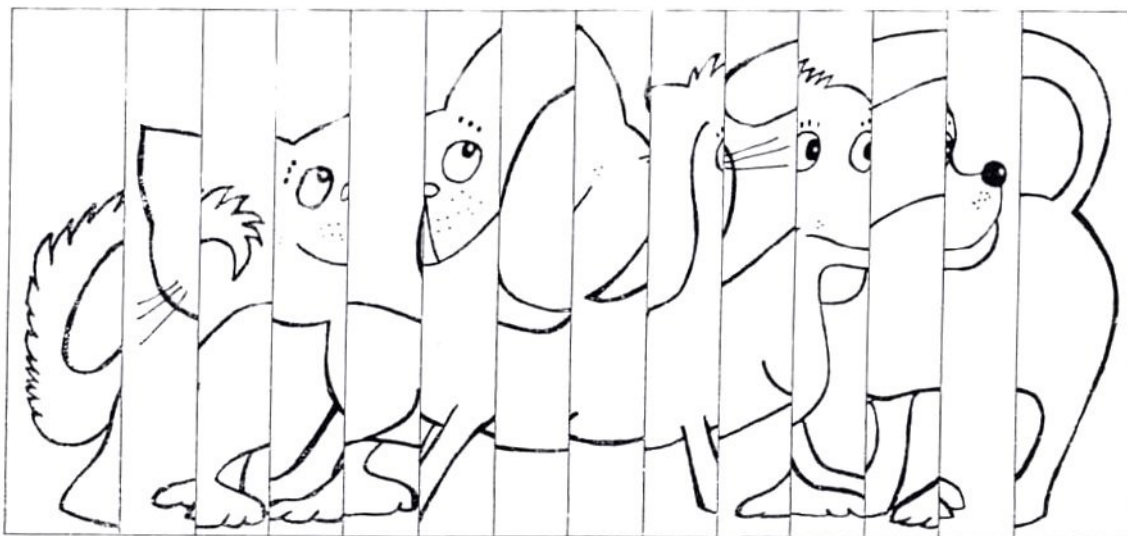
Metodická poznámka: Děti se mohou nechat inspirovat obrázky, které zde uvádíme, a nakreslit podle nich své vlastní. Popřípadě mohou obrázky z přílohy tohoto textu vybarvit.

Poznámka: Podklady pro pohyblivé obrázky jsou převzaty z materiálů Asociace malých debružářů ČR.

• Dva obrázky v jednom (kočkopes)

Pomůcky: obrázek „kočkopsa“ z tohoto textu (naleznete jej také v příloze na konci textu)

Provedení pokusu: Obrázek kočkopsa vystříhneme a poskládáme podle naznačených čar do tvaru harmoniky. Harmoniku poněkud roztáhneme a díváme se na ni střídavě zleva a zprava. Při jednom pohledu vidíme kočku, při druhém psa.



(Obrázek je převzat z materiálů Asociace malých debružářů ČR.)

Vysvětlení pokusu: Obrázek kočky a psa je rozdělen do úzkých obdélníků, které na sebe střídavě navazují. Po složení obrázku do tvaru harmoniky jsou obdélníky s obrázky kočky vidět z jedné strany, obrázek psa ze strany druhé.

Metodická poznámka: Když si připravíte kočkopsa ve velkém provedení a ukážete ho dětem ze správného místa, bude část z nich tvrdit, že vidí psa a druhá kočku. Dojde k velkému překvapení.

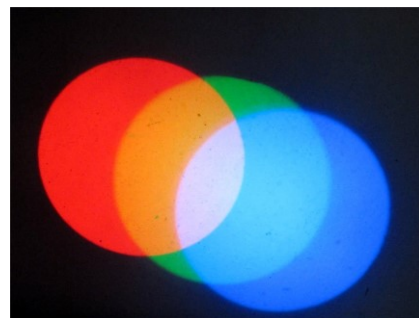
(I tento pokus je velmi starý. Podobné kočkopsy mají v již zmíněném muzeu fyzikálních pomůcek v Coimbre a jsou někdy z 18. století.)

• Skládání barev

Pomůcky: tři lampičky s barevnými filtry (modrým, červeným, zeleným) – pokuste si je vypůjčit v kabinetu fyziky, popřípadě vojenské kapesní svítilny s barevnými filtry apod.

Poznámka: Pokud se vám podaří vypůjčit si lampičky s barevnými filtry, nebo v prodejně s vojenskými potřebami seženete signalizační baterky s výměnnými barevnými filtry, nebo seženete nějaké vhodné filtry před obyčejnou baterku (filtry musí mít modrou, červenou a zelenou barvu) můžete dětem ukázat tzv. aditivní skládání barev.

Provedení pokusu: Lampičkami s barevnými filtry svítíme na zeď tak, aby se barevné kruhy, které jednotlivé lampičky vytváří, částečně překrývaly. Všimáme si toho, jaké barvy vznikají skládáním jednotlivých barev. Pokud máme správné barevné filtry, vznikne v místě, kam svítí všechny tři lampičky, bílá barva.



Otázka pro žáky: Všimli jste si někdy toho, že smícháním dvou, nebo více barev, vzniká barva jiná? (Např. při malování vodovými barvami. – Tady ale nejde o tentýž princip mísení barev, jako u barevných lampiček. Toto ale s dětmi nemá smysl rozebírat. Pro ně je důležité to, že lze vytvářet barvy z barev jiných. O fyzikální podstatě tohoto jevu s nimi nemá smysl hovořit – je to příliš složité.)

Vysvětlení pokusu: Barvy, na které jsme zvyklí, lze vytvořit smícháním tří základních barev. V našem případě jsou to barvy červená, modrá a zelená. Barevné filtry, které jsou nasazeny na lampičkách, s nimiž jsme experimentovali, propouští právě jenom zmíněné tři barvy. Takovýto systém základních barev někdy označujeme zkratkou RGB (R-red, G-green, B-blue). Fyzikální princip, který se zde uplatňuje, bývá nazýván jako aditivní skládání barev. Možná jste také někdy viděli zkratku CMYK (např. u počítačových tiskáren). V tomto případě jde o jiný systém tvorby barev, říká se mu subtraktivní. Pokud byste tuto zkratku chtěli „rozklíčovat“, tak jde o počáteční písmena těchto anglických názvů barev: C-cyan, M-magenta, Y-yellow a písmeno K, bývá někdy vysvětlováno jako poslední písmeno názvu black, autoři zkratky ale měli původně na mysli počáteční písmeno slova key. Vzhledem k tomu, že fyzikální vysvětlení procesu vzniku barev z barev základních je mnohem složitější, než je to, s čím se setkávají děti na prvním stupni, nebudeme se jím hlouběji zabývat.

Metodická poznámka: Přesto, že jde o poměrně složitý fyzikální děj, má smysl dětem skládání barev ukázat. Pokud ale nemáme k dispozici nějakou profesionálně vyráběnou soupravu na skládání barev (kterou možná mají kolegové ve fyzikálním kabinetu), bude se nám tento experiment provádět dosti obtížně. Je sice možné experimentovat s různými barevnými fóliemi a dávat je např. před kapesní svítilnu (baterku), různé fólie ale budou fungovat různě a dobrý výsledek nemusí být zaručen.

• Barevné stíny

Pomůcky: stejné lampičky pro skládání barev, popřípadě vlastní improvizované pomůcky, jako u předchozího pokusu (skládání barev)

Provedení pokusu: Posvítíme na zeď všemi třemi barevnými lampičkami najednou tak, aby se jimi osvětlené plošky kryly. Měli bychom získat víceméně bílou kruhovou stopu na zdi. (Spíše to ale bude bílá plocha ohraničená kousky barevných ploch, které se nepřekrýly, jako je tomu na naší fotografii.) Nyní před lampičky vsuneme prst (ruku apod.) a prohlédneme si stín vzniklý na zdi. Vidíme, že vznikly tři různobarevné stíny.



Otázka pro žáky: Proč vidíme tři stíny? (Protože na prst svítíme třemi lampičkami.)

Vysvětlení pokusu: Na prst svítíme třemi lampičkami z trochu odlišných míst. Prst tedy zakrývá jednotlivá barevná světla a od každé lampičky vzniká jeden stín. Pokud byste postupně nechali svítit vždy jen jednu lampičku, viděli byste vždy právě jenom jeden stín. Na zdi dochází k překrývání jednotlivých stínů (tmavá ploška vznikla zakrytím všech tří barevných světél, barevné části stínů vznikly zakrytím překrývajících se dvojic světelných kuželů, případně zakrytím pouze jednoho barevného světla). Všimněte si, že vidíte např. žlutý stín. To je barva, kterou nemá ani jedna z lampiček. Víte, jak tento stín vznikl?

Metodická poznámka: Podobně jako u předchozího pokusu, je i zde výsledek závislý na tom, jaké seženete pomůcky. Nejlepší je vypůjčit si ve fyzikálním kabinetu soupravu pro skládání barev (pokud ji tam ovšem mají).

• Červánky a modrá obloha

Pomůcky: stolní lampa s tzv. úspornou žárovkou, skleněné akvárium, popřípadě jiná průhledná nádoba (nejlépe „hranatá“), mléko

Provedení pokusu: Do nádoby nalijeme vodu a důkladně v ní rozmícháme trochu mléka (stačí málo, někdy jenom několik kapek). Do nádoby svítíme z boku lampičkou s „úspornou žárovkou“ (pokud jde o hranatou nádobu, svítíme do ní její užší stranou). Pozorujeme světlo žárovky přes stranu naproti ní (po průchodu vodou s mlékem světlo trochu zčervenalo) a dívejme se na nádobu z boku (světlo rozptýlené do stran trochu zmodralo).

Otázky pro žáky: Jakou barvu mívá sluníčko, když zapadá? (Často načervenalou.) Jakou barvu má obloha? (Modrou.)

Vysvětlení pokusu: Pokus, který jsme provedli, má napovědět, proč je obloha modrá a proč bývá Slunce při západu načervenalé. Světlo, které k nám přichází ze Slunce, obsahuje několik základních barev (fialovou, modrou, zelenou, žlutou, oranžovou a červenou). Podobně je tomu se světlem ze žárovky (z tohoto hlediska by byla lepší klasická žárovka, která má tzv. spojitě spektrum, podobné jako má sluneční světlo – obsahuje ale málo modrého světla; světlo „úsporky“ má sice komplikovanější, tzv. čárové spektrum, ale podíl modrého a fialového světla bývá větší). Při průchodu vodou s mlékem se světlo trochu pohlcuje a rozptyluje. Nejvíce se rozptyluje světlo fialové a modré. Při pohledu z boku nádoby vidíme toto rozptýlené fialové a modré světlo. Při pohledu skrz nádobu přímo proti žárovce, vidíme

světlo, které „odfialovělo“ a „odmodralo“ zmíněným rozptylem modré barvy. Ve světle, které nádobou prošlo, je více červené barvy, protože ta se průchodem vodou nejméně rozptýlila. V zemské atmosféře je to podobné. Rozptyluje se zde nejvíce fialová a modrá barva. Fialové je ale ve slunečním světle málo, a proto vidíme modré rozptýlené světlo (kdyby bylo fialového světla ze sluníčka více, byla by obloha fialová). Při západu Slunce prochází světlo velkou vrstvou vzduchu (Slunce totiž svítí na atmosféru hodně zešikma) a světlo odmodralo (zároveň odfialovělo, odzelenalo...) natolik, že vidíme červené světlo, které se v atmosféře nejméně rozptyluje, a prošlo až do našich očí.

Metodické poznámky: Nečekejte, že při pokusu bude efekt příliš výrazný. Rozptýleného modrého světla je málo. Světlo prošlé vodou zčervená také jenom trochu.

V akváriu se světlo rozptyluje na mikroskopických kapičkách mléka (tuku). Rozptyl na velmi malých částicích silně závisí na zkracující se vlnové délce světla (nejkratší vlnovou délku má fialové světlo, nejdelší světlo červené). Rozptyl je nepřímo úměrný čtvrté mocnině vlnové délky světla, přitom ale částice musí být „správně malé“. Ve vzduchu dochází k tomuto tzv. Rayleighovu rozptylu na náhodných shlucích molekul. (Tyto věci ale neříkejte dětem. Jsou to poznámky pouze pro vás.)

• Duha

Pomůcky: zpětný projektor (nejlépe typ Meotar), skleněný hranol (zkuste si ho vypůjčit v kabinetu fyziky), dva listy papíru, skleněná baňka s vodou.

Provedení pokusu: Rozsvítíme Meotar a na jeho projekční plochu položíme dva listy papíru tak, aby vznikla úzká štěrbinu. Meotar nastavíme tak, abychom na stěně (nejlépe bílé) viděli úzký proužek světla. Před projekční čočkou Meotaru (mezi ní a zdí, ale poblíž čočky) přidržíme skleněný hranol a různě s ním natáčíme, až na stěně uvidíme duhu – uvidíme dvě, symetricky rozložené okolo světlé stopy štěrbinu. Duhu můžeme „zaostřovat“ změnou šířky štěrbinu tvořené dvěma listy papíru na Meotaru.

Otázka pro žáky: Kdy je v přírodě vidět duha? (Když prší a svítí Slunce – Slunce musí svítit za našimi zády, abychom před sebou viděli duhu.)

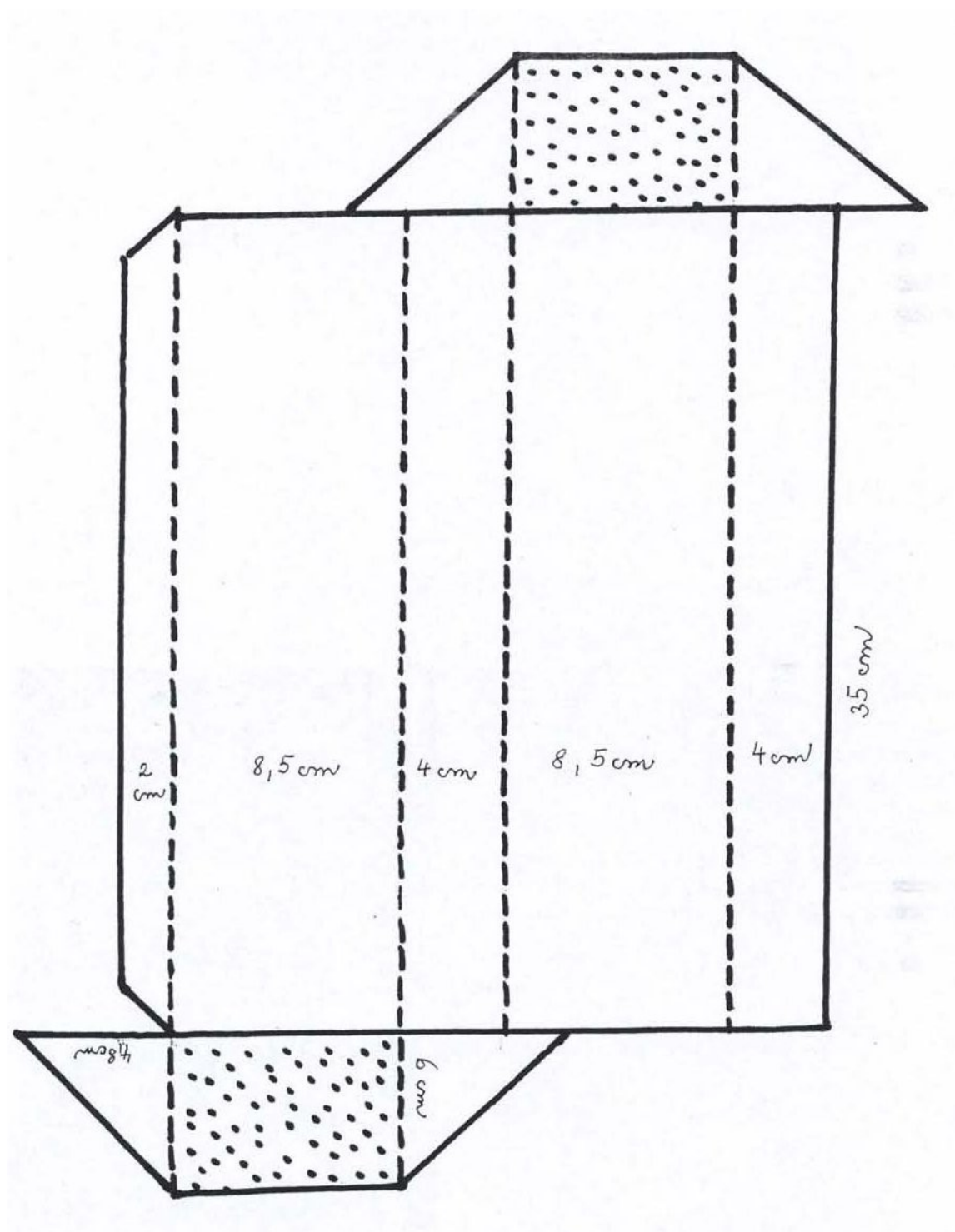
Vysvětlení pokusu: Světlo Meotaru je tvořeno několika základními barevnými světly. Při průchodu skleněným hranolem se světlo dvakrát láme – jednou při vstupu do hranolu, podruhé při výstupu zpět do vzduchu. Různé barvy světla se přitom lámou pod trochu jiným úhlem a světlo se tím rozdělí na své jednotlivé barvy. Aby byl efekt rozdělení barev vidět, potřebujeme na hranol poslat pouze úzký „pásek“ světla. Proto jsme vytvořili štěrbinu na Meotaru.

Duhu se nám občas podaří vytvořit tak, že dáme skleněnou baňku s vodou k oknu osvětlenému Sluncem, nebo do vhodné polohy vůči lampě, světlu Meotaru (se štěrbinou) apod.

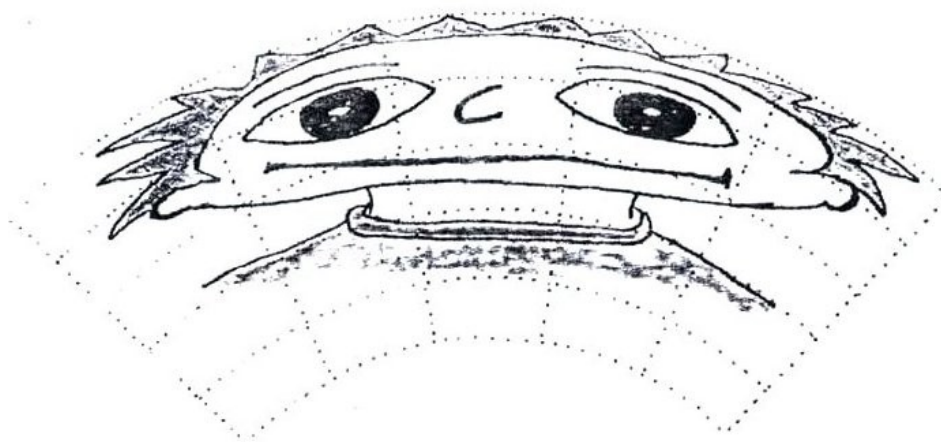
Přírodní duha vzniká tak, že dochází k lomu slunečního světla v kapkách deště. Některé paprsky se po lomu odráží od rozhraní voda vzduch a vychází (s příslušným lomem od kolmice) z kapky ven k našemu oku. Protože se světlo při dvou lomech (když procházelo do kapky a potom zase ven) rozdělilo na jednotlivá barevná světla, vidíme duhu. Někdy vidíme i světlo, které opustilo kapku až po dvou vnitřních odrazech. V tom případě vidíme v jisté vzdálenosti od duhy ještě jednu, tzv. sekundární duhu. Ta má obrácené pořadí barev.

PŘÍLOHA

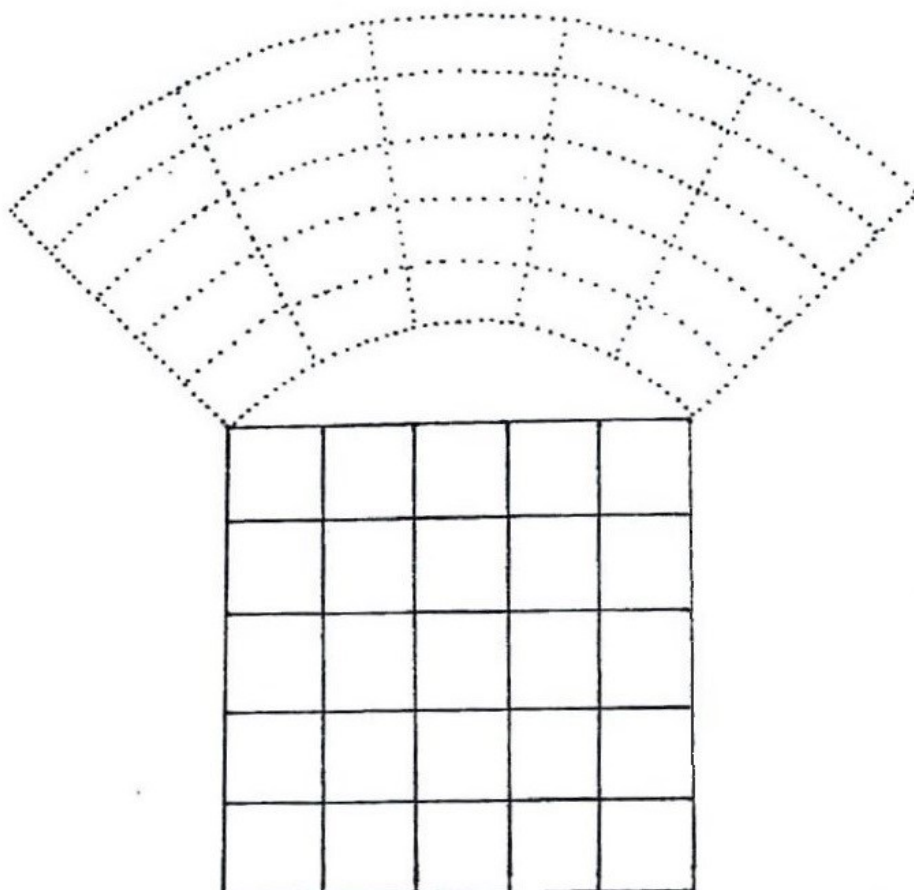
Šablona pro výrobu tubusu periskopu:



Zdeformovaný obrázek pro zobrazení válcovým zrcadlem:

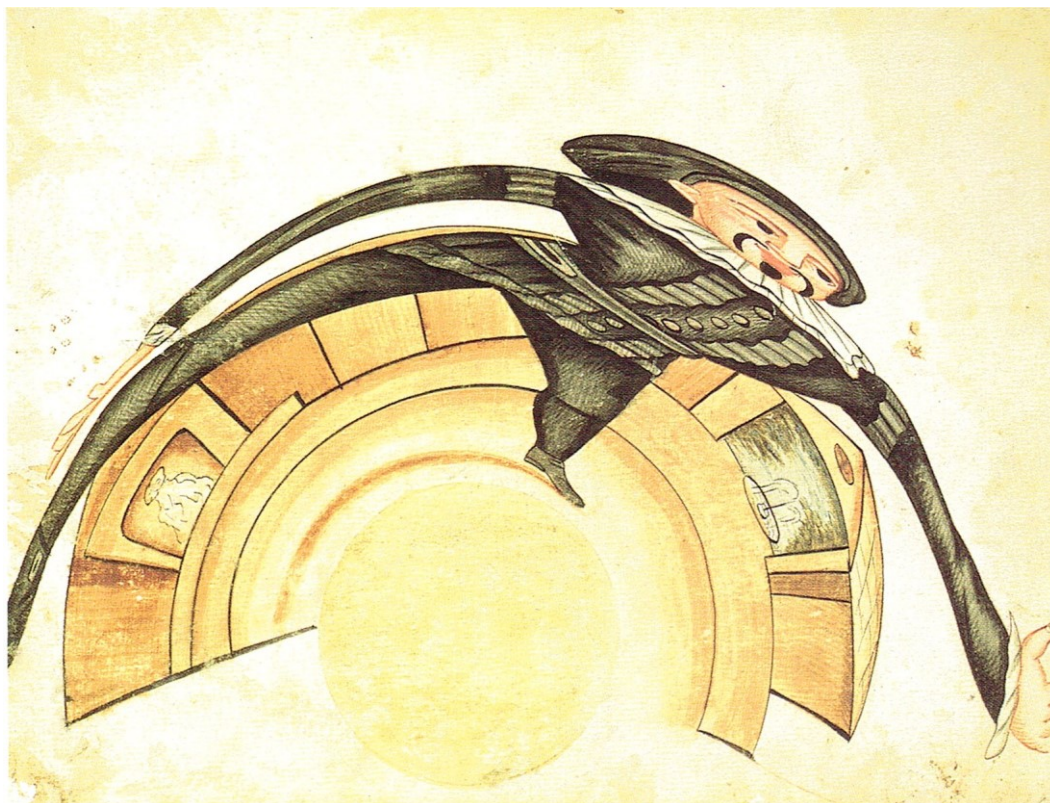


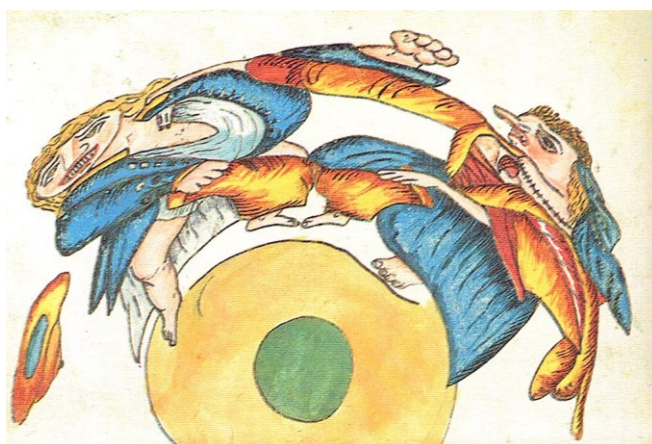
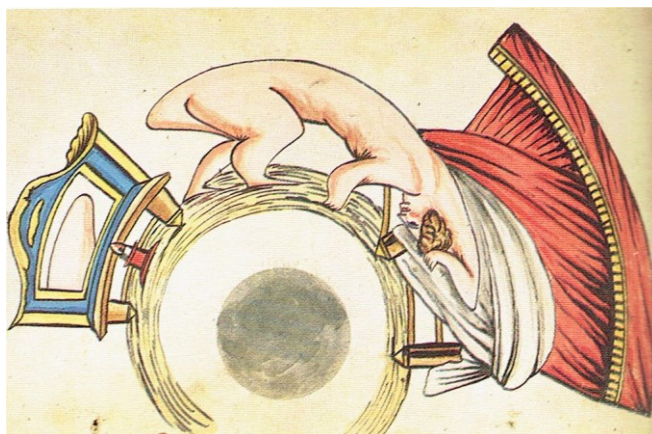
Sít' pro kreslení předloh pro válcové zrcadlo:

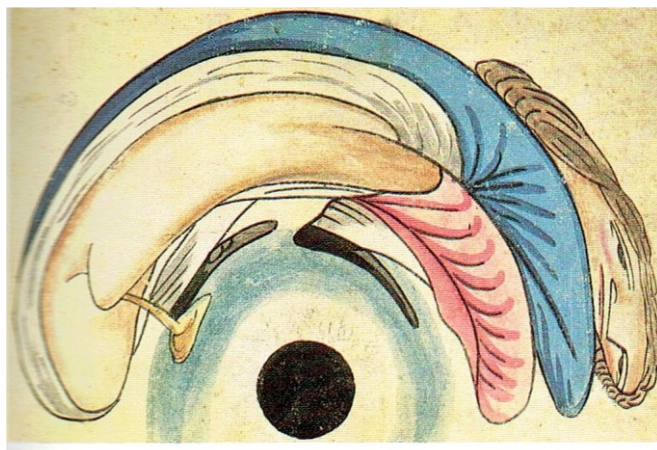


Historické předlohy obrázků pro válcové zrcadlo (Fyzikální museum Univerzity v Coimbre, Portugalsko):

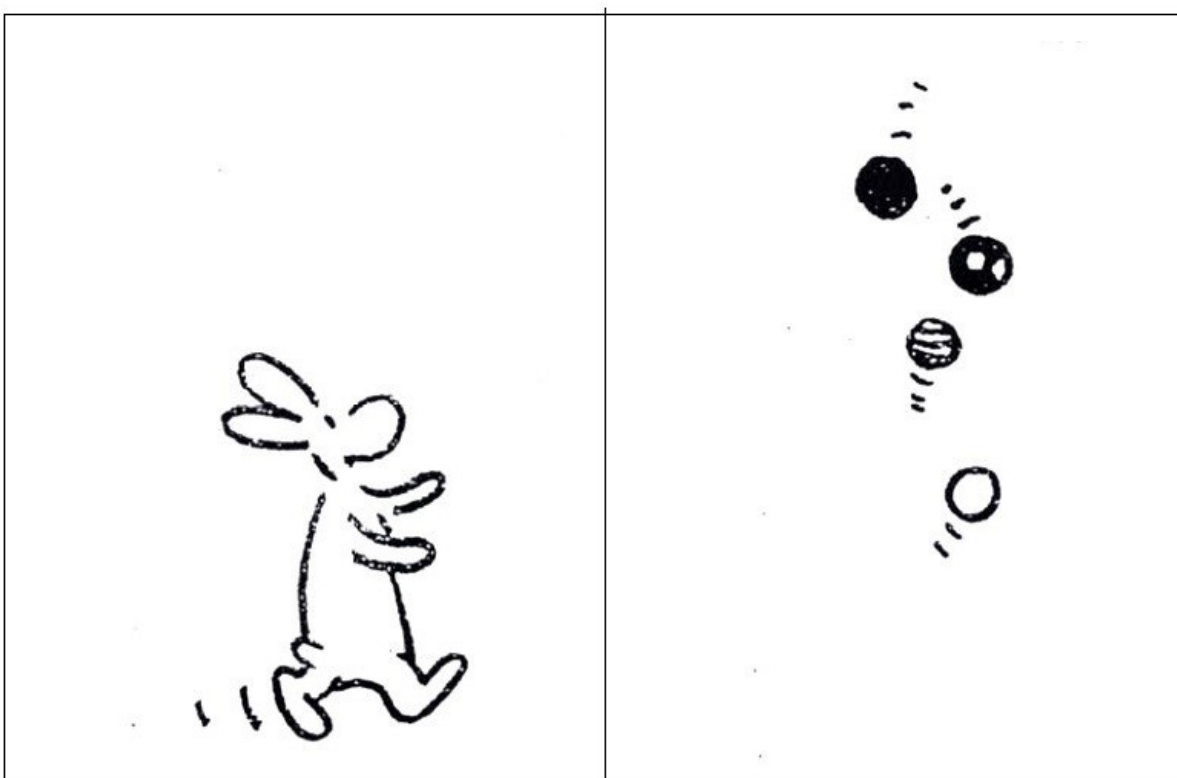
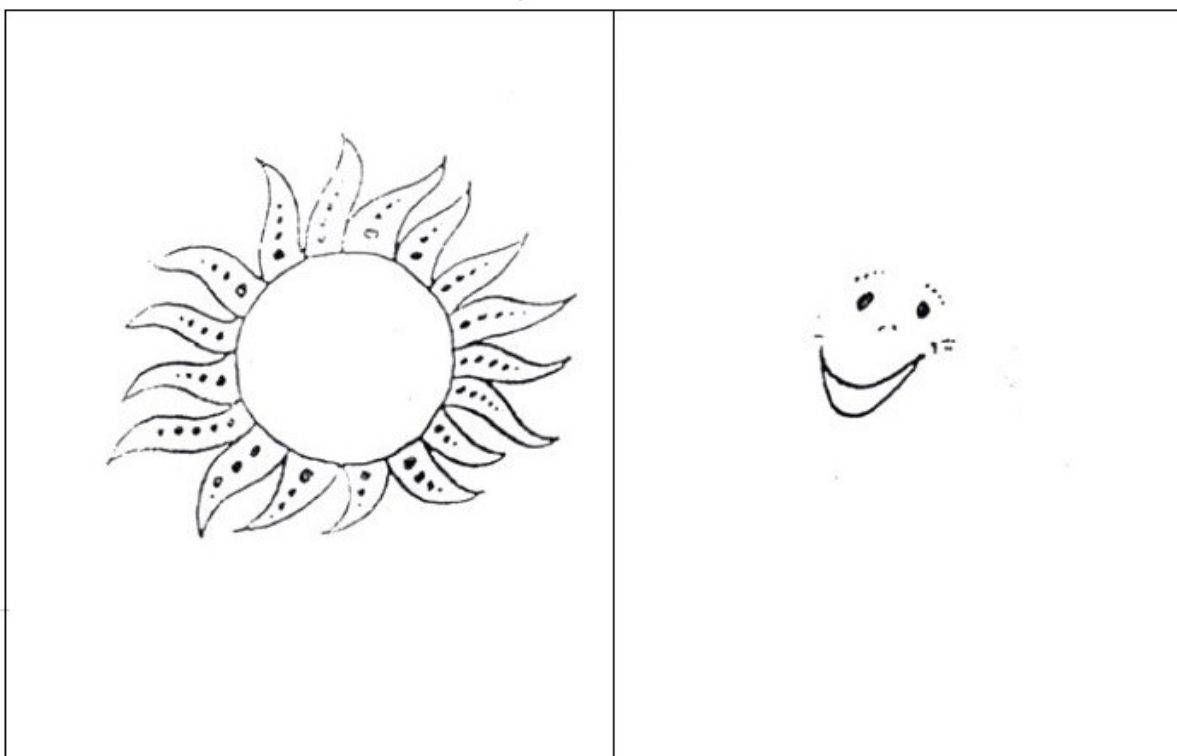
Předlohy je zapotřebí zvětšit (zmenšit) podle toho, jak velké válcové zrcadlo používáte.

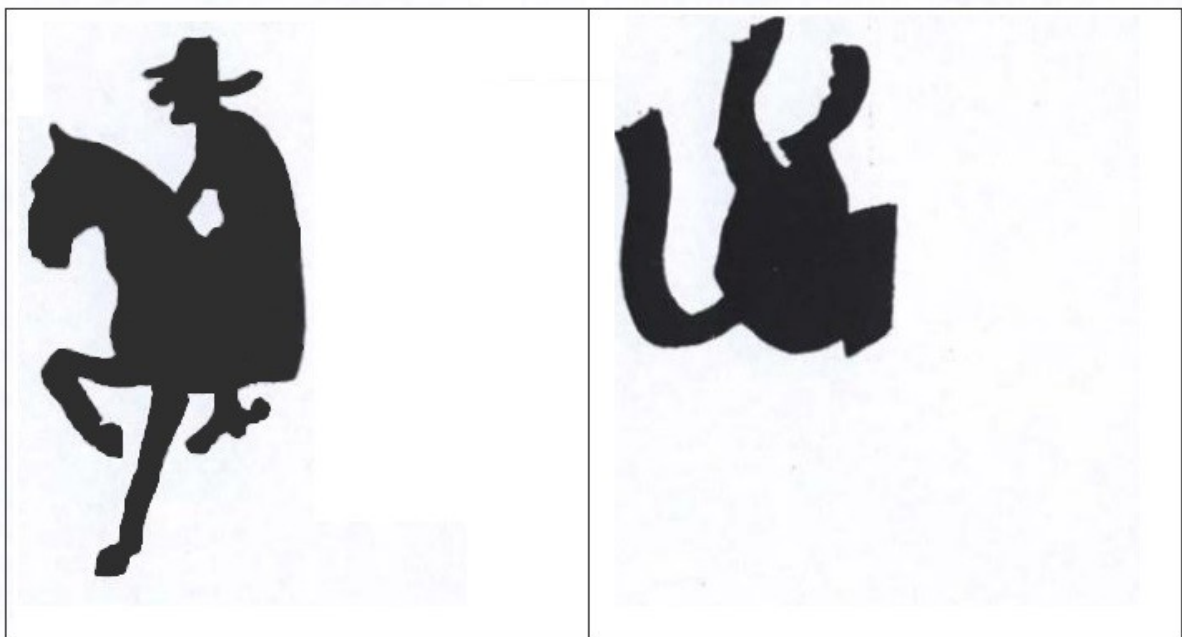
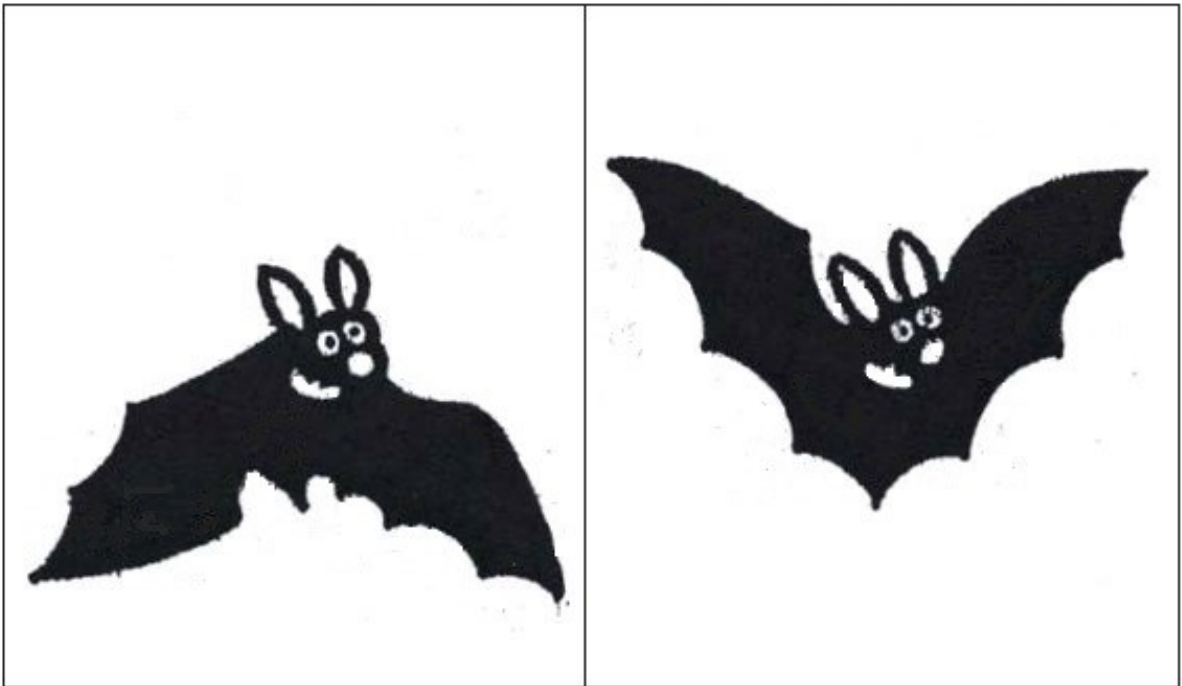






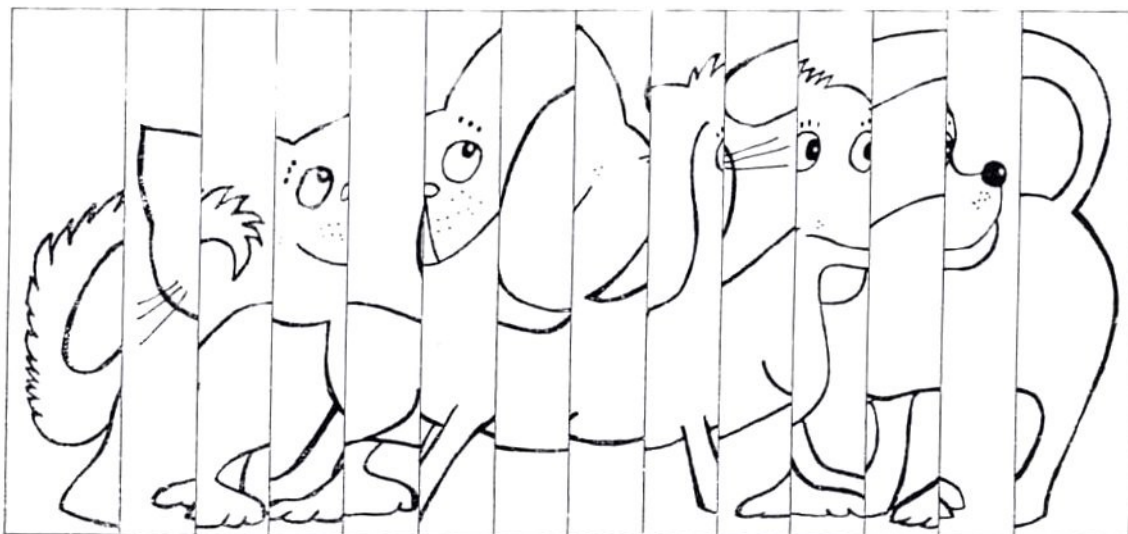
Pohyblivé obrázky:







Kočkopes:



Kotouče na rotující káču:

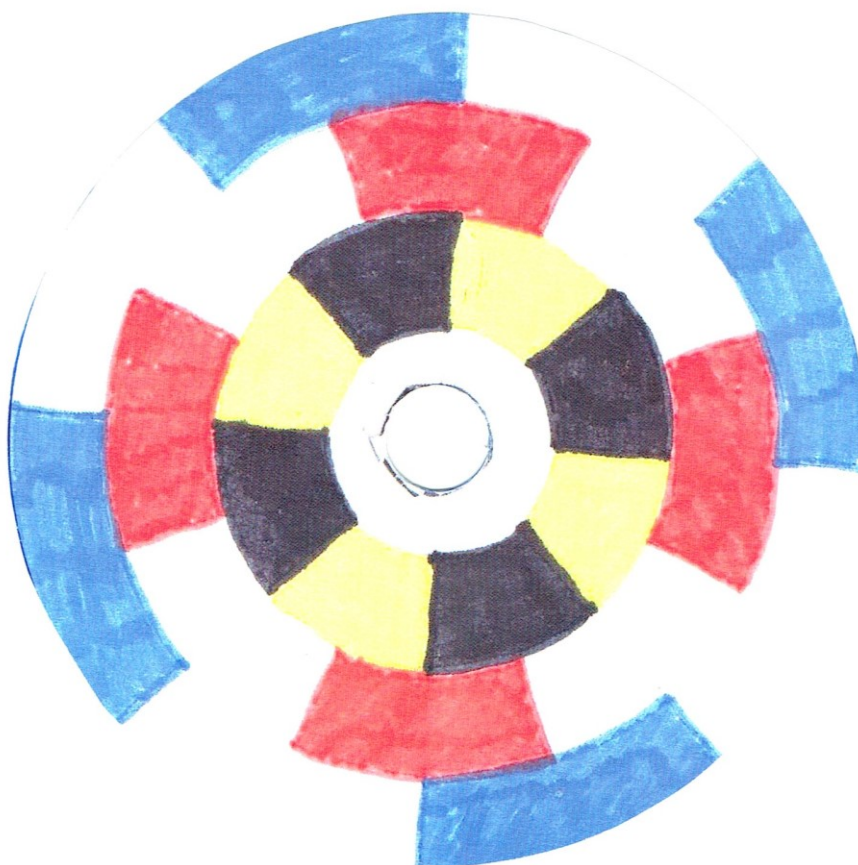
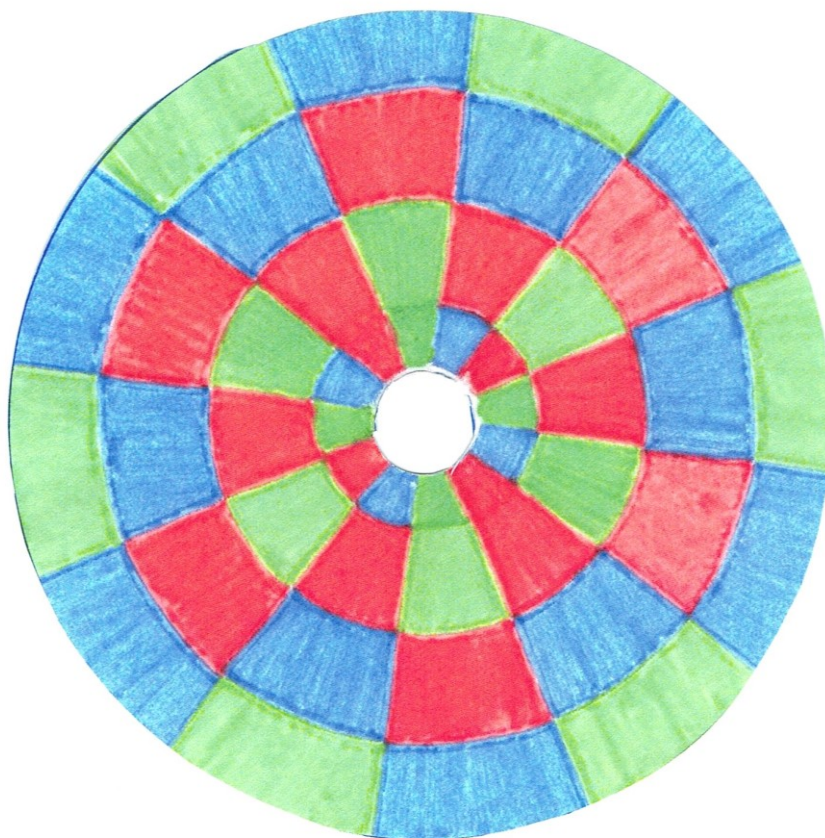
(Náměty na předlohu kotoučů jsou převzaty z publikace Rakušan Z., Votrubcová Š., Havlíček J.: *Experimentář*. iQlandia, Liberec 2014.)

Je zapotřebí upravit velikost předlohy.





Pokusy v přírodovědě na 1. stupni ZŠ (Světlo)



Pokusy v přírodovědě na 1. stupni ZŠ (Světlo)