

Souprava pro optiku Optics Expansion Kit (OEK)

Souprava pro výuku optiky Vernier Optics Expansion Kit (OEK) se skládá z čoček, jejich držáků, světelného zdroje, držáku luxmetru, destičky s aperturou a stínítka použitelných spolu s optickou lavicí a zároveň dráhou Vernier Track. Dráhu Track lze zakoupit samostatně nebo jako součást soupravy pro mechaniku Vernier Dynamics Systém, případně Vernier Motion Encoder System. S vybavením obsaženým v soupravě mohou studenti provádět základní experimenty z optiky, mezi něž patří:



- Zobrazení tenkou spojkou
- Ověření čočkové rovnice
- Zobrazení konvexní čočkou
- Měření ohniskové vzdálenosti
- Konstrukce jednoduchého dalekohledu
- Konstrukce mikroskopu
- Pokles intenzity světla v závislosti na vzdálenosti od bodového zdroje
- Vliv průměru a tvaru čočky na vytvořený obraz

Pro měření poklesu intenzity světla je třeba sadu OEK doplnit luxmetrem Vernier, rozhraním a měřicím programem. Mezi vhodná rozhraní patří Vernier LabQuest[®] 2, LabQuest, LabPro[®], Vernier Go![®]Link a Texas Instruments CBL 2[™]. Odpovídajícími programy jsou Logger Pro[®] pro PC, aplikace LabQuest App pro LabQuest 2 nebo původní LabQuest, EasyData[™] a DataMate[™] pro kalkulátory, a DataQuest[™] pro TI-Nspire[™].

OEK je dodávána v jedné krabici obsahující následující součásti:

- Světelný zdroj s napájením
- Stínítka s držákem
- Držák luxmetru
- Destička s aperturami a její držák
- Dvojvypuklá čočka ($f = 100$ mm) s držákem
- Dvojvypuklá čočka ($f = 200$ mm) s držákem
- Dvojdutá čočka ($f = -150$ mm) s držákem

Společné vlastnosti držáků

Držáky čoček, stínítka, destičky s aperturami, světelného zdroje i luxmetru jsou si konstrukčně velmi podobné. Všechny se připevňují k lavici lehkým nasazením a tělo držáku obsahuje zaměřovací značky sloužící k nalezení osy upnutého stínítka, luxmetru, světelného zdroje či čočky. Otvorem v základně držáku lze odečítat hodnoty z měřítka vytištěného na lavici.

Čočky

Čočky jsou v držácích upevněny napevno, nevyjímejte je.



Stínítko

Stínítko je opatřeno milimetrovou stupnicí.



Zdroj světla

Světelným zdrojem je jediná bílá LED dioda. Otočná představná destička umožňuje zvolit různé typy světelného zdroje podle potřeb experimentu. Při použití prostého otvoru se LED chová jako bodový zdroj, ostatní otvory jsou opatřeny bílým plastem a tvoří tak zdroje světla jiného tvaru. Obraz číslice „4“ slouží ke studiu tvorby obrazu a je zvolen proto, že není symetrický vůči převrácení vertikálně ani horizontálně. Tvar písmene „L“ má rozměry 1 cm × 2 cm. Dvojštěrbina je užívána k experimentům s hloubkou ostrosti. Rovina světelných zdrojů odpovídá pozici udávané značkou na těle držáku, pouze bodový zdroj LED je umístěn v rovině se zadní hranou držáku. Znalost poloh je potřebná pro správné stanovení vzdáleností v experimentech typu poklesu jasu apod.



Napájecí zdroj dodávaný s OEK je totožný se zdrojem k rozhraní LabQuest. Světelný zdroj je ovládán kolébkovým vypínačem umístěným na zadní straně světelného zdroje.

Držák luxmetru

Držák luxmetru slouží k uchycení luxmetru Vernier při měření poklesu jasu v závislosti na vzdálenosti od zdroje. Vložíme luxmetr do držáku tak hluboko, až se zastaví o doraz. Polohu čidla pak budou označovat šipky na základně držáku.



Destička s aperturami

Destičku s aperturami lze umístit těsně před čočku a měnit tak efektivní průměr a tvar čočky. Můžeme tak předvádět experimenty týkající se clonového čísla a jasu. Apertura tvaru písmene D slouží k demonstraci „zobrazení polovinou čočky.“



Ukázky experimentů: Skutečný obraz za čočkou

Zobrazovací rovnice tenké čočky má tvar

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a'}$$

kde f je ohnisková vzdálenost čočky, a předmětová vzdálenost a a' obrazová vzdálenost, přičemž spojkám připisuje znaménkovou konvenci kladnou ohniskovou vzdálenost, rozptylkám zápornou. Obrazová vzdálenost a' je kladná, nachází-li se (reálný) obraz v prostoru za čočkou, a záporná, nachází-li se (virtuální) obraz před čočkou, předmětová vzdálenost a je kladná pro (reálné) předměty v prostoru před čočkou a záporná pro (virtuální) předměty za čočkou.



S použitím soupravy OEK můžeme platnost zobrazovací rovnice ověřit. Umístíme zdroj světla Vernier na konec optické lavice tak, aby svítící oblast mířila směrem k volnému konci lavice. Vložíme čočku $f = 100$ mm do držáku a umístíme 15 cm před rovinu zdroje světla. Stínítko umístíme na opačnou stranu čočky a pohybujeme s ním. Tak dlouho, až najdeme polohu, ve které se na něm vytvoří ostrý obraz. Odpovídá poloha stínítka zobrazovací rovnici čočky?

Příčné zvětšení čočky z je definováno

$$z = -\frac{a'}{a} = \frac{y'}{y},$$

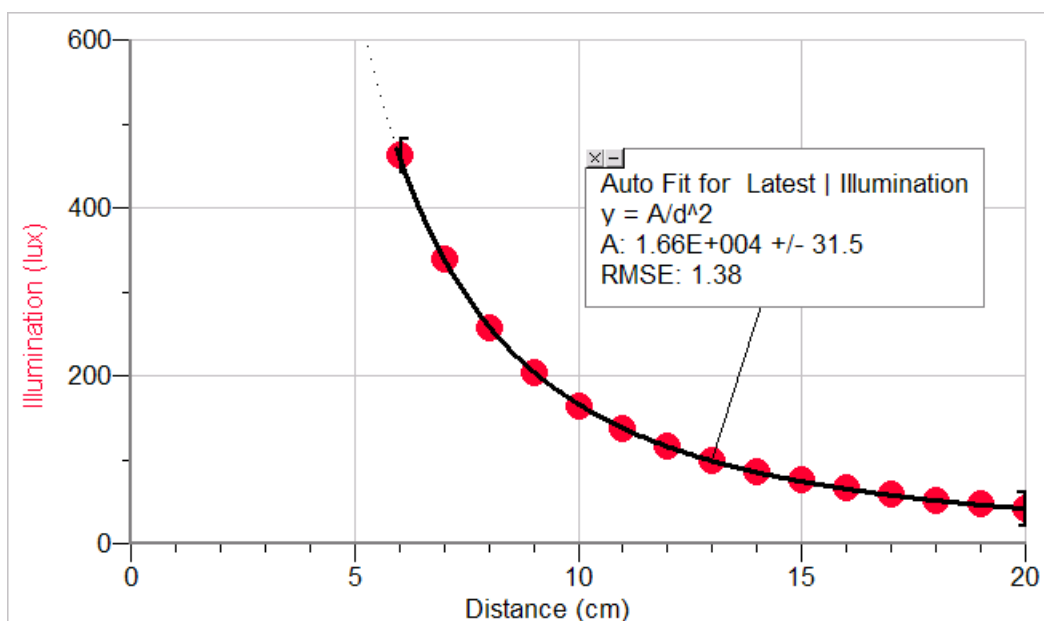
kde y je výška předmětu a y' výška obrazu. S pomocí pravítka změříme obě výšky a vypočteme velikost zvětšení – odpovídá změřená hodnota vzorci?

Ukázky experimentů: Pokles intenzity s druhou mocninou vzdálenosti

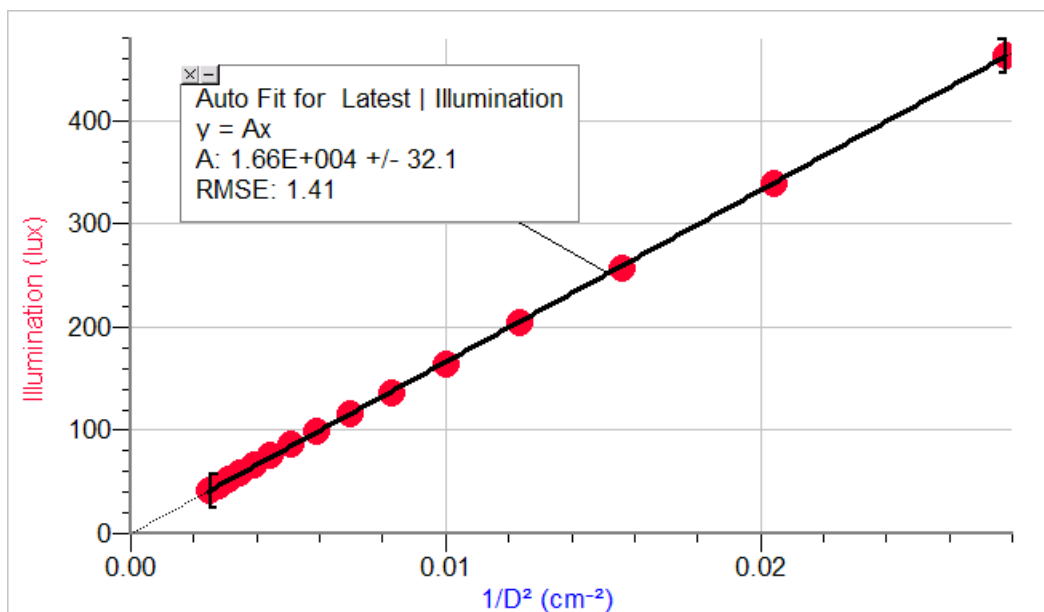
Provedení experimentu vyžaduje luxmetr, rozhraní a odpovídající software, v ukázce byl použit program Logger Pro, rozhraní Go! Link a luxmetr Vernier.

Umístíme zdroj světla tak, aby LED dioda byla přímo viditelná a mířila podél optické lavice. Určíme její polohu odečtem u zadní hrany držáku zdroje světla. Vložíme luxmetr do odpovídajícího držáku tak hluboko, až se zastaví o doraz. Šipky na základně držáku nyní ukazují na měřítku jeho polohu. Umístíme čidlo tak, aby mířilo přímo ke zdroji světla. Před měřením je vhodné nechat světelný zdroj 15 minut stabilizovat, protože intenzita světla LED diody mírně klesá s jejím zahřátím.

Začneme zaznamenávat data z luxmetru jako funkci vzdálenosti. Ukázku měřených dat a proložených závislostí prezentují následující dva grafy.



Pokles intenzity osvětlení velmi dobře odpovídá očekávanému vztahu (klesá s druhou mocninou vzdálenosti). Jiným způsobem, jak lze závislost zobrazit, je vykreslení grafu závislosti intenzity osvětlení přímo na převrácené hodnotě druhé mocniny vzdálenosti. Výsledkem by měl být graf přímé úměrnosti podobně jako na následujícím obrázku.



V průběhu měření byla místnost částečně zatemněna, kdyby osvětlení v místnosti nebylo zanedbatelné, byly by oba grafy posunuty vzhůru a proložení funkce by vyžadovalo přidání (přičtení) dalšího parametru.

Další experimenty

- **Konstrukce dalekohledu** zkombinováním dvou spojných čoček.
- **Zkoumání vlivu velikosti a tvaru čočky na výsledný obraz.** Umístíme zdroj světla, spojku a stínítko tak, aby na stínítku vznik ostrý obraz. Vložíme plátek s aperturou co nejbližší k čočce a pozorujeme vliv různých tvarů apertury. (Aby byly změny dobře pozorovatelné, může být třeba ztlumit osvětlení v místnosti). Co se stane s obrazem při použití apertury tvaru písmene D?
- **Studium hloubky ostrosti.** Vytvoříme obraz dvou čar na stínítku a pak jej rozostříme posunem stínítko do takové vzdálenosti, ve které už není možné dvě čáry v obrazu rozlišit. S pomocí destičky s aperturami zmenšíme efektivní průměr čočky. Jaký má změna na obraz vliv?

Poznámka: Výrobky Vernier jsou určeny výhradně k použití ve vzdělávání. Naše výrobky nejsou navrženy ani doporučeny pro jakékoli využití v průmyslu, medicíně či komerční sféře včetně podpory života, stanovování diagnóz, monitorování a řízení výrobních procesů nebo průmyslového testování jakéhokoli druhu.