

OPTICKÝ KUFŘÍK OA1

410.9973

Návody k pokusům

Učitelská verze



SEZNAM POKUSŮ**ŠÍŘENÍ SVĚTLA**

Přímočaré šíření světla (1.1.)
Stín a polostín (1.2.)

ODRAZ SVĚTLA

Odraz světla (2.1.)
Rovinná zrcadla (2.2.)
Zobrazování rovinnými zrcadly (2.3.)
Dutá zrcadla (2.4.)

LOM SVĚTLA

Lom světla (3.1.)
Úplný odraz (3.2.)
Lámavý hranol (3.3.)
Úhly v hranolu (3.4.)
Úplný odraz v hranolu (3.5.)

DISPERZE SVĚTLA

Rozklad bílého světla (4.1.)
Složení bílého světla (4.2.)
Monochromatické světlo je jednoduché (4.3.)

ČOČKY

Obraz v ohnisku spojných čoček a rozptylných čoček (5.1.)
Optický střed a obrazová ohnisková vzdálenost spojně čočky (5.2.)
Skutečný obraz vytvořený spojnou čočkou (5.3.)
Neskutečný obraz vytvořený spojnou čočkou (5.4.)
Obraz vytvořený rozptylnou čočkou (5.5.)

OPTICKÉ PŘÍSTROJE

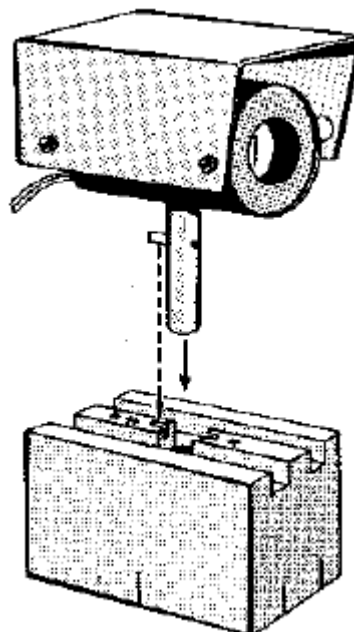
Lupa (6.1.)
Projektor (6.2.)
Mikroskop (6.3.)
Okno. Vady oka a jejich korekce (6.4.)

JAK ZACHÁZET S JEDNOTLIVÝMI POMŮCKAMI

SVĚTELNÝ ZDROJ

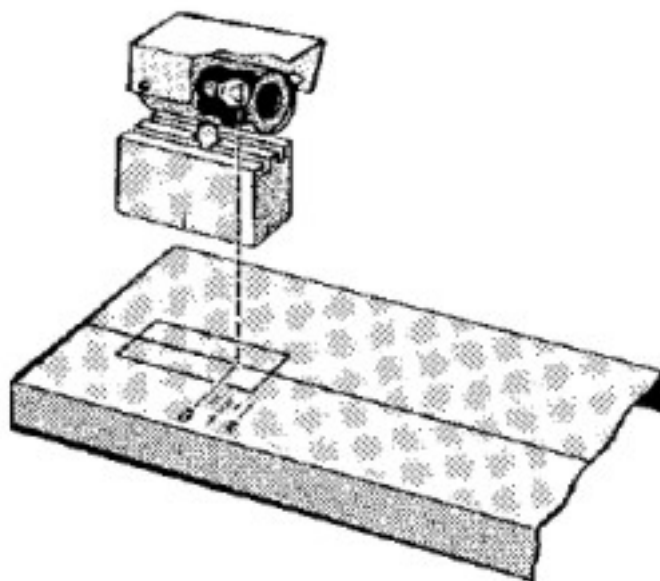
Pracovní poloha:

Zdroj musí být umístěn na své podložce a natočen tak, jak je znázorněno na obr. 1. Výstupek na tyči musí zapadat do vrubu v podložce v poloze * tak, aby se optická osa zdroje shodovala s optickou osou čoček. V této poloze musí být zdroj při všech experimentech, při kterých se nepoužívá HARTLŮV DISK. Pokud se tento používá, zdroj musí být v pozici **. Tak dopadají světelné paprsky na disk trochu šikmo a jsou snadno viditelné.



obr. 1

Je-li zdroj v pozici jako na obr. 2, vlákno žárovky souhlasí s nulou na stupnici, podle níž je možno umístit čočky.

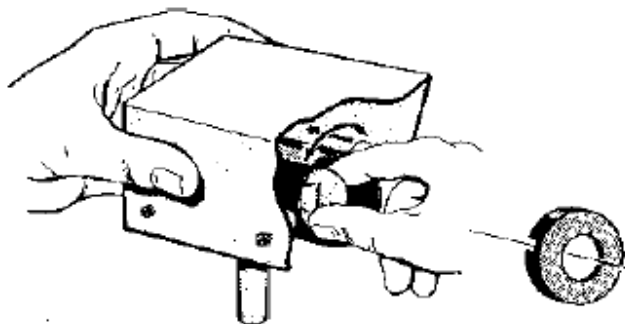


obr. 2

Výměna lampy

Postupujte podle obr. 3.

1. Vytáhněte clonu 1, která pod tlakem vstoupí do trubice.
2. Zatlačte na lampu a lehce pootočte.
3. Stejným způsobem jako v bodě 2 upevněte novou lampu.
4. Nakonec vraťte clonu na její místo.



obr. 3

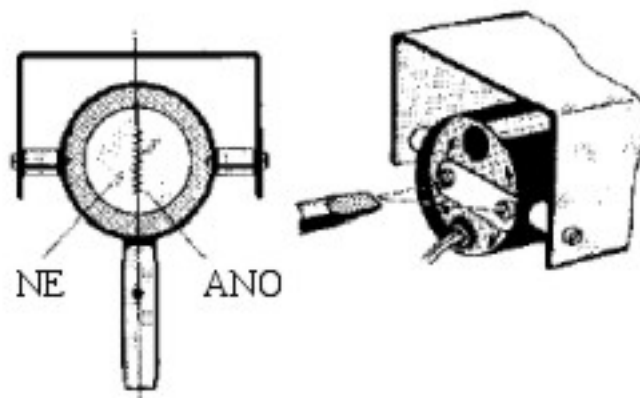
Číslo samotné lampy: MB03596

NÁVODY K POKUSŮM

Seřízení vlákna

Může se stát, že vlákno nové žárovky zaujímá v lampě odlišnou pozici a že bude nutné, pro zdárný průběh experimentu, aby bylo vlákno ve svislé pozici (paralelně s tyčí, na které je upevněn zdroj). Docílíte toho tím, že uvolníte šroub (viz obr. 4) a celek pootočíte.

Nakonec šroub opět utáhněte.

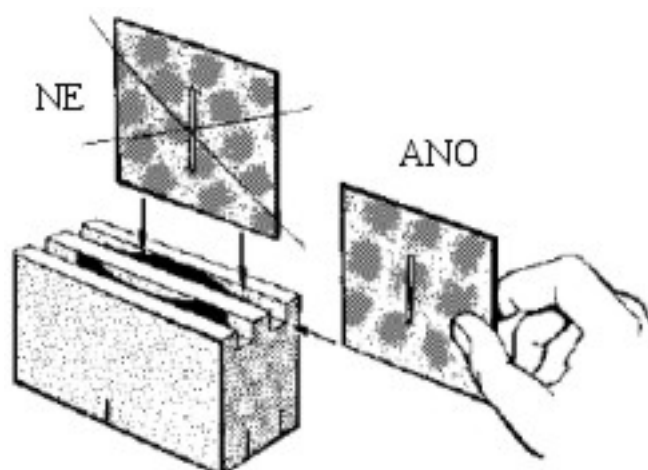


obr. 4

PODSTAVCE NA FILTRY

Jsou opatřeny čtecími a vyrovnávacími značkami na optickou lavici.

Filtry, clony atd. mají být upevněny způsobem podle obr. 5.



obr. 5

ČOČKY S DRŽÁKY

Stejně jako držáky filtrů, držáky čoček rovněž obsahují čtecí a vyrovnávací značky.

Je nezbytné čočky před použitím vyčistit. Prach odstraníme štětečkem. Případné skvrny vyčistíme neutrálním čistícím prostředkem.

Nepoužívejte rozpouštědla, která mohou narušovat povrch držáků.

Nikdy se nedotýkejte čoček rukama.

ODDĚLENÍ ČOČEK A HRANOLŮ

Čočky a hranoly chraňte před nárazy a pády. Nedotýkejte se jejich povrchů.

NÁVODY K POKUSŮM

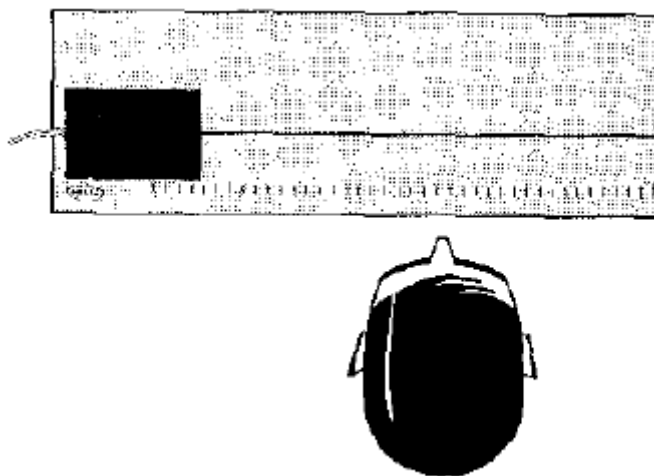
NAPÁJECÍ ZDROJ 12V, 20W

Pro napájení světelného zdroje Vám doporučujeme napájecí zdroj, který dodává stejnosměrné nebo střídavé napětí 12V a je schopen dodávat proud nejméně 2A.

Vhodný je zdroj PIERRON MD04851.

ZPŮSOB PRÁCE

Správná pozice pro práci je následující (obr. 6):



obr. 6

Pozorovatel se musí umístit tak, aby světlo přicházelo zleva.

Různé prvky: zdroj, čočky, držáky, ... se umísťují tak, aby byly přesně seřazeny podle osy optické lavice. Správné umístění poznáte podle toho, že značky vpředu a vzadu na prvku leží na ose lavice.

Potřebujeme-li pro experiment svazek rovnoběžných paprsků, vyrobíme ho spojnou čočkou, kterou umístíme tak, aby vlákno žárovky leželo v jejím ohnisku. Používáme-li například čočku $f = +50$ mm, umístíme ji 50 mm od vlákna žárovky.

Je-li zdroj v poloze označené na lavici, držák čočky musí souhlasit se značkou 50 mm na měřítku.

Správnou polohu můžete zjistit také tak, že čočkou promítnete obraz vlákna žárovky na vzdálenou zeď (2 - 3 m) a nastavíte takovou vzdálenost čočky od zdroje, aby obraz byl ostrý.

V experimentech 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 14 a 15 se používá čočka $f = +50$ mm, protože na krátkou vzdálenost přes ní projde více světla. Její nevýhodou ale je, že se světelné paprsky začínají rozptylovat na krátké vzdálenosti a čtení ztrácí přesnost. Tomu můžeme odpomoci použitím čočky $f = 100$ mm (umístěné ve vzdálenosti 100 mm od zdroje). V tomto případě je osvětlení horší, ale získáme jistotu.

V každém případě se doporučuje provádět experimenty při nejlepším možném zatemnění.

PŘÍMOČARÉ ŠÍŘENÍ SVĚTLA (1.1.)

POSTUP

Tento pokus je velmi jednoduchý a nevyžaduje dlouhého vysvětlování. Ale jelikož je to první pokus z optiky, je vhodné dát studentům některé pokyny, které se jim pak mohou hodit při následujících pokusech.

Možná bude dobré připomenout, že homogenní prostředí je takové prostředí, ve kterém nejsou žádné diskontinuity a jehož vlastnosti jsou stejné ve všech bodech a je tedy jasné, že se v něm světlo šíří přímočaře. Žáci provádí experiment ve vzduchu, kde se v místech trajektorie světelného paprsku žádné diskontinuity nevyskytují.

V prvním bodě postupu je třeba studentům připomenout, aby použili čočku s $f = +100$ mm umístěnou ve vzdálenosti 10 cm od zdroje, protože tato vzdálenost má být shodná s ohniskovou vzdáleností čočky. Můžeme jim říci, že úkolem této čočky je vytvořit rovnoběžné paprsky a že clona v podobě svislé šterbiny, která je umístěna za čočkou, omezuje svazek paprsků přicházející ze zdroje.

POZOROVÁNÍ

1.a 2. Na tyto otázky položené v části POZOROVÁNÍ lze odpovědět ihned. Na otázku 1 odpoví studenti kladně, na otázku 2 musí odpovědět záporně.

3. Musí odpovědět kladně.

OTÁZKY A ZÁVĚRY

1. Studenti musí vybrat: „jsou“.

2. Musí vybrat: „nejsou“.

3. Správná odpověď je: „ke stejným výsledkům jako“.

4. Správné odpovědi jsou: „se šíří“ a „jsou za sebou“

PŘIPOMÍNKY

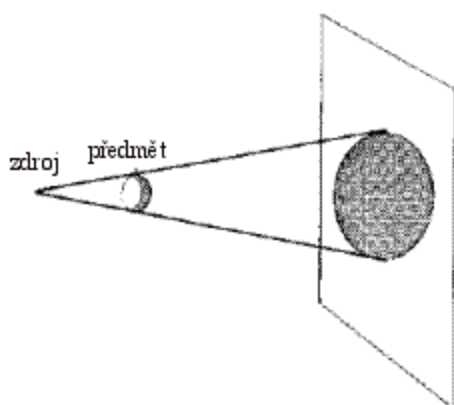
Pro studenty, kteří skončili experiment, by mohla být zajímavá následující úprava. Ze sestaveného pokusu odebere učitel druhou a třetí clonu a dá do cesty paprskům čočku. Studenti mohou následně pozorovat, že když světlo prochází do jiného prostředí, nemusí se už šířit ve stejném směru jako ve vzduchu. Je to tím, že ve vzduchu se světlo šíří jinou rychlostí než ve skle, ze kterého je vyrobena čočka.

STÍN A POLOSTÍN (1.2.)

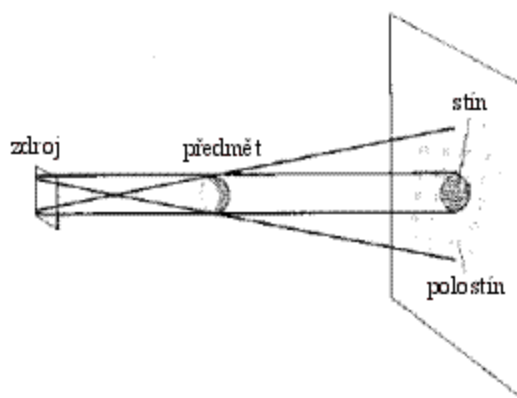
CÍL

Cílem tohoto pokusu není jen ověřit přímočarost šíření světla, ale také pozorovat rozdíl mezi stínem a polostímem a všimnout si následujícího faktu: když je zdroj světla bodový nebo má velmi malé rozměry, stín objektu je ostrý, kdežto když jsou rozměry zdroje velké, stín je neostrý a objevuje se polostín.

Obrázek 1.2. /2a ukazuje ostrý stín získaný pomocí bodového zdroje, zatímco na obrázku 1.2 /2b, kde se používá větší světelný zdroj, můžeme pozorovat polostín v místech, kam dopadne jen část paprsků vycházejících ze zdroje.



obr. 1.2. /2a



obr. 1.2. /2b

POZOROVÁNÍ

1. Stín získaný v bodě 3 postupu je ostrý.
2. V bodě 4 pozorujeme rozptýlený stín, ve kterém můžeme rozlišit tmavou oblast (neosvětlenou) a světlejší oblast (částečně osvětlenou).
3. Tužka je širší než štěrbinu clony, ale užší než otvor šířky 10 mm.

OTÁZKY A ZÁVĚRY

1. Pomocí světelného zdroje, jehož rozměry jsou ve srovnání s rozměry objektu malé, můžeme na stínítku získat ostrý stín objektu.
2. Použijeme-li zdroj větších rozměrů, mohou žáci pozorovat, že stín je *rozptýlený*.
3. Kresba, která se po studentech požaduje, je jednoduchá a nečiní potíže.

OPTICKÝ KUFŘÍK OA1

410.9973

Návody k pokusům

Žákovská verze



SEZNAM POKUSŮ

ŠÍŘENÍ SVĚTLA

Přímočaré šíření světla (1.1.)
Stín a polostín (1.2.)

ODRAZ SVĚTLA

Odraz světla (2.1.)
Rovinná zrcadla (2.2.)
Zobrazování rovinnými zrcadly (2.3.)
Dutá zrcadla (2.4.)

LOM SVĚTLA

Lom světla (3.1.)
Úplný odraz (3.2.)
Lámavý hranol (3.3.)
Úhly v hranolu (3.4.)
Úplný odraz v hranolu (3.5.)

DISPERZE SVĚTLA

Rozklad bílého světla (4.1.)
Složení bílého světla (4.2.)
Monochromatické světlo je jednoduché (4.3.)

ČOČKY

Obraz v ohnisku spojných čoček a rozptylných čoček (5.1.)
Optický střed a obrazová ohnisková vzdálenost spojných čoček (5.2.)
Skutečný obraz vytvořený spojnou čočkou (5.3.)
Neskutečný obraz vytvořený spojnou čočkou (5.4.)
Obraz vytvořený rozptylnou čočkou (5.5.)

OPTICKÉ PŘÍSTROJE

Lupa (6.1.)
Projektor (6.2.)
Mikroskop (6.3.)
Okno. Vady oka a jejich korekce (6.4.)

Pomůcka.....	Množství.....	Kód.....
Optická lavice	1	3300113112
Desky s pracovními listy	1	NT09973-1
Clona s otvorem průměru 3 mm	1	3300113186
Clona s jednou štěrbínou	3	3300113180
Clona se třemi štěrbínami	1	3300113178
Clona s obdélníkovým otvorem	1	3300113184
Clona s „I“	1	3300113182
Diapozitiv zobrazující loutku s měřítkem	1	3300113008
Hartlův disk se stupnicí	1	3300113120
Papírový disk (25)	1	7542111600
Zrcadlo duté a vypuklé	1	3300112143
Rovinné zrcadlo	1	3300113152
Rovinné zrcadlo 70 mm x 70 mm	1	3300101113
Tříbarevný filtr	1	3300113009
Světelný zdroj	1	3300113002
Návody k pokusům z optiky	1	NT09973-2
Lampa s rovným vláknem	1	MB03596
Čočka s $f' = + 50$ mm, průměr 40 mm	1	3300113012
Čočka s $f' = + 100$ mm, průměr 40 mm	1	3300113013
Čočka s $f' = - 100$ mm, průměr 40 mm	1	3300113014
Model oka	1	3363013410
Neprůsvitné stínítko	1	3300113172
Průsvitné stínítko	1	3300113174
Hranol z flintového skla s úhlem 60°	2	3300105111
Hranol s úhlem 90°	1	3300105105
Průřez spojnou čočkou s $R = 40$ mm	1	3300105108
Průřez spojnou čočkou s $R = 80$ mm	1	3300105107
Průřez rozptylnou čočkou s $R = 40$ mm	1	3300105109
Průřez ploskovypuklou čočkou s $R = 25$ mm	1	3300105110
Polokruh se stupnicí průměru 90 mm	1	7546744700
Držák clon	3	3300113007
Držák zdroje a disku	2	3300113006
Držák hranolu	1	3300113010
Pravítko 30 cm	1	7546745600

Nezbytný doplněk:

Napájecí zdroj 12 V – minimálně 20 W.....	1	(MD04851)
---	---------	-----------

PŘÍMOČARÉ ŠÍŘENÍ SVĚTLA (1.1.)

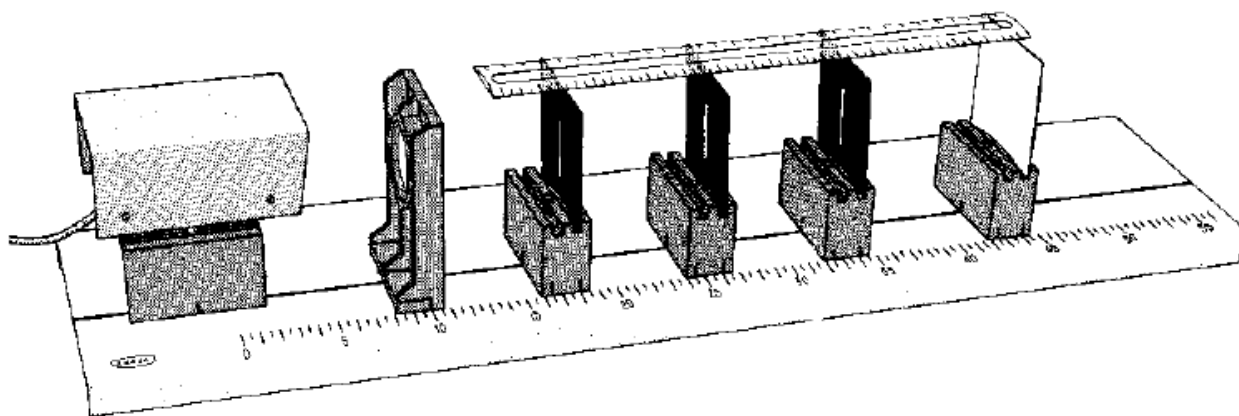
CÍL

Pozorovat, jak se šíří světlo v homogenním prostředí.

POMŮCKY

Optická lavice	1
Clona s jednou štěrbinou	3
Světelný zdroj	1
Čočka $f = + 100$ mm, průměr 40 mm	1
Neprůsvitné stínítko	1
Držák clon	3
Držák zdroje a disku	2
Pravítko 30 cm	1
Laboratorní napájecí zdroj 12 V – 20 W	1

SESTAVENÍ POKUSU



Zdroj v poloze * (viz návod)

obr. 1.1 /1

POSTUP

1. Umístěte světelný zdroj do držáku na optickou lavici. Vlákno zdroje má souhlasit se značkou nula na stupnici. Dejte čočku s $f = + 100$ mm na značku 10 cm. Měli byste tak obdržet svazek rovnoběžných paprsků.
2. Nasuňte clony do jejich držáků a a přidejte je na optickou lavici, a to tak, aby první clona byla 8 cm od čočky, druhá 8 cm od první a třetí 8 cm od druhé (viz obrázek).
3. Vložte stínítko do držáku zdroje a disku a zajistěte ho. Stínítko by mělo být umístěno asi 10 cm od třetí clony. Zapněte světelný zdroj a dobře srovnejte clony. Je-li to nutné, změňte trochu

polohu stínítka, abyste na něm jasně viděli světlou stopu vytvořenou světlem zdroje, které prošlo všemi štěrbinami.

4. Položte pravítko nahoru nad clony takovým způsobem, aby jeho hrana byla přesně nad štěrbinami prvních dvou clon. Zkontrolujte, že tato hrana prochází přesně i nad štěrbinou třetí clony.
5. Změňte polohu jedné clony tak, abyste už neviděli obraz štěrbin na stínítku. V této poloze zopakujte postup uvedený v bodě 4 postupu a sledujte, co se stalo.
6. Dejte clony na jiná místa a přitom změňte vzdálenosti mezi nimi. Najděte polohu clon, při které uvidíte na stínítku světlo prošlé štěrbinami. Zopakujte nyní s pravítkem postup podle bodů 4 a 5 a pozorujte, co se stalo.

POZOROVÁNÍ

1. V bodě 4 postupu, jsou polohy štěrbin všech třech clon v jedné přímce?
2. V bodě 5, jsou polohy štěrbin všech třech clon v jedné přímce?
3. Dostanete pro ostatní polohy štěrbin stejné výsledky jako v bodech 4 a 5 postupu?

OTÁZKY A ZÁVĚRY

1. Pravítko nám umožňuje ukázat, že když se na stínítku objeví světelná stopa, tři štěrbin $\left[\begin{array}{l} \text{jsou} \\ \text{nejsou} \end{array} \right]$ v jedné přímce.
2. Nedopadá-li na stínítko světlo, můžeme říci, že tři štěrbin $\left[\begin{array}{l} \text{jsou} \\ \text{nejsou} \end{array} \right]$ v jedné přímce.
3. Když měníme vzdálenosti, které clony dělí, dojdeme při různých polohách clon $\left[\begin{array}{l} \text{ke stejným výsledkům jako} \\ \text{k různým výsledkům než} \end{array} \right]$ těm, které jsme obdrželi v otázkách 1 a 2.
4. Můžete konstatovat, že světlo $\left[\begin{array}{l} \text{se šíří} \\ \text{se nešíří} \end{array} \right]$ přímočaře, protože vidíme světlo na stínítku tehdy, když štěrbin tří clon $\left[\begin{array}{l} \text{jsou za sebou} \\ \text{nejsou za sebou} \end{array} \right]$.

STÍN A POLOSTÍN (1.2.)

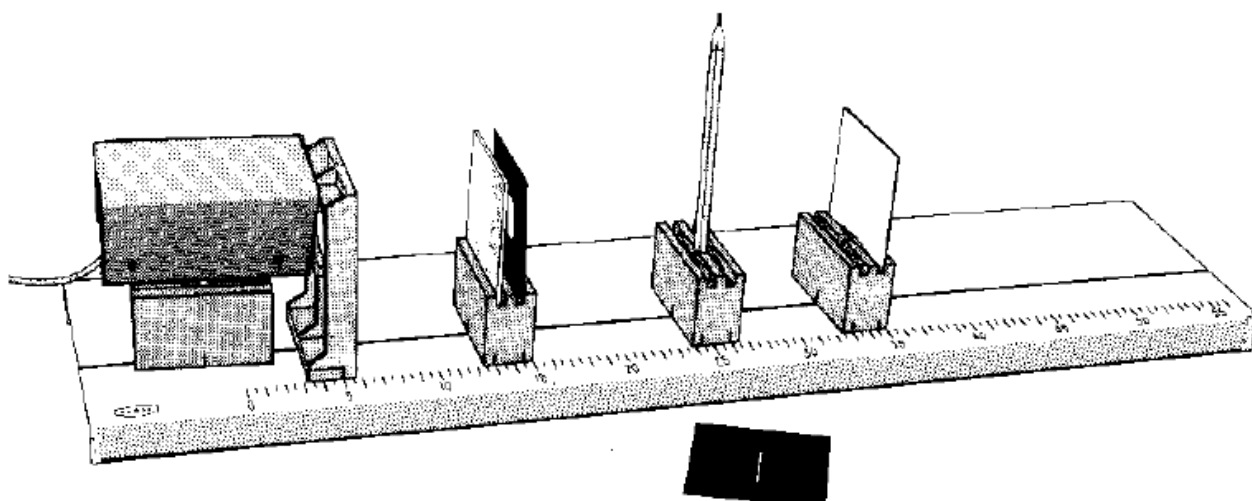
CÍL

Pozorovat, jaké podmínky musí splňovat světelný zdroj, aby se za předmětem osvětleným tímto zdrojem vytvořil kromě stínu také polostín.

POMŮCKY

Optická lavice	1
Clona s jednou štěrbinou	1
Clona s obdélníkovým otvorem šířky 10 mm.....	1
Světelný zdroj	1
Tužka	1
Čočka $f' = + 50$ mm, průměr 40 mm	1 (*)
Neprůsvitné stínítko	1
Průsvitné stínítko	1
Držák clon	2
Držák zdroje a disku	2
Laboratorní napájecí zdroj 12 V – 20 W	1

SESTAVENÍ POKUSU



Zdroj v poloze * (viz návod)

obr. 1.2/1

POSTUP

1. Sestavte pokus podle obrázku. Dejte tužku na držák disku do polohy naznačené na obrázku. Clona s jednou štěrbinou a průsvitné stínítko jsou umístěny v jednom držáku blízko čočky s $f' = + 50$ mm.

- Dejte světelný zdroj do držáku na optickou lavici. Vláknó žárovky musí souhlasit s bodem nula na stupnici. Dejte čočku s $f = + 50$ mm na značku 5 cm. Měli byste tak obdržet svazek rovnoběžných paprsků.
- Zapněte světelný zdroj a posuňte držák s tužkou tak, abyste na stínítku viděli stín tužky. Pozorně sledujte stínítko.
- Odstraňte clonu se štěrbinou a nahraďte ji clonou s otvorem šířky 10 mm. Aniž byste měnili polohu tužky nebo stínítka, pozorujte to, co nyní vidíte na stínítku.
- Zopakujte body 3 a 4 pro jiné vzdálenosti a pozorujte stínítko.

POZOROVÁNÍ

- Stín, který jste získali na stínítku v bodě 3 postupu, je ostrý nebo rozptýlený?
- Když v bodě 4 nahradíme clonu se štěrbinou clonou s otvorem šíře 10 mm, jaký bude stín?
- Je tužka použitá v pokusu širší než štěrbina v cloně? A ve srovnání s otvorem šíře 10 mm je širší nebo užší?

OTÁZKY A ZÁVĚRY

- Clona se štěrbinou omezuje světlo ze světelného zdroje tak, že můžeme předpokládat, že používáme světelný zdroj s mnohem menšími rozměry.
- Můžete říci, že při použití světelného zdroje s rozměry, které jsou srovnatelné s rozměry předmětu nebo větší, je stín předmětu na stínítku $\left[\begin{array}{c} \text{ostrý} \\ \text{rozptýlený} \end{array} \right]$.
- Nakreslete, co vidíte na stínítku v bodě 4 postupu.
- Když se na stínítko promítá stín předmětu, který je osvětlen světelným zdrojem malých rozměrů, je tento stín

Stejný předmět, osvětlený zdrojem větších rozměrů, vrhá stín a v něm můžeme pozorovat světlejší oblast zvanou *polostín*. Do této oblasti dopadá jen část světelných paprsků, které vysílá zdroj světla. Znázorněte na vaší kresbě oblast polostínu.

- Díky doporučením uvedeným výše a vašim experimentálními pozorováními můžete říci, že stín předmětu je ostrý, když $\left[\begin{array}{c} \text{některé světelné paprsky dopadnou} \\ \text{žádné světelné paprsky nedopadnou} \end{array} \right]$ do oblasti, kterou zaujímá, a tento případ nastává, když je zdroj $\left[\begin{array}{c} \text{rozměrný} \\ \text{malý} \end{array} \right]$ ve srovnání s předmětem.

6. Když je stín předmětu rozptýlený, můžete říci, že $\left[\begin{array}{l} \text{pozorujeme} \\ \text{nepozorujeme} \end{array} \right]$ částečně osvětlenou oblast nazvanou do které $\left[\begin{array}{l} \text{dopadají jen některé} \\ \text{nedopadají žádné} \end{array} \right]$ světelné paprsky. Tento případ nastává, když je zdroj $\left[\begin{array}{l} \text{rozměrný} \\ \text{malý} \end{array} \right]$ ve srovnání s předmětem.

ODRAZ SVĚTLA (2.1.)

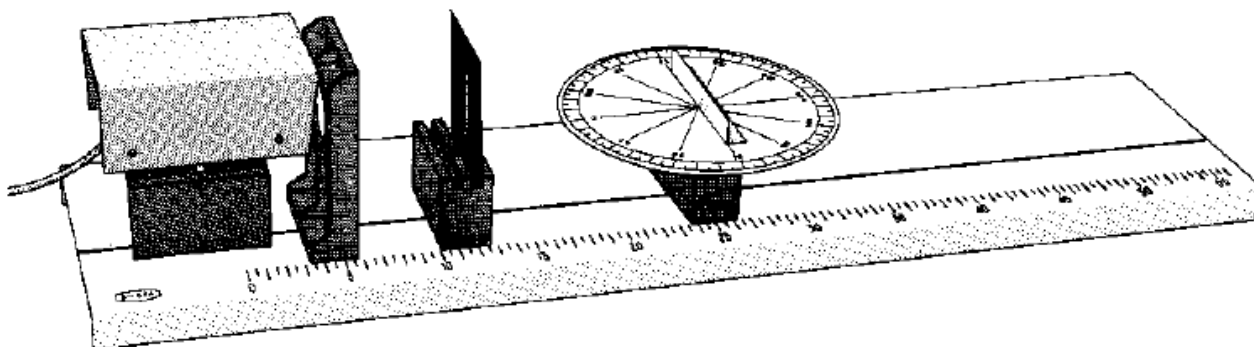
CÍLE

1. Pozorovat odraz světla.
2. Z pokusu odvodit zákon odrazu.

POMŮCKY

Optická lavice	1
Clona s jednou štěrbinou	1
Hartlův disk se stupnicí	1
Zrcadlo	1
Světelný zdroj	1
Čočka $f' = + 50$ mm, průměr 40 mm	1
Držák clon	1
Držák zdroje a disku	2
Laboratorní napájecí zdroj 12 V – 20 W	1

SESTAVENÍ POKUSU



Zdroj v poloze ** (viz návod)

obr. 2.1/1

POSTUP

1. Dejte světelný zdroj do držáku na optickou lavici. Vláknó žárovky musí souhlasit s bodem nula na stupnici. Dejte čočku s $f' = + 50$ mm na značku 5 cm. Měli byste tak obdržet svazek rovnoběžných paprsků.
2. Dejte zrcadlo na Hartlův disk tak, že rovina zrcadla odpovídá průměru ($90^\circ - 90^\circ$) disku, jak je naznačeno na obrázku.
3. Zapněte světelný zdroj. Natočte disk tak, aby světelný paprsek, který na něj dopadá, splýval

s průměrem (0° - 180°) a bod 0° byl nejbližší světelnému zdroji a bod 180° nejdále. Pozorujte, zda je v této poloze vidět odražený paprsek.

- Pomalou otáčejte diskem (aniž byste manipulovali se zrcadlem). Přitom dbejte na to, aby bod dopadu světelného paprsku na zrcadlo byl stále totožný se středem disku. V tom případě bude kolmice na zrcadlo v bodě dopadu (zvaná *normála*) stále totožná s průměrem (0° - 180°) disku. Když bude dopadající paprsek splývat s průměrem (30° - 150°) disku, pozorujte a zaznamenejte směr odraženého paprsku. Změřte úhel dopadu α_1 , který je tvořen dopadajícím paprskem a normálou, a také úhel α'_1 tvořený odraženým paprskem a normálou. Vepište hodnoty do tabulky výsledků.
- Znovu otáčejte diskem (stejným způsobem jako v předchozím bodě) a pozorujte změny směrů paprsků. Pro nějaký směr dopadajícího paprsku, který leží mezi průměry (30° - 150°) a (60° - 120°), změřte úhly, které tvoří dopadající a odražený paprsek s kolmicí k zrcadlu. Poznamenejte si hodnoty α_2 a α'_2 do tabulky výsledků.
- Pokračujte v otáčení diskem a v okamžiku, kdy dopadající paprsek splývá s průměrem (60° - 120°), změřte odpovídající úhly α_3 a α'_3 .
- Znovu otáčejte diskem a pro nějakou další polohu dopadajícího paprsku zase změřte úhly, které tvoří dopadající a odražený paprsek s normálou. Zapište si hodnoty α_4 a α'_4 .

POZOROVÁNÍ A VÝSLEDKY

Úhel dopadu	Úhel odrazu
$\alpha_1 = \dots\dots\dots$	$\alpha'_1 = \dots\dots\dots$
$\alpha_2 = \dots\dots\dots$	$\alpha'_2 = \dots\dots\dots$
$\alpha_3 = \dots\dots\dots$	$\alpha'_3 = \dots\dots\dots$
$\alpha_4 = \dots\dots\dots$	$\alpha'_4 = \dots\dots\dots$

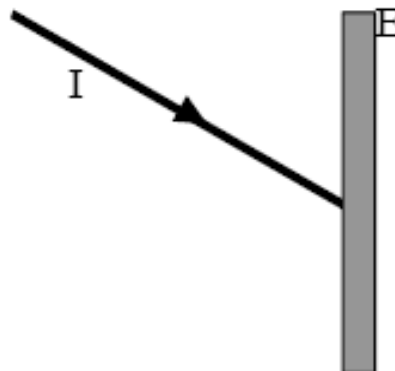
- Je úhel α_1 přibližně roven úhlu α'_1 ? Je α_2 přibližně roven α'_2 ?
- Jaké jsou úhly α_3 a α'_3 ?, α_4 a α'_4 ?

OTÁZKY A ZÁVĚRY

- Když dopadá světelný paprsek na zrcadlo kolmo, pozorujeme nějaký odražený paprsek? (vzpomeňte si na bod 3 postupu).
- Když se podíváte na výsledky dosažené při tomto pokusu, můžete říci, že když se světelný paprsek odráží na zrcadle, úhel, který vytváří dopadající paprsek s kolmicí na zrcadlo v bodě

dopadu, $\left[\begin{array}{l} \text{je stejný} \\ \text{není stejný} \end{array} \right]$ jako úhel, který vytváří odražený paprsek s toutéž kolmicí.

3. Na obrázku vpravo máme zrcadlo E, na který dopadá světelný paprsek I. Vaším úkolem je doplnit obrázek tím, že nakreslíte kolmici a odražený paprsek a znázorníte úhel dopadu α a úhel odrazu α' .



4. Zákon odrazu říká, že úhel (je tvořen paprskem a na zrcadlo v bodě dopadu) je jako úhel (je tvořen paprskem a tou samou kolmicí).