8. Geometriai optika

Tartalom

Kulcstartalmak 2
1. Párhuzamos fénynyaláb előállítása 3
a) Legegyszerűbb, gyűjtőlencsés előállítási mód 3
b) Lencserendszerrel történő előállítási mód 4
2. Kísérletek a Hartl-féle koronggal 5
a) Visszaverődés sík-, homorú és domború tükrön, fő sugármenetek 5
b) A fénytörési törvény bemutatása. Törésmutató meghatározás 9
c) A teljes visszaverődés demonstrálása 11
d) A totálreflexiós (képfordító) prizma sugármenetének bemutatása 12
e) A prizma fénytörésének vizsgálata, diszperzió szemléltetése 13
f) Fénytörés plánparalel lemezen 15
g) Gyújtó- és szórólencse fő sugármeneteinek bemutatása 16
3. Fénytani demonstrációs kísérletek vizeskáddal 18
a) A fénytörés és a fényvisszaverődés együttes bemutatása, teljes visszaverődés 18
b) Levegőlencsék fénytörése víz közegben 20
4. Tükrök leképezésének demonstrálása 21
a) A síktükör leképezési törvényének demonstrálása 21
b) Homorú tükör képalkotásának bemutatása 22
c) Domború tükör képalkotásának bemutatása 23
5. Emelt szintű érettségi mérés: A domború lencse fókusztávolságának meghatározása ún. Bessel-módszerrel 24
6.A Általános iskolai (opcionális) jutalomfeladat: Gombostűs kísérletek 25
6.B Középiskolai (opcionális) jutalomfeladat: A trükkös izzó (virágcsokor) 25

Kulcstartalmak

- Visszaverődés törvénye
- Törési törvény
- Teljes visszaverődés
- Diszperzió
- Tükrök és lencsék nevezetes sugármenetei
- Valódi és látszólagos képek tulajdonságai

1. Párhuzamos fénynyaláb előállítása

a) Legegyszerűbb, gyűjtőlencsés előállítási mód

A kísérlet célja

A legegyszerűbb, leggyorsabb és a diákok számára is a legkönnyebben megérthető és alkalmazható módszer párhuzamos fénynyaláb előállítására csupán két eszközből áll. Helyezzük a pontszerű fényforrásunkat egy gyűjtőlencse fókuszpontjába!

Szükséges anyagok, eszközök

- Lámpa (12 V, 100 W, transzformátorra kötve)
- Gyűjtőlencse (f = 20 cm)
- Optikai sín
- Lovasok (tartók az optikai sínen)
- Ernyő (állványon) vagy papírlap

Leírás

A pontszerűnek tekinthető izzó fényforrást helyezzük az ismert fókusztávolságú lencsétől pont fókusztávolságnyira. Az izzó és a lencse kerüljön azonos magasságba, s a lencsén át létrejövő fénynyaláb legyen párhuzamos az optikai sínnel. Az így kapott „képzeletbeli” egyenest nevezzük optikai tengelynek. A lencse által összegyűjtött fénynyaláb párhuzamosságáról egy papírlap segítségével is meggyőződhetünk.

Vigyázat!

Az izzó helyzete a dobozban hátulról állítható. Vigyázat a kis állító szerkezet nagyon felmelegedhet!

12 V-os kimeneti feszültségű transzformátor, 12 V 100W izzó a fekete dobozban, lovasra helyezett gyűjtőlencse kb. fókusznyi távolságra az izzótól

Feladatok

- A lencsétől távolodva vizsgáljuk meg a papírlapra merőlegesen beeső fénynyaláb átmérőjét! Megfigyelését röviden fogalmazza meg!

Elméleti és módszertani kérdések

- Milyen egyéb (optikai) jelenségeket lehet a papírlapon megfigyelni?
- Készítsen magyarázó táblai ábrát párhuzamos nyaláb előállításának bemutatására!

b) Lencserendszerrel történő előállítási mód

A kísérlet célja

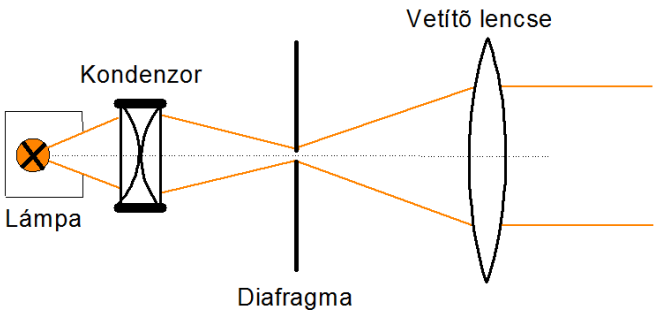
Megfelelő eszközök használata esetén, az egylencsés módszernél kicsit összetettebb módszerrel, jobban párhuzamosított fénynyalábot állíthatunk elő.

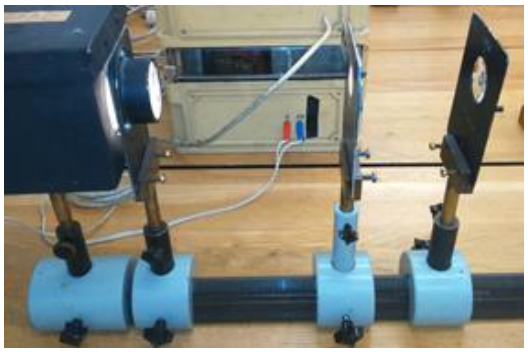
Szükséges anyagok, eszközök

- Lámpa (12 V, 100 W, transzformátorra kötve)
- Kettős kondenzor (olyan dupla lencse, melyben két, egyik oldalán sík, másik oldalán domború (síkdomború) lencse a domború felével egymás felé van összeillesztve) f ~ 5 cm
- Szűk környílás (diafragma, lyukblende) sorozat, d = 1-16 mm
- Gyűjtőlencse (kétszerdomború vagy síkdomború) f ~ 12 cm
- Ernyő

Leírás

Állítsuk a diafragmánkat a második legkisebb állásra! A pontszerű fényforrás fényét, kis kettős kondenzorral a környílásra úgy koncentráljuk, hogy a nyílást még teljesen átfedje, s a kép kicsit a diafragma (kis környílás) után jöjjön létre (vagyis látszódjanak az izzószál kontúrjai). Ezt a fényforrás-kondenzor távolság változtatásával állítjuk be. (Ha nagyon szűk diafragmával szeretnénk kísérletezni (d < 1 mm) a képet magán a diafragmán hozzuk létre). A diafragma után egy f ~ 12 cm-es fókusztávolságú gyűjtőlencsét helyezzünk el úgy, hogy a nyílás a lencse gyújtópontjába/fókuszpontjába essék. Ez esetben a távoli falon/ernyőn kissé elmosódott szélű, kör alakú foltot kapunk. A legjobb fényintenzitás végett a kondenzorból érkező fénynyaláb a lehető legjobban fedje le a diafragmát!





Bal: Elvi összeállítás. A diafragma a megközelítőleg vetítő lencse fókuszába esik. Jobb: gyakorlati összeállítás

Megközelítőleg párhuzamos fénynyaláb az ernyőn.

Feladatok

- A lencsétől távolodva vizsgáljuk meg a papírlapra merőlegesen beeső fénynyaláb átmérőjét! Megfigyelését röviden fogalmazza meg!
- Kissé változtassa a gyűjtőlencse helyzetét! Hogyan változhat ekkor a nyaláb alakja? Válaszát indokolja!
- Változtassa a diafragma méretét! Fogalmazza meg észrevételeit! (Ebben az esetben természetesen a fényforrás-kondenzor távolságot is változtatni kell a diafragma méretének megfelelően)

Elméleti és módszertani kérdések

- Milyen egyéb (optikai) jelenségeket lehet a papírlapon megfigyelni?

2. Kísérletek a Hartl-féle koronggal

a) Visszaverődés sík-, homorú és domború tükrön, fő sugármenetek

A kísérlet célja

A visszaverődés törvényét és a különböző tükrök viselkedését a legszemléletesebben talán a széles körben elterjedt ún. Hartl-féle korong segítségével lehet bemutatni. Használata egyszerű, és jól alkalmazva látványos, maradandó benyomást tehet diákjainkra.

Szükséges anyagok, eszközök

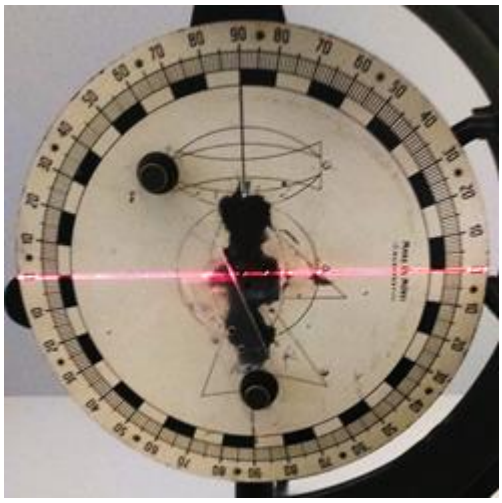
- Mágneses falú, hálózati feszültségről működő, ötszörös LÉZER fényforrás (RayBox LASER)
- Fehér fény használata esetén: 12 V izzó, kondenzor, diafragma, lencse (párhuzamos fénynyaláb előállításához, az előző összeállításhoz)

- Hartl-féle korong (fehér fény esetén szimpla és többszörös résekkel kartonlapból bevágásokkal)
- Sík, homorú és domború tükör (állítható fémlapka)

Leírás

A megvilágítás beállítása:

A geometriai optika nagyon sok jelensége bemutatható a Hartl-féle korongon. Ez – legtöbbször – egy függőleges síkban levő, vízszintes tengely körül forgatható, fokbeosztásokkal ellátott fehér korong, melyre keskeny résen vagy réseken át jut(nak) a nyaláb(ok) – újabban persze akár lézerrel is megoldható a korong megvilágítása.



A korong alapbeállítását úgy kell elvégezni, hogy a nyaláb a 0-0 fokbeosztásokon haladjon át. A korong megvilágításánál több feltételnek kell teljesülnie: a résen áthaladó fénynyaláb legyen fényerős, ne tartson nagyon szét, és – amennyiben több rést alkalmazunk – az egyes nyalábok lehetőleg legyenek párhuzamosak.

A megvilágításhoz legegyszerűbb esetben használjunk lézerfényt! Más összeállításban helyezzünk a fényforrástól kb. 8 cm távolságra egy f = 12 cm fókusztávolságú gyűjtőlencsét, s a Hartl-féle korong rése ettől kb. 80 cm távolságban legyen. Így a nyalábok viszonylag fényesek, de a zavaró fényeket árnyékoljuk le. Természetesen párhuzamos fényforrásként használhatjuk az előző pont szerint összeállított berendezést.

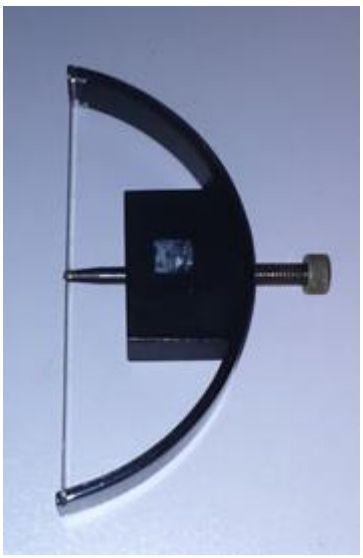
Eszközök elhelyezése a Hartl-féle korongon:

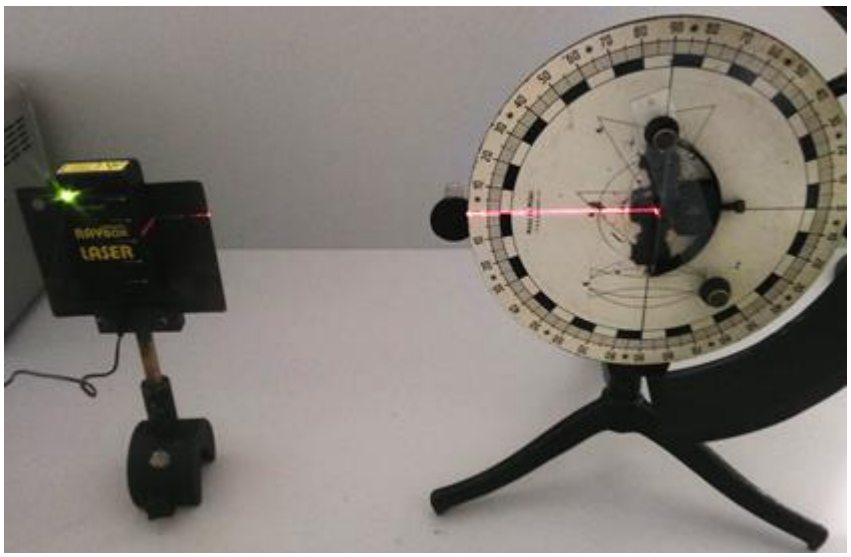
A síktükröt (és minden más optikai elemet) plexilemez szorítóval úgy rögzítjük a korongra, hogy a tükörfelület a korong középpontját tartalmazza, és a 0°-0° irányú fénynyalábot önmagába verje vissza. A korong forgatásával tudjuk a beesési szöget változtatni.

Megjegyzések:

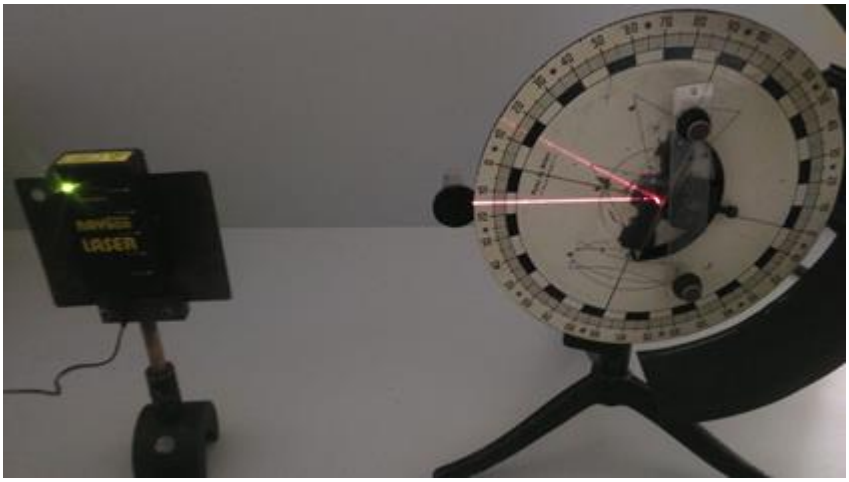
- A Hartl-féle korongon mindig definiáltabb (erősebb) fénysávokat kapunk, ha a megvilágító fénysugár (enyhén) divergens – tehát az előző pont szerinti összeállításban a párhuzamosító lencsét célszerű a diafragmához kicsit közelebb állítani.
- A laboron az egyszerűség kedvéért csak a következő oldalon látható ötsoros lézerrel végezzük a demonstrációkat.
- A Hartl-féle koronggal sok kísérlet elvégezhető. A laboron is 7 alfeladat van, melyek magukban is összetettek. Az eszköz nagy előnye, hogy a beállítás rendkívül egyszerű és gyors. Ennek megfelelően a laboron a gyors beállítást és átállást kell gyakorolni. Ennél a kísérletsorozatnál ne időzzünk sokat. Maximum 30 perc tölthető el vele!

Hartl-korongra rögzíthető optikai elemek – prizmák, lencsék, tükrök.

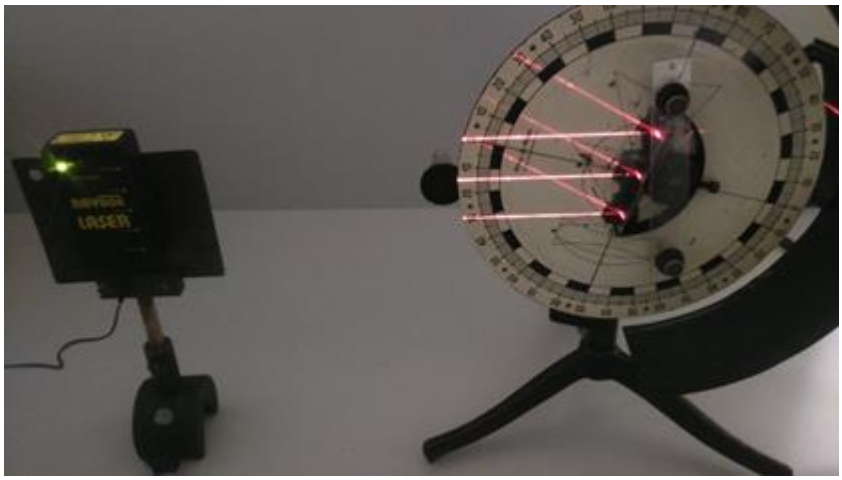




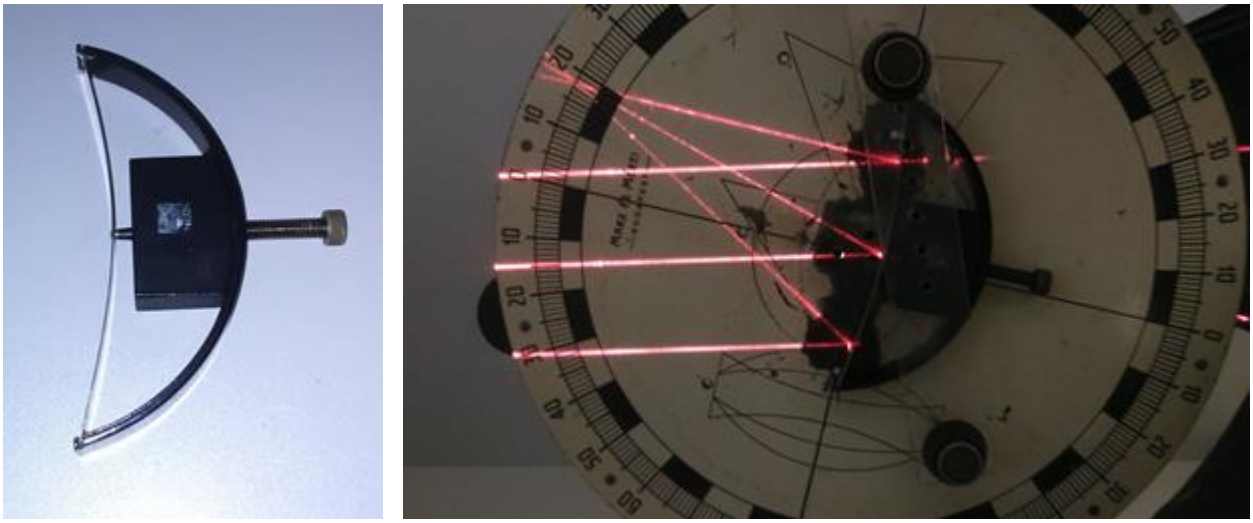
Síktükör lézeres megvilágítása α=0° beesési szög esetén



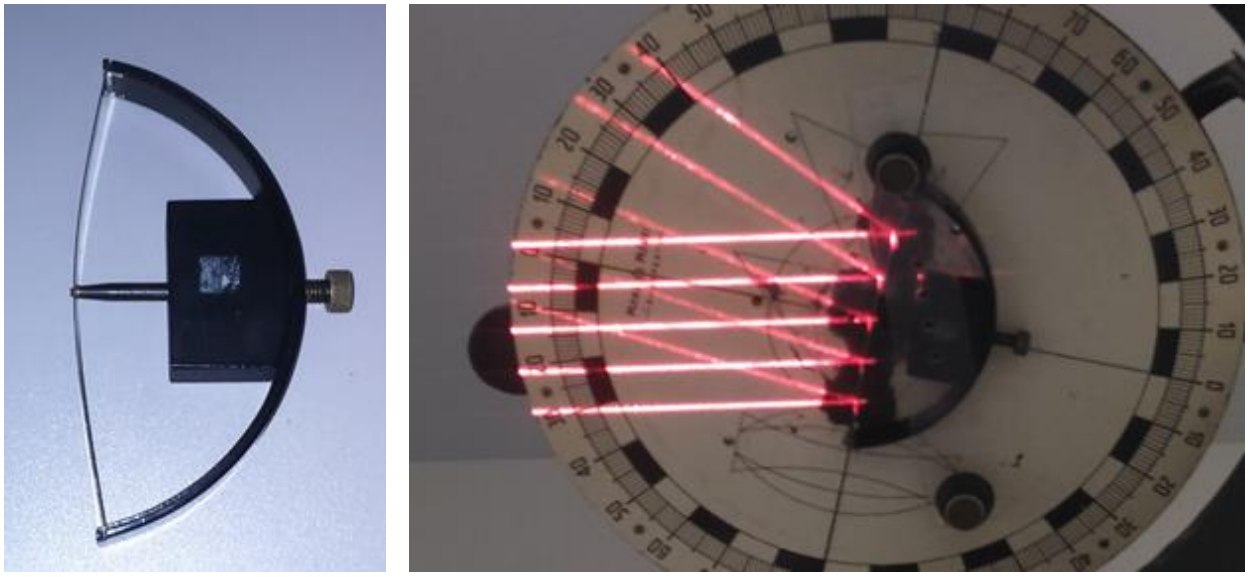
Síktükör lézeres megvilágítása α=15° beesési szög esetén



Síktükör lézeres többszörös megvilágítása α=15° beesési szög esetén



Homorú tükör lézeres megvilágítása



Domború tükör lézeres megvilágítása

Feladatok

- Síktükör: A Hartl-korongra megfelelően helyezett síktükör segítségével igazolja a visszaverődés-törvényét!
- Homorú tükör: A Hartl-korongra helyezett homorú tükörre (esetleg csavarral állítható rugalmas fémlapocskára) ne egy, hanem legalább három párhuzamos fénynyalábot vetítsen. (Fehér fényű megvilágítás esetén ehhez cserélje ki a korong oldalában levő szimpla rést egy többes résre.) A tükörről visszavert fénynyalábok segítségével mutassa meg a tükör fókuszpontját!
- Domború tükör: Ez esetben is helyezze a domborútükröt (esetleg a rugalmas fémlapocskát) a Hartl-féle korongra, s szintén több párhuzamos nyalábbal világítsa meg. Ez esetben is határozza meg a tükör fókusztávolságát!

Elméleti és módszertani kérdések

- Táblai ábra segítségével mutassa be a homorú és domború tükör nevezetes sugármeneteit!
- Milyen kapcsolat áll fenn a homorú tükör fókusztávolsága és a görbületi sugara között?
- Milyen kapcsolat áll fenn a domború tükör fókusztávolsága és a görbületi sugara között?
- Ha a homorú tükörre, annak optikai tengelyével nem párhuzamosan érkeznek be egymással párhuzamosan fénysugarak, hol jön létre a visszavert fénysugarak metszéspontja?

b) A fénytörési törvény bemutatása. Törésmutató meghatározás

A kísérlet célja

A visszaverődés mellett a törési törvény és az ebből fakadó optikai eszközök tulajdonságainak bemutatására is alkalmas a Hartl-féle korong. Az összeállítás alapvetően megegyezik az előzővel, ez esetben azonban tükrök helyett megfelelő fényátengedő/törő anyagokat használunk.

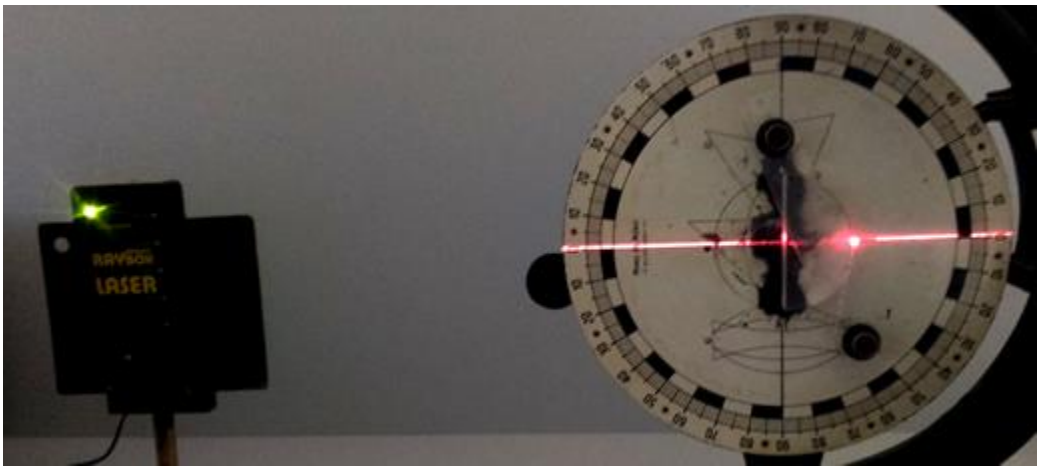
Szükséges anyagok, eszközök

- Mágneses falú, hálózati feszültségről működő ötszörös lézer fényforrás (RayBox LASER)
- Fehér fény használata esetén: 12 V izzó, kondenzor, diafragma, lencse (párhuzamos fénynyaláb előállításához, az előző összeállításhoz)
- Hartl-féle korong (fehér fény esetén szimpla és többszörös résekkel kartonlapból bevágásokkal)
- Üveg/plexi félkoron

Leírás

Levegőből üvegbe történő átmenet:

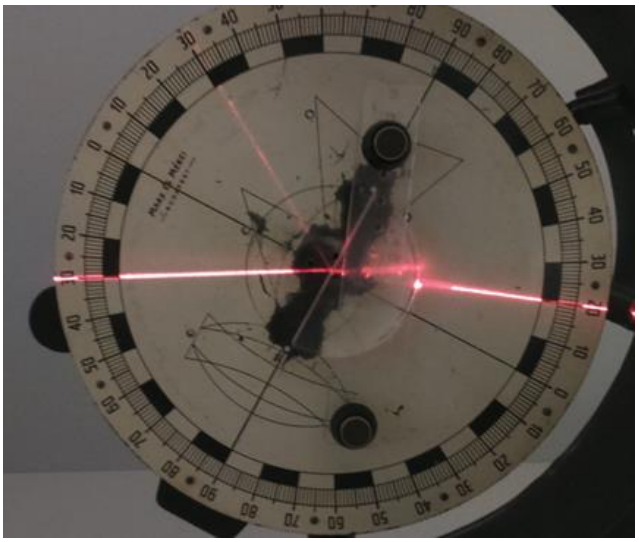
A Hartl-korongra egy vastag, félkorong alakú plexi, vagy üveg testet erősítünk úgy, hogy a síkfelülete a tükörnél leírt feltételeknek megfeleljen (tartalmazza a kör középpontját). A síkfelületen – ferde belépéskor – a nyaláb megtörik (optikailag ritkább közegből sűrűbbe jut), majd mivel – kilépéskor – a hengerpalástra merőlegesen érkezik, irányváltoztatás nélkül lép ki.



Üveg félhasáb 0°-0°-os beállítása

Üvegből levegőbe történő átmenet:

A fény az üveg félkorongba hengerpalástra merőlegesen érkezzen. Ekkor a fénynyaláb iránya a belépéskor nem változik, így az a sík üvegfelületet a korong középpontjában éri el. Onnan kilépéskor megtörik, a törési szög a korongról leolvasható.



Ferdén beeső fénysugár törése

Feladatok

- Öt különböző beesési és törési szöget megvizsgálva határozza meg a plexi/üveg levegőre vonatkoztatott törésmutatóját! A mérési eredményeket foglalja táblázatba! Határozza meg a mérésed abszolút és relatív hibáját!
- Három különböző esetben mérje meg az üvegből levegőbe történő átlépés esetén a beesési és törési szöget. A mérések alapján határozza meg a levegő üvegre vonatkoztatott törésmutatóját!

Elméleti és módszertani kérdések

- Milyen tulajdonsága(i) változnak a hengerpaláston kilépő fénynek?

- Az új közegbe való belépés mellett milyen optikai jelenség figyelhető meg?
- Milyen kapcsolat fedezhető fel a két mérési sorozat eredményeként kapott törésmutató között?

c) A teljes visszaverődés demonstrálása

A kísérlet célja

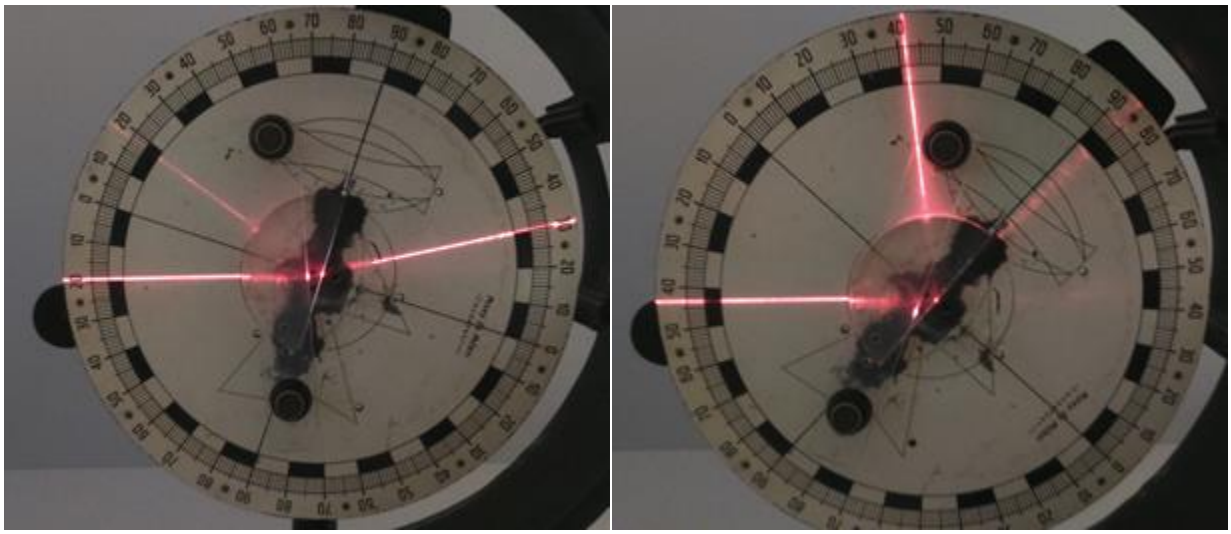
Ha optikailag sűrűbb közegből ritkább közeg felé tart a fény, a kilépés csak egy bizonyos beesési szögig, az ún. határszögig történik meg. A határszögnél nagyobb beesési szög esetén a fény nem lép be az új közegbe, hanem teljesen visszaverődik a határfelületről. A fény (és amúgy ált. a hullámok) ezen tulajdonsága nem csak sok látványos jelenséget, de technológiailag is hasznos eszközök működését teszi lehetővé.

Szükséges anyagok, eszközök

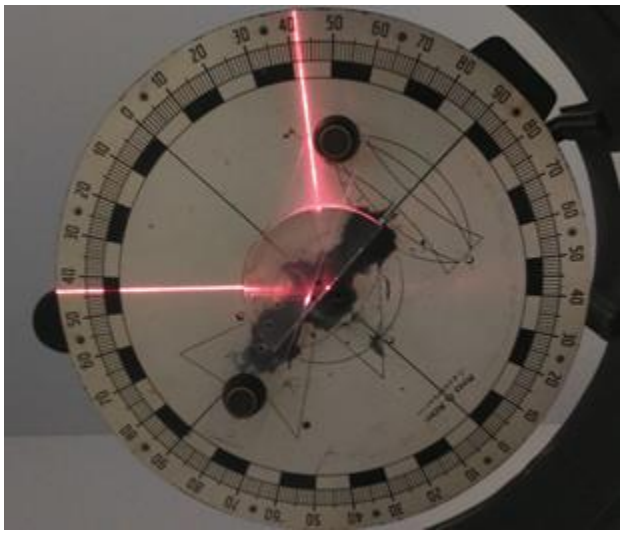
- Mágneses falú, hálózati feszültségről működő ötszörös lézer fényforrás (RayBox LASER)
- Fehér fény használata esetén: 12 V izzó, kondenzor, diafragma, lencse (párhuzamos fénynyaláb előállításához, az előző összeállításhoz)
- Hartl-féle korong (fehér fény esetén szimpla és többszörös résekkel kartonlapból bevágásokkal)
- Üveg/plexi félkorong

Leírás

A fény az üveg félkorongba annak hengerpalástjára merőlegesen érkezzen úgy, hogy az a sík üvegfelületet a korong középpontjában érje el. A korong finom mozgatásával határozza meg azt a beesési szöget – határszöget – aminél a fénynyaláb már éppen teljes visszaverődést szenved!



Optikailag sűrűbb közegből optikailag ritkább közeg felé haladó fénynyaláb menetei, jobb oldalon a határszög környéki törés



Teljes visszaverődés

Feladatok

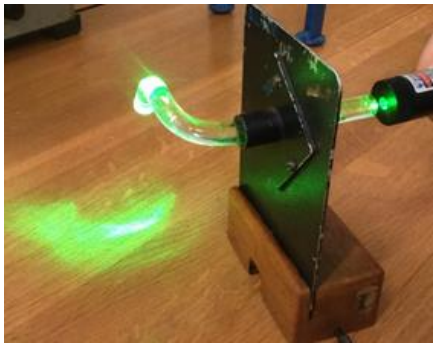
- Vesse össze az üvegből levegőbe lépő fényre vonatkoztatott határszöget a közvetlen méréssel és a korábbi eredmények alapján kapott törésmutató alapján a $sin(\alpha_h) = n_{l,ü}$ összefüggésből számítással kapott esetekben!

Elméleti és módszertani kérdések

- Milyen természetben előforduló jelenség magyarázható a fény teljes visszaverődésével?
- A technikai világban hol használjuk ki a fény teljes visszaverődését?
- Fehér fénnyel való megvilágítás esetén milyen nem túl jelentős méretű – de fontos – jelenség figyelhető meg a fénytöréskor – főleg a határszög környékén?

Bónusz feladat:

Egy vastagabb, görbe üvegpálca egyik végébe világítson bele lézerrel! Mit tapasztal? Mi a jelenség rövid magyarázata?



d) A totálreflexiós (képfordító) prizma sugármenetének bemutatása

A kísérlet célja

A képfordító prizma olyan prizma, amelynek keresztmetszete (főmetszete) egyenlőszárú, derékszögű háromszög. Néhány alkalmazását a Hartl-korongon is be lehet mutatni, két rés alkalmazásával.

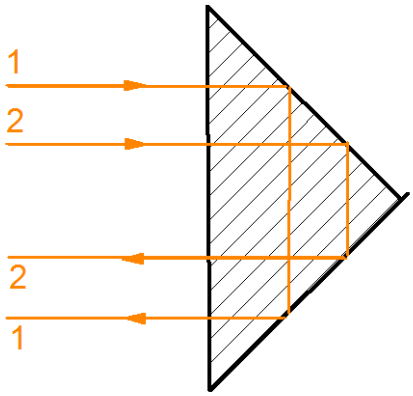
Szükséges anyagok, eszközök

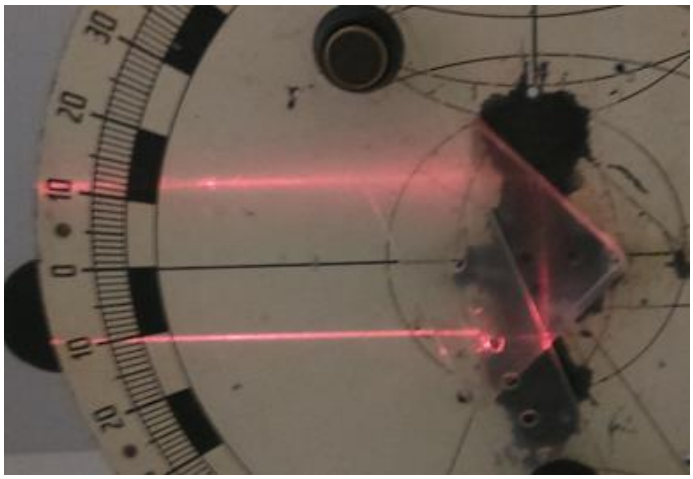
- Mágneses falú, hálózati feszültségről működő ötszörös lézer fényforrás (RayBox LASER)

- Fehér fény használata esetén: 12 V izzó, kondenzor, diafragma, lencse (párhuzamos fénynyaláb előállításához, az előző összeállításhoz)
- Hartl-féle korong (fehér fény esetén szimpla és többszörös résekkel kartonlapból bevágásokkal)
- Képfordító prizma

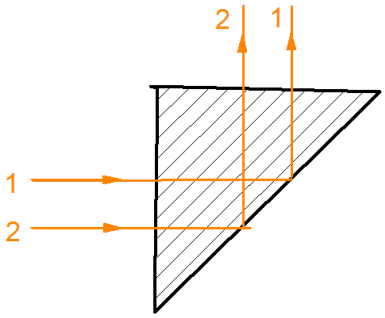
Leírás

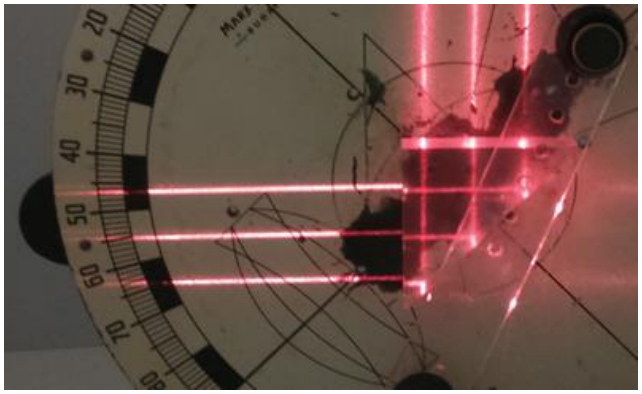
A képfordító prizma Hartl-korongon való megfelelő elhelyezésével állítsa elő az ábrákon látható fénynyalábokat (sugármeneteket)!





180°-os fordítás





90°-os fordítás

Elméleti és módszertani kérdések

- Milyen gyakorlati felhasználási lehetőségei lehetnek a totálreflexiós prizmának?

e) A prizma fénytörésének vizsgálata, diszperzió szemléltetése (bónusz kísérlet)

A kísérlet célja

Egy egyszerű prizmával természetesen érdekes mérőkísérleteket is végezhetünk. Emellett nem feledkezhetünk meg a diszperzió jelenségét bemutató prizmás kísérletről sem, mely talán az egyik legkedveltebb optikai jelenség az iskolában.

Szükséges anyagok, eszközök

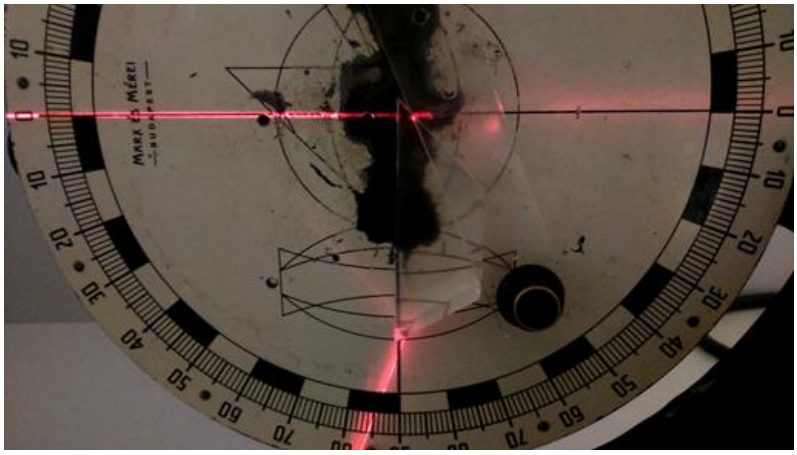
- Mágneses falú, hálózati feszültségről működő ötszörös lézer fényforrás (RayBox LASER)
- Fehér fényhez előállításához: 12 V izzó, kondenzor, diafragma, lencse (párhuzamos fénynyaláb előállításához, az előző összeállításhoz)
- Hartl-féle korong (fehér fény esetén szimpla és többszörös résekkel kartonlapból bevágásokkal)
- Trapéz alakú prizma

Leírás

Törésmutató számítása a minimális törőszög meghatározásával:

A prizmán áthaladó fénynyaláb eltérítésének (deviáció) bemutatására szolgál a Hartl-korongra illeszthető, trapéz alakú törőtest, mely két végén prizmában végződik. Az egyik törőszöge (φ) 45°, a másiké 60°. A prizmát úgy illesszük a korongra, hogy a prizma egyik csúcsa (éle) a korong forgástengelyébe (középpontjába) essék, s a fénynyaláb felét eltakarja. Így az eredeti nyaláb kettéoszlik. Az egyik irányváltoztatás nélkül halad tovább, a másik a prizmán keresztül irányváltozással. A fokbeosztáson az irányváltozás – azaz az eredeti iránytól való eltérülés – szöge (δ) leolvasható. A korong ide-oda forgatásával észlelhető, hogy van egy minimális eltérülési vagy deviációs szög (δ_{min}). Ennek értékét a korong finom forgatásával, leolvasással határozzuk meg. A minimális deviációs szögből az alábbi összefüggés alapján határozható meg a trapézprizma anyagának levegőre vonatkoztatott törésmutatója:

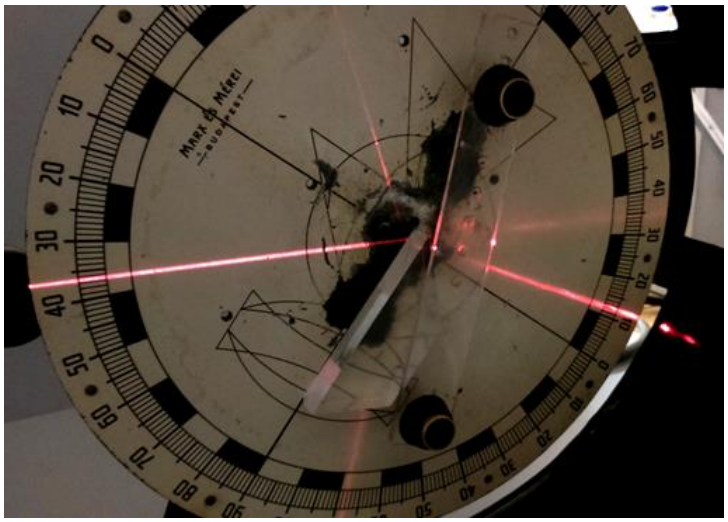
$$n = \frac{sin\frac{\delta_m + \varphi}{2}}{sin\frac{\varphi}{2}}$$



Törőél megvilágítása

Figyelem!

Ez egy bónusz kísérlet! Ez azt jelenti, hogy csak akkor végezzük el, ha minden mással végeztünk már.



Törőél megvilágítása – minimális deviációs szög leolvasása

Diszperzió szemléltetése:

A prizma egyik törőélét világítsa meg fehér fénynyalábbal. A prizma másik oldalán egy fehér papírlap segítségével figyelje meg a meg tört fény színeit!

Feladatok

- A minimális deviációs szög, és a prizma törőszögének ismeretében határozza meg a prizma anyagának levegőre vonatkoztatott törésmutatóját!
- Vizsgálja meg a prizma anyagának törésmutatóját különböző színű (hullámhosszúságú) fények esetén! Ehhez használjon vagy fehér fényt, vagy különböző színű lézer fényforrásokat!

Elméleti és módszertani kérdések

- Nevezzen meg egy hétköznapi jelenséget, ahol a diszperzió döntő szerepet játszik!

f) Fénytörés plánparalel lemezen

A kísérlet célja

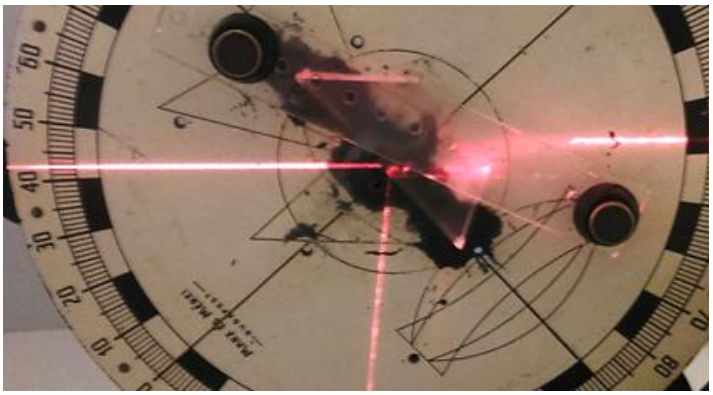
A trapéz alakú prizma segítségével további látványos, ám nem túl bonyolult jelenséget is demonstrálhatunk: a fénynyaláb párhuzamos eltolódását.

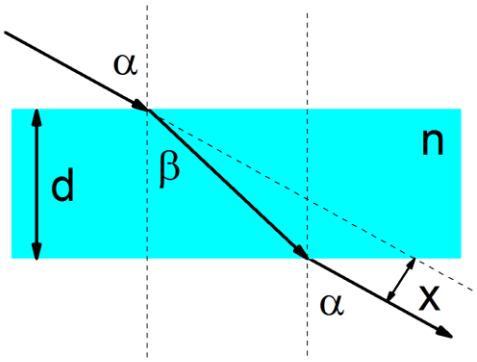
Szükséges anyagok, eszközök

- Mágneses falú, hálózati feszültségről működő ötszörös lézer fényforrás (RayBox LASER)
- Fehér fény használata esetén: 12 V izzó, kondenzor, diafragma, lencse (párhuzamos fénynyaláb előállításához, az előző összeállításhoz)
- Hartl-féle korong (fehér fény esetén szimpla és többszörös résekkel kartonlapból bevágásokkal)
- Trapéz alakú prizma

Leírás

A Hartl-korongra úgy szereljük a trapéztestet, hogy a fénynyaláb a két szemközti, egymástól *d* távolságban levő párhuzamos oldalon haladjon át. Ferde beesésnél a nyaláb *x* nagyságú, az eredeti fénynyalábbal párhuzamos eltolódása észlelhető.





Párhuzamos eltolódás és elvi vázlata

Feladatok

- A prizma *n* törésmutatójának és *d* vastagságának ismeretében határozza meg számítással az alábbi képletek alapján a 60°-os beesési szöghöz tartozó *x* eltérülés mértékét! (A β szöget a beesési szögből és a korábban számolt törésmutatóból határozza meg!) Eredményét méréssel ellenőrizze!

$$x = \frac{d}{cos\beta} sin(\alpha - \beta) \rightarrow n = \frac{sin\alpha}{sin\beta}$$

Elméleti és módszertani kérdések

- A gyakorlati életben hol találkozhatunk plánparalel lemezek okozta fénytöréssel?

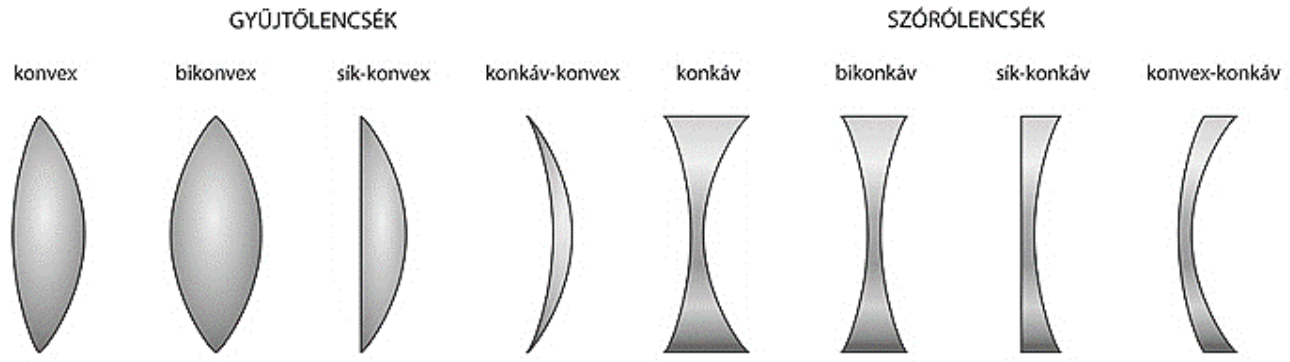
g) Gyújtó- és szórólencse fő sugármeneteinek bemutatása

A kísérlet célja

A nem párhuzamos prizmafalakon áthaladó fénynyaláb iránya megváltozik. Ezt a jelenséget tudatosan kihasználva készíthetünk különböző lencséket, melyeket az élet számtalan területén alkalmazunk. A továbbiakban a gyűjtő és szórólencsék „működésének” jobb megértését segítő kísérleteket végezhetünk el.

Szükséges anyagok, eszközök

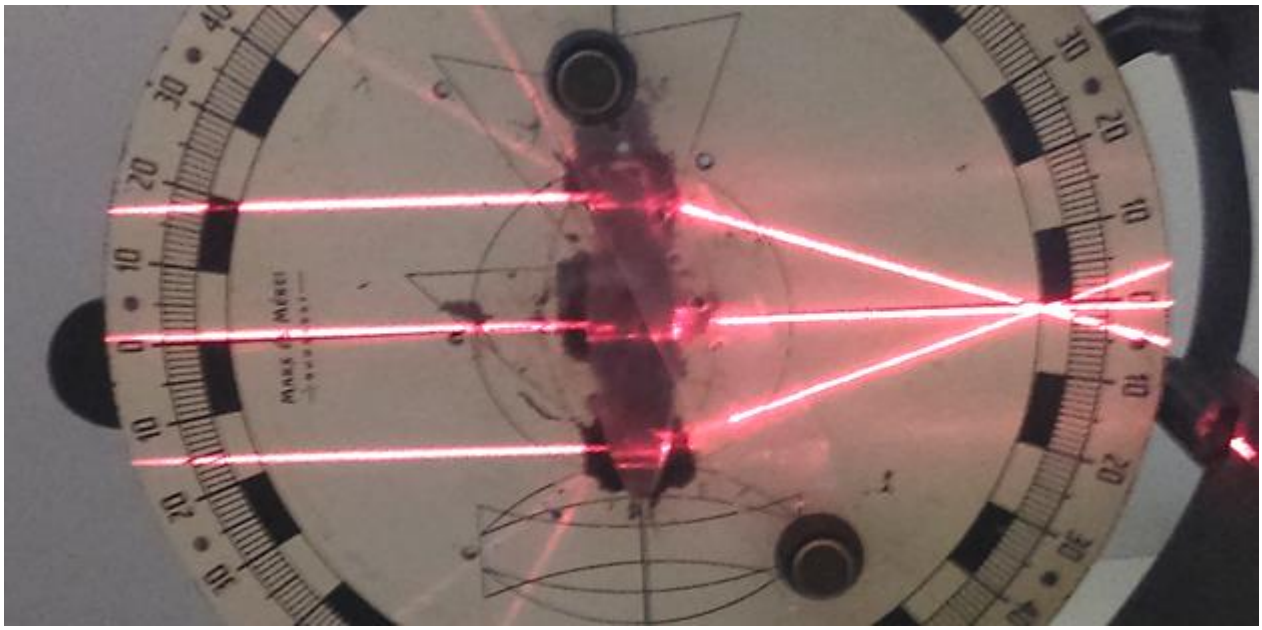
- Mágneses falú, hálózati feszültségről működő ötszörös lézer fényforrás (RayBox LASER)
- Fehér fény használata esetén: 12 V izzó, kondenzor, diafragma, lencse (párhuzamos fénynyaláb előállításához, az előző összeállításhoz)
- Hartl-féle korong (fehér fény esetén szimpla és többszörös résekkel kartonlapból bevágásokkal)
- Gyűjtő- és szórólencsék (különböző görbületi sugarakkal)



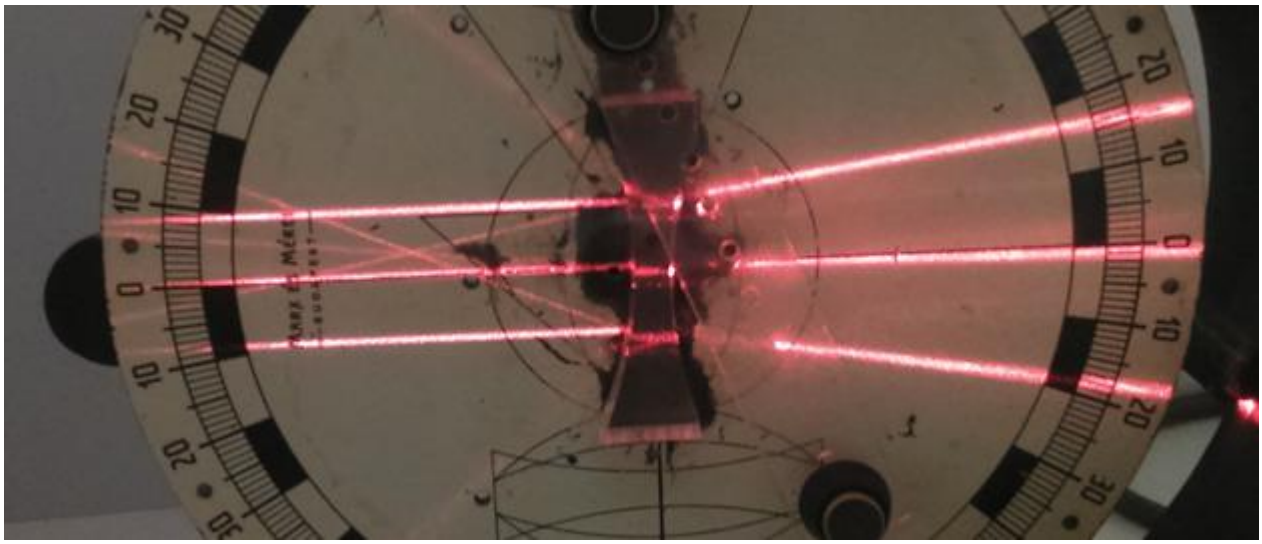
Forrás: ttko.hu

Leírás

A Hartl-korongra úgy szereljük a különböző lencséket, hogy azok középpontja egybeessen a Hartl-korong középpontjával: Ügyeljünk arra, hogy a 0°-0° nyaláb irányváltozást ne szenvedjen, azaz a lencsék hossztengelye merőleges legyen a 0°-0° irányra. A lencséket legalább 3 fénynyalábbal világítsuk meg, melyek közül a középső irányváltoztatás nélkül haladjon át a lencséken.



Gyűjtőlencsén áthaladó fénynyalábok



Szórólencsén áthaladó fénynyalábok

Feladatok

- Méréssel határozza meg egy-egy gyűjtő- és szórólencse fókusztávolságát!

Elméleti és módszertani kérdések

- „Táblai” ábrán jelölje be és nevezze meg mindkét lencsefajta esetén a nevezetes sugármeneteket!

3. Fénytani demonstrációs kísérletek vizeskáddal

a) A fénytörés és a fényvisszaverődés együttes bemutatása, teljes visszaverődés

A kísérlet célja

Sok optikai jelenséggel a diákok először a víz kapcsán találkozhattak. Ezt a természetes, korai találkozást célszerű a fizika órán is tudatosan felhasználni, elmélyíteni.

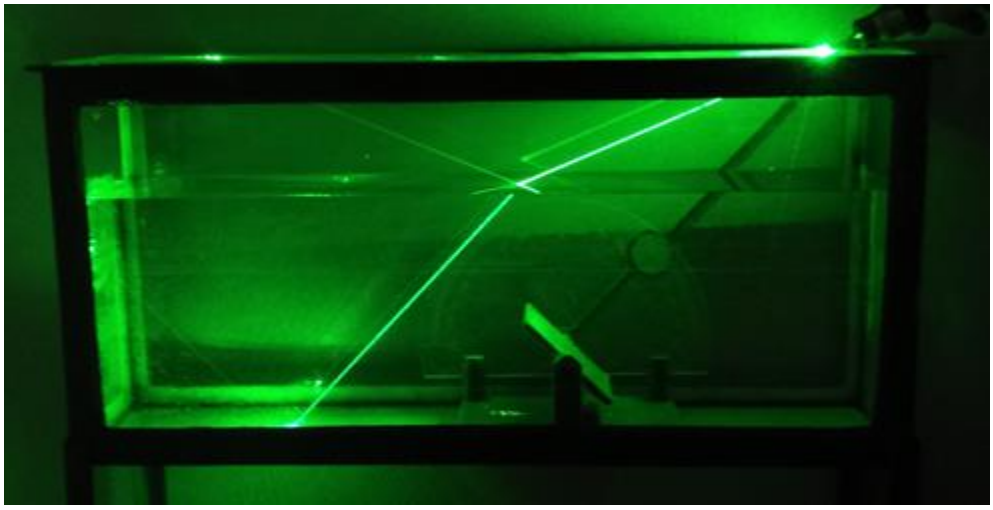
Szükséges anyagok, eszközök

- Zöld lézer fényforrás
- Állítható helyzetű, forgatható tükör (opcionális)
- Vízzel félig töltött, gyengén festett vizeskád, üveglap a kád befedéséhez
- Gyufa/gyertya füsthöz

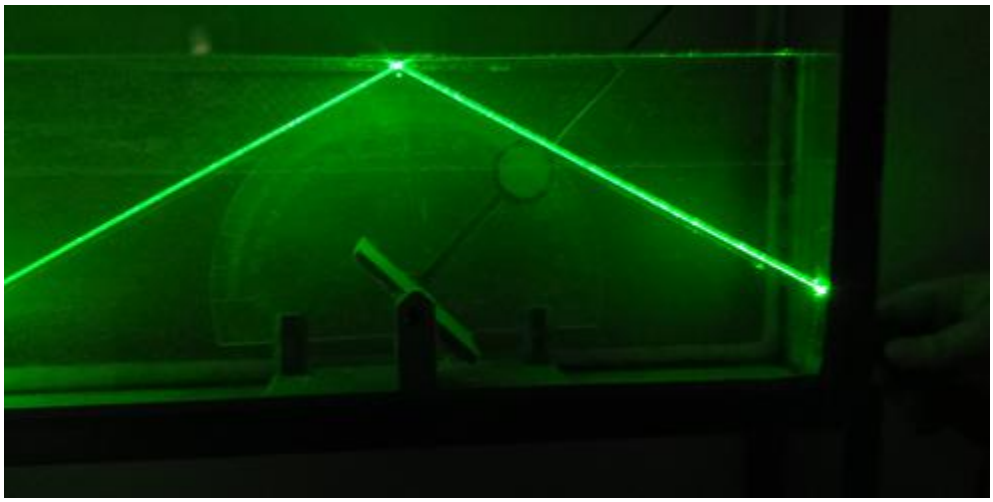
Leírás

A fénytörés és a visszaverődés együttes bemutatására célszerű egy régi akváriumkádat használni. Ezt töltsük kb. félig floureszceinnel gyengén festett vízzel (az év során elég a vizet csupán párszor megszínezni, az év elején mindenképp kérdezzünk rá). Megvilágításhoz zöld színű lézer fénynyalábot használjunk – vagy egy réssel beszűkített izzóból származó fehér fénynyalábot. A kád fölé Bunsen állványba fogjunk a lézer fényforrást, vagy egy vízszintes tengely körül elforgatható síktükröt, amely a fehér fénynyalábot a vízbe vetíti – így a beesési szög változtatható.

A kádat az üveglappal részlegesen befedjük, s kevés füstöt fújunk be, vagy hozunk létre kialvó gyufaszál segítségével a fedőüveg alatt. Így a fény útja levegőben és vízben egyaránt jól látható lesz, s – a levegőből vízbe való átlépéskor – a törés és visszaverődés is jól megfigyelhető.
Vízből levegőbe való törést, és megfelelő határszög átlépésekor a teljes visszaverődést is könnyen demonstrálhatjuk. Ehhez a kádat lézerrel oldalról, a vízszint alól ferdén világítsuk meg. Izzó fényének használatakor a forgatható tükör segítségével tudjuk a fénynyalábot a megfelelő szögben és helyzetből a vízbe vezetni.



Törés és visszaverődés együttes demonstációja



Teljes visszaverődés demonstrációja

Elméleti és módszertani kérdések

- Különböző beesési szögek esetén mit állíthatunk a visszavert fénynyaláb fényerősségéről?
- Különböző színű fénynyalábot használva, mit állíthatunk a teljes visszaverődés határszögéről?

b) Levegőlencsék fénytörése víz közegben

A kísérlet célja

Az, hogy egy lencse alakja önmagában még nem elégséges a rajta áthaladó fény viselkedésének megállapításához, sokszor elkerüli az – érettségiző – diákok figyelmét. A lencse és a közeg egymáshoz viszonyított törésmutatójának fontosságát az alábbi érdekes kísérletekben „világíthatjuk meg”!

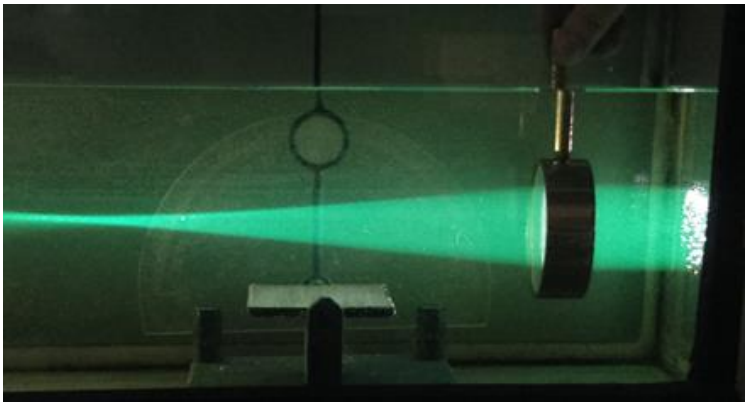
Szükséges anyagok, eszközök

- Lámpa (12 V, 100 W, transzformátorra kötve)
- Kettős kondenzor (olyan dupla lencse, melyben két, egyik oldalán sík, másik oldalán domború (síkdomború) lencse a domború felével egymás felé van összeillesztve) f ~ 5 cm
- Szűk környílás (diafragma) d = 2-3mm
- Gyűjtőlencse (kétszerdomború vagy síkdomború) f ~ 12 cm
- Vízzel félig töltött, gyengén festett vizeskád
- Levegőlencsék (gyűjtő és szóró)

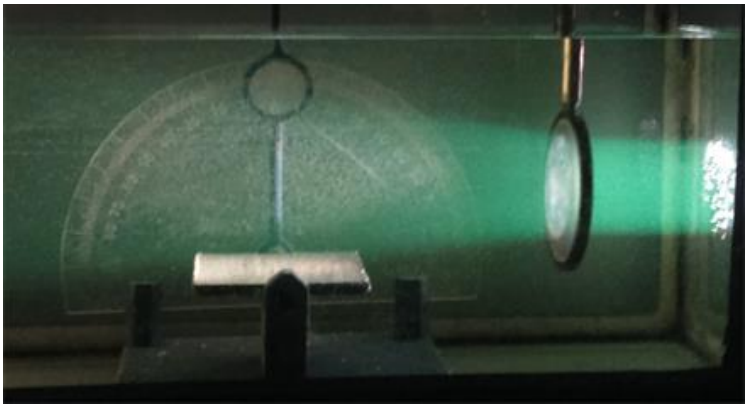
Leírás

A kádat – a vízszint alatt – oldalról világítsuk meg a kád falára merőlegesen beeső széles fehér fénynyalábbal, mely az ábrákon látható módon esik a levegőlencsékre.

Megjegyzés: A levegőlencséket két homorú vagy domború oldalukkal egymásnak fordított óraüvegek által képzett levegős üregekből kapjuk.



Léglencse vízben: gyűjtőlencse



Léglencse vízben: szórólencse

Elméleti és módszertani kérdések

- A fenti ábrák közül melyik mutat egy domború és melyik egy homorú lencsét?

4. Tükrök leképezésének demonstrálása

a) A síktükör leképezési törvényének demonstrálása

A kísérlet célja

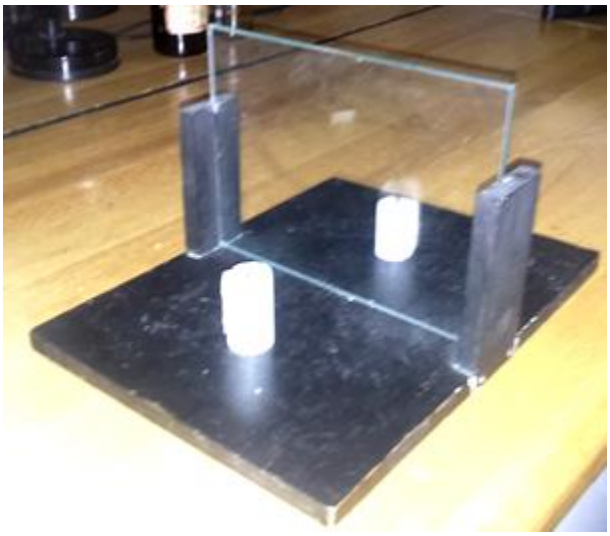
A tükörrel történő képalkotás alapvetően mindenki számára ismert, de a tudatos vizsgálathoz segítséget adhat az itt bemutatott egyszerű kísérlet.

Szükséges anyagok, eszközök

- Két gyertya, gyufa
- Függőleges helyzetű üveglap (kis állványban)

Leírás

A síktükör valódi tárgyról csak virtuális képet ad. A kép a tükör mögött keletkezik, és a tárgytávolság megegyezik a képtávolsággal ($t = k$). Ezt igazolhatjuk egy tükörnek alkalmazott, átlátszó üveglemezzel, amelyet az asztalra merőlegesen élére állítunk, s oldalról egy rögzítjük – pl. Bunsen-fogóval vagy kis állvánnyal. Az üveglap elé és mögé is helyezzünk egy-egy azonos méretű gyertyát. Az elől levőt meggyújtjuk, s a másikat az égő gyertya tükörképbe helyezzük. Elölről nézve úgy látszik, mintha a hátul levő is égne. Megállapítható, hogy a tükröző felülettől mérve a két gyertya távolsága azonos ($t = k$).



Síktükör képalkotásának demonstrációja

Elméleti és módszertani kérdések

- Mennyinek vehetjük egy síktükör fókusztávolságát?

b) Homorú tükör képalkotásának bemutatása

A kísérlet célja

Homorú tükörrel először talán a fürdőszobában – kozmetikai ill. borotválkozó tükör formájában – találkozhat az ember. Talán már ezeknél az első találkozásoknál is feltűnt, hogy homorú tükörrel elég érdekes képeket lehet létrehozni.

Szükséges anyagok, eszközök

- Nagy átmérőjű homorú tükör
- Gyertya (állványon), gyufa
- Mérőszalag
- Ernyő

Leírás

Nagy átmérőjű, homorú tükröt használunk. Tárgyként alkalmazhatunk pl. égő gyertyát (kis optikai asztalra állítva), melyet helyezzünk a tükör fókusztávolságán kívülre. A valódi kép kicsit távolabbról – pl. az asztal végéről – jól megfigyelhető. Különösen jól beállítható az a helyzet, amikor a tárgy és a kép azonos helyen, a kétszeres fókusztávolságban van. A valódi kép ernyőn felfogható, fordított állású, ezért a keletkező képet ernyőre is vetítsük ki!

A virtuális kép ($t < f$) ernyőn nem fogható fel, egyenes állású, szemmel jól megfigyelhető.

Ernyőn felfogott valód kép

Feladatok

- Valódi kép létrehozásával határozza meg a tükör fókusztávolságát! A méréshez használjon három különböző helyzetet, s mérőszalaggal mérje meg a tárgy és képtávolságokat! A leképezési törvénybe ($\frac{1}{f} = \frac{1}{t} + \frac{1}{k}$) behelyettesítve számolja ki a fókusztávolságot.

Elméleti és módszertani kérdések

- Táblai ábrán mutassa be a homorú tükör nevezetes sugármeneteit!
- Készítsen táblai ábrát a kétszeres fókuszba helyezett tárgy homorú tükörrel történő képalkotásáról!
- Soroljon fel homorú tükör gyakorlati alkalmazásokat, $t < f$, $t = f$, $f < t < 2f$, $t = 2f$, és $2f < t$ esetekben!

c) Domború tükör képalkotásának bemutatása

A kísérlet célja

A közlekedésből ismerős domború tükör leképezését szemléltető kísérletek segíthetik diákjainak a domború tükör viselkedésének jobb megértését.

Szükséges anyagok, eszközök

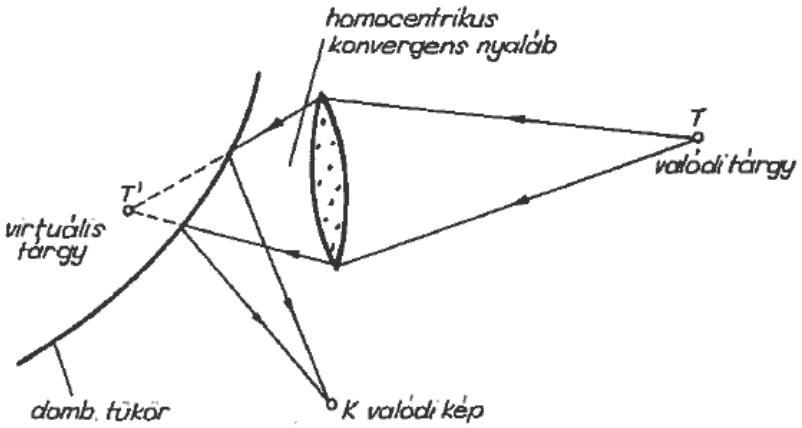
- Gyertya, gyufa
- Domború tükör

Leírás és feladat

Helyezze a gyertyát a domború tükör elé, tetszőleges helyre, de közel a tükör optikai tengelyéhez. A domború tükör reális tárgyról, vagy reális tárgyként szereplő valódi képről (egymagában) kizárólag kicsinyített, egyenesállású, virtuális képet alkot. A tükör elé helyezzünk gyertyát (vagy bármilyen önvilágító vagy nem önvilágító tárgyat), és figyeljük meg a képet!

Elméleti és módszertani kérdések

- Táblai ábrán mutassa be a domború tükör nevezetes sugármeneteit!
- Jellemezze a domború tükörrel kapott képet!
- Domború tükörrel valódi (ernyőn felfogható) képet is létrehozhatunk. Ehhez azonban egy gyűjtőlencsére is szükség van. Készítsen egy ilyen összeállítást! Ehhez a következő sematikus ábra nyújt segítséget:



5. Emelt szintű érettségi mérés: A domború lencse fókusztávolságának meghatározása ún. Bessel-módszerrel

A kísérlet leírása

Állítsa össze a kísérletet! Határozza meg a leírt Bessel-féle módszerrel a lencse fókusztávolságát!

Szükséges eszközök

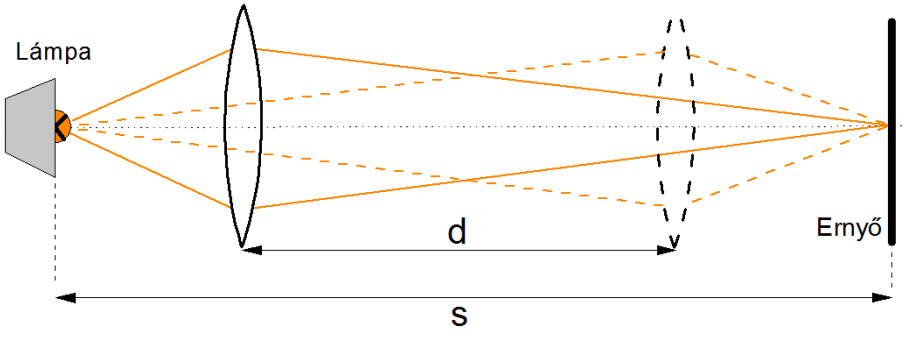
- Nagyobb átmérőjű, kb. 20 cm fókusztávolságú gyűjtőlencse üvegből vagy műanyagból
- Fehér papír vagy pausz ernyő
- Asztali lámpa 25 W-os izzóval
- Mérőszalag.

(A leképező lencse egyfókuszú gyűjtőlencse, az izzószál és az ernyő távolsága 1 m, a lencse helyzetének változása a méterrúddal mérhető.)

Kísérleti összeállítás a Bessel-módszerhez

Leírás

A fókusztávolság meghatározására alkalmas kísérleti technika az ún. Bessel-módszer. Lényege a következő: A tárgyat és az ernyőt egymástól alkalmas távolságban rögzítjük, a távolságot (s) lemérjük és a továbbiakban nem változtatjuk. Megkeressük a tárgy és az ernyő között azt a lencsehelyzetet, aminél éles nagyított képet látunk az ernyőn. Ezután a lencsét eltoljuk az ernyő felé addig, míg a tárgy éles, kicsinyített képe megjelenik. Megmérjük a lencse elmozdításának távolságát (d). A mérés sematikus rajzát az ábra mutatja.



A lencse fókusztávolsága a mért adatokból az

$$f = \frac{(s+d)\cdot(s-d)}{4s}$$

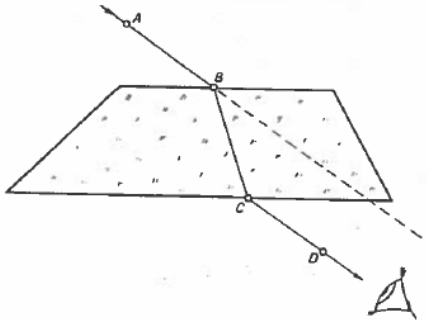
összefüggés alapján határozható meg.

Feladatok

- Állítsa össze a kísérletet!
- A mérést elvégezve mérje meg a lencse fókusztávolságát!

Megjegyzés: A Bessel-módszerrel kapott fókusztávolság pontosabb, mint amit közvetlenül kapnánk a leképezési törvény alapján, mérve a kép- és tárgytávolságot. Ez utóbbiak mérése ugyanis nem egyszerű a lencse görbülete miatt.

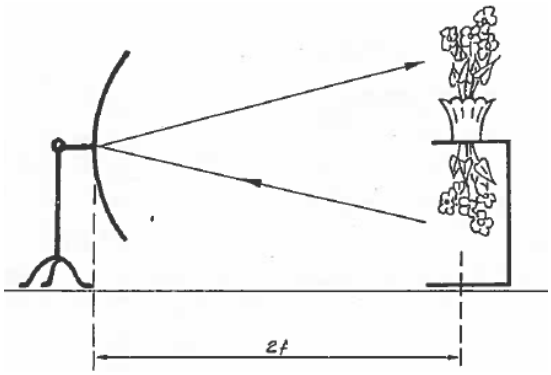
6.A Általános iskolai (opcionális) jutalomfeladat: Gombostűs kísérletek



Ezeknek a kísérleteknek az az alapja, hogy a természetes megvilágítás – diffúz – fényéből mindig kiválaszthatunk egy megfelelő fénysugár irányt, ha annak két pontját (pl. két letűzött gombostű segítségével) rögzítjük. Ha vízszintesen álló, fehér papírral fedett hungarocell táblára két gombostűt szúrunk, ez már egy sugárirányt rögzít. Ha ezután egy szemmel úgy nézzük, hogy a két tű egymást fedi, akkor szemünket a kitűzött sugár irányába helyeztük. Ezt az irányt a papíron ceruza és vonalzó segítségével rögzíteni lehet. Ha közben olyan optikai elem van, amely a fény haladási irányát megváltoztatja, akkor újabb gombostűkkel ez az irány is rögzíthető.

Gombostűk megfelelő elhelyezésével szemléltesse a visszaverődés törvényét és a párhuzamos eltolódás jelenségét!

6.B Középiskolai (opcionális) jutalomfeladat: A trükkös izzó (virágcsokor)



Nagy homorú tükörtől annak kétszeres fókuszába helyezzünk egy fekete féldobozba helyezett kis fényerejű izzót (virágcsokrot), mely „doboz” tetején egy üres foglalat található. Az izzó megfelelő beállításával elérhető, hogy a vele azonos nagyságú reális kép az üres foglalat felett keletkezzék. Ha szembenézünk a tükörrel (pl. az asztal végéről), úgy látjuk, mintha az üres foglalatban égne az izzó.