



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Název projektu:

Internacionalizace, spolupráce, inovace, reflexe a evaluace v přípravě budoucích učitelů

Registrační číslo:

CZ.02.3.68/0.0/0.0/19_068/0015764

Toto dílo podléhá licenci Creative Commons 4.0 ve variantě BY-SA



GEOMETRICKÁ (PAPRSKOVÁ) OPTIKA

Následující experimenty jsou čerpány z těchto zdrojů a literatury:

1. Svoboda, E., Houdek, V. a Svoboda, M. (2001). Pokusy z fyziky na střední škole 4. Prometheus, Praha.
2. Svoboda, M., Alexa, R., Houdek, V., Svoboda, E. a Švecová, H. (1994). Praktikum školních pokusů II. Karolinum, Praha.
3. Rentzsch, Werner: Experimente mit Spass. 1. - 5., Köln: Aulis Verlag Deubner, 2007
4. [Veletrh nápadů učitelů fyziky \(vnuf.cz\)](http://vnuf.cz)
5. [P9160-4LHK Návod "ŽES Optika" \(didaktik.cz\)](http://didaktik.cz)
6. [Home - Unit - FEd \(aps.org\)](http://aps.org)

Veškeré experimenty z geometrické optiky provádíme, pokud možno v zatemněné místnosti.

Základní vlastnosti světla

PRŮHLEDNÁ, PRŮSVITNÁ A NEPRŮHLEDNÁ PROSTŘEDÍ

POMŮCKY:

zdroj světla (svítilna, svíčka a sirky)

skleněná deska

tenký hedvábný papír, mléčné sklo nebo bublinková fólie

kniha nebo sešit.

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Svítilnu postavíme na lavici a rozsvítíme ji. Před zapnutou svítilnu postupně dáváme skleněnou desku, hedvábný papír a nakonec knihu.

ZÁVĚR

Světlo se šíří přímočaře a předměty, které vidíme, jsou buď světelné zdroje, nebo jimi osvětlená tělesa. Prostředí, kterým světlo prochází, má vliv na to, jak předmět pozorujeme. Průhledné prostředí (např. vzduch, čistá skleněná tabule, plexisklo, tenká vrstva vody) předmět vidíme jasně.

Průsvitné prostředí (hedvábný papír, mléčné sklo, bublinkatá fólie, ale i mlha) předmět vidíme, ale jeho obrysy nejsou zřetelné.

Neprůhledné prostředí (knihy, sešit, zeď) světlo vůbec neprochází.

POZNÁMKY:

PŘÍMOČARÉ ŠÍŘENÍ SVĚTLA

POMŮCKY:

halogenovou lampu

zdroj
clonku se štěrbinou
list papíru minimálně A4
pravítko
tužku

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Tento pokus provedeme ve dvou krocích.

Nejdříve si připravíme halogenovou lampu. Ústí halogenové lampy zakryjeme clonkou se štěrbinou. Lampu položíme na okraj listu papíru a zapneme ji. Po zapnutí lampy vidíme na podložce světelnou čáru, která ukazuje směr šíření paprsku.

Druhý krok

Odstraníme clonku se štěrbinou a použijeme lampu jako zdroj rozbíhavého světelného svazku. Vezmeme tužku a na list papír obkreslíme obrys halogenové lampy. Poté si označíme několik bodů na okraji rozbíhavého světelného svazku. Vypneme lampu a sundáme ji z papíru. Okrajové body, které jsme si na papíře označili spojíme pravítkem a obě čáry protáhneme až k průsečíku, který značí přesnou pozici světelného zdroje (žárovky v lampě).

ZÁVĚR:

Zákon přímočarého šíření světla v homogenním prostředí plyne z Fermatova principu nejkratšího času. Aby byla tato podmínka splněna, tak křivka, po které se šíří světlo musí být úsečka. Tzn., v homogenním prostředí se světlo šíří přímočaře.

POZNÁMKY:

STÍN A POLOSTÍN

POMŮCKY:

Dvě čajové svíčky
zápalky
dva kalíšky (seříznuté plechovky)

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Čajové svíčky umístíme na plechovky, které jsme otočili dnem vzhůru a zapálíme je. Místnost zatemníme, abychom mohli pozorovat stíny, které nám budou vznikat na lavici pod svíčkami. Plechovky k sobě přiblížíme tak, abychom mohli pozorovat polostíny i plný stín.

ZÁVĚR:

Pokud je těleso osvětleno dvěma zdroji z přibližně stejných směrů, je do prostoru za tělesem vržen polostín i plný stín. Polostínem nazýváme stín, který je vytvořen pouze jedním z použitých zdrojů světla. V místě, kde se polostíny překrývají, je plný stín.

Odras světla

ZÁKON ODRAZU

POMŮCKY:

Hartlův optický disk
bodový zdroj světla (laserový zdroj)

magnetická tabule
clonka se štěrbinami
barevné skleněné filtry
skleněné zrcátko

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Hartlův optický kotouč umístíme na magnetickou tabuli. Zapojíme bodový zdroj světla (laserový zdroj) a do cesty svazku paprsku umístíme zrcátko na Hartlův disk tak, aby bylo kolmo k dopadajícím paprskům a aby paprsky dopadaly na kotouč ve směru, který je na disku je zpravidla vyznačen jako O-O. Při tomto uspořádání pozorujeme, že světelné paprsky se od zrcadla odrážejí ve stejné polopřímce jako paprsky dopadající. Nyní pootočíme zrcátkem i kotoučem kolem osy kolmé na Hartlův kotouč asi o 10° a sledujeme odražený paprsek. Ten svírá s vyznačeným směrem (O-O) také úhel 10° . Zvětšíme úhel dopadu na 20° a sledujeme odražený paprsek. Postupně zvětšujeme úhel dopadu a sledujeme odražený paprsek (úhel odrazu). Zjišťujeme, že úhel dopadu a úhel odrazu jsou stejné. Protože odražený paprsek zanechává svítící stopu na kotouči (stejně jako dopadající paprsek), plyne z toho, že odražený paprsek zůstává v rovině dopadu. Pokud používáme bodový zdroj světla umístíme před clonku se štěrbinami barevný filtr a pro různé úhly dopadu zjišťujeme úhly odrazu. Změníme barvu filtru a pokus opět opakujeme.

ZÁVĚR:

Z pokusu vyplývá, že úhel dopadu se rovná úhlu odrazu a odražený paprsek leží v rovině dopadu. Tento poznatek se nazývá zákon odrazu. Odražený paprsek barevného světla splňuje opět zákon odrazu. Úhel odrazu nezávisí na barvě světla (na frekvenci).

POZNÁMKY

PERISKOP

POMŮCKY:

dvě zrcátka
dva stativy
neprůhledná deska (stínítko)

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Zrcátka upevníme nad sebe do stativu tak, aby byla navzájem rovnoběžná a svírala s vodorovným směrem úhel 45° . Mezi zrcátka umístíme neprůhlednou desku tak, aby nezakrývala paprsky jdoucí od horního zrcátka k spodnímu.

Do úrovně horního zrcátka umístíme předmět, který chceme pozorovat. Umístíme jej do takové vzdálenosti od stínítka, abychom jej z místa spodního zrcátka neviděli. Při pohledu do

spodního zrcátka předmět uvidíme. Pokus můžeme vylepšit tak, že zrcátka umístíme do neprůhledných trubky (např. od brambůrků). Tím zajistíme lepší viditelnost pozorovaného předmětu.

ZÁVĚR:

Vhodným uspořádáním dvou zrcadel můžeme změnit chod světelných paprsků, takže můžeme vidět i předměty, které bychom z daného místa neviděli. Nastává posunutí svazku paprsku, pořadí paprsku zůstává zachováno.

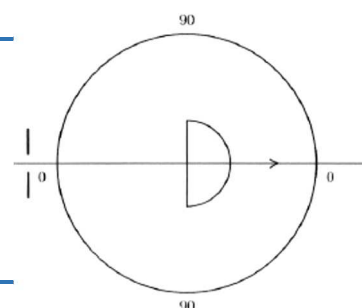
POZNÁMKY

Lom světla

SNELLŮV ZÁKON

POMŮCKY:

Hartlův optický disk
světelný zdroj
skleněný půlválec
clonka se štěrbinou



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Na Hartlův optický disk přitiskneme půlkruhovou podstawou skleněný půlválec tak, aby střed jeho přímé hrany byl ve středu kotouče a aby přímá hrana byla ve směru 90-90. Před světelný zdroj umístíme clonku s jednou štěrbinou a kotouč otočíme tak, aby světelný paprsek dopadal kolmo do středu rovinné podstavy půlválce (viz. obrázek) rovinná stěna vytváří rozhraní mezi vzduchem a sklem.

Zapneme světelný zdroj. Při správném uspořádání proniká světelný paprsek do skla bez odchýlení. Spojnice O-O je kolmicí dopadu na rozhraní vzduch-sklo. Hartlův disk s půlválcem pootočíme asi o 10° . Ve skle se paprsek (lomený paprsek) odchyluje od směru ve vzduchu tak, že úhel mezi lomeným paprskem a kolmicí dopadu je menší než 10° . Lomený paprsek zůstává v rovině dopadu (rovina určená dopadajícím paprskem a kolmicí dopadu). Měníme postupně úhly dopadu a zjišťujeme úhly lomu a oba údaje zapisujeme do tabulky.

Úhel dopadu označíme α a úhel lomu β . Současně do tabulky zapíšeme podíl $\sin \alpha$ a $\sin \beta$. Vidíme, že tento podíl je přibližně konstantní. Rovná se podílu n_2/n_1 , kde n_1 je index lomu prostředí 1 (vzduch) a n_2 je index lomu prostředí 2 (v našem případě sklo).

Příklad naměřených hodnot α a β pro konkrétní druh skla jsou uvedeny v tabulce. Prostředí o menším indexu lomu se nazývá prostředí opticky řidší, prostředí o větším indexu lomu prostředí opticky hustší.

Záhlaví tabulky:

$\alpha/\text{stupňů}$	$\beta/\text{stupňů}$	$\sin \alpha / \sin \beta$	n_2 / n_1
------------------------	-----------------------	----------------------------	-------------

ZÁVĚR:

Při přechodu světla z prostředí opticky řidšího do prostředí opticky hustšího se světlo láme ke kolmici. Lomený paprsek leží v rovině dopadu. Mezi úhlem dopadu a úhlem lomu platí vztah (Snellův zákon)

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

kde v_1 je velikost rychlosti světla v prvním prostředí, v_2 velikost rychlosti světla v druhém prostředí.

POZNÁMKY

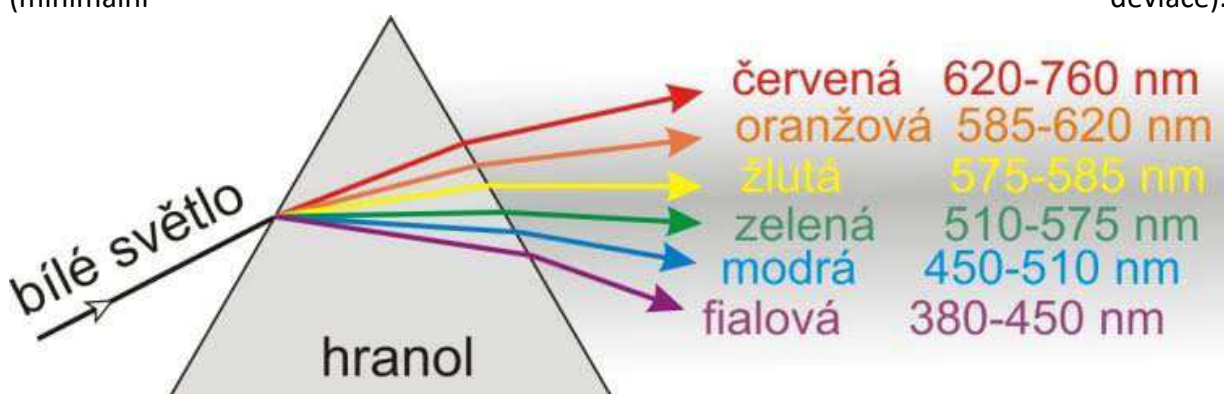
LOM SVĚTLA HRANOLEM

POMŮCKY:

osvětlovací lampa
štěrbina
stínítko
optický hranol na držáku
spojka

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Pomůcky rozmístíme tak, aby za sebou byly v pořadí světelný zdroj, štěrbina, spojka, hranol a stínítko. Hranol umístíme na optické lavici tak, aby lámavá hrana byla rovnoběžná se štěrbinou. Zapneme světelný zdroj a spojkou zaostříme obraz štěrbinu na stínítku. K lomu světla dochází na dvou lámavých plochách hranolu, a proto se zvětší úhel mezi červeným a fialovým paprskem (vzhledem k lomu pouze na jednom rozhraní). Na stínítku pozorujeme hranolové spektrum. Nejméně odchýlená od směru dopadajícího paprsku je barva červená a nejvíce barva fialová (viz obrázek). Otáčíme-li hranol kolem svislé osy, mění se odchýlení spektra od směru paprsku dopadajících na hranol a pro určité natočení hranolu zjistíme, že tato odchylka je minimální (minimální deviace).



Obrázek 1: https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fch-ped.bartovsky.eu%2Fkoloidy%2F18-texty%2F08-Opticke-vlastnosti.pdf&psig=AOvVaw0r9B_7AD6vvblzU7ByPQz7&ust=1637191512018000&source=images&cd=vfe&ved=0CAsQjRxqFwoTCJCDgOaDnvQCFQAAAAAaAAAAABA0

ZÁVĚR:

Průchodem světla hranolem dochází k rozkladu světla, červená barva se odchyluje od původního směru nejméně, fialová nejvíce. Hranoly jsou součástí mnoha optických přístrojů.

OPTICKY ŘIDŠÍ A OPTICKY HUSTŠÍ PROSTŘEDÍ

POMŮCKY:

bodový zdroj světla (laserový zdroj)
clona se štěrbinou
kyveta s vodou
úhломěrná stupnice
olej
rovinné zrcátko
stativový materiál (magnetická tabule)

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Úhломěrnou stupnici připevníme na vnější zadní stěnu kyvety tak, aby spojnice o-o byla svislá. Pomocí stativového materiálu umístíme zrcátko do polohy, jak ukazuje obr. Kyvetu naplníme vodou do výšky odpovídající spojnici 90-90. Zrcátko natočíme tak, aby světelný paprsek dopadal na rozhraní vzduch-voda pod úhlem asi 60° . Zjistíme úhel lomu. Potom zaměníme vodu za olej (např. stolní) a pro stejný úhel dopadu zjistíme úhel lomu. Můžeme na sebe vrstvit olej, vodu a sledovat průběh paprsku.

ZÁVĚR:

Úhel lomu je menší pro olej než pro vodu. Olej je tedy prostředí opticky hustší než voda. Protože na vodní hladině vytváří olej skvrny (plave na vodě), má menší hustotu než voda. Z pokusu vyplývá, že látka s menší hustotou nemusí být také opticky řidší.

TOTÁLNÍ ODRAZ

POMŮCKY:

skleněný pravoúhlý trojboký hranol
zdroj světla
čočka o $f = 15 \text{ cm}$
clona se třemi štěrbinami
držák clony
stínítko
optická lavice (magnetická tabule)

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Na zdroj světla na optické lavici nasuneme čočku o $f = 15 \text{ cm}$ a držák clon se třemi štěrbinami (štěrbiny vodorovně). Stínítko umístíme na optickou lavici tak, aby bylo ve svislé poloze a

rovnoběžné se světelnými paprsky. Na stínítko umístíme trojboký hranol v poloze znázorněné na obrázku. Zapneme zdroj světla. Vidíme, že paprsky odražené na dvou lámavých stěnách hranolu se vrací zpět ve stejném směru (obrácení chodu paprsků) jako paprsky dopadající a že pořadí paprsku se po odrazu změnilo. Dále pozorujeme, že nedochází k lomu paprsku na rozhraní sklo-vzduch.

ZÁVĚR:

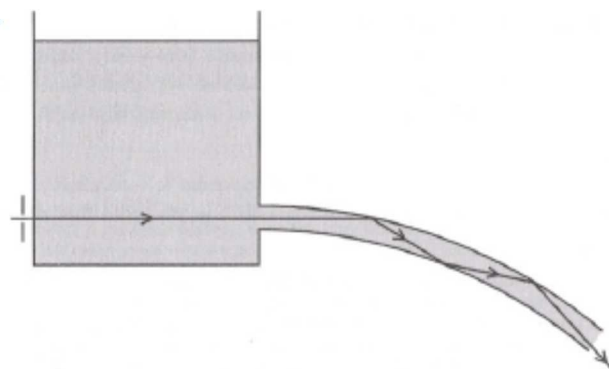
Při osvětlení hranolu (v dané poloze) dochází k totálnímu odrazu na rozhraní sklo-vzduch. Úhel dopadu ($\alpha = 45^\circ$) je větší než mezní úhel.

POZNÁMKY

TOTÁLNÍ ODRAZ VE VYTÉKAJÍCÍ VODĚ

POMŮCKY:

Mariottova láhev
skleněná vana
pryžová hadice
zátka se skleněnou trubičkou,
laserové ukazovátko
miska
mléko



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Skleněnou láhev postavíme na vyvýšené místo. Do výtokového otvoru zasuneme korkovou zátka se skleněnou trubičkou. Pryžovou hadici upevníme k vodovodnímu kohoutku a druhý konec ponoříme do lahve. Laserové ukazovátko umístíme tak, aby světlo dopadalo do výtokového otvoru a světelný svazek byl užší než průměr výtokového otvoru.

Do místa dopadu vodního proudu umístíme misku.

Napouštíme vodu do láhve. Volíme takovou rychlost, aby se hladina v láhvi udržovala ve stejné výši. Zapneme laserové ukazovátko. Pozorujeme, že svítí celý vodní proud. Pokud není odraz vidět, zkusíme upravit polohu laserového ukazovátko a pro zvýšení efektu můžeme přidat malé množství mléka do vody (zakalení vody).

Změnou výšky vodní hladiny v lahvi se mění tvar vodního proudu. Stále však zůstává osvětlen celý vodní proud.

ZÁVĚR:

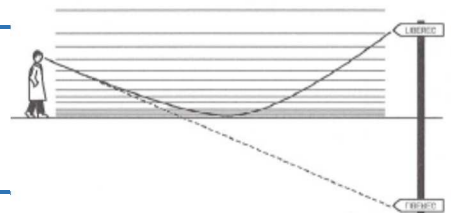
Při průchodu světla vodním proudem dochází k úplnému odrazu světla a světlo se sice šíří přímočaře, ale odráží se tak, že zůstává stále ve vodním proudě.

POZNÁMKY

FATA MORGANA

POMŮCKY:

tmavá plechová deska
tepelný zdroj



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Tmavou plechovou desku (plech na pečení). Desku umístíme na nehořlavou podložku (nebo upneme do stativového materiálu) tak, aby byla přibližně vodorovná. Desku zespodu zahříváme plamenem nebo jiným tepelným zdrojem. Při pozorování pod úhlem velmi malým vzhledem k desce budeme pozorovat předměty, které se nacházejí pod úrovní desky (viz. obrázek).

ZÁVĚR:

Vzduch v blízkosti ohřívané desky se silně ohřívá, a tím se tyto vrstvy vzduchu stávají řidšími (i opticky řidšími). Na jednotlivých (různě teplých) vrstvách vzduchu dochází k lomu od kolmice, a proto vidíme předměty, které bychom při pozorování v homogenním prostředí nemohli vidět.

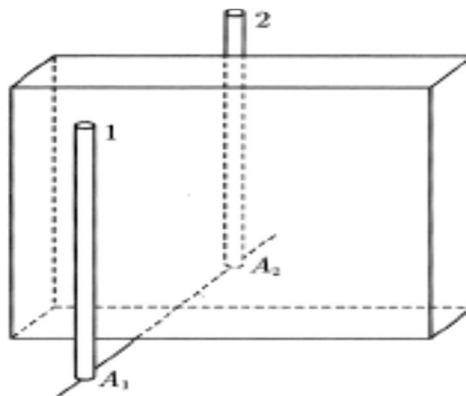
POZNÁMKY

Zobrazování zrcadly

ZOBRAZOVÁNÍ ROVINNÝM ZRCADLEM

POMŮCKY:

skleněná deska
pravítko (alespoň 50 cm)
kádinka s vodou
svíčka
dvě tyčky
stojan
zrcadlo



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Skleněnou desku opatrně upneme svisle do stojanu. Pod desku dáme pravítko tak, aby bylo kolmo na skleněnou desku. Pak umístíme vedle pravítka zapálenou svíčku a pozorujeme její obraz vytvořený skleněnou deskou.

Experiment provedeme ve dvou krocích:

1. Zjistíme vzdálenost obrazu svíčky od desky a porovnáme ji se vzdáleností svíčky od desky. Obě tyto vzdálenosti jsou stejné. Obraz svíčky nemění svoji polohu, i když se díváme pod různými úhly. Abychom žáky přesvědčili, že v místě obrazu žádná svíčka není, umístíme do tohoto místa např. kádinku s vodou. Obraz svíčky nyní bude v kádince. Měníme vzdálenost svíčky od desky a zjišťujeme vzdálenost obrazu. Vždy je vzdálenost svíčky od desky stejná jako vzdálenost obrazu svíčky od desky.

2. Abychom usnadnili pochopení pojmu zdánlivý obraz, provedeme následující experiment. Uspořádání pokusu je vidět z obrázku, změna je v tom, že místo skleněné desky dáme zrcadlo a odstraníme pravítko. Dále potřebujeme dvě tyčky o něco delší, než je výška zrcadla. Na podložce, na které je zrcadlo, si označíme dva body A_1 a A_2 tak, aby bod A_2 byl zrcadlovým obrazem bodu A_1 . Zrcadlo se tedy dotýká podložky ve středu úsečky A_1A_2 . Do bodu A_1 umístíme tyčku 1 a do bodu A_2 tyčku 2. Přesto, že je část tyčky 2 umístěné v bodu A_2 zakryta zrcadlem, je právě nahrazena obrazem tyčky 1, a to pro každého pozorovatele před zrcadlem y.

ZÁVĚR:

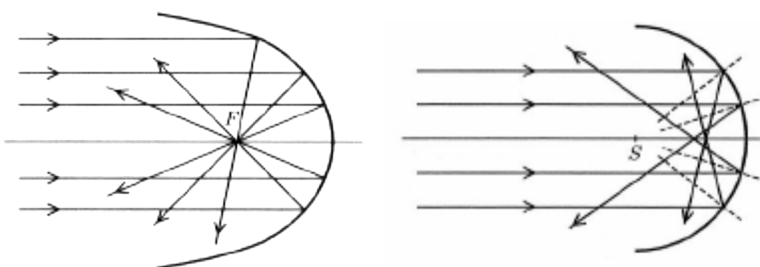
Obraz předmětu zobrazeného rovinným zrcadlem je za zrcadlem ve stejné vzdálenosti od zrcadla jako předmět. Obraz je zdánlivý a stejně velký.

POZNÁMKY

ODRAZ SVAZKU ROVNOBĚŽNÝCH PAPRSKU NA ZAKŘÍVENÉ PLOŠE

POMŮCKY:

bodový zdroj světla
nebo vícepaprskový laser
držák modelu zrcadla
držák clon
clona s pěti štěrbinami
pružný pásek (lesklý)



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Pružný pásek upevníme do držáku modelu zrcadla. Na bodový zdroj upevníme kondenzor a clonu s pěti štěrbinami. Posouváním žárovky ve zdroji vytvoříme rovnoběžný svazek paprsků. Držák modelu umístíme tak, aby paprsky dopadaly na zakřivenou plochu symetricky (osa zakřivené plochy je rovnoběžná s dopadajícími paprsky a je totožná se středním paprskem). Experiment provedeme v opět několika krocích:

1. Zapneme světelný zdroj a sledujeme paprsky odražené od zakřivené plochy. Pokud má zakřivená plocha nepravidelný tvar, neprotínají se odražené paprsky v jednom bodě. Pokud vytvarujeme pásek do tvaru paraboly. Po osvětlení se odražené paprsky protínají v jednom bodě – ohnisku F (obrázek)
2. Pokud pásek vytvarujeme do části kruhového oblouku. Po osvětlení se paprsky, které se nacházejí blízko osy (paraxiální paprsky), protínají v jednom bodě na ose (ohnisku), kdežto paprsky vzdálenější od osy se protínají v jiných bodech na ose.

ZÁVĚR:

Rovnoběžné světelné paprsky se po odrazu na zakřivené ploše odrážejí zpět do prostoru před zakřivenou plochu a protínají se v různých bodech. Pokud má zrcadlo tvar parabolické plochy se všechny odražené paprsky protínají v ohnisku, u kruhové plochy se v ohnisku protínají jen paraxiální paprsky.

ODRAZ SVĚTLA NA DUTÉM ZRCADLE (VAR 1)

POMŮCKY:

bodový zdroj světla
(vícepaprskový laser)
Hartlův kotouč
duté válcové zrcátko
clona s třemi štěrbinami

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Duté válcové zrcátko umístíme do středu kotouče tak, aby jeho osa byla totožná se spojnici O-O. Poloměr křivosti r zjistíme geometrickou konstrukcí. Na desce vyznačíme střed křivosti. Zapneme zdroj světla s clonou (nebo vícepaprskový laser). Střední paprsek se nachází i po odrazu od zrcátka na spojnici O-O. Krajiní paprsky se odrážejí tak, že všechny tři paprsky se protínají v jednom bode (na spojnici O-O). Tento bod se nazývá ohnisko a označuje se F . Zjistíme, že vzdálenost ohniska od vrcholu zrcátka (ohnisková vzdálenost f) je rovna polovině poloměru křivosti zrcátka (platí $2f = r$).

ZÁVĚR:

Paraxiální paprsky rovnoběžné s optickou osou se po odrazu na dutém zrcadle odrážejí do ohniska (skutečné ohnisko).

ODRAZ SVĚTLA NA DUTÉM ZRCADLE (VAR 2)

POMŮCKY:

zdroj světla
pružný lesklý pásek
držák modelu zrcadla
stínítko
clona se třemi štěrbinami

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Pružný lesklý pásek umístíme do držáku modelu zrcátka. Model upevníme ke stínítku (podle druhu optické lavice). Posouváním žárovky vytvoříme tři rovnoběžné paprsky. Vhodným

natočením stínítka zajistíme, aby paprsky byly dobře viditelné na celém stínítku. Odražené paprsky se protínají v jednom bodě (ohnisko). Zmenšíme-li poloměr křivosti zrcadla, posune se ohnisko k vrcholu zrcadla, při zvětšování poloměru se posune od vrcholu.

ZÁVĚR:

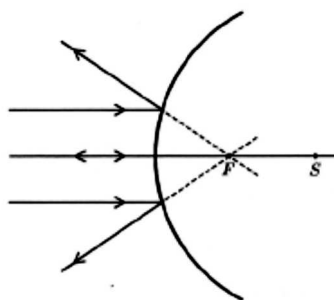
Paraxiální paprsky rovnoběžné s optickou osou zrcadla se odrážejí do ohniska. Se zvětšujícím se zakřivením lesklého pásku se zmenšuje ohnisková vzdálenost.

POZNÁMKY

ODRAZ SVĚTLA NA VYPUKLÉM ZRCADLE

POMŮCKY:

bodový zdroj světla
(vícepaprskový laser)
Hartlův kotouč
duté válcové zrcátko
clona s třemi štěrbinami



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Vypuklé válcové zrcátko umístíme do středu kotouče tak, aby bylo souměrné se spojnici O-O. Zapneme zdroj světla a nastavíme jej tak, aby paprsky vystupující ze zdroje byly rovnoběžné a střední paprsek procházel spojnici O-O. Vidíme, že odražené paprsky vytvářejí rozbíhavý svazek. Myšleným prodloužením paprsku za zrcadlo zjistíme, že paprsky vycházejí jakoby z jednoho bodu (ohniska F). Pokud si zjistíme poloměr křivosti, vidíme, že platí opět vztah $2f = r$.

ZÁVĚR:

Rovnoběžné paraxiální paprsky se od vypuklé plochy odrážejí tak, že vytvářejí rozbíhavý svazek. Prodloužíme-li paprsky za zrcadlo, protínají se v jednom bodu (neskutečné ohnisko).

POZNÁMKY

ZOBRAZENÍ PŘEDMĚTU DUTÝM ZRCADLEM

POMŮCKY:

clonka s otvorem ve tvaru číslice nebo
šipky

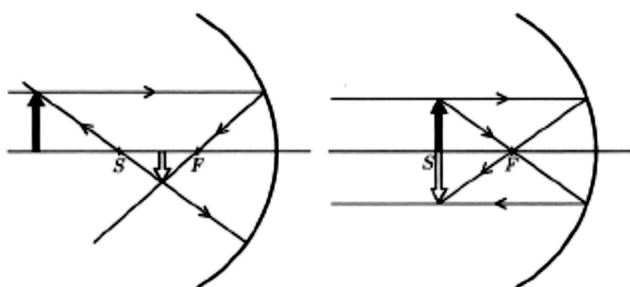
světelný zdroj
duté kulové zrcadlo
stínítko
optická lavice
délkové měřítko
matnice

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

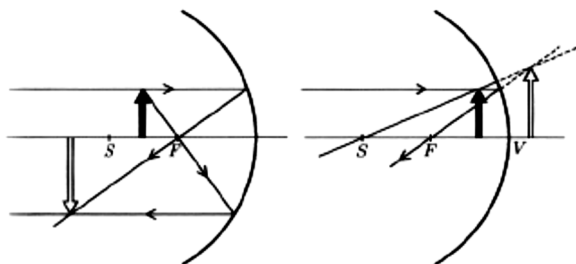
Zdroj světla s clonkou umístíme na levém konci optické lavice a na opačný konec umístíme duté zrcadlo. Před clonku umístíme matnici. Optickou osu zrcadla mírně pootočíme kolem svislé osy proto, aby světlo odražené od zrcadla dopadalo na stínítko. Stínítko se nachází vedle optické lavice, aby nezakrývalo chod paprsku, které dopadají na zrcadlo. Celou sestavu umístíme na demonstračním stole tak, aby žáci mohli dobře pozorovat vyobrazenou číslici nebo šipku. Ohniskovou vzdálenost zrcadla buď známe, nebo ji určíme např. podle předchozích pokusů

Pokus provedeme v několika krocích:

1. Předmět umístíme do vzdálenosti $a > 2f$. Posouváním stínítka dosáhneme toho, že obraz předmětu je ostrý. Změříme vzdálenost obrazu (stínítka) od středu dutého zrcadla (a'). Obraz se nachází mezi středem křivosti S a ohniskem F . Porovnáme také velikost obrazu vzhledem k velikosti předmětu a jeho polohu vzhledem k ose zrcadla (přímý nebo převrácený - obr.).



2. Umístíme-li předmět do středu křivosti ($a = 2f$), zjistíme, že obraz je stejně velký jako předmět, nachází se také ve středu křivosti a je převrácený (obr.).



3. Předmět umístíme mezi střed křivosti a ohnisko

($f < a < 2f$). Obraz se nachází za středem křivosti S ($a' > 2f$). Porovnáme opět velikost obrazu vzhledem k velikosti předmětu a jeho umístění vzhledem k ose zrcadla a zároveň změříme a i a' , kde a je vzdálenost předmětu od ohniska, a' je vzdálenost obrazu od ohniska. Příčné zvětšení je definováno vztahem $Z = \frac{y'}{y}$. Ze změřených hodnot zjistíme, že také platí $Z = -\frac{a'}{a}$

4. Umístíme-li předmět do ohniska, nepodaří se nám obraz zachytit na stínítku.

5. Předmět umístíme mezi ohnisko F a vrchol V zrcadla ($0 < a < f$). Obraz se nám opět nepodaří zachytit na stínítku, ale při přímém pohledu do zrcadla uvidíme obraz zdánlivě za zrcadlem. Obraz je vzpřímený a zvětšený. Je to obraz zdánlivý, protože paprsky se ve skutečnosti za zrcadlo nepronikají.

ZÁVĚR:

Pro $a > 2f$ je $f < a' < 2f$ a obraz je skutečný, zmenšený a převrácený.

Pro $a = 2f$ je $a' = 2f$ a obraz je skutečný, převrácený a stejně velký jako předmět. Pro $f < a < 2f$ je $a' > 2f$ a obraz je skutečný, zvětšený a převrácený. Pro $0 < a < f$ je $a' < 0$ a obraz je zdánlivý, zvětšený a přímý.

Pokud bychom zapisovali do tabulky sobě odpovídající hodnoty a i a' , mohli bychom si ověřit zobrazovací rovnici pro duté zrcadlo $\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f}$

POZNÁMKY

Zobrazování čočkami

TLUSTÁ ČOČKA JAKO SOUSTAVA HRANOLŮ

POMŮCKY:

zdroj světla

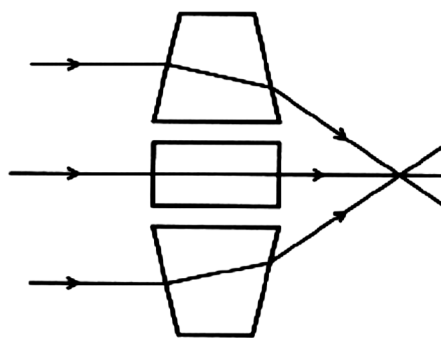
čočka o $f = 15$ cm

clona se třemi štěrbinami

skleněný komolý čtyřboký hranol (2 ks)

čtyřboký hranol

stínítko



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Na zdroj světla na optické lavici nasuneme čočku o $f = 15$ cm, držák clon a clonu se třemi štěrbinami (štěrbinový vodorovně). Stínítko umístíme na optickou lavici tak, aby bylo ve svislé poloze a rovnoběžné se světelnými paprsky. Na stínítko umístíme skleněné hranoly (model tlusté spojky) podle obrázku. Posouváním žárovky ve zdroji světla zajistíme, aby paprsky vycházející ze štěrbin byly rovnoběžné. Po dopadu na soustavu hranolu (spojku) dochází k lomu paprsku a paprsky vycházející se protínají v jednom bodě (ohnisko).

ZÁVĚR:

Při průchodu paprsku spojkou dochází k lomu paprsku stejným způsobem, jako kdybychom spojkou vytvořili z několika hranolu.

POZNÁMKY

ZOBRAZOVÁNÍ PŘEDMĚTU SPOJNOU ČOČKOU

POMŮCKY:

optická lavice

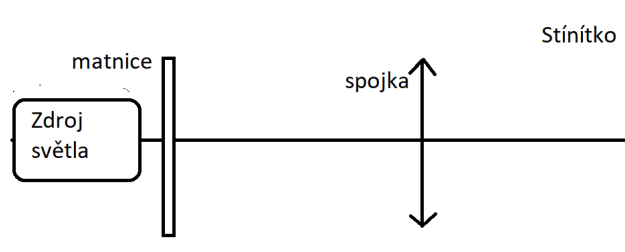
zdroj světla

stínítko

jezdec
clonka se štěrbinou ve tvaru číslice
nebo šipky
matnice
spojka ($f = 15\text{ cm}$)

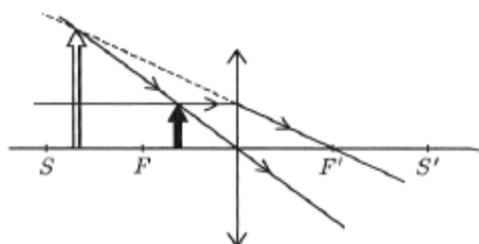
PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Na levý konec optické lavice umístíme zdroj světla s kondenzorem. Na jezdec umístíme stínítko St a posuneme k pravému konci optické dráhy. Plocha stínítka je kolmá na světelné paprsky a je ve vertikální poloze. Před světelný zdroj umístíme clonku se štěrbinou ve tvaru číslice, před kterou umístíme matnici M, dále spojku a stínítko (viz. obrázek)

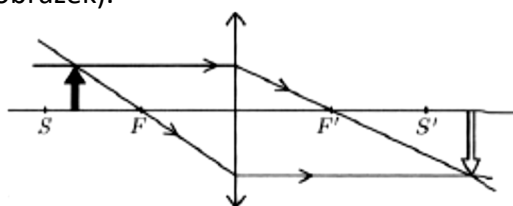


Pokus provedeme v několika krocích:

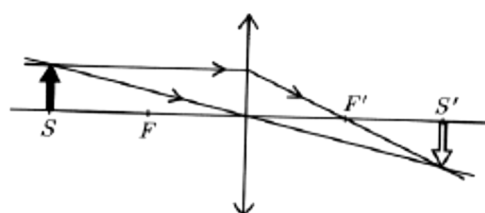
1. Jezdec se spojkou umístíme do vzdálenosti asi 10 cm od clonky s číslicí a osvětlíme ($a < f$). Posunujeme stínítkem a zjišťujeme, že na stínítku v žádné poloze nezískáme ostrý obraz. Přiložíme-li oko za spojku proti směru paprsků, vidíme obraz zvětšený a přímý. Obraz je zdánlivý (viz. obrázek)



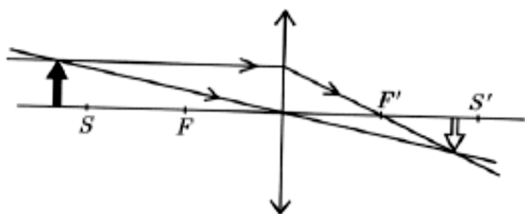
2. Jezdec se spojkou umístíme do vzdálenosti asi 20 cm od spojky ($f < a < 2f$). Na stínítku najdeme ostrý obraz. Pozorujeme, že obraz je skutečný, stranově převrácený a zvětšený (viz. obrázek).



3. Jezdec se spojkou umístíme do vzdálenosti asi 30 cm od spojky ($a = 2f$). Posouváním stínítka najdeme ostrý obraz. Obraz je převrácený, skutečný a je stejně velký jako předmět (viz. obrázek).



4. Jezdec se spojkou umístíme do vzdálenosti asi 40 cm ($a > 2f$). Na stínítku hledáme ostrý obraz. zjistíme, že obraz je skutečný, převrácený a zmenšený (viz. obrázek).



ZÁVĚR:

Pro $a < f$ dostáváme obraz zdánlivý, přímý a zvětšený.

Pro $f < a < 2f$ dostáváme obraz skutečný, stranově převrácený a zvětšený.

Pro $a = 2f$ dostáváme obraz převrácený, skutečný a je stejně velký jako předmět.

POZNÁMKY

ZOBRAZENÍ PŘEDMĚTU ROZPTYLKOU (ROZPTYLNOU ČOČKOU)

POMŮCKY:

optická lavice

zdroj světla

rozptylka ($f = -5 \text{ cm}$)

držák čoček

stínítko

držák clony

clona ve tvaru číslice nebo šipky

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Kovovou tyčku upevníme do stativu ve vodorovné poloze a příliš neutahujeme. Do stativu také upevníme závěsy kuliček tak, aby se každá kulička dotýkala jednoho konce tyčky.

Jednu kuličku vychýlíme a pustíme. Po nárazu kuličky na tyč pozorujeme, že druhá kulička odskočí od tyčky. Poté kuličky přemístíme z boku tyčky, tak aby byly na protilehlých stranách. Opět jednu kuličku vychýlíme a sledujeme, že druhá kulička opět odskočí od tyčky.

ZÁVĚR:

Při zobrazování předmětu rozptylkou dostáváme vždy obraz zdánlivý, přímý a zmenšený.

POZNÁMKY

Optické soustavy

OKO – KRÁTKOZRAKOST A DALEKOZRAKOST

POMŮCKY:

Sada čoček a podkladů pro magnetickou tabuli
laserový zdroj (světelný zdroj)
magnetickou tabuli

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Folii se schématem lidského oka umístíme na magnetickou tabuli. Postupně měníme optické mohutnosti jednotlivých čoček a demonstrujeme různé optické vady.

ZÁVĚR:

Krátkozrakost i dalekozrakost oka se dá korigovat vhodnými čočkami. U krátkozrakého oka to jsou rozptylky a u dalekozrakého oka spojky.

POZNÁMKY

KEPLERŮV A GALILEŮV DALEKOHLED

POMŮCKY:

Sada čoček a podkladů pro
magnetickou tabuli
laserový zdroj (světelný zdroj)
magnetickou tabuli



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Postupně umístíme folie se schématy Keplerova a Galileova dalekohledu na magnetickou tabuli a dáme správné čočky na předem stanovená místa. Sledujeme, jak paprsky procházejí optickou soustavou.

ZÁVĚR:

Dalekohledem Keplerovým vytvoříme obraz zvětšený. Obrazové ohnisko je totožné s předmětovým ohniskem

Dalekohledem Galileiho vytvoříme obraz přímý, zdánlivý a úhlově zvětšený. Opět, stejně jako u Keplerova dalekohledu, je obrazové ohnisko objektivu totožné s předmětovým ohniskem okuláru.

Pro délku tubusu dalekohledu platí vztah $d = f_1 - |f_2|$. Při stejných velikostech ohniskových vzdáleností objektivu a okuláru (tj. při stejném úhlovém zvětšení) je kratší než dalekohled Keplerův.

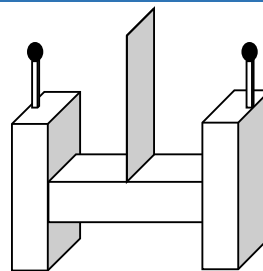
POZNÁMKY

Jednoduché experimenty

DVĚ HOŘÍCÍ SIRKY:

POMŮCKY:

tři stejné krabičky od sirek
podložní sklíčko
izolepa
zalamovací nůž



PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Do jedné prázdné krabičky od sirek vyřízneme přesně v polovině díрку, abychom do ní mohli vložit podložní sklíčko. Následně krabičky slepíme k sobě podle obrázku. Jednu sirku škrtneme a necháme ji vyhořet z jedné čtvrtiny a sfoukneme ji. Tuto sirku umístíme do jedné krabičky tak, aby vykukovala přibližně ze dvou třetin. Do protější krabičky umístíme nevypálenou sirku. Dbáme na to, aby sirka byla naproti vypálené sirce. Nyní zapálíme nevypálenou sirku a přes podložní sklíčko sledujeme, jak se objeví plamínek i u druhé sirky.

ZÁVĚR:

Obraz předmětu zobrazeného podložním sklíčkem je za sklíčkem ve stejné vzdálenosti od sklíčka jako předmět. Obraz je zdánlivý a stejně velký.

POZNÁMKY

MNOŽENÍ MÍNCÍ

POMŮCKY:

hranatá sklenici
voda
mince

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Do hranaté sklenice nalijeme vodu a vhodíme do jednu drobnou minci. Pokud se podíváme do sklenice ze správného úhlu, tak místo jedné mince vidíme mincí několik.

ZÁVĚR:

Tento experiment využívá toho, že se paprsky světla lámou při průchodu sklem a vodou.

POZNÁMKY

CAMERA OBSCURA (DÍRKOVÁ KOMORA)

POMŮCKY:

černá čtvrtka (nebo papírová krabice
uvnitř obarvená na černo)
(můžeme použít i tubus od brambůrků
či velký kalíšek od jogurtu)
pauzovací papír
lepidlo
špendlík,
pravítko,
tužka
černá izolepa

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Jednoduchou verzi camery obscury si vyrobíme tak, že do dna krabice uděláme špendlíkem malou díрку (cca 1 mm). Místo víka natáhneme blánu z pauzovacího papíru, která nám bude sloužit jako stínítko, na kterém budeme pozorovat obraz. Před dírkou umístíme zapálenou svíčku pozorujeme vznik obrazu na stínítku.

ZÁVĚR:

Obraz, který vzniká na stínítku je převrácený.

POZNÁMKY

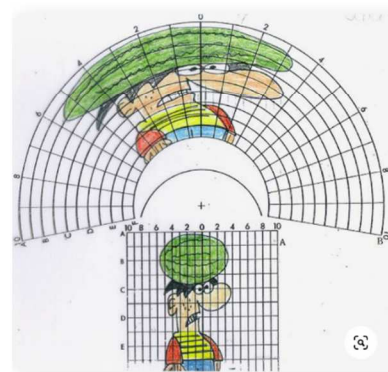
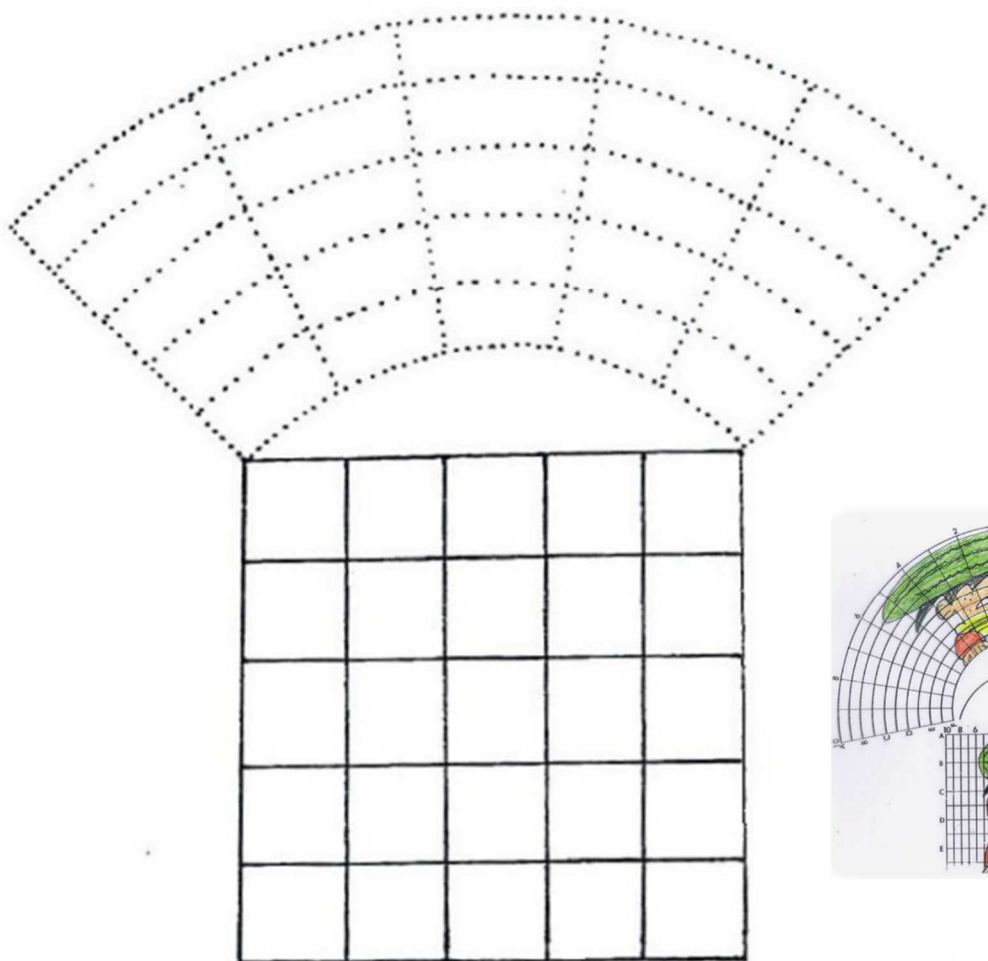
VÁLCOVÉ ZRCADLO

POMŮCKY:

Prázdná plechovka nebo tubus od brambůrků
papír
zrcadlová folie

PŘÍPRAVA A PROVEDENÍ:

Válcové zrcadlo si můžeme vyrobit tak, že zrcadlovou folií obalíme prázdnou plechovku nebo tubus od brambůrků, pokud je zrcadlová folie pevnější, stačí ji srolovat do ruličky a zajistit kancelářskými sponkami. Takto vzniklé zrcadlo zobrazuje zdeformovanou předlohu jako nezdeformovaný obrázek. Na internetu se nechají dohledat předpřipravené předlohy, ale není nic těžkého si vyrobit svou vlastní. Budete potřebovat čtvercovou síť a její zdeformovanou podobu (viz. obrázek níže). Nejdříve si nakreslíme obrázek dle vlastního uvážení na nezdeformovanou čtvercovou síť a následně překreslíme obsah každého jednotlivého čtverečku do jeho odpovídajícího zdeformovaného.



ZÁVĚR:

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.

POZNÁMKY

VÁLCOVÁ ČOČKA 2

POMŮCKY:

rovná sklenice
voda
bílý papír,
fixy

PROVEDENÍ

Na papír nakreslíme šipky různými směry a napíšeme různá slova. Pokud budeme používat skleničku je potřeba papír zafixovat ve vertikální poloze. Před pomalovaný papír postavíme prázdnou rovnou sklenici a prohlédneme si přes ni papír. Nic se nestalo. Nyní do sklenice pomalu nalijeme vodu a sledujeme, co se s pomalovaným papírem děje. Vidíme, že sklenice stranově převrací nápisy i obrázky šipek. Podle toho, jak se skrz sklenici díváme vidíme některá písmenka jsou různě zvětšená ve vodorovném směru.

ZÁVĚR

Sklenice s vodou tvoří válcovou čočku.

Zdroje a literatura:

1. SVOBODA, Emanuel a Václav HOUDEK. *Pokusy z fyziky na střední škole*. Praha: Prometheus, 1997. ISBN 8071960071.
2. [Veletrh nápadů učitelů fyziky \(vnuf.cz\)](http://vnuf.cz)
3. [Home - Unit - FEd \(aps.org\)](http://aps.org)