7. Optikai alkalmazások

Tartalom

Kulcstartalmak 2

1. Hagyományos izzólámpa, energiatakarékos kompakt fénycső és LED lámpa relatív fényteljesítményének összehasonlítása 3

2. Modellkísérlet az égbolt kék színére, polározottságára és naplemente vörös színére 4

3. A fotoeffektus kimutatása 5

4. Napelemcella vizsgálata 7

5. A leképezés Abbe-elméletének egyszerű demonstrálása 8

6. Vetítés Schlieren módszerrel 9

7. Optikai eszközök modelljeinek összeállítása 11

a) Mikroszkóp modell 11

b) Galilei és Kepler távcsőmodell. 12

Kulcstartalmak

- Fényerősség
- LED lámpa és kompakt fénycső működése
- Az ég kék és a naplemente piros színének magyarázata
- Fotoeffektus jelensége és mennyiségi viszonyainak ismerete
- A leképezés Abbe-elméletének ismerete
- Schlieren-vetítés módszere
- Egyszerű optikai eszközök megismerése (mikroszkóp, távcsövek)

1. Hagyományos izzólámpa, energiatakarékos kompakt fénycső és LED lámpa relatív fényteljesítményének összehasonlítása

A kísérlet célja

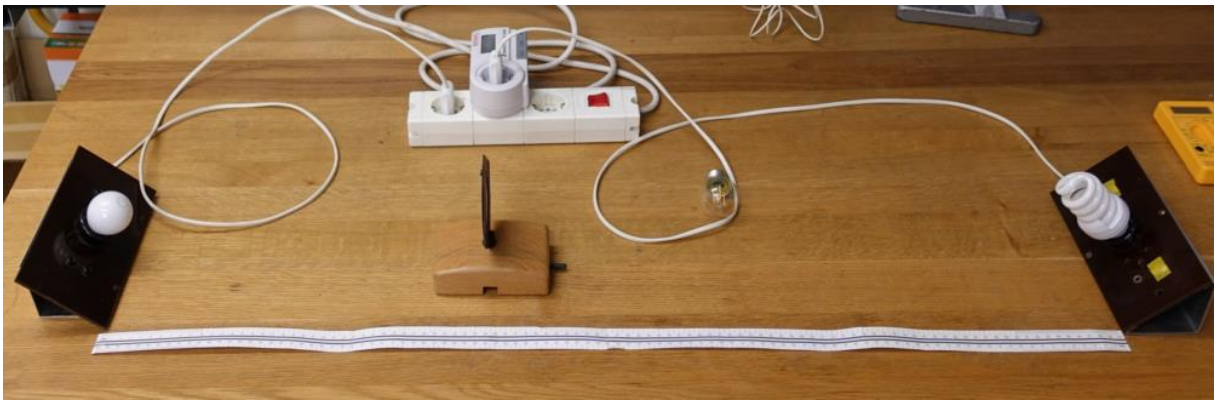
Zsírfoltos fotométer segítségével hasonlítsa össze egy hagyományos izzólámpa, egy energiatakarékos kompakt fénycső és egy LED lámpa relatív fényteljesítményét (a kibocsátott fényteljesítmény és a felvett elektromos teljesítmény arányát)!

Szükséges anyagok, eszközök

- Égő foglalat (2db, E27) biztonsági dugaszú csatlakozással
- Hagyományos izzólámpa (25 W névleges teljesítmény)
- LED lámpa (4 W névleges teljesítmény)
- kompakt fénycső (15 W névleges teljesítmény)
- teljesítménymérő (Voltcraft, Energy Check 3000)
- zsírfoltos fotométer (pausz ernyő, zsírfolttal a közepén) talpazaton
- kapcsolóval ellátott hálózati biztonsági elosztó aljzat
- mérőszalag

Leírás

A foglalatokba csavarja be a hagyományos izzót, valamint a kompakt fénycsövet, majd helyezze el egymással szemben kb. 1 méter távolságban. A két lámpa közé a lámpákat összekötő egyenesre merőlegesen rakja a zsírfoltos papírernyőt! Az összeállítást az ábra mutatja.



A lámpák bekapcsolása után az ernyő egyik oldalát az egyik, a másik oldalát a másik lámpa fénye világítja meg. A megvilágítás erőssége megváltozik, ha az ernyőt elmozdítjuk a lámpákat összekötő egyenes mentén. (A lámpák fénykibocsátását tekintsük gömbszimmetrikusnak. Ennek megfelelően lámpák az ernyőt az ernyőtől vett távolságuk négyzetével fordítottan arányos mértékben világítják meg.) Törekedjünk arra, hogy a kísérlet háttérvilágítása egyenletes legyen. Ha a kísérlet az egyik oldalról több fényt kap, az meghamisítja a mérés eredményét.

Megjegyzés:
A zsírfoltos fotométer egyszerű, házilag elkészíthető eszköz: talpra szerelt, fehér papírlapból készített 10x10 cm méretű ernyő, közepén kb. 10 forintos nagyságú zsírfolttal. A folt átmenő fényben világosabb, visszavert fényben sötétebb a papírernyő környező részénél. Ha az ernyő mindkét oldalról azonos intenzitású megvilágítást kap, a folt egybeolvad az ernyővel.

Vigyázat!

Az elosztó biztonsági kapcsolója csak a mérések során legyen bekapcsolva! Az átszerelések alatt mindig kapcsoljuk ki!

Feladatok

- Mérje meg a teljesítménymérő segítségével mindkét lámpa elektromos teljesítményét! Ehhez a teljesítménymérőt csatlakoztassa az elosztóhoz, majd ebbe dugja be a lámpa hálózati dugaszát! Az elosztó bekapcsolása után az eszköz kiírja a felvett teljesítményt. Hasonlítsa össze a névleges és a felvett teljesítményeket!
- Az ernyő mozgatásával keresse meg azt a helyzetet, amikor az ernyő mindkét lámpából azonos megvilágítást kap, azaz amikor az ernyőn lévő zsírfolt sem nem sötétebb, sem nem világosabb az ernyő többi részénél!
- Mérje meg ebben a helyzetben az ernyő távolságát mindkét lámpától, majd a lámpák felvett teljesítményét alapul véve határozza meg a relatív fényteljesítmények arányát!
- Végezze el a hagyományos izzó és a LED összehasonlítását is a fent leírt módszerrel.

Elméleti és módszertani kérdések

- Mi a fényerősség SI mértékegysége? Lámpavásárláskor sokszor a lumen és a lux értékeket adják meg. Mi ezeknek az SI mértékegységhez fűződő viszonya?
- Írja le középiskolások által megérthetően a LED lámpa működését!
- Írja le középiskolások által megérthetően a kompakt lámpa működését!

2. Modellkísérlet az égbolt kék színére, polározottságára és naplemente vörös színére

A kísérlet célja

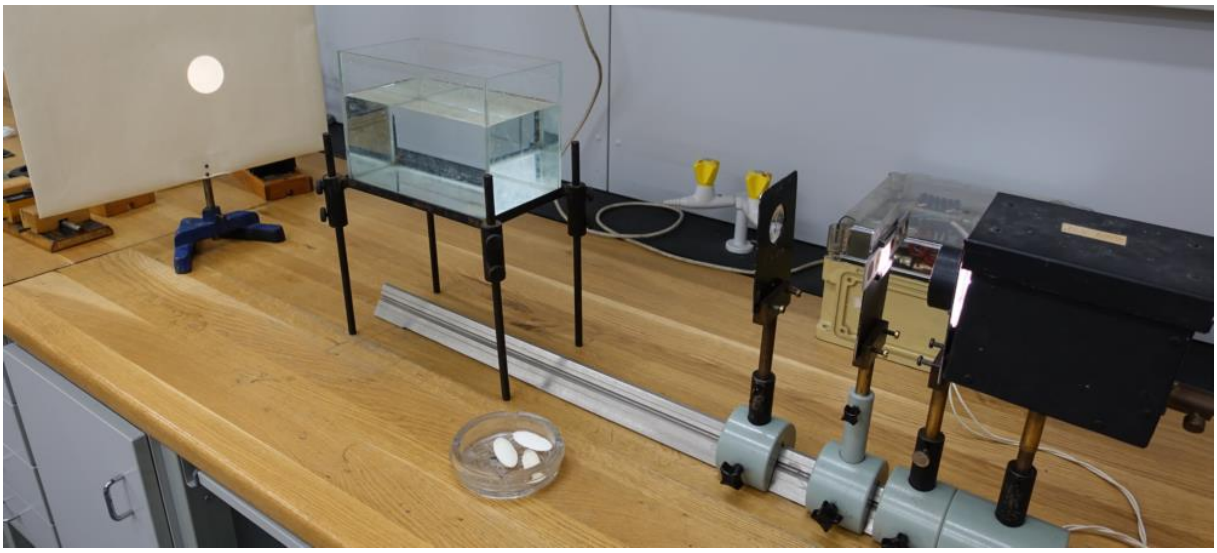
Hétköznapi jelenségek (naplemente vörös színe, ég kék színe) fizikai magyarázata modellkísérlet segítségével.

Szükséges anyagok, eszközök

- Üvegkád állványon
- Kemény szappan
- Lámpa (12 V, 100 W, transzformátorra kötve)
- Kettős kondenzor lencse (f = 5 cm)
- Diafragma (lyukblende)
- Gyűjtőlencse (f = 10 cm)
- Optikai sín (4 db lovas, 3 db T tartó)
- Talpas ernyő
- Polárszűrő

Leírás

Üvegkádba tiszta vizet öntünk, és ebben mossunk bele hagyományos keményszappant. A kádon keskeny, optikai padon előállított (kb. 5 cm átmérőjű) fénynyalábot bocsájtunk keresztül, a kád túloldalára ernyőt helyezünk.



A szappant óvatosan adagoljuk! Már egészen kis koncentráció esetén is látható, hogy a fény oldalirányban kilép a nyalábból, és a fénynyaláb környékén a víz égszínkék színűvé válik. A továbbhaladó fénynyaláb már sárgás színűnek látszik, nagyobb szappankoncentrációnál pedig bíborvörössé válik. Ez utóbbit legjobban az átmenő nyalábban lehet megfigyelni. Üvegkádas kísérletünk alkalmas annak az ismert ténynek a demonstrálására is, hogy az égbolt fénye poláros. Ha ugyanis polárszűrőn keresztül nézünk a kád felé, a polárszűrőt forgatva a látómezőt periodikusan világosnak, majd sötétnek látjuk.

Elméleti és módszertani kérdések

- Adjunk szerkezeti magyarázatot a jelenségekre. Mi okozza az ég kék színét és a naplemente vörös színét a légkörben?

3. A fotoeffektus kimutatása

A kísérlet célja

Fotoeffektus jelenségének demonstrálása, mennyiségi viszonyainak érzékeltetés.

Szükséges anyagok, eszközök

- Higanygőz lámpa (fekete burában, kémcsőfogóval befogva, állványra szerelve)
- Fojtótekercs higanygőz lámpához (a lámpa hozzá van rögzítve fixen, kérjük ne próbálja szétszerelni)
- Cink lemez szigetelő állványon
- 2 db röpzsinór
- Statikus voltmérő (galvanométer)
- Kis méretű ablaküveg
- Izzószálas asztali lámpa
- Ebonitrúd, üvegrúd, selyem és szőrme

A mérés leírása

A kísérlet összeszerelésének megkezdése előtt kapcsoljuk be a higanygőz lámpát, mivel néhány perc szükséges, amíg eléri a maximális intenzitását. A lámpa a kísérlet ideje alatt legyen végig a fal felé fordítva. A cinklemezt csatlakoztassuk a voltmérő mérő ágához, a másikat (amin a föld jelzés van) csatlakoztassuk a csaphoz (azaz földeljük le). Vigyázzunk, hogy a cinklemezből jövő kábel végig a levegőben fusson! A cinklemezt kezdetbe ne világítsa meg a higanylámpából jövő közvetlen fénysugár!

Feladatok

- Az ebonit rudat dörzsöljük meg selyemmel, majd töltsük fel vele a cinklemezt (a feltöltött rudat végig kell húzni a lemezen). Ezt addig ismételjük, míg a feszültségmérő 5 kV körüli értéket nem jelez. Akkor jó az összeállítás, ha feltöltés után a feszültség állandó (vagy csak nagyon lassan csökken). Helyezzük a higanygőz lámpa elé a lemezt, és figyeljük meg a mutató állását!
- Ezt követően ismételjük meg a kísérletet bőrrel dörzsölt üvegrúddal! Magyarázzuk meg a különbséget!
- Töltsük fel ismét ebonitrúddal a lemezt, de most szembefordítás előtt helyezzünk ablaküveget a lámpa és a lemez közé. Magyarázzuk meg a tapasztaltakat!

Vigyázat!

A higanygőz lámpába sohase nézzünk bele közvetlenül, mert károsíthatja a szemet. A lámpát csak addig üzemeltessük, amíg feltétlenül szükséges!

Elméleti és módszertani kérdések

- Adjon középiskolás szintű magyarázatot a fényelektromos hatás jelenségére! Mi játszódik le atomi szinten?
- Írja fel az Einstein-féle fényelektromos egyenletet és mutassa be a tagjainak fizikai hátterét! Az egyenletet felhasználva magyarázza az ablaküveg hatását!

4. Napelemcella vizsgálata

A kísérlet célja

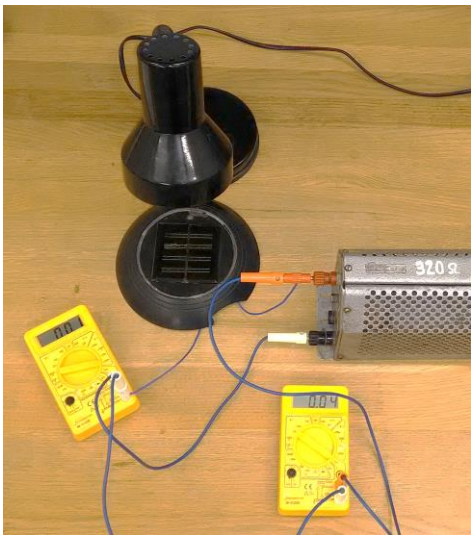
Napelemcella teljesítményének vizsgálata a megvilágító fény intenzitásának függvényében. Terhelésfüggésének (áramerősség-függésének) vizsgálata, optimális terhelés megkeresése.

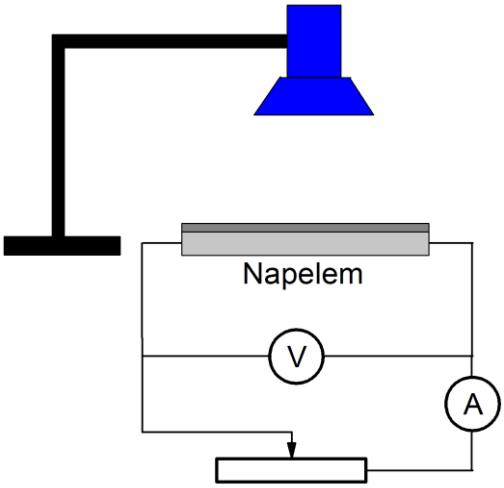
Szükséges anyagok, eszközök

- Napelemcella banándugós csatlakozással
- Digitális multiméter (2 db, DT830B)
- 320 Ω -os, 1,5 A-ig terhelhető változtatható ellenállás
- Fekete asztali lámpa
- mérőszalag

Leírás

A kísérleti összeállítást a fotó mutatja, mellette látható a kapcsolási rajz.





Állítsa össze a kapcsolást az ábra szerint! A feszültséget mérő digitális multimétert állítsa 2000 mV-os méréshatárra, az áramot mérő multimétert kezdetben 20 mA-es méréshatárra (az ellenállás csökkentésével kifuthatunk a méréshatárból, akkor növeljük 200 mA-re)! A lámpát állítsa a napelemcella fölé, a változtatható ellenállást állítsa maximális értékre és olvassa le a műszereken a cella feszültségének és a kör áramának értékét!

Feladatok

- Az ellenállást fokozatosan csökkentve növelje lépésről lépésre az áramot 2-3 mA-rel, és minden lépés után jegyezze fel a műszerek adatait!
- A mérési adatokat foglalja táblázatba és rajzolja fel a cella feszültség–áramerősség karakterisztikáját!
- Értelmezze a kapott görbét! A mért adatok alapján határozza meg a cella teljesítményét a terhelés (áram) függvényében, és az eredményt ábrázolja grafikonon!
- A változtatható ellenállást állítsa maximális értékre, a fényforrás magasságát növelje (emelje meg a lámpát a nyakánál fogva kézzel) és figyelje meg a feszültség változását! Magyarázza a jelenséget!

Elméleti és módszertani kérdések

- Írja le egy napelemcella működését középiskolás diákok által megérthető szinten!
- ***Szorgalmi!*** Interneten fellelhető adatok alapján becsülje meg, hogy Magyarország területének mekkora részét kellene lefedni napelemmel, hogy a teljes elektromos energiafelhasználást biztosítani lehessen velük.

5. A leképezés Abbe-elméletének egyszerű demonstrálása

A kísérlet célja

A leképezés Abbe-elméletének megismerése és egyszerű osztálytermi demonstrációja.

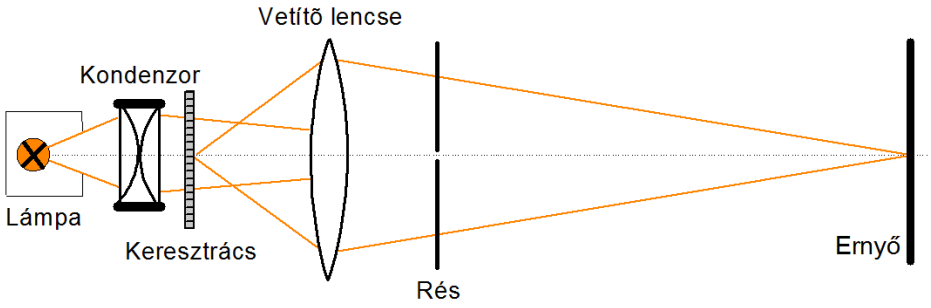
Szükséges anyagok, eszközök

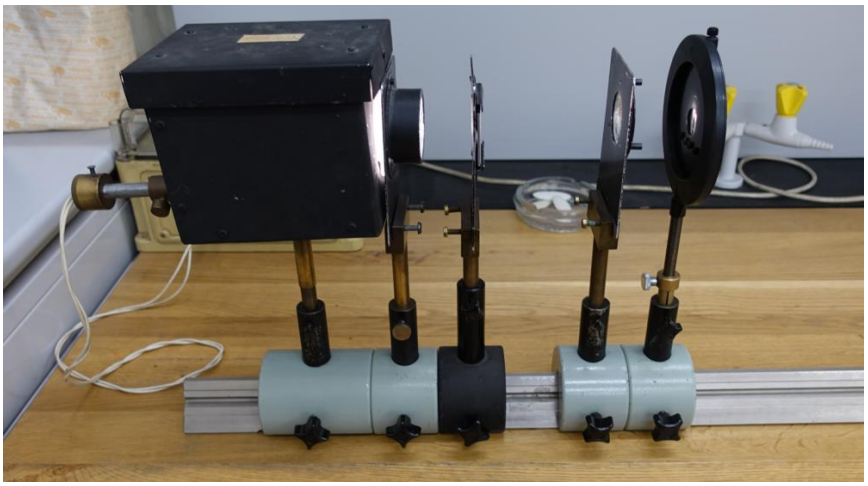
- Lámpa (12 V, 100 W, transzformátorra kötve)
- Kettős kondenzor lencse (f = 5 cm)
- Gyűjtőlencse (f = 10 cm)
- Állítható rés
- Keresztrács diapozitív (üveglemezek közé szorított drótháló)
- Diapozitív tartó lemez
- Optikai sín (5 db lovas, 5 db T tartó)
- Talpas ernyő

Leírás

A fényelhajlás leképezésben betöltött szerepére az Abbe-elmélet mutat rá. Eszerint a megvilágított tárgyakról a leképező eszköz (szem, lencse stb.) oly módon alkot képet, hogy a tárgy apró részletein elhajló nyalábokat fedésbe hozva interferáltatja. A kép az interferencia eredménye. Ha tehát a tárgy valamely részletéről csak a "nulladrendben elhajló" (eredeti irányú) nyaláb jut a leképező eszközbe, akkor (minthogy nincs mit interferáltatnia) az eszköz erről a részletről nem alkot képet. A képalkotáshoz az szükséges, hogy a nulladrend mellett még legalább a +1 és a -1 rendben elhajló nyalábok is bejussanak a rendszerbe.

Képezzünk le egy keresztrács szerkezetű drótszitát kb. 1,5 m-re álló ernyőre! A szita vékony szálú, 1-2 mm száltávolságú! Diakeretbe fogva, közvetlenül az 5 cm fókuszú kondenzor után állítsuk. A kondenzor az izzószálat néhány cm-rel a vetítőlencse (f = 20 cm) után képezze le (lásd ábra)!





Helyezzünk a vetítőlencse és az ernyő közé - a lencséhez közel – egy állítható (a kísérlet kezdetén még 3-4 mm széles) rést! A rés a szita egyik szálirányával párhuzamosan álljon! Keressük meg azt a távolságot, amelyre a rést állítva a szita képe változatlanul jól látszik! Most szűkítsük le a rést! A réssel párhuzamos szitaszálak képe eltűnik, a résre merőlegeseké viszont továbbra is jól látszik. Ha a rés a másik száliránnyal párhuzamos, akkor ennek képe tűnik el. A rés lemeze azokat az elhajlási rendeket tartja vissza, amelyeket a vele párhuzamos szitaszálak hoznak létre.

Elméleti és módszertani kérdések

- Vázolja fel milyen előzetes tudásra van szükség az Abbe-elmélet megértéséhez, azaz mit kell megtanítani ahhoz, hogy a kísérlet bevihető legyen az osztályterembe.
- **Szorgalmi!** Az elmélet alapján becsülje meg, hogy optikai mikroszkóppal (500 nm-es fényt használva) mi az a legkisebb tárgy, amit még látni lehet, ha az objektívünk átmérője 1 cm és a testet 0,1 mm-re tudja megközelíteni!

6. Vetítés Schlieren-módszerrel

A kísérlet célja

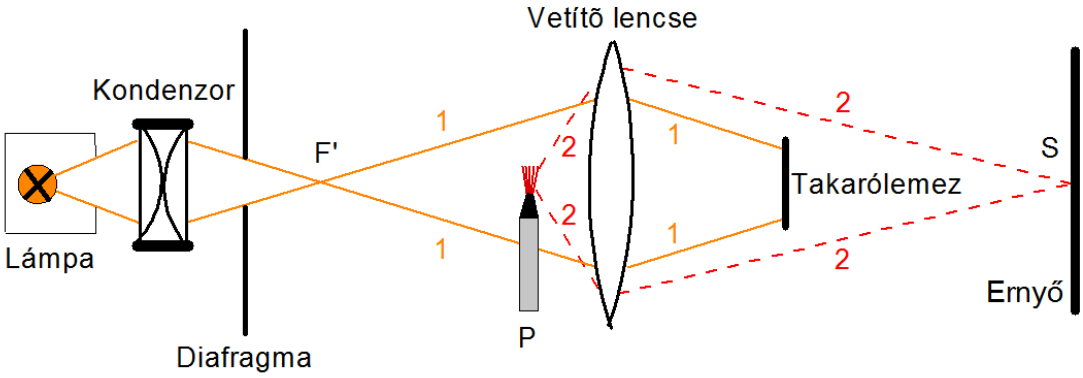
A Schlieren-vetítés módszerének megismerése.

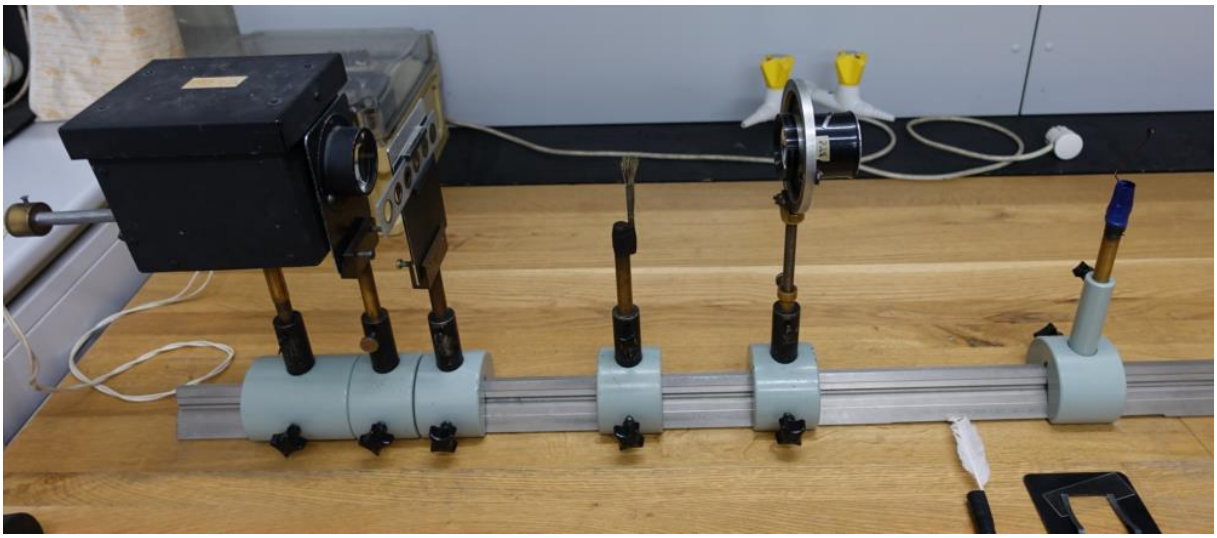
Szükséges anyagok, eszközök

- Lámpa (12 V, 100 W, transzformátorra kötve)
- Kettős kondenzor lencse (f = 5 cm)
- Leybold korrigált vetítőlencse (f = 15 cm)
- Állítható diafragma (azaz lyukblende)
- Tárgyak (ecset, madártoll, küvetta, glicerin, tárgylemez)
- Diapozitív tartó lemez
- Takarólemez (lovasba illeszthető)
- Optikai sín (5 db lovas, 5 db T tartó)
- Talpas ernyő
- Lovasba illeszthető fa asztalka

Leírás

Az átlátszatlan tárgyak széléről elhajlított, esetleg visszavert fénynyalábok indulnak ki. Törésmutató inhomogenitásokkal rendelkező átlátszó tárgyból a várttól eltérő irányokban is lépnek ki fénynyalábok. Ha az ilyen tárgyat olyan vetítőrendszerbe helyezzük, amelyben a direkt nyalábokat letakarjuk, akkor az eredeti iránytól eltérített nyalábok révén jön létre a leképezés. Ennek következtében az átlátszatlan tárgy széleinek képe sötét látótérben (direkt fény lefedve) világosan kontúrokban válik láthatóvá. Ugyanígy átlátszó tárgyban meglevő kis törésmutató különbségek is kimutathatók (pl. tiszta vizet tartalmazó küvettába vetítés közben sóoldatot vagy glicerint csepegtetünk). A következő ábrán látható a kísérleti összeállítás, valamint a sugármenet elvi vázlata.





Az ábrán a tárgy nélküli nyalábokat végig 1-es, a tárgyon irányváltozást szenvedetteket 2-es számmal jelöltük. A fényforrásból kiinduló nyalábot a K kondenzor a D diafragmára irányítja (a nyaláb keresztmetszete a diafragmát teljesen átfedi). A fényforrás képe F'-ben keletkezik. A vetítőlencse a diafragma képét a takarólemezre képzi le. A P tárgyat (jelen kísérletben egy ecset) a vetítőernyő S pontjának környékére képezi le (a 2-es nyalábokkal).

Ha a T takarólemez (5-6 mm átmérőjű kis kör alakú lemez) nincs a rendszerben, akkor az ernyőn világos alapon megkapjuk a tárgy (átlátszatlan) árnyékképét (világos látóterű kép). Amennyiben a takarólemezzel a direkt nyalábokat lefedjük (a diafragma éles képe itt keletkezik, tehát a lemez minden direkt nyaláb továbbjutását megakadályozza) a tárgyon elhajló

2-es nyalábok megkerülik az akadályt, és az ernyőn sötét alapon (nincs direkt nyaláb) létrehozzák a tárgy világító képét (sötét látóterű kép). A Schlieren-vetítés az igényesebb munkát követelő optikai kísérletekhez tartoznak, így beállítása nem egyszerű.

Feladatok

- Figyeljük meg az ecset és a madártoll világos és sötét látóterű képét! Fogalmazzuk meg a köztük lévő kapcsolatot!
- Érintsük az ujjunkat a tiszta tárgylemez közepéhez (hagyjunk ujjlenyomatot), majd helyezzük tárgyként a vetítő rendszerbe. Figyeljük meg, hogy a sötét látóterű képen milyen szépen kirajzolódik a mintázat!
- Helyezzük az üveg küvettát a tárgy helyére! Rakjuk be a takarólemezt. Ideális esetben nem szabad látnunk mintázatot az ernyőn. Cseppentsünk sóoldatot a vízbe és figyeljük meg a sötét látóterű képét!

Elméleti és módszertani kérdések

- Keressen az interneten alkalmazásokat a Schlieren-módszerre (angolul Schlieren photography, Schlieren imaging) és sorolja fel a legérdekesebbnek talált 3 alkalmazást. Figyelem! Sokféle Schlieren-vetítési eljárás van. A gyakorlaton megismert csupán egy fajtája, az interneten fellelhetők közül bármelyik választható.

7. Optikai eszközök modelljeinek összeállítása

a) Mikroszkóp modell

A kísérlet célja

Mikroszkópok működési elvének megismerése.

Szükséges anyagok, eszközök

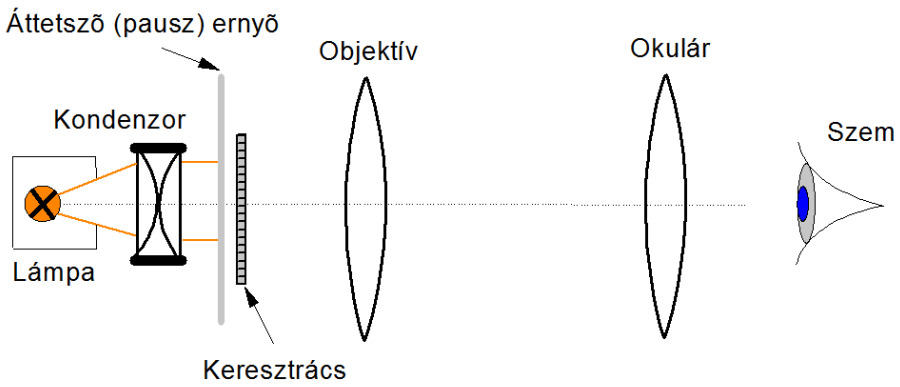
- Lámpa (12 V, 100 W, transzformátorra kötve)
- Kettős kondenzor lencse (f = 5 cm)
- Gyűjtőlencse (2 db, f = 10 cm)
- Tárgyak (drótkeret, ecset, madártoll)
- Pausz ernyő
- Optikai sín (5 db lovas, 5 db T tartó)

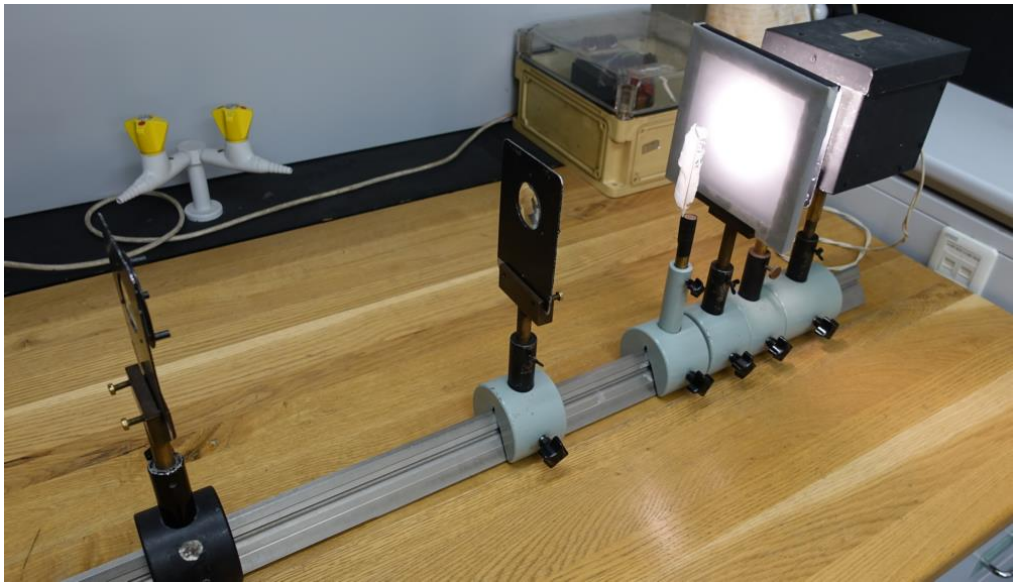
Leírás

A modell egyszerű (l'I'G) optikai padon összeállítható. Objektív (tárgy) és okulár (szem) lencseként egyaránt f = + 10 cm. gyújtótávolságú gyújtólencsét alkalmazzunk. Állítsuk be a két lencsét úgy, hogy távolságuk

$$d > f_1 + f_2 \qquad (d = f_1 + f_2 + \Delta d)$$

legyen. Tárgynak használhatunk kezdetnek egy drótkeretet (majd ecsetet, madártollat, stb) amelyet átmenő fénnyel világítunk át. Tanácsos a tárgy és kondenzor közé egy áttetsző papírlemezt (pausz ernyőt) helyezni, mely csökkenti a kép vakító fényességét. Az elrendezés a következő ábrán látható.





Feladatok

- Állítsuk élesre a képet a tárgy mozgatásával. A tárgytávolságot és a tubushosszat (d) ki kell kísérletezni ahhoz, hogy torzításmentes nagyított képet kapjunk.

b) Galilei és Kepler távcsőmodell.

A kísérlet célja

A Galilei és Kepler távcső működési elvének megismerése, használatuk gyakorlása

Szükséges anyagok, eszközök

- Fa optikai sín
- Gyűjtőlencse (1 db f = 10 cm, 1 db f = 20 cm, 1db f = 5 cm)
- Szórólencse (1db f = -5 cm)

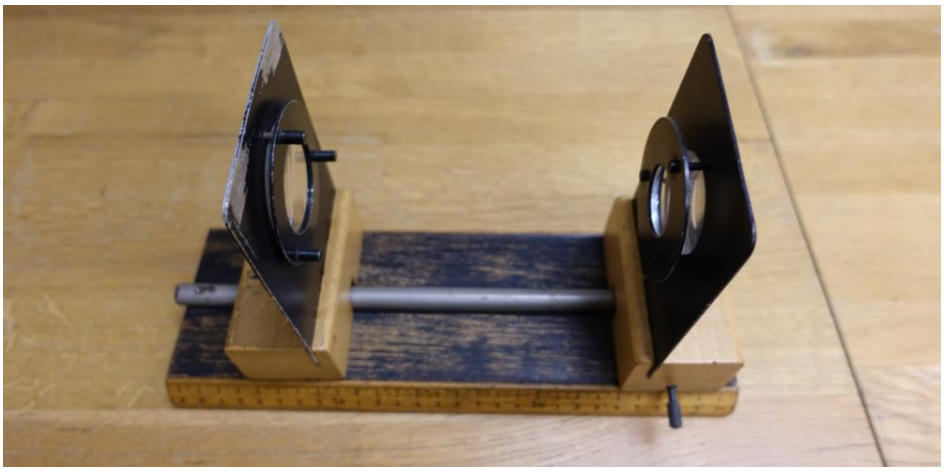
Leírás

A távcsövek egyszerű modelljeit rövid fa optikai padon állítsa össze, hogy könnyen mozgatható legyen.

A Galilei távcső két lencséből áll, egy hosszabb gyújtótávolságú gyűjtő- (objektív, f = 20 cm) és egy rövid gyújtótávolságú szórólencséből (okulár, f = -5 cm). Állítsuk be úgy őket, hogy a lencsék távolsága

$$d = |f_{obj}| - |f_{ok}|$$

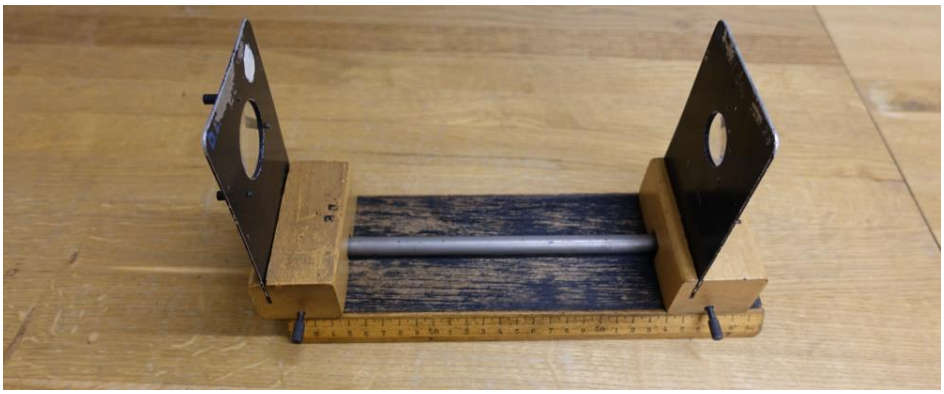
legyen. Nézzünk bele az okulár lencsébe és figyeljünk meg egy távoli tárgyat. A kép élesre állítását d hangolásával érhetjük el. Egyenes állású nagyított képet láthatunk.



A Kepler távcső is két lencséből áll, egy hosszabb (objektív, f = 20 cm) és egy rövidebb (okulár, f = 5 cm) fókusztávolságú gyűjtőlencséből. Állítsuk be úgy őket, hogy a lencsék távolsága

$$d = f_{obj} + f_{ok}$$

legyen. Nézzünk bele az okulár lencsébe és figyeljünk meg egy távoli tárgyat. A kép élesre állítását ennél az eszköznél is d hangolásával végezhetjük. Fordított állású nagyított képet láthatunk.



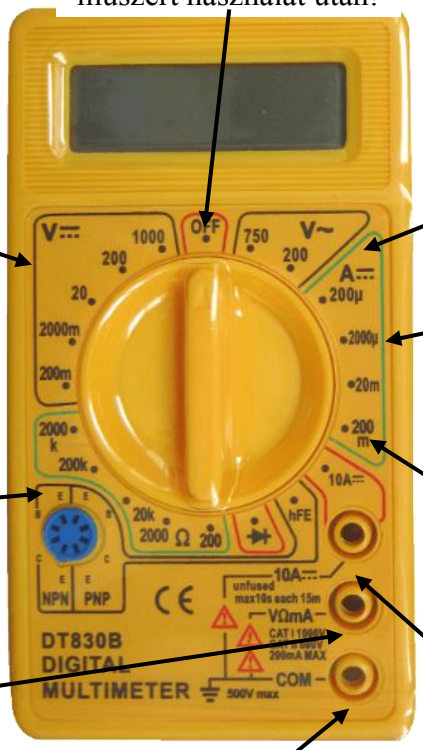
Vigyázat!

A sínre a lovasok rögzíthetőek, de lencsék könnyen kicsúsznak a foglalatból. Ha mozgatjuk az eszközt, akkor ne döntsük meg túlzottan!

Feladatok

- A távcsövek nagyítását a lencsék fókusztávolságának aránya adja. Ellenőrizzük kísérletileg. Cseréljük ki az objektívet 10 cm-es fókusztávolságú lencsére és vizsgáljuk meg a nagyítás változását!

Digitális multiméter rövid használati útmutatója



Mindig kapcsoljuk ki a műszert használat után!

Egyenfeszültség mérés

Váltófeszültség mérés

Egyenáram mérés

A számok az adott állásban maximális mérhető értéket jelölik! (Pl.: a nyíllal megjelölt állásban maximum 200 mA mérhető)

Ellenállás mérés

A legtöbb esetben ezt a bemenetet kell használni!

Ezt a bemenetet csak nagy áramok (0,2 A fölött) mérése esetén használjuk

Az egyik kábelt mindig ebbe a bemenetbe kell bedugni (egyenáram esetén érdemes a negatív pólust ide csatlakoztatni)!

Figyelem!

Az áramot mindig sorosan, a feszültséget mindig párhuzamosan kapcsolt műszerrel mérjük. Az ellenállásmérés előtt kapcsoljuk ki a tápegységet/áramforrást! Ha a felhasználást illetően bármiben bizonytalan, akkor kérje a gyakorlatvezetők segítségét!