

Geometrická optika s třípaprskovým laserem pro žáky

Kat. číslo 1142050



Obecné informace

Geometrická optika s třípaprskovým diodovým laserem umožňuje snadné vytváření přehledných pokusných sestav pro prezentaci základů geometrické optiky a funkce různých optických přístrojů. Jako zdroj světla slouží třípaprskový diodový laser s katalogovým číslem 114.2049. V tomto návodu k obsluze je popsána řada základních pokusů s optickými prvky. Popis každého pokusu se skládá ze tří částí:

1. stručný popis pokusu
2. grafické zobrazení pokusu
3. obrázek pokusné sestavy

Všechny pokusy jsou proveditelné pouze s materiálem, který je součástí dodané sady. Důležitou součástí pokusných sestav je třípaprskový diodový laser. Tři laserové diody generují tři rovnoběžné světelné paprsky rozšířené do tvaru krátkých čárek. Počet výstupních světelných paprsků je možné nastavit. Výběr je prováděn jedním, dvěma nebo třemi stlačeními tlačítka. **Při použití laseru je nutno zabránit zasažení očí laserovým paprskem.**

Rozsah dodávky

A) Optické prvky

S využitím optických prvků je možné provádět všechny základní pokusy k světelné optice.

- bikonkávní čočka č. 1
- bikonkávní čočka č. 2
- bikonkávní čočka č. 3
- bikonkávní čočka č. 4
- bikonvexní čočka č. 1
- malá čočka s rovinnou a konkávní stranou
- malá čočka s rovinnou a konvexní stranou
- konkávní zrcadlo
- konvexní zrcadlo
- rovinné zrcadlo
- model optického vlnovodu

B) Pracovní listy

Pracovní listy usnadňují žákům pochopení optických přístrojů, nedokonalosti lidského oka a její korekce.

- lidské oko
- fotoaparát
- Galileův dalekohled
- Keplerův dalekohled
- úhломěr

C) Třípaprskový laser

Laserový modul je napájen dvěma bateriemi 1,5 V (typ AA).

Při použití laseru je nutno zabránit zasažení očí laserovým paprskem.

Před zahájením pokusů si bezpodmínečně přečtěte kapitolu
„Důležité pokyny pro práci s třípaprskovým diodovým laserem“
začínající na straně 12.

Přehled pokusů

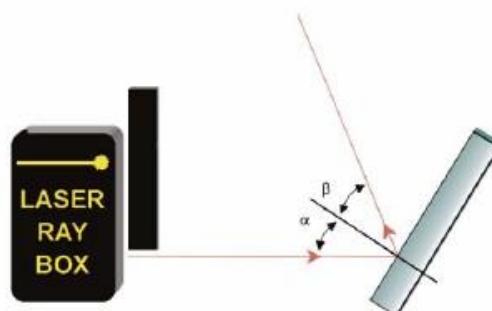
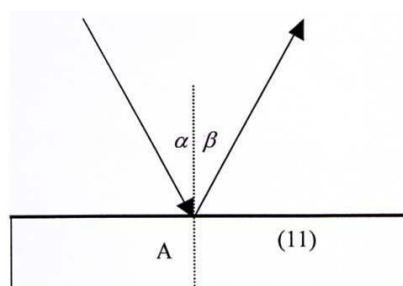
strana	č. pokusu	popis
4	E1	odraz na rovinném zrcadle
4	E2a	odraz na konkávním zrcadle – světelný paprsek rovnoběžný s optickou osou
5	E2b	odraz na konkávním zrcadle – světelný paprsek není rovnoběžný s optickou osou
5	E3a	odraz na konvexním zrcadle – světelný paprsek rovnoběžný s optickou osou
6	E3b	odraz na konvexním zrcadle – světelný paprsek není rovnoběžný s optickou osou
6	E4a	lom světelného paprsku při přechodu ze vzduchu do akrylátu
7	E5a	lom světelného paprsku při přechodu z akrylátu do vzduchu
7	E5b	kritický úhel, úplný odraz
8	E5c	úplný odraz – šíření světla optickými vlnovody
8	E6a	průchod světelných paprsků konvexní akrylátovou čočkou – světelné paprsky rovnoběžné s optickou osou
9	E6b	průchod světelných paprsků konvexní akrylátovou čočkou – světelné paprsky nejsou rovnoběžné s optickou osou
9	E7a	průchod světelných paprsků konkávní akrylátovou čočkou – světelné paprsky rovnoběžné s optickou osou
10	E7b	průchod světelných paprsků konkávní akrylátovou čočkou – světelné paprsky nejsou rovnoběžné s optickou osou
10	E8a	parametry tlustých čoček – stanovení poloměru zakřivení
11	E8b	parametry tlustých čoček – ohnisková vzdálenost
11	E9a	model oka - zdravé oko
12	E9b	model oka - krátkozrakost
12	E9c	model oka - dalekozrakost
13	E10a	Keplerův dalekohled
13	E10b	Galileův dalekohled
14	E11	fotoaparát

E1- odraz na rovinném zrcadle

Demonstrace zákona odrazu. Světelný paprsek dopadající pod úhlem dopadu α na rovinnou reflexní plochu je odražen pod úhlem odrazu β .

$$\alpha = \beta$$

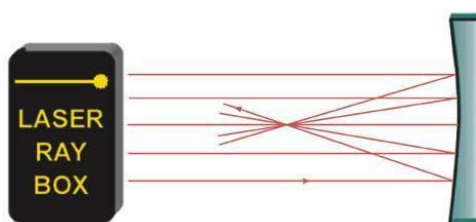
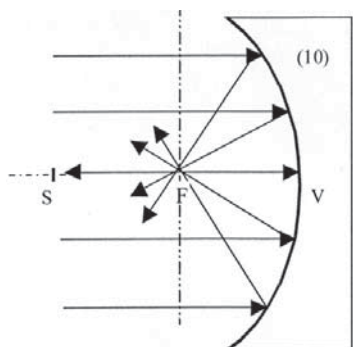
Oba úhly jsou měřeny od kolmice k ploše.



E2a - odraz na konkávním zrcadle – světelné paprsky rovnoběžné s optickou osou

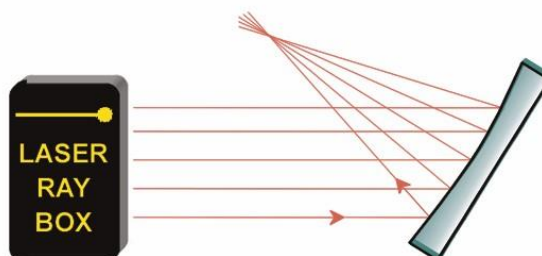
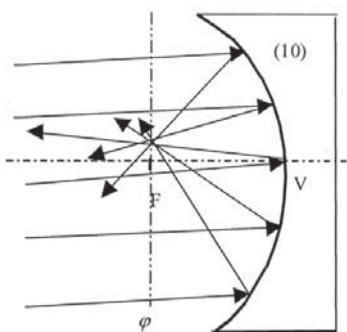
Ohnisková vzdálenost f vydutého zrcadla je určena délkou úsečky VF. Poloměr zakřivení je možné vypočítat podle vzorce. Úsečka VS je dvakrát delší než VF.

$$f = \frac{r}{2}$$



E2b - odraz na konkávním zrcadle – světelné paprsky nejsou rovnoběžné s optickou osou

Osa ϕ je kolmá na optickou osu a prochází ohniskem. Je označována jako ohnisková rovina. Dopadající rovnoběžné paprsky se odráží a protínají se v jednom bodě ohniskové roviny ϕ . Pokud jsou paprsky rovnoběžné s optickou osou, leží tento bod na ní a nazývá se ohnisko F.

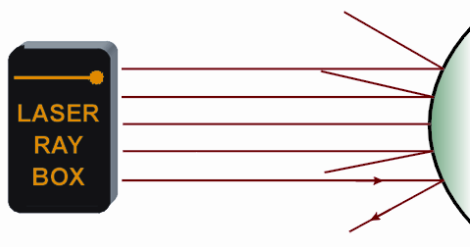
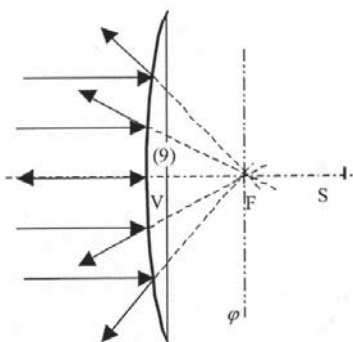


E3a - odraz na konvexním zrcadle – světelné paprsky rovnoběžné s optickou osou

U odražených paprsků se zdá, jako by vycházely z bodu za zrcadlem. Ten je označován jako zdánlivé ohnisko. Úsečka VF určuje ohniskovou vzdálenost zrcadla.

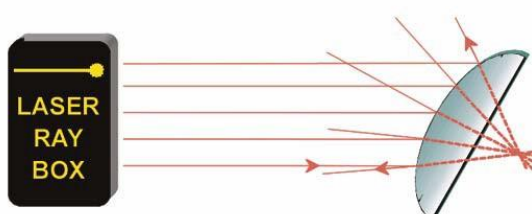
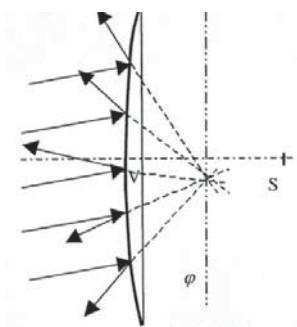
Poloměr zakřivení je možné vypočíst podle vzorce. Úsečka VS je dvakrát delší než VF.

$$f = \frac{r}{2}$$



E3b - odraz na konvexním zrcadle – světelné paprsky nejsou rovnoběžné s optickou osou

Osa ϕ je kolmá na optickou osu a prochází ohniskem. Je označována jako ohnisková rovina. Pokud na zrcadlo dopadají rovnoběžné paprsky, jsou rozptýleny tak, jako by vycházely z bodu ohniskové roviny ϕ za zrcadlem.

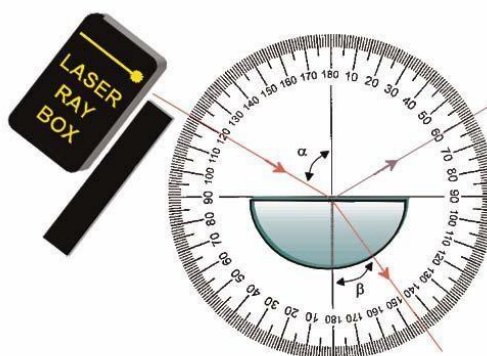
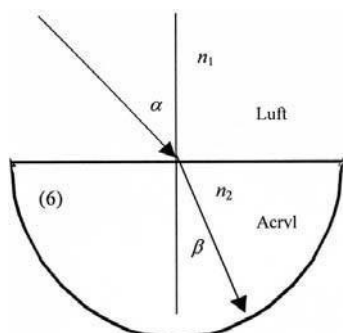


E4a - lom světelného paprsku při přechodu ze vzduchu do akrylátu

Při přechodu světelného paprsku z média s indexem lomu n_1 do jiného média s indexem lomu n_2 je změna jeho směru určena Snellovým zákonem lomu:

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

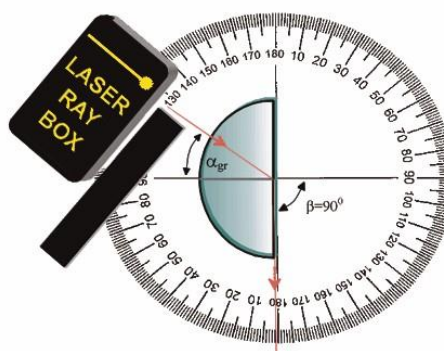
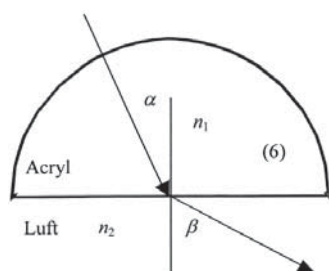
α je dopadový úhel v médiu n_1 a β je úhel lomu v médiu n_2



Acryl = akrylát, Luft = vzduch

E5a - lom světelného paprsku při přechodu z akrylátu do vzduchu

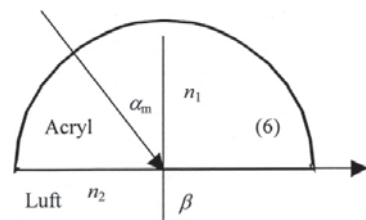
Úhel lomu β je větší než úhel dopadu α . Paprsek se více odkloní od kolmice.



Acryl = akrylát, Luft = vzduch

E5b - kritický úhel, úplný odraz

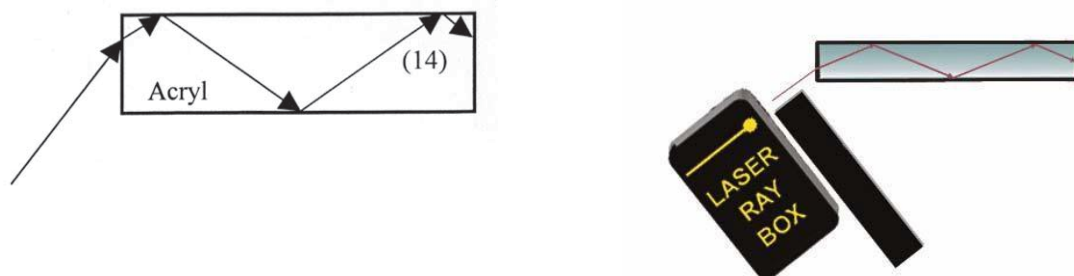
Čím větší je úhel dopadu, tím větší je i úhel lomu. Pokud je $n_1 < n_2$, existuje kritický úhel α . Paprsek bude po lomu ležet v ploše rozhraní mezi oběma médii. Pokud je úhel dopadu větší než kritický úhel, nedojde již k lomu a veškeré světlo je odraženo. V tomto případě hovoříme o úplném (totálním) odrazu.



Acryl = akrylát, Luft = vzduch

E5c - úplný odraz – šíření světla optickými vlnovody

Světlo se prostřednictvím úplného odrazu šíří optickým vlnovodem (vodičem). Parametr, numerická apertura, určuje, jaký úhel přitom nesmí být překročen. Parametr odpovídá sinu maximálního vstupního úhlu světla. Tímto parametrem je rovněž určen nejmenší možný poloměr ohybu optického vlnovodu. Tato hodnota musí být dodržena při instalaci optického vodiče.



E6a - průchod světelných paprsků konvexní akrylátovou čočkou – světelné paprsky rovnoběžné s optickou osou

Konvexní akrylátová čočka je spojkou a světelné paprsky se po průchodu touto čočkou sbíhají v ohnisku F' .



Acryl = akrylát, Luft = vzduch

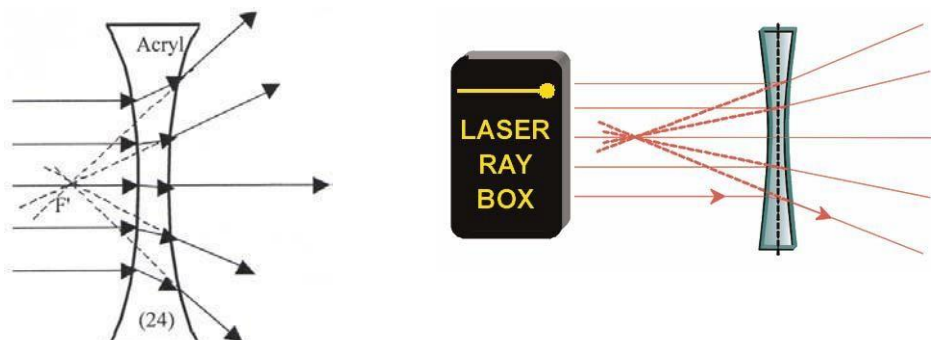
E6b - průchod světelných paprsků konvexní akrylátovou čočkou – světelné paprsky nejsou rovnoběžné s optickou osou

Osa \underline{II}' je kolmá na optickou osu a prochází ohniskem F' . Je označována jako rovina ohniskového bodu. Dopadající paprsky se lámou a protínají se v bodě na ose \underline{II}' .



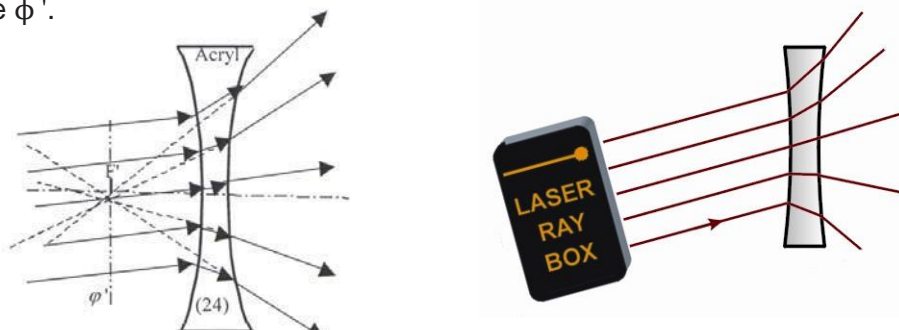
E7a - průchod světelných paprsků konkávní akrylátovou čočkou – světelné paprsky rovnoběžné s optickou osou

Světelné paprsky jsou po průchodu čočkou rozptýleny. Nezobrazují žádný objekt. Pokud jsou prodlouženy směrem dozadu, protínají se paprsky ve zdánlivém (virtuálním) ohnisku F' .



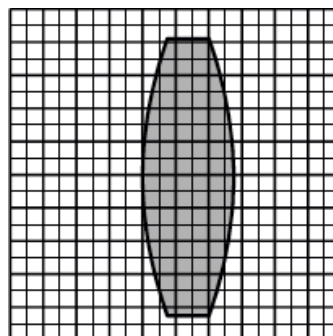
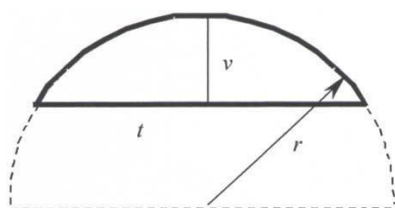
E7b - průchod světelných paprsků konkávní akrylátovou čočkou – světelné paprsky nejsou rovnoběžné s optickou osou

Osa ϕ je kolmá na optickou osu a prochází zdánlivým ohniskem F' . Je označována jako rovina ohniskového bodu. Při prodloužení se zlomené paprsky protínají v jednom bodě na ose ϕ .



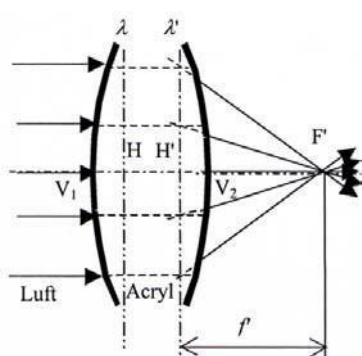
E8a - parametry tlustých čoček – stanovení poloměru zakřivení

Čočky v sadě mají válcové lomové plochy se stejnými poloměry zakřivení. Tyto poloměry je možné stanovit pomocí milimetrového papíru.

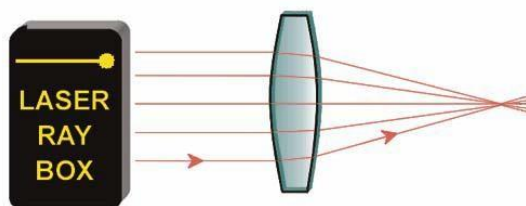


E8b - parametry tlustých čoček – ohnisková vzdálenost

Tlusté čočky jsou čočky, u kterých není možné zanedbat jejich tloušťku. Při definici ohniskové vzdálenosti je nutno zohlednit vzdálenost mezi oběma hlavními rovinami H a H' .



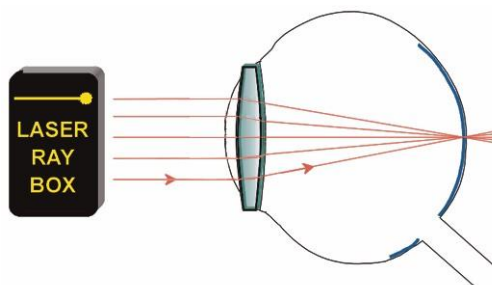
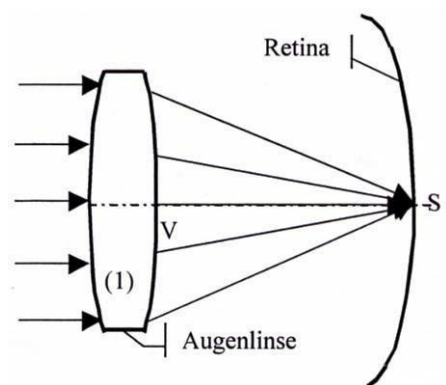
Acryl = akrylát, Luft = vzduch



E9a - model oka – zdravé oko

Světelné paprsky rovnoběžné s optickou osou se na oční čočce lámou a protínají se v bodě na sítnici.

Oční čočku (1) umístit přímo za čáru O_2 .

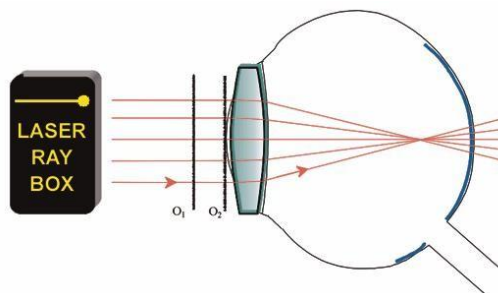
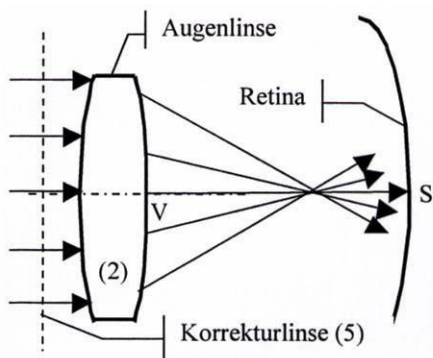


Retina = sítnice, Augenlinse = čočka oka

E9b - model oka - krátkozrakost

Světelné paprsky rovnoběžné s optickou osou se na oční čočce lámou a protínají se v bodě před sítnicí.

Umístit oční čočku (2) přímo za čáru O2 a korekční čočku (5) mezi čáry O1 a O2.



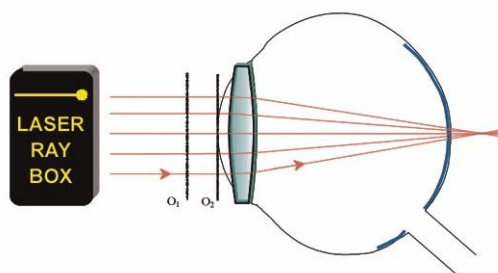
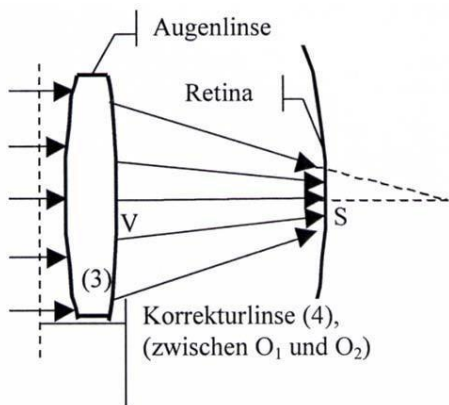
Retina = sítnice, Augenlinse = čočka oka, Korrekturlinse = korekční čočka

E9c - model oka - dalekozrakost

Světelné paprsky rovnoběžné s optickou osou se na oční čočce lámou a protínají se v bodě za sítnicí. Korekční čočkou je spojka. Pro ohniskovou vzdálenost f' sestavy čoček platí:

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

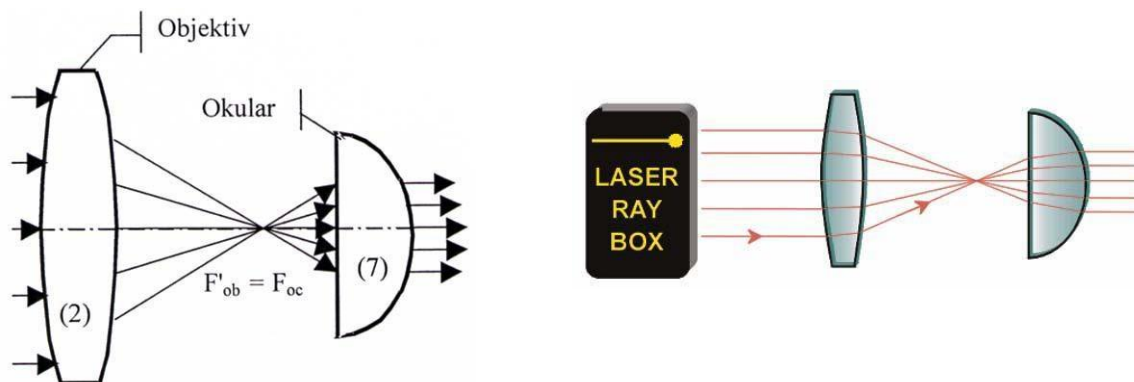
kde f'_1 je ohnisková vzdálenost oční čočky a f'_2 korekční čočky.



Retina = sítnice, Augenlinse = čočka oka, Korrekturlinse = korekční čočka (mezi O₁ a O₂)

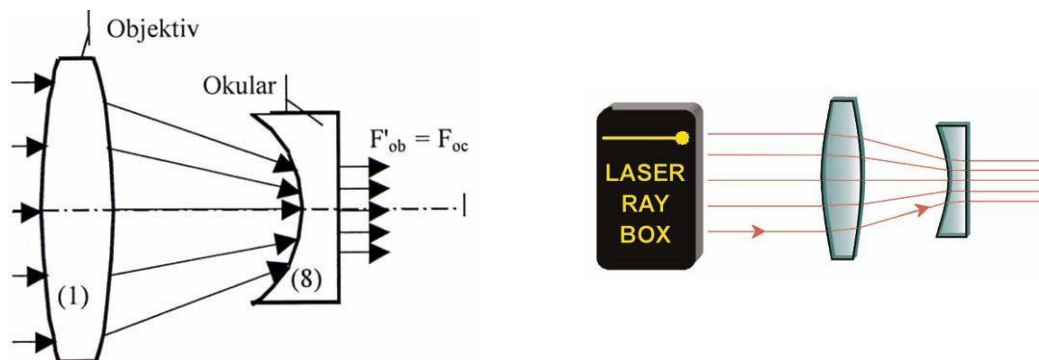
E10a - Keplerův dalekohled

Objektiv Keplerova dalekohledu vytváří zmenšený reálný obraz sledovaného objektu, který je pak okulárem zvětšen - jako lupou. Vznikne převrácený (nahore je dole a vlevo je vpravo), silně zvětšený obraz. Pro demonstraci této skutečnosti zakryjte jeden z krajních světelných paprsků. Pokud je zakryt horní krajní paprsek, zmizí na výstupu naopak dolní krajní paprsek.



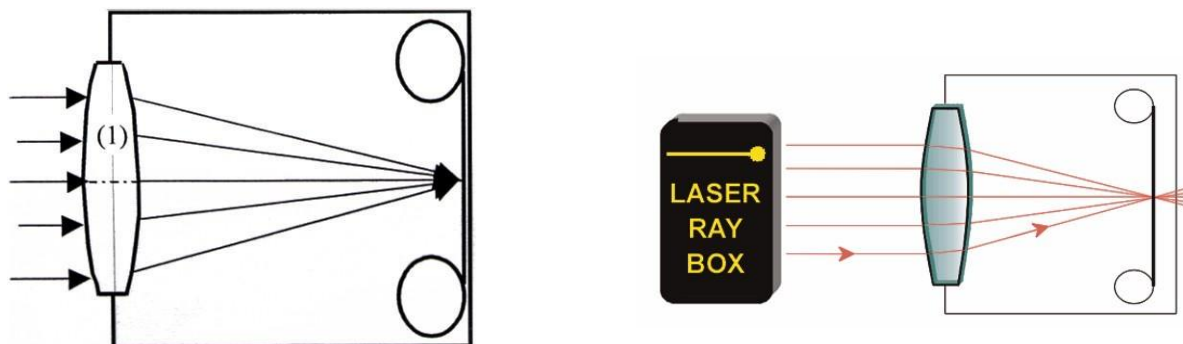
E10b - Galileův dalekohled

U Galileova dalekohledu dopadají paprsky přicházející z objektivu ještě před dosažením ohniska na rozptylnou čočku. Do oka pak vstupují tyto paprsky jako rovnoběžné. Objekt je zobrazen jako zvětšený, se zachováním skutečné orientace.



E11 - fotoaparát

Fotografický přístroj používá jako čočku spojku. Ta vytváří reálný obraz objektu - stojící vzhůru nohama, který je pak zachycen na filmu procházejícím u zadní strany fotoaparátu.



Důležité pokyny pro práci s třípaprskovým diodovým laserem

Tato kapitola obsahuje všechny relevantní informace o diodovém laseru s 1 až 3 červenými paprsky (krátce třípaprskový laser). Pečlivě si přečtete tuto kapitulu, zejména pak bezpečnostní pokyny.

Bezpečnostní pokyny

Laser (*L*ight *a*mplification by *s*timulated *e*mmission of *r*adiation) vytváří monochromatické světlo s velmi vysokou energetickou hustotou.

Přímý pohled do laserového paprsku není dovolený a může vést k poškození oka.

Podle normy EN 60825-1 jsou lasery rozděleny do následujících tříd: třída 1, 1M, 2, 2M, 3R, 3B a 4.

Krátký pohled (max. 0,25 s) do laserového paprsku při vlnové délce mezi 400 a 700 nm není u laserů třídy < 3B zpravidla nebezpečný. Zde se pozitivně projevuje mrkací reflex chránící oko. Bez ohledu na to nesmí být laserový paprsek namířen po delší dobu na lidi nebo zvířata.

Pravidla pro práci s laserem.

Je bezpodmínečně nutno dodržovat následující pravidla pro práci s laserem. Ta představují součást správného použití *diodového laseru s 1 až 3 červenými paprsky, s magnetem*.

- Lasery generují světelný paprsek s vysokou intenzitou. Výstupní výkon přístroje je < 1mW a nepoškozuje proto kůži.
- Po zapnutí laseru se nikdy nedívejte do jeho paprsku.
MŮŽE TO MÍT ZA NÁSLEDEK TRVALÉ POŠKOZENÍ OKA!
- Pamatujte na to, že intenzita laserového paprsku může být zesílena průchodem systémem čoček a odrazem. Z tohoto důvodu se **NIKDY** nedívejte přímo do reflexních ploch.

- Nikdy nemiřte laserovým paprskem ve směru obličeje nebo očí osob, a to bez ohledu na jejich vzdálenost.
- Při použití laseru v třídě nebo laboratoři dbejte na to, aby byla zajištěna funkční ochrana zraku před paprsky vystupujícími z pokusné sestavy.
- Nikdy nenechávejte zapnutý laser bez dozoru. Pokud přístroj právě nepoužíváte, vytáhněte zástrčku přívodního kabelu ze zásuvky, aby nemohl být přístroj náhodou zapnut.
- Nikdy přístroj nerozebírejte a nijak ho neupravujte. Hrozí nebezpečí úrazu elektrickým proudem.
- Nenechte přístroj spadnout a chraňte ho před prachem a vlhkostí.
- Nepokoušejte se sami opravit vadný přístroj. S požadavkem na opravu se obraťte na CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH.

Vlastnosti třípaprskového laseru

Přístroj obsahuje tři na sobě nezávislé diodové lasery třídy 2. Bodový paprsek je cylindrickými čočkami rozšířen do podoby čar. Diody jsou v přístroji nastaveny tak, aby byly vystupující paprsky rovnoběžné. Laserové moduly generují červené světlo. To neobsahuje složku infračerveného nebo ultrafialového záření.

Používejte třípaprskový laser výhradně pro provádění pokusů v rámci výuky optiky. Přístroj není vhodný pro průmyslové použití.

Použití třípaprskového laseru

Přístroj generuje 3 světelné paprsky, které jsou využívány pro demonstrování průběhu paprsků optickými prvky (hranoly, čočky, zrcadla). Laserové paprsky demonstrují průběh světelného záření. Vestavenými cylindrickými čočkami jsou paprsky rozšířeny a vytváří tak na podložce dobře viditelné červené „světelné stopy“. Přístroj opatřený magnetem se velice dobře hodí k použití ve spojení s kovovými prvky optických sad s katalogovým číslem 107.5203 a 107.5205.

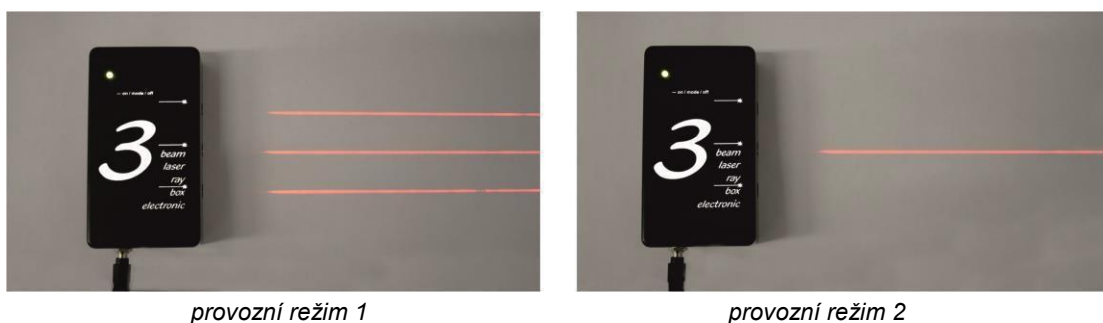
Uvedení třípaprskového laseru do provozu

Následuje popis zprovoznění přístroje. Napájení napětím 3V DC zajišťuje bateriová schránka, která je součástí dodávky.

1. Vložte do této schránky baterie (1,5V typ AA). Dbejte přitom na správnou polaritu baterií.
2. Připojte přívodní kabel k přístroji. Dbejte na to, aby laserový paprsek náhodně nezasáhl Vaše oko nebo oko jiné osoby.
3. LED na přístroji musí svítit oranžově. To znamená, že je přístroj v pohotovostním provozním režimu - *Standby*.
4. Pokud by LED na přístroji svítila červeně nebo zeleně, odpojte od přístroje krátce napájecí kabel a znovu ho připojte.
5. Nyní stlačte tlačítko „on / mode / off“. Z přístroje by nyní měly vystupovat 3 rovnoběžné paprsky. LED nyní svítí zeleně.

6. Opět stlačte tlačítko „on / mode / off“. Tím přepnete mezi provozními režimy 1 a 2 (viz obr. 1).
7. Pokud podržíte tlačítko „on / mode / off“ stlačené déle než 1,5 s, přepne se přístroj do pohotovostního režimu, což je signalizováno oranžovým světlem LED.
8. V pohotovostním režimu můžete odpojit přístroj od napájení.

Provozní režim 1 : jsou aktivní paprsky 1, 2 a 3
Provozní režim 2 : je aktivní paprsek 2



Obr. 1

Technická data

Vstupní napětí:	3V DC
Vstupní proud:	150 mA
Rozsah provozní teploty:	0 – 40 °C
Výkon (na paprsek):	$P_{max} < 1 \text{ mW}$
Vzdálenost mezi paprsky:	24 mm
Rozměry (DxŠxV):	112x62x32 mm
Třída laseru:	třída 2
Typ	dioda
Vlnová délka:	635 nm

Elektrická bezpečnost a záruční podmínky

Přístroj - generátor tří laserových paprsků - je s ohledem na malý výkon a nízké napájecí napětí velice bezpečný. Jako u všech elektrických zařízení je i zde nutno dodržovat určité bezpečnostní zásady:

- Nikdy přístroj neotvírejte. Otevření přístroje má za následek zánik záruky
- Pokud není přístroj používán v souladu s jeho určením a dojde k jeho poškození, nevztahuje se na toto poškození záruka.

Rozsah dodávky

- přístroj - generátor tří laserových paprsků
- bateriová schránka s připojovacím kabelem (2 baterie AA 1,5 V, nejsou součástí dodávky)
- návod k použití

Výstražná nálepka

Laser třídy 2

