

MANUÁL



ŽES OPTIKA

2.2.4.18.

OBSAH

OBSAH	1
ÚVOD	3
ZOZNAM PRVKOV SÚPRAVY	3
Optické moduly	3
Pracovné listy	3
Trojlúčový dvojfarebný svetelný zdroj	4
RGB sada, optický čln	4
EXPERIMENTY	4
Odrážanie jedného lúča na rovinnom zrkadle (Exp. č.1)	4
Odrážanie lúčov na dutom zrkadle (Exp. č.2 a č.3)	4
A) Rovnobežné lúče s optickou osou	4
B) Nerovnobežné lúče s optickou osou	5
Odrážanie lúčov na vypuklom zrkadle (Exp. č.4 a č.5)	5
A) Rovnobežné lúče s optickou osou	5
B) Nerovnobežné lúče s optickou osou	5
Lom svetla na rovinnom rozhraní opticky redšieho a opticky hustejšieho prostredia (Exp. č.6 a č.7)	6
A) Prechod svetla z opticky redšieho prostredia do opticky hustejšieho prostredia	6
B) Prechod svetla z opticky hustejšieho prostredia do opticky redšieho prostredia.	6
Úplný odraz (Exp. č.8 a č.9)	6
A) Medzný uhol	6
B) Šírenie svetla v optickom vlákne	7
Prechod lúčov dvojvypuklou šošovkou, opticky hustejšou ako okolité prostredie (Exp. č.10 a č.11)	7
A) Rovnobežné lúče s optickou osou	7
B) Nerovnobežné lúče s optickou osou	7
Prechod lúčov dvojdutou šošovkou, opticky hustejšou ako okolité prostredie (Exp. č.12 a č.13)	8
A) Rovnobežné lúče s optickou osou	8
B) Nerovnobežné lúče s optickou osou	8
Základné parametre hrubých šošoviek (Exp. č.14 a č.15)	8

A) Určenie polomerov krivosti lámavých a odrazných plôch	8
B) Určenie ohniskovej vzdialenosti šošovky	9
Význačné lúče (Exp. č.16 a č.17)	9
A) Spojka	9
B) Rozptylka	9
Očné chyby (Exp. č.18,č.19 a č.20)	10
A) Model zdravého oka	10
B) Model krátkozrakého oka	10
C) Model ďalekozrakého oka	10
Keplerov ďalekohľad (Exp. č.21)	11
Galileiho ďalekohľad (Exp. č.22)	11
Fotoaparát (Exp. č.23)	11
TROJLÚČOVÝ DUO LASER – ELEKTRONIK	12
Použitie	12
Laserové bezpečnostné predpisy – všeobecne	13
Laserové zariadenia triedy 1, 1M, 2, 2M, 3R, 3B a 4	13
Pravidlá pre bezpečnosť práce s laserom	13
Technické špecifikácie	14
Elektrické bezpečnostné opatrenia a záruka	14
Informačné a výstražné nálepky	14
Obsah balenia	14

ÚVOD

Súprava geometrickej optiky umožňuje veľmi názorne demonštrovať základné princípy javov geometrickej optiky a optických prístrojov. Pomocou diódového lasera, ako svetelného zdroja, môžu študenti ľahšie porozumieť, ako fungujú jednoduché i zložitejšie optické zariadenia. V tomto manuáli sa nachádza množstvo základných experimentov, ktoré sa dajú realizovať pomocou edukačnej súpravy. Každý experiment v tejto príručke pozostáva z troch častí:

- Krátky slovný popis experimentu
- Optická schéma
- Obrázok rozloženia prvkov pri realizácii

ZOZNAM PRVKOV SÚPRAVY

Optické moduly

Súprava obsahuje 12ks optických modulov, ktoré pomôžu žiakovi pochopiť všetky základné princípy geometrickej optiky.

1	dvojvypuklá šošovka č. 1	7	malá ploskovypuklá šošovka
2	dvojvypuklá šošovka č. 2	8	malá ploskodutá šošovka
3	dvojvypuklá šošovka č. 3	9	duté zrkadlo
4	dvojvypuklá šošovka č. 4	10	vypuklé zrkadlo
5	dvojdutá šošovka č. 5	11	rovinné zrkadlo
6	dvojdutá šošovka č. 6	12	optický hranol (model optického vlákna)

Pracovné listy

Pracovné listy uľahčujú prevedenie experimentov, šetria čas. Pomocou týchto listov žiaci pochopia fungovanie základných optických prístrojov, princíp videnia a základné korekcie chýb videnia.

- A Ľudské oko
- B Fotoaparát
- C Galileiho ďalekohľad
- D Keplerov ďalekohľad
- E Hartlov kruh
- X. Význačné lúče - spojka
- Y. Význačné lúče – rozptylka

Trojlúčový dvojfarebný svetelný zdroj

Veľmi dôležitá súčasť experimentálnej zostavy je trojlúčový dvojfarebný zdroj svetla, ktorý pozostáva z troch polovodičových laserov. Trojlúčový zdroj svetla je modelom zväzku rovnobežných lúčov. Pri práci s laserovým zdrojom svetla buďte opatrní. Nedovoľte, aby došlo k priamemu zásahu oka laserovým svetlom!

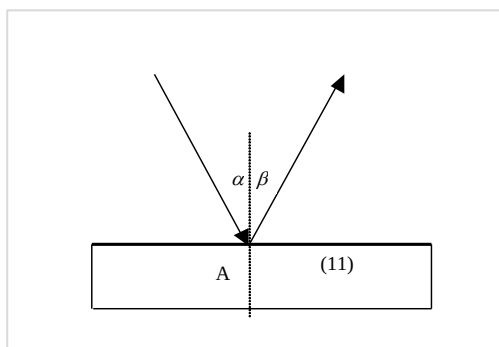
RGB sada, optický čln

Súprava obsahuje aj skladací papierový RGB model optického člna. Pomocou tohto modelu sa dajú skladať svetelné lúče rôznej farby. Spektrálne farby (červená, oranžová, žltá, zelená, modrá a fialová) vznikajú skladaním základných farieb - červenej, zelenej a modrej. Zložením červenej a zelenej farby vzniká žltá farba; zmiešaním zelenej a modrej farby vytvoríme tyrkysovú a z modrej a červenej farby vzniká farba fialová. Iným spôsobom ako skladanie je rýchla zmena základných farieb na osvetľovanej ploche, kedy oko nestíha vnímať zmenu farieb pri vyššej frekvencii, ale iba výsledný vnem. Napríklad rýchlym striedaním červenej a zelenej farby oko vidí farbu žltú.

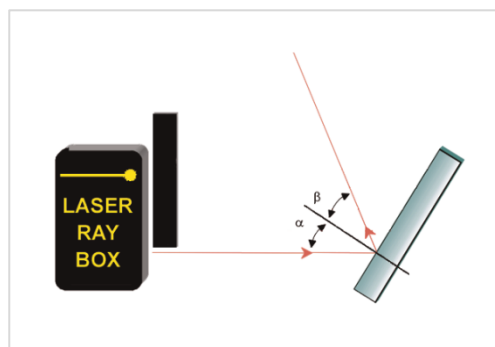
EXPERIMENTY

Odraz jedného lúča na rovinnom zrkadle (Exp. č.1)

Experimentom sa demonštruje zákon odrazu svetla. Pri dopade svetelného lúča na rovinné zrkadlo pod uhlom α sa pod rovnakým uhlom β lúč odráža. Obidva uhly sú merané od kolmice dopadu.



$$\alpha = \beta$$

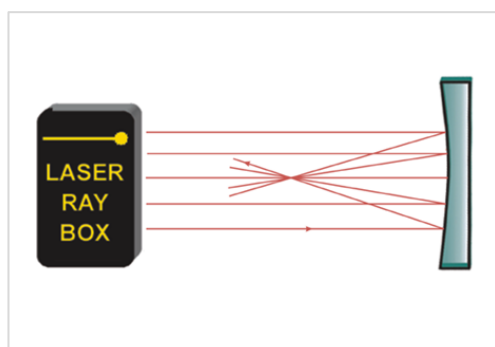
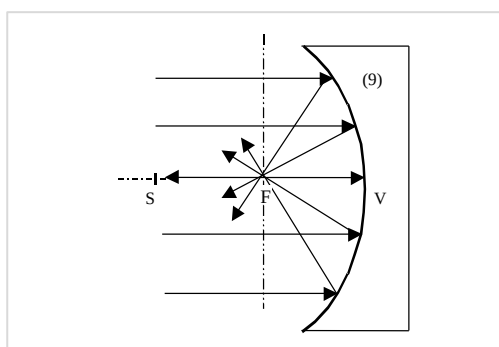


Odraz lúčov na dutom zrkadle (Exp. č.2 a č.3)

A) Rovnobežné lúče s optickou osou

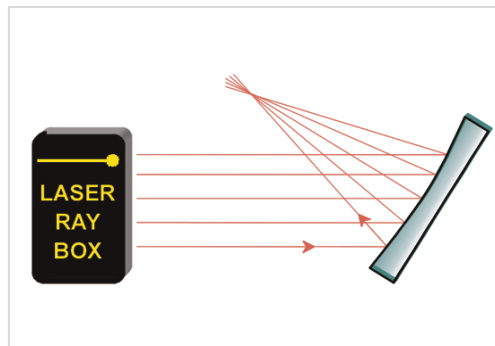
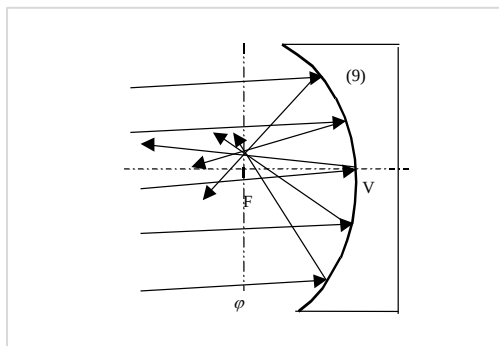
Veľkosť úsečky VF určuje ohniskovú vzdialenosť zrkadla f . Polomer krivosti r dutého zrkadla určíme s využitím vzťahu $r = 2f$.

Stred krivosti S dutého zrkadla leží v dvojnásobnej vzdialenosti od vrcholu V zrkadla ako ohnisko F .



B) Nerovnoběžné lúče s optickou osou

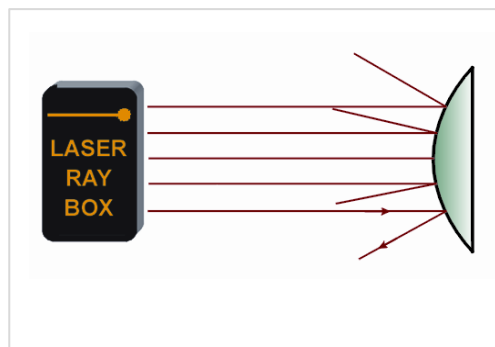
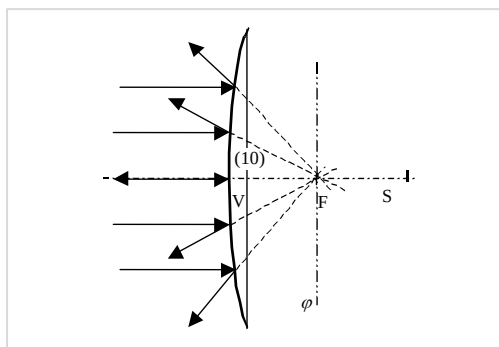
Rovina, kolmá na optickú os a prechádzajúca ohniskom, sa nazýva **ohnisková rovina** φ dutého zrkadla. Navzájom rovnobežné lúče sa po odraze na dutom zrkadle pretínajú v jednom bode ohniskovej roviny. Tento bod leží na optickej osi v prípade lúčov rovnobežných s optickou osou, resp. nad alebo pod osou v prípade lúčov, zvierajúcich s optickou osou nenulové uhly.



Odraz lúčov na vypuklom zrkadle (Exp. č.4 a č.5)

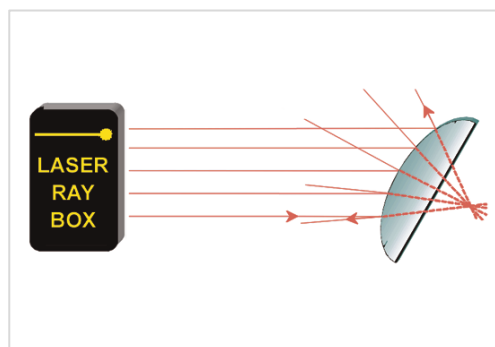
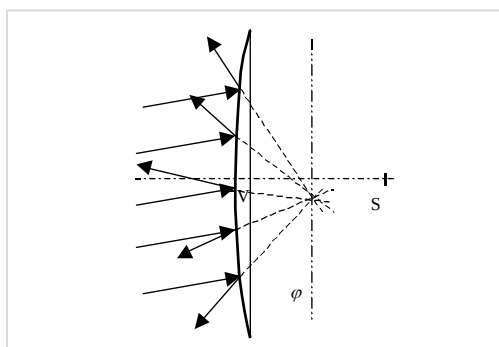
A) Rovnobežné lúče s optickou osou

Lúče, rovnobežné s optickou osou, sa po odraze na vypuklom zrkadle odrážajú tak, akoby vychádzali z bodu, ležiaceho na optickej osi vpravo za zrkadlom. Tento bod sa nazýva **obrazové ohnisko** F. Veľkosť úsečky VF určuje ohniskovú vzdialenosť zrkadla f . **Stred krivosti S vypuklého zrkadla leží v dvojnásobnej vzdialenosti od vrcholu zrkadla než ohnisko.** Polomer krivosti r vypuklého zrkadla určíme s využitím vzťahu $r = 2f$.



B) Nerovnoběžné lúče s optickou osou

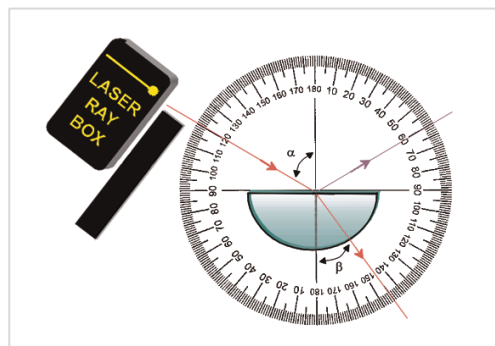
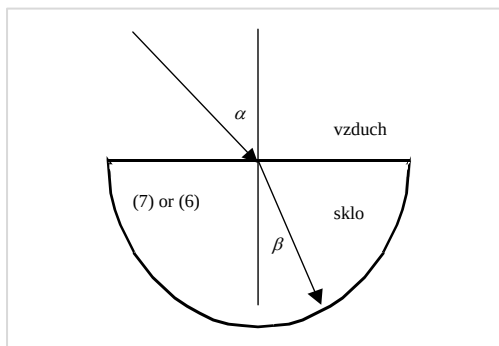
Rovina, kolmá na optickú os a prechádzajúca ohniskom, sa nazýva ohnisková rovina φ vypuklého zrkadla. Navzájom rovnobežné lúče sa na zrkadle odrážajú tak, že sú rozptyľované, akoby vychádzali z jedného bodu ohniskovej roviny. Tento bod leží na optickej osi v prípade lúčov rovnobežných s optickou osou, resp. leží nad alebo pod osou v prípade lúčov zvierajúcich s optickou osou nenulové uhly.



Lom svetla na rovinnom rozhraní opticky redšieho a opticky hustejšieho prostredia (Exp. č.6 a č.7)

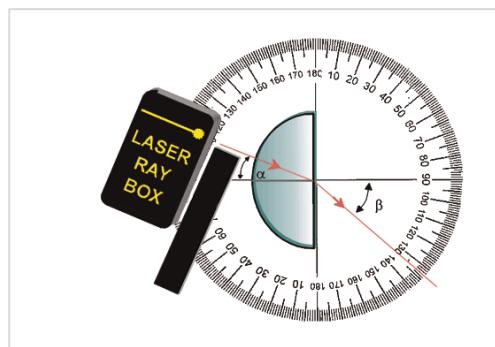
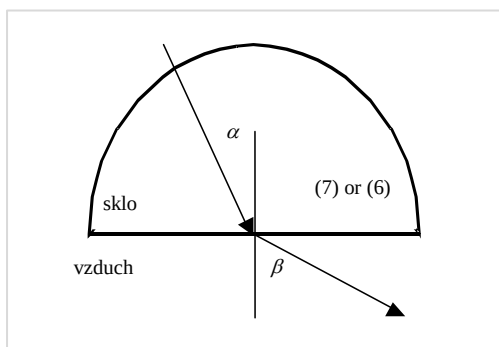
A) Prechod svetla z opticky redšieho prostredia do opticky hustejšieho prostredia

Svetlo pri prechode rozhraním dvoch opticky rôznych prostredí lomom mení svoj smer podľa **Snellovho zákona**, v ktorom uhol dopadu α meriame v prvom prostredí s absolútnym indexom lomu n_1 a uhol lomu β v druhom prostredí, skle, s absolútnym indexom lomu n_2 . Podľa Snellovho zákona $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$.



B) Prechod svetla z opticky hustejšieho prostredia do opticky redšieho prostredia.

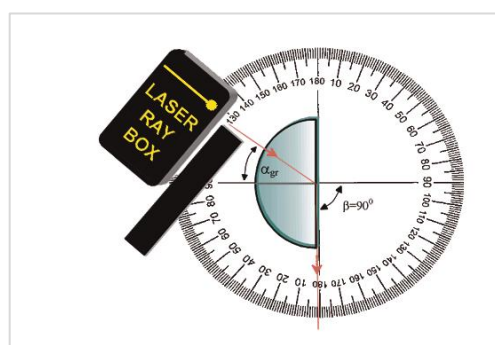
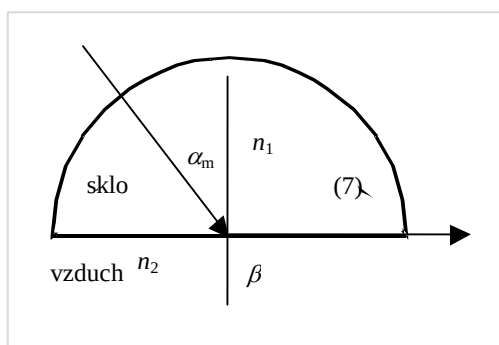
Lúč po dopade pod uhlom α na rozhranie skla a vzduchu sa láme v bode A do vzduchu pod uhlom β . Uhol lomu β je väčší ako uhol dopadu. Lomený lúč sa **láme od kolmice dopadu**.



Úplný odraz (Exp. č.8 a č.9)

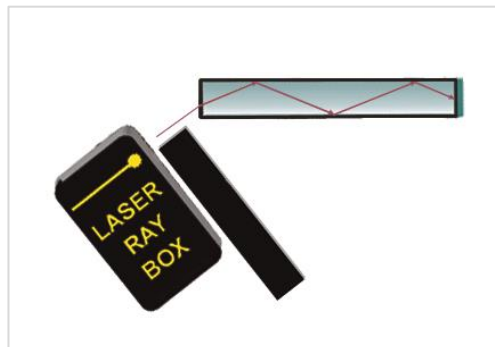
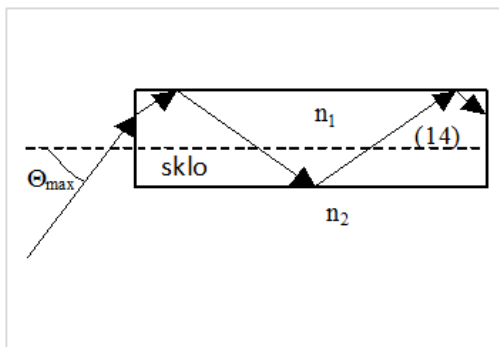
A) Medzný uhol

Ak zväčšujeme uhol dopadu α , uhol lomu β sa postupne zväčšuje až po hodnotu 90° , t.j. lúč sa láme **v smere rozhrania**. V tomto prípade nazývame uhol dopadu α_m **medzným uhlom**. Pre uhly dopadu väčšie ako medzný uhol sa lúč, dopadajúci na rozhranie skla a vzduchu neláme do vzduchu, ale sa odráža späť do skla. V tomto prípade má rozhranie vlastnosti rovinného zrkadla, nastáva **úplný odraz**.



B) Šírenie svetla v optickom vlákne

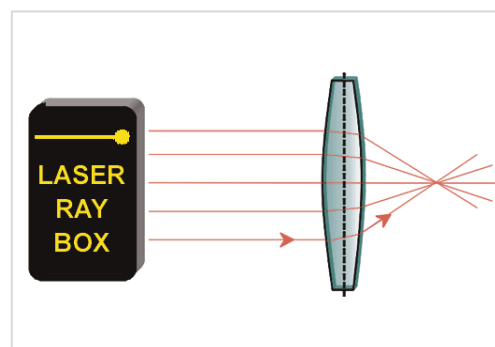
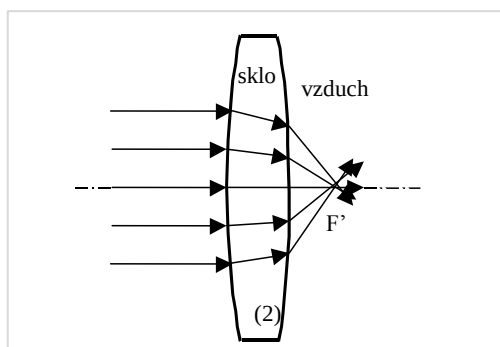
Úplný odraz nastane na stenách optického vlákna iba vtedy, ak svetlo vstupuje do vlákna pod určitým uhlom, ktorý nesmie presiahnuť hraničnú hodnotu. K tomu sa používa pre optické vlákna charakteristika **numerická apertúra**, ktorá je číselne rovná sinus maximálneho uhla dopadu na vstupnú plochu optického vlákna, pri ktorom ešte dochádza k úplnému odrazu lúčov počas ich šírenia. Tento parameter určuje aj to, ako môže byť vlákno maximálne zakrivené, aby sa pri vedení signálu realizovali úplné odrazy a nedochádzalo tak k vysokým stratám v intenzite signálu.



Prechod lúčov dvojpuklou šošovkou, opticky hustejšou ako okolité prostredie (Exp. č.10 a č.11)

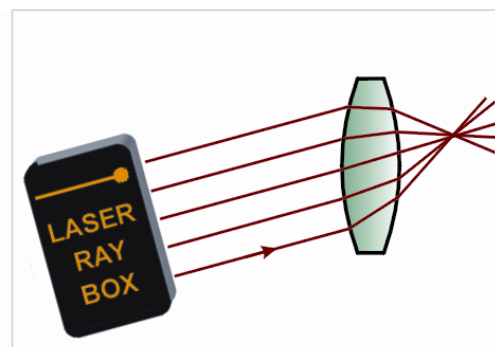
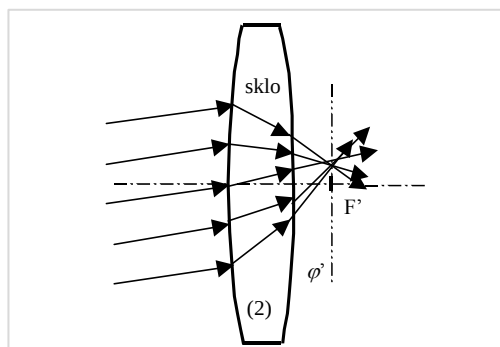
A) Rovnobežné lúče s optickou osou

Dvojpuklá šošovka zo skla má vlastnosti **spojnej sústavy** a lúče sa po prechode šošovkou pretínajú na optickej osi v jednom bode - **obrazovom ohnisku** F' .



B) Nerovnobežné lúče s optickou osou

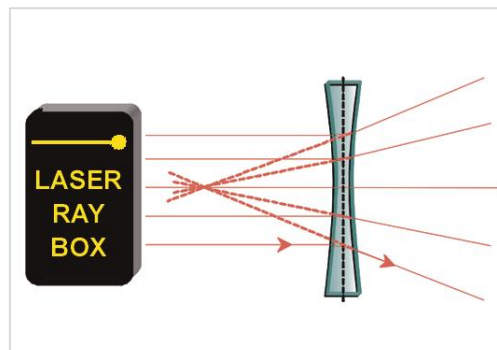
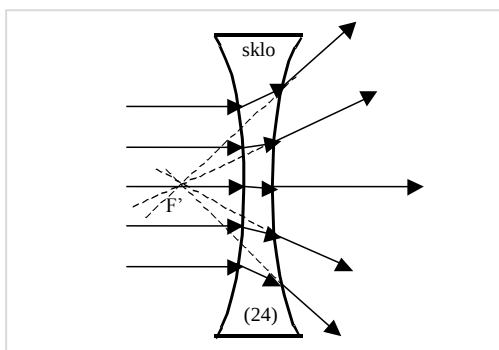
Obrazovým ohniskom F' prechádza **obrazová ohnisková rovina** šošovky φ' , ktorá je kolmá na optickú os. Ak dopadá na sklenú šošovku zväzok navzájom rovnobežných lúčov, ktoré ale nie sú rovnobežné s optickou osou, po prechode šošovkou sa tieto lúče pretínajú v jednom bode obrazovej ohniskovej roviny.



Prechod lúčov dvojduťou šošovkou, opticky hustejšou ako okolité prostredie (Exp. č.12 a č.13)

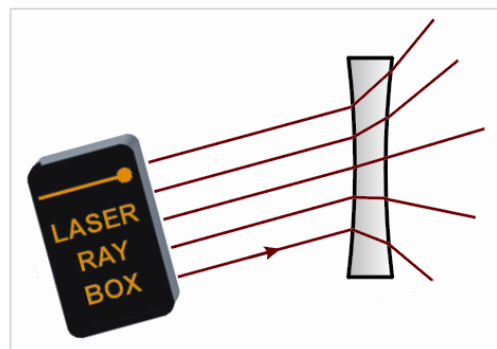
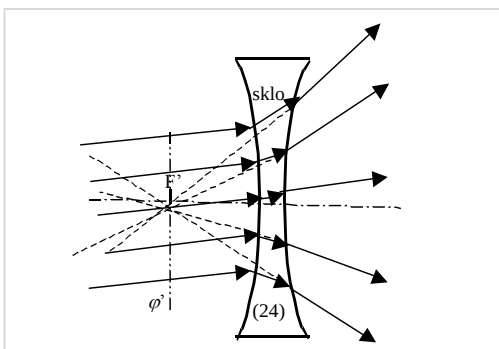
A) Rovnobežné lúče s optickou osou

Lúče sú po prechode sklenou dvojduťou šošovkou rozbiehavé – nevytvárajú reálny obraz. Získať môžeme iba ich zdanlivý priesečník, ak zakreslíme ich predĺženia do tej polroviny, z ktorej lúče na šošovku dopadajú. Tieto predĺženia lúčov vytvárajú na optickej osi neskutočný obraz (predmetu umiestneného v nevlastnom bode vľavo na optickej osi) – obrazové ohnisko F' .



B) Nerovnobežné lúče s optickou osou

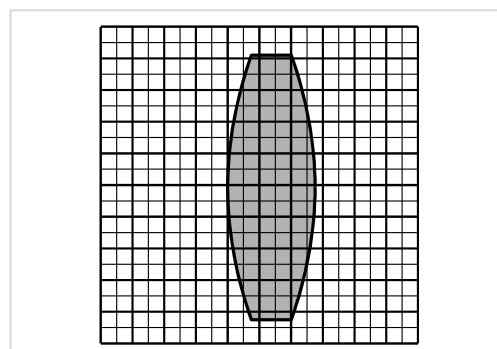
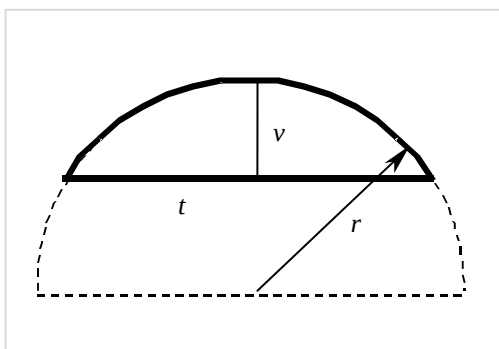
Obrazovým ohniskom, kolmo na optickú os, prechádza obrazová ohnisková rovina. V nej sa zdanlivo pretínajú predĺženia lúčov z rovnobežných zväzkov, reálne rozptýlených po dopade na šošovku.



Základné parametre hrubých šošoviek (Exp. č.14 a č.15)

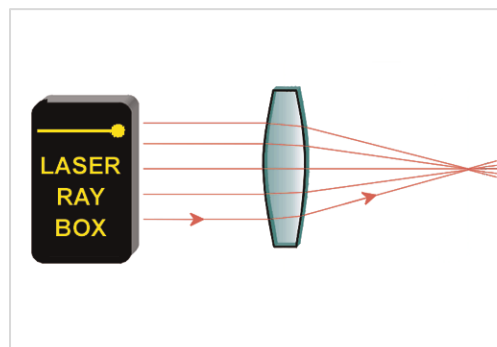
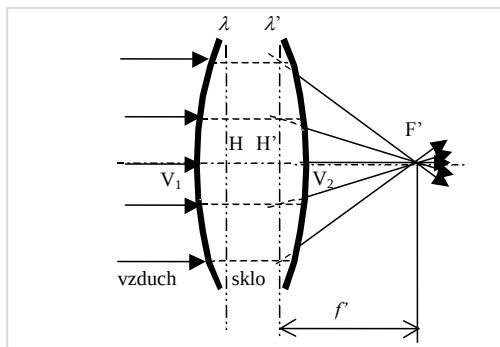
A) Určenie polomerov krivosti lámavých a odrazných plôch

Šošovky v súprave sú vytvorené tak, že ich lámavé plochy sú časťou **valcových plôch s kruhovými podstavami**, ktoré majú rovnaké polomery krivosti. Časť ich podstavy, premietnutá do roviny štvorcovej milimetrovej siete, vytvára kružnicový odsek.



B) Určenie ohniskovej vzdialenosti šošovky

Pri hrubých šošovkách, t.j. takých, ktorých hrúbka nie je zanedbateľná, je potrebné pri presnejšom určovaní ich ohniskových vzdialeností rešpektovať definíciu ohniskovej vzdialenosti ako **vzdialenosti hlavných bodov H a H' a príslušných ohnisk.** Podstatným faktorom je ohnisková vzdialenosť (vyjadrená v metroch), ktorá sa mení v závislosti na hrúbke šošovky. V praxi sa častejšie používa prevrátená hodnota ohniskovej vzdialenosti, nazývaná optická mohutnosť a označená písmenom gréckej abecedy ϕ (fí). Vyjadrená je v dioptriách.

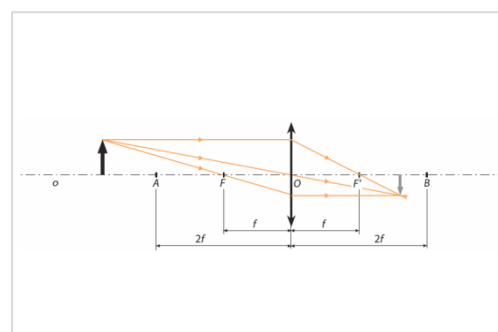
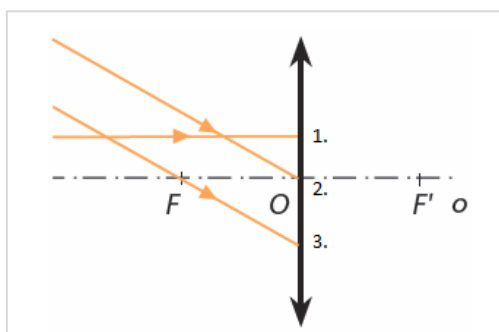


Význačné lúče (Exp. č.16 a č.17)

A) Spojka

Na geometrickú konštrukciu obrazu utvoreného spojnou šošovkou používame tri význačné lúče:

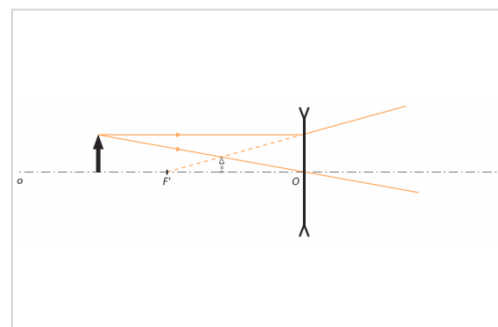
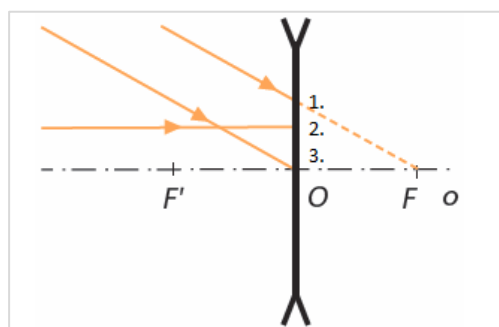
- prechádzajúci optickým stredom (1.)
- rovnobežný s optickou osou (2.)
- prechádzajúci ohniskom (3.)



B) Rozptylka

Na geometrickú konštrukciu obrazu utvoreného spojnou šošovkou používame tri význačné lúče:

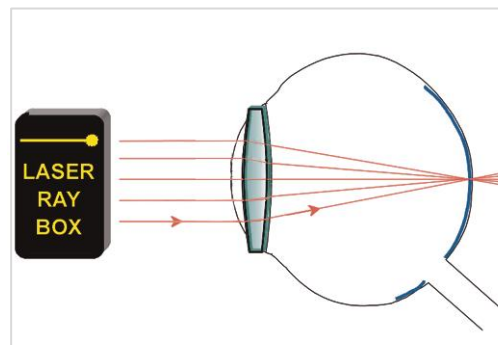
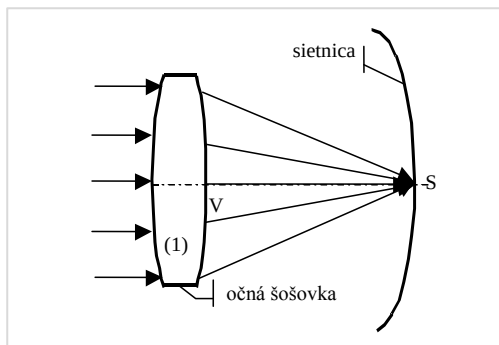
- prechádzajúci optickým stredom (1.)
- rovnobežný s optickou osou (2.)
- lúč smerujúci do nesutočného predmetového ohniska rozptylky (3.)



Očné chyby (Exp. č.18,č.19 a č.20)

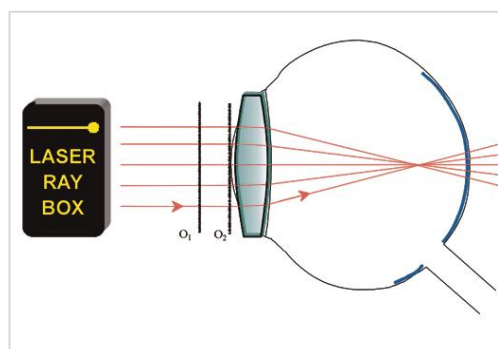
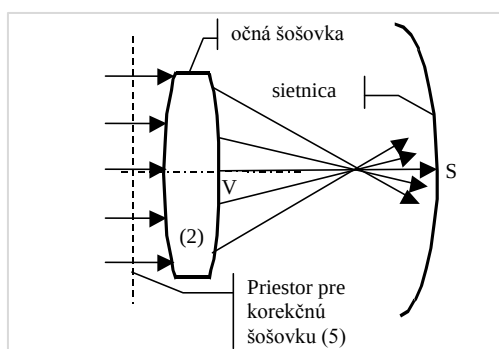
A) Model zdravého oka

Zobrazovacie lúče, rovnobežné s optickou osou a „prinášajúce“ informácie o predmete umiestnenom v nekonečne, sa pretnú po prechode neakomodovanou očnou šošovkou zdravého oka v jednom bode na sietnici.



B) Model krátkozrakého oka

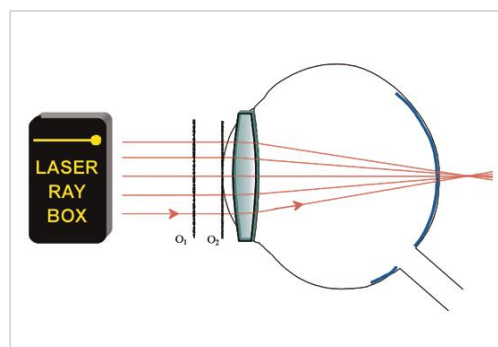
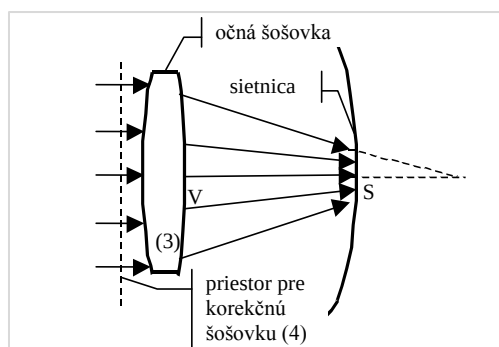
Zobrazovacie lúče, rovnobežné s optickou osou a „prinášajúce“ informácie o predmete umiestnenom v nekonečne, sa pretnú po prechode neakomodovanou očnou šošovkou v jednom bode optickej osi pred sietnicou. Korekčnou šošovkou je v tomto prípade rozptylná šošovka (5).



C) Model ďalekozrakého oka

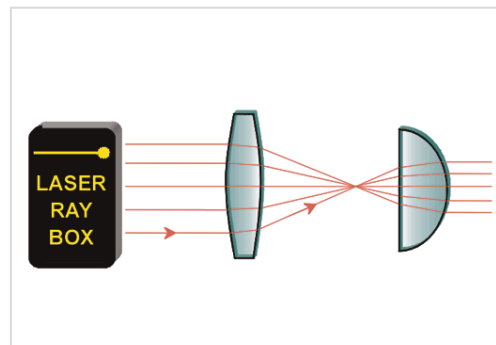
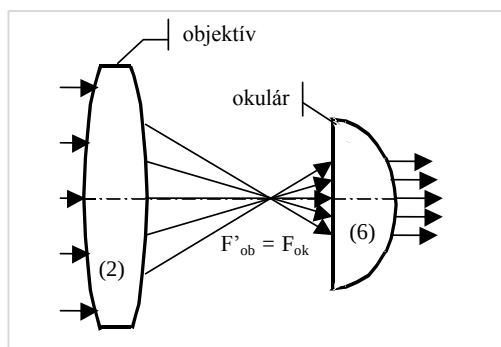
Zobrazovacie lúče, rovnobežné s optickou osou a „prinášajúce“ informácie o predmete umiestnenom v nekonečne, sa pretnú po prechode neakomodovanou očnou šošovkou v jednom bode optickej osi za sietnicou. Korekčnou šošovkou je v tomto prípade spojná šošovka (4). Šošovka oka (s ohniskovou vzdialenosťou f'_1) spolu s korekčnou šošovkou (okuliarmi s ohniskovou vzdialenosťou f'_2) vytvárajú sústavu dvoch tenkých šošoviek, ležiacich tesne pri sebe. Ich výsledná ohnisková vzdialenosť f' je určená vzťahom:

$$f' = \frac{f'_1 f'_2}{f'_1 + f'_2}$$



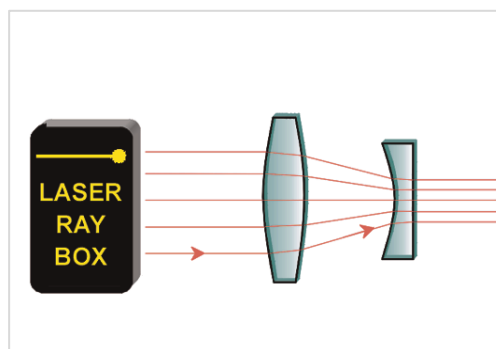
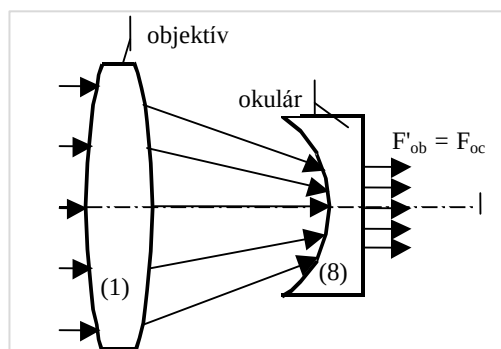
Keplerov ďalekohľad (Exp. č.21)

Keplerov ďalekohľad vytvára prevrátený obraz, o čom sa možno ľahko presvedčiť zatienením horného lúča zo zväzku rovnobežných lúčov, dopadajúcich na objektív. Na výstupe z okulára sa to prejaví na chýbajúcom spodnom lúči. Keďže zobrazovacie lúče sú rovnobežné, obraz vytváraný ďalekohľadom je neskutočný a zväčšený.



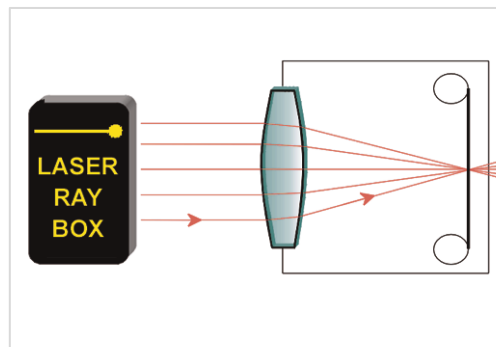
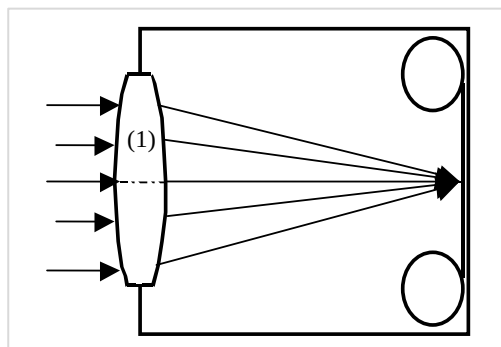
Galileiho ďalekohľad (Exp. č.22)

Pri experimente možno meniť uhol, pod ktorým vzhľadom na optickú os dopadá zväzok lúčov na objektív ďalekohľadu. Pozorujeme väčšiu zmenu uhla, pod ktorým vychádzajú lúče z ďalekohľadu (zväčšuje sa zorný uhol, obraz je zväčšený), stále však **zostávajú v rovnobežnom zväzku**. Vytváraný obraz je sprostredkovaný rovnobežným zväzkom lúčov, preto je neskutočný, zväčšený a priamy. O jeho priamosti sa možno presvedčiť zatienením horného lúča zo zväzku dopadajúcich lúčov na objektív – z lúčov vystupujúcich z okulára bude zatienený tiež horný lúč.



Fotoaparát (Exp. č.23)

Objektív fotoaparátu je spojná sústava, vytvárajúca skutočný a prevrátený obraz v priestore zadnej steny, kde býva umiestnený svetlocitlivý fotografický materiál.



TROJLÚČOVÝ DUO LASER – ELEKTRONIK

Trojlúčový Duo Laser – Elektronik je citlivé optické a elektronické zariadenie. Pozostáva z troch nezávislých laserových modulov (**prvý a tretí sú červené s vlnovou dĺžkou 635nm a druhý je zelený s vlnovou dĺžkou 532nm**), ktoré sú opticky upravené tak, aby vyžarovali svetelný zväzok troch paralelných lúčov. Tento výrobok patrí do triedy 2 laserových produktov. Laserové moduly použité v tomto zariadení vyžarujú viditeľné lúče červeného a zeleného svetla (nevyžarujú žiadne iné - infračervené, ultrafialové, Röntgenové alebo iné neviditeľné žiarenie). Toto zariadenie s nízkym optickým výkonom nie je určené na rezanie, pálenie ani na žiadne podobné procesy. Avšak, vyvarujte sa zásahu očí priamym laserovým lúčom a aj jeho odrazom od lesklých povrchov. Nikdy sa priamo nepozerajte do laserového lúča, alebo jeho priamych odrazov. Toto zariadenie je určené iba na použitie, pre ktoré bolo zhotovené.



Použitie

Nový trojlúčový Duo Laser – Elektronik zvyšuje komfort výuky geometrickej optiky. Je zdrojom troch lúčov. Ich jednosmerné rozťahnutie cylindrickou šošovkou umožňuje získať paralelné, na magnetickej tabuli dobre viditeľné, čiarové zdroje svetla. Zachováva si všetky výhody svojho predchodcu (3-lúčový laserový zdroj svetla) a navyše obsahuje jeden zelený laserový modul (ľudské oko je 3 krát citlivejšie na zelené svetlo 532nm ako na červené 635nm). Pomocou tlačidla sa prepína do predvolených módu (viď obr. 1 až 2). Spolu s žiackou GON umožňuje pohodlnejšiu demonštráciu optických javov a zobrazenie princípov optických prístrojov.

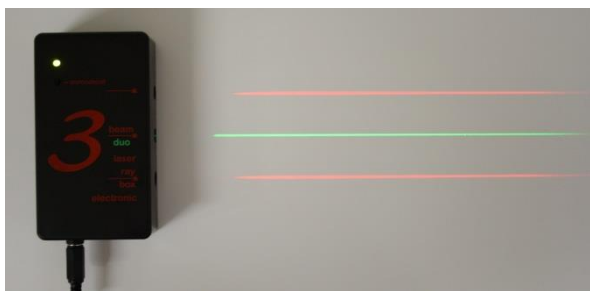
Nasledujúce kroky Vás oboznámia s tým, ako správne používať trojlúčový Duo Laser – Elektronik (so zdrojom):

1. Zapojte napájací zdroj do uzemneného obvodu elektrickej siete.
2. Pripojte vodič zdroja k trojlúčovému Duo Laseru – Elektronik.
3. Ak kontrolka na trojlúčovom Duo Lasery – Elektronik svieti na oranžovo, znamená to, že prístroj je v pohotovostnom režime.
4. Ak kontrolka na trojlúčovom Duo Lasery – Elektronik svieti na zeleno alebo na červeno, odpojte zdroj a zapojte ho znova.
5. Stlačte tlačidlo *on/mode/off* a mali by ste vidieť 3 paralelné laserové lúče, vyžarované z otvorov na trojlúčovom Duo Lasery – Elektronik. Kontrolka by mala svietiť na zeleno.
6. Stláčaním tlačidla režimu *on/mode/off* prepínate medzi tromi svetelnými módm, zobrazenými na obrázkoch 1 a 2.
7. Stlačením tlačidla *on/mode/off* na cca 1.5 sekundy môžete prepnúť prístroj naspäť do pohotovostného režimu. Kontrolka by mala svietiť na oranžovo. V tomto režime môžete odpojiť vodič zdroja od prístroja.

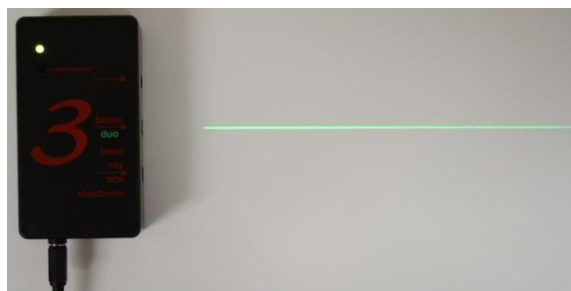
!!! UPOZORNENIE !!!

NAJPRV ZAPOJTE NAPÁJACÍ ZDROJ DO ELEKTRICKEJ SIETE A AŽ POTOM HO PRIPOJTE DO ZARIADENIA.

NIKDY NEZAMIEŇAJTE TIETO KROKY! MOHLO BY NASTAŤ POŠKODENIE ZARIADENIA!



1.laserový režim



2.laserový režim

Prvý laserový režim:	svietia lúče 1,2,3
Druhý laserový režim:	svieti lúč 2

Laserové bezpečnostné predpisy – všeobecne

Lasery sú zariadenia, ktoré generujú intenzívne žiarenie, alebo presnejšie, optické žiarenie (keďže žiarenie lasera môže byť vo forme viditeľného alebo neviditeľného svetla, infračerveného alebo ultrafialového žiarenia). Názov LASER (Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation), čiže „zosilnenie svetla stimulovanou emisiou žiarenia“, popisuje proces, pri ktorom je vyžarovaný laserový lúč. Lasery sa rozšírené používajú v meracích a snímacích aplikáciách, na priemyselné účely (rezanie, vŕtanie, zváranie, úprava povrchov...), v medicínskej diagnostike, chirurgii, pre komunikáciu, na laserových show atď.

Laserové lúče môžu natrvalo poškodiť zrak alebo spôsobiť aj oslepnutie ak smerujú priamo alebo aj nepriamo do očí. Norma STN EN 60825-1 rozdeľuje lasery na nasledujúce:

Laserové zariadenia triedy 1, 1M, 2, 2M, 3R, 3B a 4

Preventívne opatrenia sú nevyhnutné, aby sa predchádzalo permanentnému priamemu pohľadu do laserového lúča. Okrem tried 3B a 4 nie je krátkodobé žiarenie (0.25 sek.) vlnovej dĺžky v rozsahu medzi 400nm a 700nm, ak sa náhodne pozriete priamo do lúča, považované za nebezpečné. Avšak, vo všeobecnosti by ste nemali mieriť laserovým lúčom zámerne na ľudí. Použitie optických pomôcok (napr. ďalekohľadov) spolu s laserovými prístrojmi triedy 2, triedy 3R a triedy 3B, môžu spôsobiť poškodenie zraku.

Pravidlá pre bezpečnosť práce s laserom

- Lasery generujú veľmi intenzívne žiarenie. Zaobchádzajte s nimi opatrne. Väčšina školských laserov má výstupný výkon menší ako 1mW a nemôžu poškodiť pokožku.
- Nikdy nepozerajte do otvoru, odkiaľ vyžaruje laserový lúč, pokiaľ je laser zapnutý! Mohlo by vzniknúť trvalé poškodenie zraku!
- Nepozerajte príliš dlho na prichádzajúci lúč. Nikdy nepoužívajte zväčšovacie optické zariadenia (ako napríklad ďalekohľady, teleskopy a pod.) na sledovanie prichádzajúceho lúča ani jeho odrazu.
- Nikdy nemierte laserovým lúčom do očí alebo tváre, aj keď sú osoby akokoľvek vzdialené.
- Pri použití lasera v triede alebo laboratóriu mierať na miesta, kadiaľ ľudia neprechádzajú.
- Nikdy nenechávajte laser bez dohľadu, pokiaľ je zapnutý a vždy ho vypnite, ak sa nepoužíva.

Technické špecifikácie

Vstupné napätie:	3V DC
Vstupný prúd:	350 mA
Prevádzková teplota:	0 – 40°C
Optický výkon (na 1 lúč):	$P_{\max} < 1\text{mW}$
Vzdialenosti medzi lúčmi:	24mm
Rozmery (DxŠxV):	112x62x32mm
Trieda lasera:	Trieda 2
Typ lasera:	Diódový/kryštál YV04
Vlnová dĺžka: (1. a 3. modul)	635nm
Vlnová dĺžka: (2. modul)	532nm
Zahrievací čas (zelený modul):	<10min
Stabilita (zelený modul):	< +-20%, 15°C-30°C

Elektrické bezpečnostné opatrenia a záruka

Trojlúčový Duo Laser - Elektronik je bezpečný prístroj, pretože používa nízku hodnotu napätia a prúdu. Pri používaní každého elektrického zariadenia musíte dodržiavať isté opatrenia - neotvárajte kryt napájacieho zdroja za žiadnych podmienok, hrozí priamy kontakt so živými časťami elektrického zariadenia a napätím 230V. Nerozoberajte prístroj ani jeho komponenty - mohli by ste si spôsobiť úraz elektrickým prúdom. **Neotvárajte ani nerozoberajte toto zariadenie, inak bude záruka neplatná.**

Informačné a výstražné nálepky



Symbol na výrobku alebo jeho balení označuje, že daný výrobok sa nesmie likvidovať s domovým odpadom. Povinnosťou spotrebiteľa je odovzdať vyradené zariadenie v zbernom mieste, ktoré je určené na recykláciu vyradených elektrických a elektronických zariadení. Separovaný zber a recyklácia vyradených zariadení prispieva k ochrane prírodných zdrojov a zabezpečuje, že recyklácia sa vykonáva spôsobom chrániacim ľudské zdravie a životné prostredie. Informácie o zberných miestach na recykláciu vyradených zariadení vám poskytne miestne zastupiteľstvo, spoločnosť zabezpečujúca odvoz domového odpadu alebo obchod, v ktorom ste si výrobok zakúpili.

Obsah balenia

- Trojlúčový Duo Laser – Elektronik
- Napájací zdroj 110V-240V AC/3V DC
- Manuál

