

# **POZNÁVÁME ZÁKLADY OPTIKY**

# OPTICKÉ ČOČKY

## Co je optická čočka?

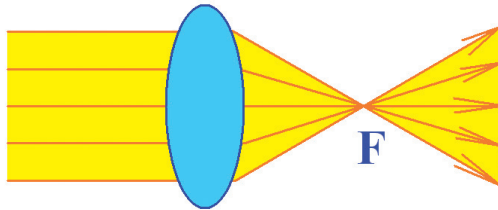
Abychom pochopili, jakým způsobem naše oči vidí, musíme si nejprve vysvětlit základy optiky.

Nejčastějšími optickými prvky při vytváření obrazu jsou čočky. Setkáme se s nimi v objektivních kamerách a fotoaparátů, v dalekohledech, v projektorech v kině i v našem oku.

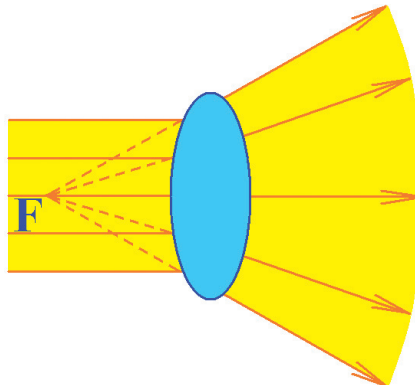
Vstoupí-li světelný paprsek ze vzduchu do skla, změní svůj úhel, zalomí se. Velikost úhlu lomu přitom záleží na tom, pod jakým úhlem paprsek na sklo dopadá, a také na druhu skla. Když není rozhraní vzduchu a skla rovné, ale zakřivené, vzniká čočka. Název byl opravdu zvolen podle toho, že připomíná známou luštěninu – čočku. Díky tvarovanému povrchu dopadají krajní paprsky pod jiným úhlem než paprsky uprostřed čočky. To způsobí, že i když na čočku dopadají rovnoběžné paprsky, po průchodu čočkou nejdou všechny stejným směrem. Jejich směr se změní podle toho, jak byl každý paprsek daleko od středu čočky, přičemž zatímco paprsek jdoucí středem čočky se nemění, krajní paprsky se zalomí nejvíc.

## Jaké jsou druhy čoček?

Existují dva základní typy čoček. První je **spojná** čočka, která dovede rovnoběžné světelné paprsky soustředit do jednoho bodu a také umí zaostřit obraz nějakého předmětu. Bodu, ve kterém se paprsky sbíhají, říkáme ohnisko  $F$ . Spojnou čočku na první pohled poznáme tak, že při pohledu skrz ni do dálky vidíme obraz převrácený vzhůru nohama. Při pohledu na blízké předměty obraz není převrácený, zato je zvětšený. Čočka zde slouží jako takzvaná lupa.



Druhým typem čočky je **rozptylná** čočka, která se chová přesně opačně než spojná, to znamená, že rozptyluje paprsky do stran, takže se nám zdá, jako by zdánlivě vycházely z ohniska před čočkou. Při pohledu skrz ni je obraz zmenšený, ale správně orientovaný.



### KTERÁ JE KTERÁ?

Spojnou čočku můžeme od rozptylné čočky rychle a jednoduše rozlišit podle tvaru. Spojná čočka je uprostřed silnější než na okraji, zatímco u rozptylné je tomu naopak. Pokud by však bylo vyklenutí malé a na první pohled nezřetelné, stačí se prostě přes čočku podívat do dálky. Spojná obraz převrací, rozptylná ne.



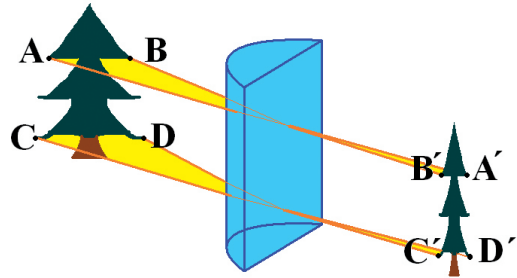
**Zkus to také!**

Nemáte žádnou čočku na pokusy? Vyrobtě si svou vlastní čočku! Potřebujete k tomu kulatou skleněnou vázičku nebo chemickou baňku. Naplňte ji vodou, chvíli počkejte, až vyjdou bublinky vzduchu, a zašpuntujte – a máte spojnou čočku!

Prozkoumejte optické vlastnosti vyrobené čočky. Podívejte se svou čočkou do dálky i na blízké předměty. Má docela slušné zvětšení.

**Co je válcová čočka?**

Optická čočka nemusí mít jen klasický kulovitý tvar. Pokud je sklo vybroušeno tak, že povrch tvoří část válce, vznikne takzvaná válcová čočka. Zadní strana většinou bývá rovná. Protože je povrch takové čočky vypouklý jen v jednom směru, zobrazuje zajímavým způsobem. Obraz je buď zúžený stranově, nebo výškově, podle polohy čočky, takže vytvoří jen úzký proužek. Jak je znázorněno na obrázku, bod A se zobrazí do bodu A', bod B do bodu B' atd. Obraz je tedy stranově převrácený, ale není vzhůru nohama.



Protože válcovou čočku ze skla není snadné vyrobit, často se používají tam, kde jejich kvalita stačí, válcové čočky lisované z průhledného plastu. Výrobní náklady jsou potom výrazně nižší.

**Zkus to také!**

Pro lepší pochopení toho, jak válcová čočka zobrazuje, si jednu takovou vyrobíme. Nebudeme samozřejmě brousit sklo, ale použijeme takové, které je již vhodně tvarované. Jednoduše vezmeme válcovou láhev s hladkými stěnami, odstraníme z ní etiketu a naplníme ji vodou. Zkuste se přes takovou válcovou čočku podívat. Možná objevíte i její „zeštíhlující účinky“!



Válcové čočky se říká také **cylinrická** podle tvaru kdysi oblíbeného klobouku.

### VÁLCOVÉ ČOČKY V BRÝLÍCH?

Válcové čočky mají využití také v oční optice. Při korekci neboli nápravě astigmatismu (oční vada způsobená rozdílným zakřivením čočky ve svislém a vodorovném směru) se v brýlích používají právě takto tvarované čočky, protože při astigmatismu je vada oka ve vodorovném směru jiná než ve svislém směru.

Zajímavým použitím optického skla je také optické vlákno. Je to tenké vlákno vytažené z roztaženého skla, které se používá k přenosu informací. Světelné impulsy se šíří vnitřkem vlákna a na povrch dopadají pod tak malým úhlem, že se odrazí zase zpět dovnitř, aniž by povrch byl opatřen nějakou odraznou vrstvou.

### Můžu si čočku vyrobit doma?

Opracovat sklo není snadné. Průmyslově se čočky vyrábějí z velkého bloku kvalitního optického skla, které se nejprve nařeže na čtverce potřebné velikosti a ty se potom ofrězují na kulaté disky, stále však mají přední a zadní stranu rovnou. Vypouklého tvaru se dosáhne broušením kulatých polotovarů nalepených na vypouklé podložce, po kterých za pomoci tekutého brusiva přejezdí nástroj ve tvaru převrácené misky. Postupně se používá jemnější a jemnější brusivo, až se povrch vyleští a je zcela hladký a průhledný. Doma tento postup těžko napodobíme, takže pokud nemáme skleněnou nádobu kulovitého tvaru, můžeme zkusit primitivní čočku vyrobit ze sáčku naplněného vodou, který rukama vytvarujeme tak, aby stěny byly čočkovitě prohnuté.





Bloky optického skla.



Stroj na broušení zakřiveného povrchu čočky.

### Zkus to také!

Ukážeme si ještě jinou možnost domácí výroby jednoduché čočky. Vezmeme velký kelímek od jogurtu a na boku vystříháme velký otvor. Přes vrch kelímku volně položíme fólii na balení potravin. Musí být prohnutá, protože do ní nalijeme vodu, která díky prohnuté fólii

vytvoří „vodní lupu“. Kolem kraje je lepší fólii přichytit izolepou. Bočním otvorem vložíme drobný předmět, který chceme vidět zvětšený. Přes lupu vzniklou z vody pozorujeme mírně zvětšený předmět.

Úplně nejjednodušší čočku vyrobíme tak, že na minci nakapeme pomocí špejle velkou kapku vody. Díky vypouklému povrchu působí kapka jako čočka s mírným zvětšením.



### JAK MŮŽE ČOČKA ZAPÁLIT OHEŇ?

Spojná čočka soustřeďuje všechny paprsky do jednoho bodu, do ohniska. Samozřejmě pokud jdou paprsky dál, tak se za ohniskem zase rozbíhají od sebe. Jak už název tohoto bodu napovídá, může v ohnisku dojít i k zapálení ohně.

Nejsnadněji toho dosáhneme tak, že v létě silné sluneční paprsky zaostříme pomocí čočky na papír. Vzdálenost čočky musíme najít takovou, aby se všechny paprsky soustředily do jednoho bodu. A protože černá barva pohlcuje teplo lépe než bílá, papír se nám bude zapalovat snadněji, když jej pokreslíme černým fixem. Čím větší čočku máme k dispozici, tím lépe, protože do ohniska soustředíme světelné záření z větší plochy.

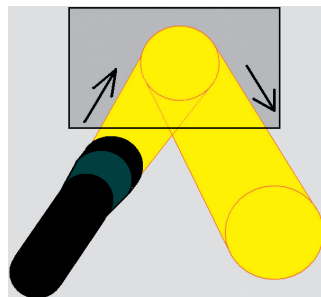


# ZRCADLA

## Kam se odrazí světlo od zrcadla?

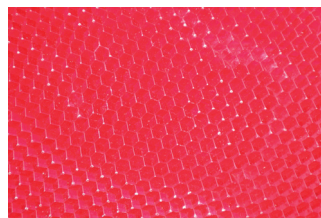
Zrcadlo odráží světelné paprsky přesně zpět jen tehdy, když dopadají kolmo na zrcadlo. Pokud je zrcadlo nakloněné šikmo, odrazí se na protější stranu pod stejným úhlem, pod jakým dopadly na zrcadlo. To je tzv. **zákon odrazu**. Záleží tedy na sklonu zrcadla. Vezměte si baterku, stoupněte si ve tmě před zrcadlo a všechno si sami vyzkoušejte.

Zaručeně vždy přesně zpět nám vrátí paprsek trojice navzájem kolmých, pevně spojených zrcadel. Světlo se odrazí z prvního na druhé, z něj na třetí a od něj se vrací do stejného směru, odkud přichází. O co víc je skloněné jedno zrcadlo, o to méně je další a naopak. Pomocí tří odrazů se dosáhne toho, že paprsek odražený od této soustavy zrcadel je přesně rovnoběžný s paprskem dopadajícím na zrcadla.



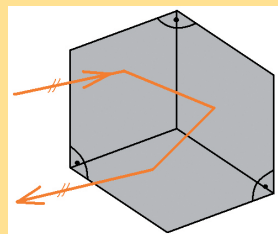
## K čemu slouží koutový odražeč?

Pokud je takové zařízení vybroušené z jednoho kusu skla, říká se mu koutový odražeč, protože připomíná uřezaný kout místnosti. Z takových malých koutových odražečů vylisovaných z plastu jsou složeny odrazky, jaké máte například na kole. Vtip jejich použití spočívá v tom, že při libovolné poloze jízdního kola odrážejí světlo z reflektorů auta přesně zpět, takže je řidič vidí. Při použití obyčejných zrcátek by záleželo na úhlu dopadu, jestli se světlo odrazí zpět nebo jinam. Odrazkami také bývají pokryty reflexní dopravní značky, takže při osvětlení reflektory přijíždějícího auta ve tmě krásně září.



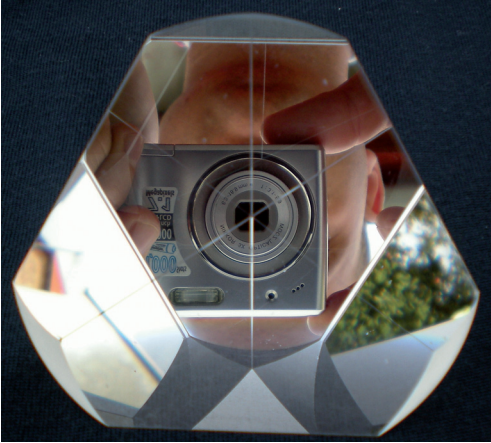
### Zkus to také!

Vyrobte si koutový odražeč! Pokud máte k dispozici tři zrcátka, můžete je slepit izolepou do naznačeného tvaru a vyzkoušet, že ať se díváte z kteréhokoli místa, vždy uvidíte své oko.



## LASEROVÉ VYMĚŘOVÁNÍ

Koutový odražeč používají také zeměměřiči, kteří v dnešní době vyměřují pomocí laseru. Kdyby na vyměřovací tyči bylo umístěno obyčejné zrcátko, bylo by téměř nemožné ji držet tak, aby se paprsek odrazil přesně zpět. Díky koutovému odražeči nezáleží na přesné poloze.



### ZRCADLO, UKAŽ MI...

Koutový odražeč odráží světelné paprsky přesně zpět. Proto v něm vždy vidíme sami sebe!

## PERISKOP

### Jak funguje periskop?

Šikmo postavené zrcadlo odkloní paprsky do jiného směru. Toho využívá periskop, ve kterém je směr světelných paprsků změněn dvakrát. Díky tomu projde světlo dvakrát zalomenou trubicí a my můžeme cokoliv skrytě pozorovat.

Například ponorka se nemusí celá vynořovat na hladinu, ale jen vystrčí svůj periskop. Také z obrněného vojenského vozidla není moc dobré vystrkovat hlavu, a proto k pozorování opět slouží periskop.

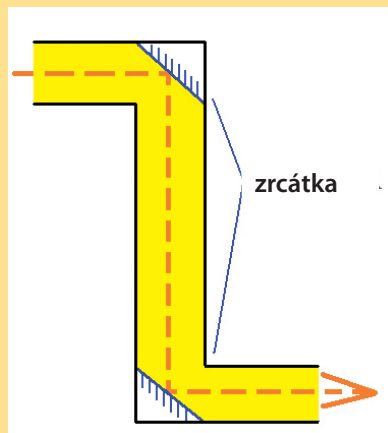




**Zkus to také!**

Zhotovíme si vlastní periskop! Vyrobité jej z papírových trubek, které slepíme lepicí páskou nebo lepicí tavnou pistolí. V místech zalomení rohy šikmo uřízneme (pod úhlem 45°) a přilepíme na ně dvě menší zrcátka, třeba z rozbitého zavíracího zrcátka do kabelky. Při konstrukci vám napoví obrázek.

A můžeme skrytě pozorovat!



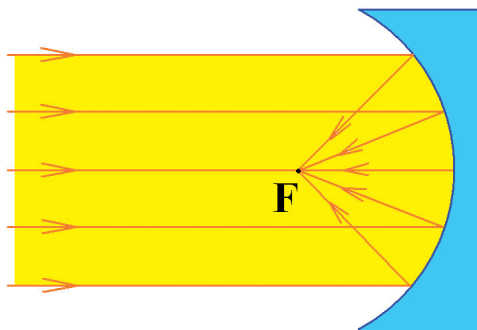
## KULOVÁ ZRCADLA

### Co je to kulové zrcadlo?

Na rozdíl od klasického rovného zrcadla je jeho povrch částí koule, to znamená, že je zakřivené s určitým poloměrem zakřivení. Díky tomu má podobné vlastnosti jako čočka. Má totiž také ohnisko. Duté zrcadlo odráží paprsky tak, že se sbíhají v ohnisku. Může tedy stejně jako čočka zapálit oheň slunečními paprsky.

Známý starověký učenec Archimédes prý takto chránil své město Syrakusy před útočníky, když na dálku pomocí velkých zrcadel zapaloval blížící se nepřátelské lodě.

Opačně tvarované vypuklé zrcadlo zase rozptyluje paprsky od sebe, podobně jako to provádí rozptylná čočka. Rozdíl je jen v tom, že čočkou paprsky procházejí na druhou stranu, zatímco od zrcadla se odrážejí zpět.



## JEN OBYČEJNÉ SKLO

Stejně jako zrcadlo dokáže paprsky odklonit do jiného směru i skleněný hranol. Díky vyleštěným plochám odráží stejně jako zrcadlo. V profesionálních periskopech bývají místo zrcadel použity právě hranoly, protože na skle nemusí být nanášeny žádné odrazné vrstvy, které časem ztrácejí svou odrazivost. Existuje i hranolový nástavec na objektiv kamery pro tajné natáčení. S jeho použitím míříte kamerou jinak, než kam je zaměřený objektiv.

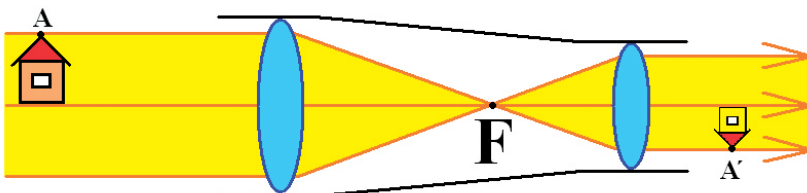


# DALEKOHLEDY

## Jak vyrobit dalekohled?

Dalekohled obsahuje dvě čočky – **objektiv** a **okulár**. Okulár je čočka umístěna blíže k oku. U kvalitnějších dalekohledů není objektiv ani okulár jen jediná čočka, ale jsou kvůli snížení optických vad (např. rozostřené okraje obrazu, rovné čáry se zobrazují jako prohnuté apod.), tvořeny soustavou několika čoček a tudíž dávají kvalitnější obraz. Na nejjednodušší dalekohled ale opravdu stačí mít dvě spojné čočky. Aby byl obraz v dalekohledu zaostřený, musí být čočky nastaveny tak, aby se ohnisko okuláru přesně krylo s ohniskem objektivu. V tomto nejjednodušším dalekohledu však bude obraz převrácený, tedy hlavou dolů.

Aby byl orientovaný správně, musí dalekohled obsahovat ještě převraccí čočku nebo hranoly. Hvězdářský dalekohled převraccí systém nepotřebuje, protože u nebeských objektů nám nevadí, když je vidíme obráceně.



**Zkus to také!**

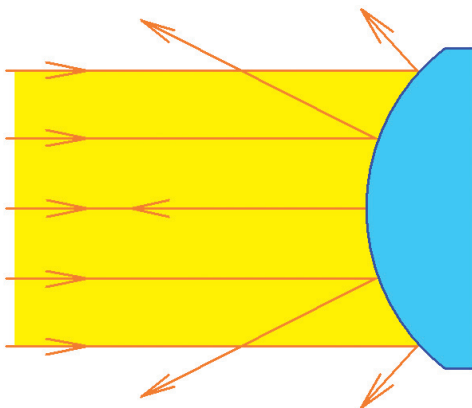
Pokud máte k dispozici dvě čočky, třeba ze starých brýlí nebo z rozbité hračky, můžete si vyrobit dalekohled. Za tělo dalekohledu poslouží třeba trubička od toaletního papíru! Nejprve musíte zjistit, v jaké vzdálenosti od sebe musí být čočky umístěny, aby se obraz zaostřil. Čočky jednoduše uchopíte do rukou, podívejte se skrz ně na dostatečně vzdálený předmět a vyzkoušejte, při jaké vzájemné poloze obou čoček uvidíte ostrý obraz.



Nyní změřte vzdálenost čoček. Papírovou trubičku musíte zkrátit právě na tuto délku. Na její konce nalepte čočky, nejlépe pomocí lepicí tavné pistole. U tohoto jednoduchého dalekohledu je obraz převrácený, protože nemá převracecí soustavu. Možná to nevíte, ale převrácený obraz vzniká i v našem oku!

**Zkus to také!**

Prozkoumejte obraz v dutém a vypouklém zrcadle. Že žádné nemáte? Podívejte se v příborníku po lesklé lžičce, můžete použít i naběračku. Natočte ji vypouklou stranou k sobě. Jak se v ní uvidíte? A teď ji otočte vnitřkem k sobě. Jak se změnil obraz?



**Chod paprsků ve vypouklém zrcadle – vzniká dojem, jako by paprsky vycházely z bodu za zrcadlem.**

# DÍRKOVÁ KOMORA (camera obscura)

## ZAOSTŘÍM OBRAZ I BEZ ČOČKY?

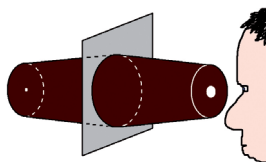
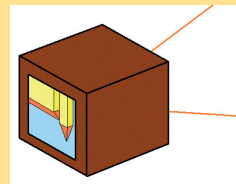
Nemáte-li k dispozici žádnou čočku, je právě pro vás určen následující experiment. Využívá se v něm zajímavé skutečnosti, že stejně jako čočka dokáže zaostřit obraz i malá dírka, jen je obraz tmavší. Lidé si toho všimli už dávno, když do zatemněné místnosti pronikalo světlo malým otvorem. Na protější stěně uviděli převrácený obraz toho, co bylo venku. Na tomto principu se před několika staletími začaly vyrábět pomůcky pro kreslíře. Říkalo se jim „*camera obscura*“, což znamená „*temná komora*“. Byly to skříňky, které měly v jedné boční stěně malý otvor. Protější boční stěna byla z matného skla, skrz které prosvítal obraz promítnutý dírkou. Stačilo přiložit tenký papír a obraz obkreslit.



## Zkus to také!

Vyrobte si dírkovou komoru. Potřebujete dva kelímky od kávy (musí být tmavé). Nejlépe se bude pracovat s papírovými kelímky. V jednom z nich propíchněte špendlíkem uprostřed dna dírku, druhému vystříhnete ve dně otvor asi o průměru 1 cm. Mezi kelímky vložte průsvitný papír a kelímky spojte, třeba izolepou.

Jiné provedení dírkové komory je možné například z papírových trubek, na jednom konci zaslepených černým papírem. Vaši *cameru obscuru* namířte malou dírkou na jasný předmět, třeba okno. Na průsvitném papíře uvnitř uvidíte převrácený obraz.



Mezi dvěma spojenými papírovými trubkami je vložen průsvitný papír z papírového kapesníku. Zadní konec trubky je zaslepen černým papírem, v němž je špendlíkem propíchnutý otvor. Protože malý otvor funguje jako spojná čočka, uvidíme převrácený obraz.