

## A mérési feladatok felsorolása

1. Súlymérés
2. A rugóra függesztett test rezgésidejének vizsgálata
3. Forgási energia mérése, tehetetlenségi nyomaték számítása
4. Tapadókorongos játékpisztoly-lövedék sebességének mérése ballisztikus ingával
5. A nehézségi gyorsulás értékének meghatározása a matematikai inga lengésidejének vizsgálatával
6. Pattogó pingponglabda mozgásának vizsgálata *Tracker* videóelemző program segítségével
7. A hang sebességének mérése állóhullámokkal
8. Szilárd test és folyadék sűrűségének meghatározása
9. Szilárd anyag (alumínium) fajlagos hőkapacitásának (fajhőjének) meghatározása
10. Kristályosodási hő mérése
11. Ekvipotenciális vonalak kimérése elektromos térben
12. Elektrolit elektromos ellenállásának vizsgálata
13. Az áramforrás paramétereinek vizsgálata
14. Zseblámpaizzó ellenállásának mérése Wheatstone-híddal
15. Félvezető (termisztor) ellenállásának hőmérsékletfüggése. Termisztoros hőmérő készítése
16. Hagyományos izzólámpa és energiatakarékos „kompakt” lámpa relatív fényteljesítményének összehasonlítása
17. A víz törésmutatójának meghatározása
18. A domború lencse fókusztávolságának meghatározása ún. Bessel-módszerrel
19. A fényelhajlás jelensége optikai rácson, a fény hullámhosszának meghatározása
20. Erőhatás távolságfüggésének kimérése neodímium mágnesek között

## 1. Súlymérés

### Feladat:

Állítsa össze a kiadott eszközök felhasználásával a mérést!

Határozza meg a leírás szerint a munkahelyen található test súlyát! (A kiadott test súlya meghaladja a mérleg méréshatárát, ezért közvetlenül nem mérhető.)

Készítsen a mérésről az erőket feltüntetető értelmező rajzot!

### Szükséges eszközök:

Az 1 métert kicsit meghaladó hosszú farúd, centiméter beosztású skálával (a rúd súlya a mérendő test súlyával összemérhető), mérleg (ajánlott a digitális asztali mérleg, de lehet egyszerű rugós erőmérő is), akasztózsineggel ellátott, ismeretlen súlyú kődarab (a kő súlya kevéssel meghaladja a rendelkezésre álló mérleg /erőmérő méréshatárát), méteres mérőszalag, támasztó ékek (rugós erőmérő alkalmazása esetén Bunsen-állvány, zsinegek).

A kísérleti összeállítás két ajánlott változatát a fotók mutatják.

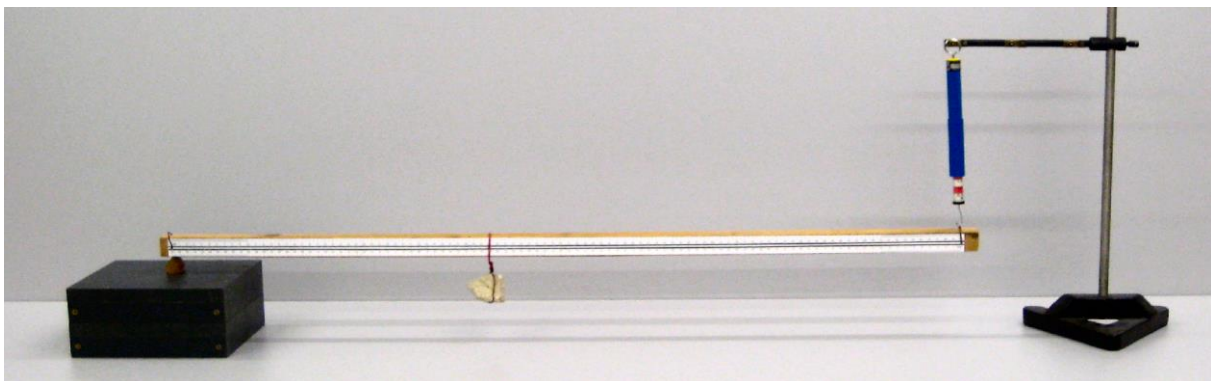
#### A) változat:



A faléctet (a képeken látható 2x3 cm keresztmetszetű és 1 métert valamivel meghaladó hosszúságú) vízszintes helyzetben feltámasztjuk. A rúd egyik vége digitális asztali mérlegre helyezett ékre, a másik egy azonos magasságú ékre támaszkodik. A két alátámasztási pont távolsága 1 m. A lécc oldalára méteres papír mérőszalagot célszerű előre felragasztani. A mérendő súlyú kődarab a rákötött hurokkal akasztható a lécre.

#### B) változat

A centiméterskálával ellátott lécc egyik végét ékkel feltámasztjuk, a mérendő súlyú kődarab akasztó zsinegét a rúdra húzzuk, majd a rúd szabad végét – a feltámasztott végtől 1 m távolságban rugós erőmérőre akasztjuk. Az erőmérő megemelésével a rudat vízszintesig emeljük.



Fizika

### **A mérés leírása**

Helyezze az ismeretlen súlyú testet a rúd legalább négy különböző helyére, mérje meg ezek távolságát az alátámasztástól, és határozza meg, hogy mekkora erő hat a rúd mérleggel (erőmérővel) egyensúlyban tartott végén!

- *Készítsen a mérésről az erőket feltüntető értelmező rajzot!*
- *A mért hosszúság- és erőadatokból határozza meg az ismeretlen test súlyát!*

*Megjegyzés:*

A mérést a vizsgahelyszín által mellékelte vázlatrajz alapján a vizsgázónak kell összeállítania.

## 2. A rugóra függesztett test rezgésidejének vizsgálata

### Feladat:

Igazolja mérésekkel a harmonikus rezgőmozgás periódusidejének az ismert rezgésidőképlettel leírható tömegfüggését!

Határozza meg az ismeretlen tömegű kődarab tömegét a közölt leírás szerint!

*Szükséges eszközök:*

Bunsen-állvány, -dió, a dióba befogható rúd a rugó rögzítéséhez, rugó, ismert tömegű egységekből álló tömegsorozat, ismeretlen tömegű kődarab akasztóval (tömege kisebb legyen, mint a teljes tömegsorozaté), stopper.

*Megjegyzés:*

Az állványra rögzített rugót készen kapja a vizsgáló. (A rugó felfüggesztési magasságával behatárolható, hogy a túlzott megnyújtás miatt a rugó ne károsodhasson.)

A tömegsorozat legalább 4 tagból álljon.

A kísérleti összeállítást a fotó mutatja.

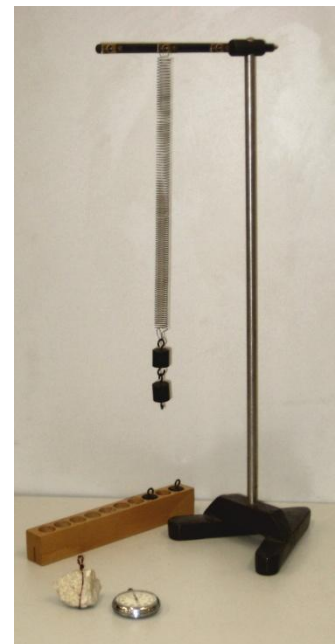
### A mérés leírása

A rezgésidőképlet igazolására akasszon különböző nagyságú tömegeket a rugóra és mindegyik tömeg esetén mérje a rezgésidőt! (A tömeg változtatásához egyforma egységekből álló tömegsorozatot célszerű használni.) Az időmérés hibájának csökkentésére 10 rezgés idejét mérje, és ossza 10-zel.)

A rezgésidőképlet szerint egy adott rugó esetén a rezgésidő a rezgő tömeg négyzetgyökével arányos:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{D}} \cdot \sqrt{m}$$

- A mérési eredményeket foglalja táblázatba, majd grafikus ábrázolással igazolja a  $T \sim \sqrt{m}$  arányosságot!
- Akassza az ismeretlen testet a rugóra és mérje meg a rezgésidőt! Az így mért rezgésidő és az előzőleg kimért grafikon alapján határozza meg az ismeretlen test tömegét!



### 3. Forgási energia mérése, tehetetlenségi nyomaték számítása

**Feladat:**

Állapítsa meg méréssel és számolással egy lejtőn leguruló, gördülő csődarab forgási energiáját a lejtő alján! Számítsa ki a csődarab tehetetlenségi nyomatékát!

*Szükséges eszközök:*

Egy kb. 1-1,5 méter hosszú, nagyon kicsi emelkedésű lejtő; nagyméretű (kb. 8-10 cm átmérőjű), vékony falú fémcső néhány centiméteres darabja; mérőszalag; stopper; mérleg.

**A mérés leírása**

Mérje meg a csődarab tömegét és sugarát! Győződjön meg arról, hogy a cső falvastagsága a sugarához viszonyítva nagyon kicsi!

Az 1 méteren 2-3 cm-t emelkedő, kellően érdes felületű lejtőn gurítsa le kezdősebesség nélkül a csődarabot! Mérje meg a legördülés idejét legalább ötször, majd a lejtő hosszának, magasságának és a mért időtartamoknak az ismeretében, a gördülési feltétel felhasználásával végezze el az alábbi számításokat! Válaszoljon a kérdésekre!

- *A mért adatok ismeretében határozza meg a cső haladó mozgásának energiáját a lejtő alján!*
- *Az energiamegmaradás alapján határozza meg a cső forgási energiáját!*
- *A legördülési kísérletek eredménye alapján határozza meg a csődarab tehetetlenségi nyomatékát!*
- *A csődarab tömege és geometriai adatai alapján számítsa ki a csődarab tehetetlenségi nyomatékát!*

## 4. Tapadókorongos játékpisztoly-lövedék sebességének mérése ballisztikus ingával

### Feladat:

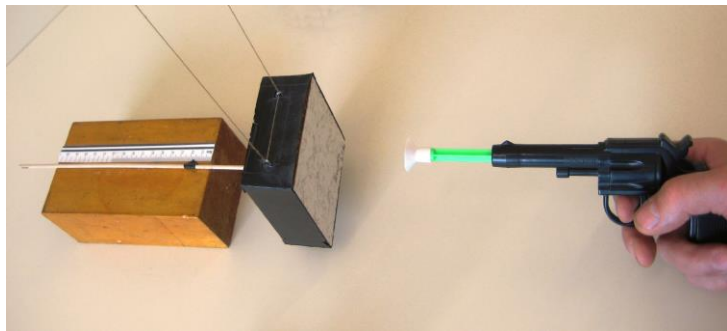
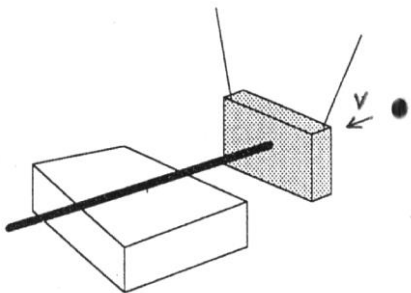
Ballisztikus inga segítségével határozza meg a játékpisztoly-lövedék sebességét! Ehhez mérje meg, hogy a lövést, majd a rugalmatlan ütközést követően mennyire lendül hátra az inga a rátapadt lövedékkel és mekkora az együttes lengésidejük!

*Szükséges eszközök:*

Tapadókorongos műanyag játékpisztoly (a lövedék tömege adott), ismert tömegű, fényes felületű vastag bútorlapból készült inga, hosszú zsineggel bifilárisan állványra felfüggesztve, hurkapálca ráragasztott vékony szigetelőszalag-csíkkal elmozdulásának méréséhez, megfelelő magasságú támasz (fahasáb), amin a hurkapálca akadálytalanul elcsúszhat, és amelyre mm-es beosztású papír mérőszalagot ragaszthatunk, stopper.

### A mérés leírása

A kísérleti összeállítást az ábra mutatja.



A bifilárisan (két szállal) felfüggesztett inga mögé néhány cm távolságba rakja le a támaszt, és erre fektesse a hurkapálcát úgy, hogy az hátulról éppen érintse az ingatest középpontját. A játékpisztollyal előlről, az inga lapjára merőlegesen lőjön, a hasáb közepét (tömegközéppontját) megcélozva. (A célzáskor a pisztolyt tartsa távolabb az ingától, mint amilyen hosszú a tapadókorongos lövedék szára!) Jó célzás esetén a tapadókorong megtapad az ingán, és az inga hátralandul anélkül, hogy közben billegne.

- *Mérje le, mennyire toltá hátra a kilendülő ingatest a hurkapálcát a támaszon! A mérést ismétlje meg háromszor, az átlaggal számoljon a továbbiakban!*
- *Stopperrel mérje meg az inga 10 lengésének idejét (a rátapadt lövedékkel együtt) és határozza meg a lengésideőt!*
- *A lengésideő és a maximális kilendülés mért értékeinek felhasználásával határozza meg a harmonikus lengés maximális sebességét! (A csekély mértékben kilendülő inga mozgása harmonikus rezgőmozgásnak tekinthető.)*
- *A rugalmatlan ütközésre érvényes lendületmegmaradási törvényt felhasználva számítsa ki a tapadókorongos lövedék sebességét az ütközés előtt!*

## 5. A nehézségi gyorsulás értékének meghatározása a matematikai inga lengésidejének vizsgálatával

### Feladat:

Igazolja mérésekkel, hogy viszonylag kis amplitúdók esetén a matematikai inga lengésideje nem függ sem az inga szögkitérésétől, sem a kisméretű ingatest tömegétől. A matematikai inga lengésidejének mérésére alapozva határozza meg a nehézségi gyorsulás értékét!

*Szükséges eszközök:*

Öt különböző hosszúságú fonál, mindkét végükön hurokkal (hosszuk lehet például 50 cm, 75 cm, 100 cm, 125 cm és 150 cm); két egyforma kampós ingatest; stopperóra; térképállvány vagy olyan Bunsen-állvány, amelyről egy vízszintes rúd kilógatható a mérőasztal elé; milliméterpapír.

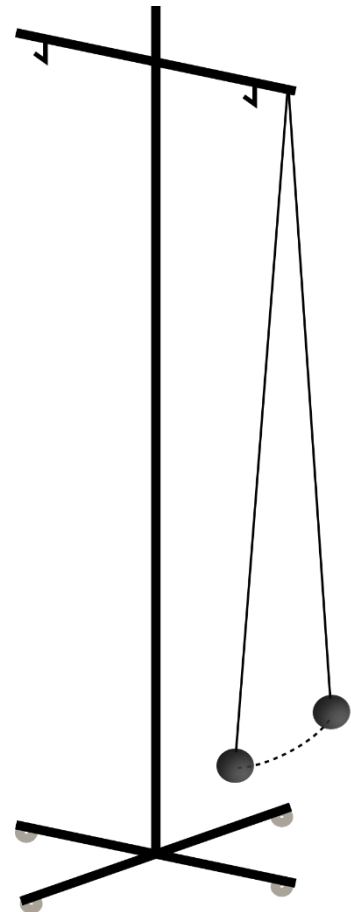
### A mérés leírása:

A legnagyobb ingahossznál mérje meg az inga lengésidejét legalább három különböző, viszonylag kicsi szögkitérés esetén (ezek lehetnek például 5-10, 10-15 és 15-20 fokosak), majd hasonlítsa össze a mért értékeket! Ismétlje meg ugyanezt a mérést úgy is, hogy a leghosszabb fonál végére két egyforma ingatestet akaszt.

Kis szögkitéréssel indítva mérje meg mind az öt különböző hosszúságú fonál használatával a matematikai inga lengésidejét (egy ingatestet akasztva a fonalakra).

*Megjegyzés:*

Az időmérés hibájának csökkentése érdekében minden alkalommal mérjen 10 teljes lengést, majd a mért értéket ossza el 10-zel!



- Igazolja, hogy a lengésidő adott ingahosszúságnál nem függ a szögkitéréstől!
- Igazolja, hogy a lengésidő adott ingahosszúságnál nem függ az ingatest tömegétől!
- Öt különböző ingahosszúság mellett határozza meg az inga lengésidejét az ábra szerinti elrendezésben! Minden esetben mérjen legalább kétszer 10 teljes lengést, majd átlagoljon!
- Foglalja táblázatba a különböző hosszúságokat és lengésidőket, illetve a lengésidők négyzetét! Ügyeljen arra, hogy az adatok a táblázatban SI-mértékegységben legyenek feltüntetve!
- Ábrázolja milliméterpapíron a lengésidők négyzetét az ingahosszak függvényében! Vonjon le következtetést a kapott grafikonból!
- A kapott grafikon meredekségéből számítsa ki a nehézségi gyorsulás értékét!
- Milyen tényezők befolyásolhatták a mérés pontosságát?

## 6. Pattogó pingponglabda mozgásának vizsgálata *Tracker* videóelemző program segítségével

### Feladat:

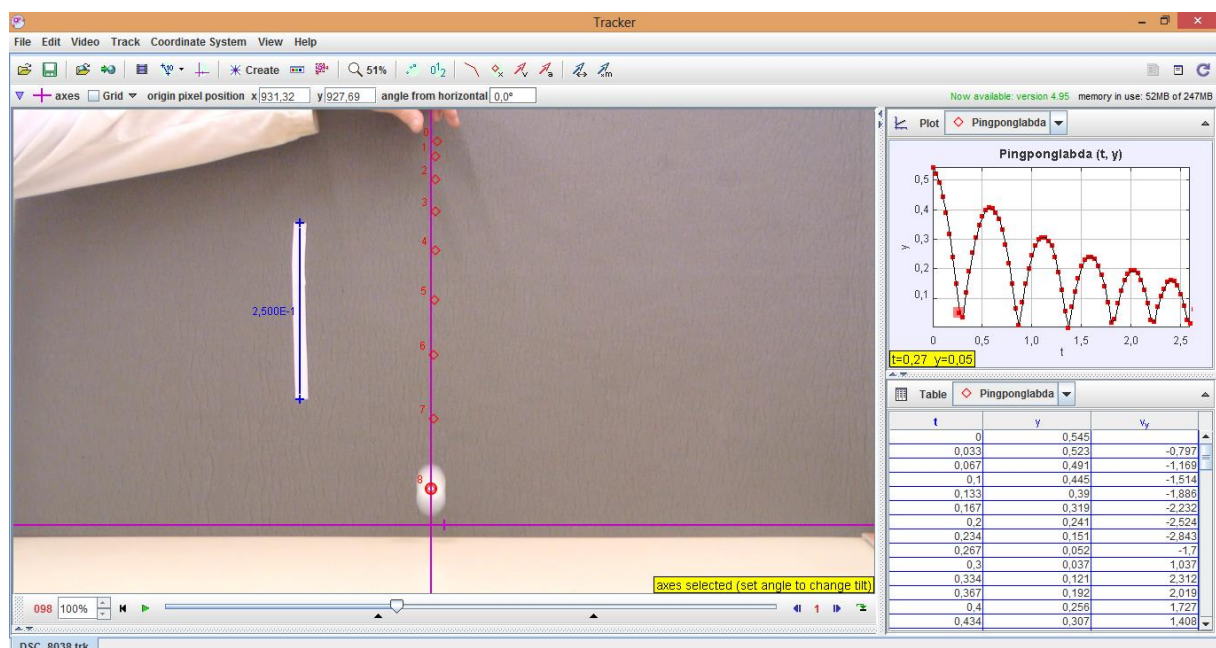
Készítsen videofelvételt egy kezdősebesség nélkül leejtett pingponglabda mozgásáról! Elemezze a labda mozgását *Tracker* videóelemző program segítségével!

*Szükséges eszközök:*

Pingponglabda; hosszúságetalon (pl.: hosszú vonalzó); esetleg erős lámpa; számítógép *Tracker* szoftverrel; kamera (videokamera, web-kamera vagy rövid filmfelvétel készítésére is alkalmas fényképezőgép).

### A mérés leírása

A pingponglabda pattogását rögzítse mozgóképen a kamera segítségével! A képbe helyezze be az ismert hosszúságú etalont a kamera irányára merőlegesen! Ügyeljen arra, hogy a pingponglabda pályája minél jobban kitöltse a képmezőt, és hogy a kamera vízszintesen nézzen a pattogó labdára! Célszerű a labdát erős fényvel megvilágítani és a kamerát állványon rögzíteni.



A filmen rögzített mozgást elemezze a *Tracker*-program segítségével! A labda középpontját nyomon követve készítse el a programmal a mozgás magasság–idő, illetve függőleges sebesség–idő grafikonját! A grafikonok segítségével válaszoljon az alábbi kérdésekre!

*Megjegyzés:*

Közvetlenül a talajra érkezés pillanata előtt és után fordulhat elő, hogy a labda képe elmosódott, ekkor a legnagyobb a labda sebessége. A jelenség nem okoz túl nagy pontatlanságot, ha a felvételen a tömegpont helyének kiválasztásakor minden képkockán a folt geometriai középpontját jelöljük meg. A képbe helyezett hosszúságetalon segít abban, hogy a program a távolságokat helyesen mérje fel.



## Fizika

- *Adja meg az első öt lepattanás idejét, és ezen lepattanások esetén a leérkezés és a felfelé indulás sebességét!*
- *Milyen viszony fedezhető fel a leérkezések sebessége, illetve a hozzájuk tartozó visszapattanás sebessége között? Magyarázza meg ennek okát!*
- *Határozza meg az első öt lepattanás után azt a sebességet, amellyel fölfelé indul a labda, illetve amellyel utána visszaérkezik a földre! Hasonlítsa össze és értelmezze az adatokat!*
- *Elemesse az esetleges mérési pontatlanságok okait!*

Az ingyenes *Tracker*-program 2017 májusa óta megjelent verziói már magyar nyelvű menüket is tartalmaznak. Az angolul elinduló programban az Edit → Language menüpont alatt ki lehet választani a magyar nyelvet. Ezután (a már magyar menüpontoknál) a Szerkesztés → Beállítások → Képernyő → Nyelv alatt be lehet állítani alapértelmezett nyelvnek a magyart, és a Mentés gombbal rögzíteni a választást. Ezután legközelebb már magyarul fog elindulni a program. Segítségül szolgálhat a felkészülésben az alábbi rövid leírás, mely a *Tracker* méréshez tartozó funkcióit mutatja be.

### Rövid útmutató a *Tracker*-program használatához

1. Az elkészített videófájl beolvasása a Fájl → Importálás → Videó menüpontokkal lehetséges.
2. A videóablakban a Létrehozás → Kalibrációs Eszközök → Kalibrációs Rúd segítségével létrehozhatunk egy „vonalzót” a videó első képkockáján, amely segít a programnak a távolságokat meghatározni. A vonalzót jelölő szakasz végpontjait egérrel a videóban elhelyezett hosszúságetalonhoz igazítva és a szakasz mellett megjelenő számértékbe az etalon hosszát beírva pontos pozícióértékeket kaphatunk.
3. Ugyancsak a videóablakban a Létrehozás → Kalibrációs Eszközök → Referenciapont menüpontok segítségével egy origót helyezhetünk el a képen. A program a koordinátaértékeket ettől a ponttól fogja számolni. Az origót szintén egérrel a képen tetszőlegesen elhelyezhetjük. (Az origót, illetve a hosszúságetalont később is bármikor igazíthatjuk vagy átállíthatjuk, ilyenkor a már addig beolvasott pozícióadatok is megváltoznak.)
4. A Létrehozás → Tömegpont menüpont segítségével új tömegpontot hozhatunk létre. A tömegpont helyét a képen Shift + egérekattintással határozhatjuk meg, ilyenkor a labda pozíciója megjelenik a jobb oldali táblázatban adatként, illetve a jobb felső sarokban elhelyezkedő grafikonon. A program a kattintásra egy képkockával automatikusan lépteti a videót, így a Shift gombot lenyomva tartva és az egérrel ismételten a labda közepére kattintva végig rögzíthetjük a labda mozgásának pozícióadatait. Az első pont elhelyezése előtt a videóablak jobb alsó sarkában található kék nyíllal célszerű a videót ahhoz a képkockához előreléptetni, amelyik közvetlenül megelőzi a mozgás kezdetét. A manuális kijelölés helyett választhatjuk az Automatikus nyomkövető használatát is. Ezt az eszközt a középső menüsorból érhetjük el, a Létrehozás menüponttól kettővel jobbra található az ikon. Ezen eszközön belül egy referenciaképkocka létrehozása után (amelyen bejelöljük a labda környezetét és helyzetét) a program nagy biztonsággal végigköveti a labda mozgását a filmen. Amennyiben a választásában bizonytalan (ez esetleg a visszapattanásnál bekövetkező gyors irányváltásnál fordulhat elő) segítséget kér tőlünk. A program grafikus elemeinek jelentése nem mindig triviális, így a menüsorban szereplő

## Fizika

ikonoké sem az, de az egérmutatót az ikon fölé helyezve pár másodperc elteltével mindig kapunk egy kis segítséget egy felugró ablakocskában. Ez a program bármely részében elhelyezkedő összes grafikus elemre igaz, így az állítógombokra, csúszkákra, stb.

5. Az adatokat a program automatikusan megjeleníti a jobb oldalon látható grafikonon. A grafikont a jobb felső sarokban lévő nyíllal nagyíthatjuk. Alapértelmezésben az  $x(t)$  grafikon jelenik meg, de a tengelyeken elhelyezett felírra kattintva kiválaszthatjuk az azon a tengelyen ábrázolt adatot, így az  $y(t)$ , illetve  $v_y(t)$  grafikon szintén azonnal megkapható.

## 7. A hang sebességének mérése állóhullámokkal

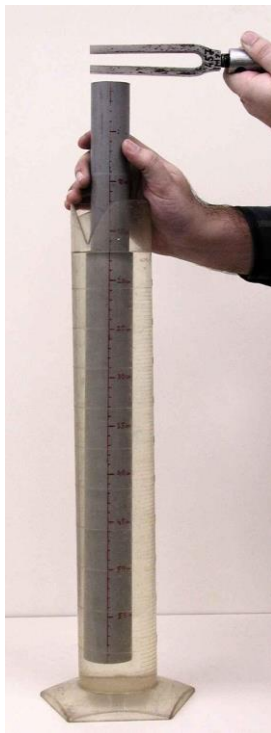
### Feladat:

Ismert frekvenciájú hangra rezonáló levegőoszlop hosszának mérésével határozza meg a hang terjedési sebességét levegőben!

### Szükséges eszközök:

Nagyméretű, egyik végén zárt üveg- vagy műanyaghengert, mindkét végén nyitott, a hengeres edénybe illeszthető műanyag cső, oldalán centiméteres beosztású skála (a skála alkoholos filctollal felrajzolható a csőre), ismert rezgésszámú hangvilla, nagyméretű tálca, víz tartóedényben, mérőszalag, Bunsen-állvány, -dió, lombikfogó.

### A mérés leírása



A hengert állítsa a tálcára és töltsön bele vizet! Az oldalán skálával ellátott csövet merítse a vízbe! A csőben lévő levegőoszlopot alulról a vízszint zárja be, így a légoszlop hossza a cső emelésével és süllyesztésével változtatható. A cső szabad vége fölé tartson rezgő hangvillát, majd a maximálisan vízbe merített csövet emelje lassan egyre magasabbra, közben figyelje a hang felerősödését! A maximális hangerősséghez tartozó levegőoszlop-magasságot (a cső peremének és a henger vízszintjének különbsége) mérje le! Folytassa a cső emelését egészen a következő rezonanciahelyzetig és mérje le ismét a belső csőben lévő levegőoszlop hosszát! A villa hangjának erősödése jelzi, hogy a csőben lévő légoszlop rezonál a hangvillára, azaz a csőben hang-állóhullám alakul ki.

(Ha a mérés közben a hangvilla rezgése már nagyon elhalkulna, ismételt megkocintással újból rezgésbe hozható).

- *Határozza meg a hang hullámhosszát a két egymás utáni rezonanciahelyzet magasságkülönbsége alapján, majd a hangvilla rezgésszámának ismeretében határozza meg a hang terjedési sebességét a levegőben!*

## 8. Szilárd test és folyadék sűrűségének meghatározása

### Feladat:

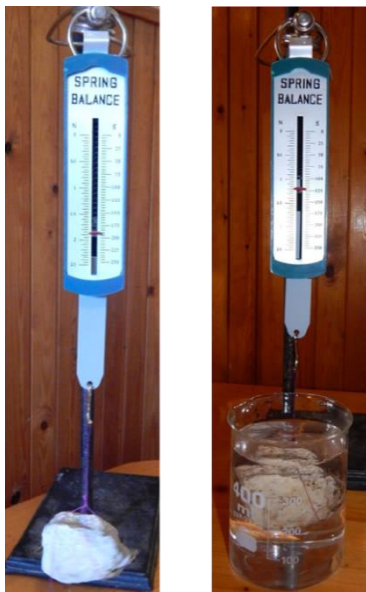
Határozza meg az Arkhimédész-törvény segítségével a mellékelt szilárd test és az ismeretlen folyadék sűrűségét!

*Szükséges eszközök:*

Mérőpoharak; víz; digitális mérleg; rugós erőmérő; 15–20 dkg tömegű, ismeretlen, a víznél nagyobb sűrűségű test (pl. kődarab); céna; cellux; ismeretlen sűrűségű folyadék (pl. étolaj, sósvíz, stb.).

### A mérés leírása

Mérje meg a rugós erőmérővel az ismeretlen sűrűségű test egyensúlyban tartásához szükséges erőt a levegőben tartva a testet! Ismétlje meg a mérést úgy is, hogy a test teljesen vízbe merül! Ügyeljen arra, hogy a test teljes egészében a vízben legyen, de ne érjen hozzá a mérőpohárhoz! A mérési elrendezéseket az 1. ábrán láthatja.



1. ábra



2. ábra

Ezután tegyen ismeretlen sűrűségű folyadékot a másik mérőpohárba! Mérje meg a mérleggel a mérőpohár és az ismeretlen sűrűségű folyadék együttes tömegét! Az utóbbi mérést végezze el úgy is, hogy a testet az ismeretlen folyadékba lógatja! Ügyeljen arra, hogy a test teljes egészében belemerüljön az ismeretlen folyadékba, de ne érjen hozzá a mérőpohárhoz! A mérési elrendezéseket a 2. ábra mutatja.

- Jegyezze fel mindkét esetben (levegőben tartva, vízbe merítve) a rugós erőmérő által mutatott erő értékét!
- Határozza meg a szilárd test sűrűségét! A levegőben fellépő felhajtóerőt tekintse elhanyagolhatónak a számolás során!
- Jegyezze fel három esetben (1. csak a kő; 2. mérőpohár + ismeretlen sűrűségű folyadék; 3. mérőpohár + ismeretlen sűrűségű folyadék + kő belelógatva) a digitális mérleg által mutatott tömegértékeket!
- Határozza meg az ismeretlen folyadék sűrűségét!

## 9. Szilárd anyag (alumínium) fajlagos hőkapacitásának (fajhőjének) meghatározása

### Feladat:

A rendelkezésére álló eszközökkel, a víz fajhőjének és a kaloriméter hőkapacitásának ismeretében, határozza meg a kiadott fém fajhőjét!

*Szükséges eszközök:*

Ismert hőkapacitású kaloriméter tetővel, keverővel, hőmérővel, szobai hőmérő, 3 db közepes főzőpohár, meleg víz, nagyobb méretű tálca, törlőruha, mérleg, száraz állapotú, szobahőmérsékletű apró alumínium darabok (pl. alu-csavarok).

### A mérés leírása

Mérje le a szárazra törölt kaloriméter tömegét a fedővel, a keverővel és a hőmérővel együtt! Töltse meg a kalorimétert – körülbelül feléig – forró vízzel, és mérje le ismét a berendezés tömegét a vízzel együtt! A két mérlegelés alapján az edénybe öntött víz tömege meghatározható. (Alkalmas mérleg hiányában a víz tömegének meghatározása történhet mérőhengerrel végzett térfogatmérés alapján is.)

Szobai hőmérőn olvassa le a szobahőmérsékletet, majd mérjen le a szobahőmérsékletű, száraz fém darabokból kb. kétszer annyit, mint a kaloriméterbe töltött víz tömege!

Olvassa le a kaloriméterben lévő meleg víz hőmérsékletét a hőmérőn! (A hőmérő leolvasása előtt bizonyosodjon meg róla, hogy a mérlegeléssel töltött idő alatt a kaloriméter hőmérséklete stabilizálódott!)

Helyezze a kaloriméterbe a lemért tömegű, szobahőmérsékletű, száraz fém darabokat! Néhány percnyi kevergetés alatt beáll az új hőmérséklet. Olvassa le ismét a hőmérő állását!

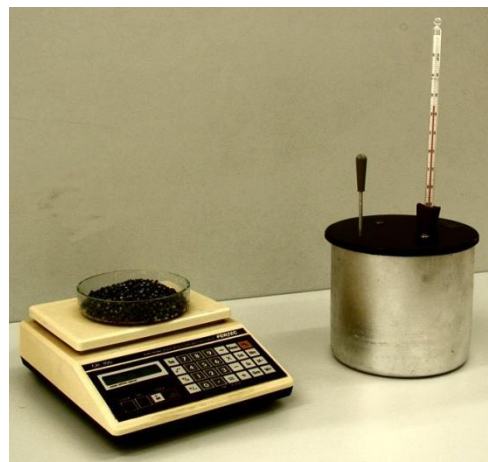
- *A megadott és a mért adatok alapján határozza meg a szilárd anyag fajhőjét!*
- *A kapott eredményt hasonlítsa össze a vizsgált fémnek a függvénytáblázatban található fajhőértékével! Ismertesse, mi okozhatja a mért és az elméleti érték esetleges eltérését!*

*Megjegyzés:*

A víz fajhőjének táblázati értéke:  $c = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$ .

A kaloriméter hőkapacitása az adott eszközre jellemző, a konkrét érték a kaloriméteren olvasható.

A víz tömegének meghatározásához elfogadható a térfogat mérése mérőhengerrel is.



## 10. Kristályosodási hő mérése

### Feladat:

Határozza meg kalorimetrikus méréssel a túlhűtött sóolvadék kristályosodása során felszabaduló energia egységnyi tömegű anyagra vonatkoztatott értékét!

### Szükséges eszközök:

Ismert tömegű túlhűtött sóolvadék (célszerűen „nátriumacetát-trihidrát”), ismert hőkapacitású (vízértékű) iskolai kaloriméter keverővel, hőmérővel, stopperóra, szobahőmérsékletű állott víz, mérőhenger. A kísérleti eszközöket és anyagokat a fotó mutatja.



### A mérés leírása

A mérőhenger segítségével töltsön a kaloriméterbe ismert mennyiségű szobahőmérsékletű vizet! (A víz tömege kb. 6–7-szerese legyen a műanyag tasakban lévő folyadék előzetesen lemért és megadott tömegének.) A szobahőmérsékletű folyadékot tartalmazó tasakot emelje a kaloriméter fölé, majd a tasakban lévő görbült fémlapocskával átpattintásával indítsa be a kristályosodást! Amint meggyőződött a folyamat beindulásáról, rakja a tasakot a kaloriméter vizébe, tegye rá a tetőt, helyezze be a hőmérőt, és indítsa el az órát! A kristályosodás során az anyagtól energia szabadul fel, ami melegíti a kalorimétert és a beletöltött vizet. Óvatos rázogatóssal, a kaloriméter körkörösén görbült keverőjének le-fel történő mozgatásával segítse a víz melegedését, közben percenként olvassa le a hőmérsékletet! Az idő- és hőmérsékletértékeket jegyezze fel! A mérést folytassa, amíg a melegedés tart!

- *Készítse el a kaloriméter melegedését jellemző idő–hőmérséklet grafikon, és határozza meg a rendszer maximális hőmérsékletét!*
- *Az anyag tömegét, a víz tömegét és fajhőjét, valamint a kaloriméter hőkapacitását ismerve, továbbá a kiindulási és a végső hőmérséklet mért értékeit felhasználva írja fel az energiamegmaradást kifejező egyenletet, majd határozza meg számítással az anyag tömegegységére jutó kristályosodási hőjét!*

*Megjegyzés:*

A kaloriméter előre meghatározott hőkapacitása az eszközön van feltüntetve. Az egyszerűség kedvéért ne foglalkozzon azzal a hőmennyiséggel, amit a sóoldat vesz fel az olvadáspontig történő felmelegedésével, illetve amit a só ad le, miközben visszahűl a végső hőmérsékletre. A kristályosodási hő lényegében a fagyáshőnek felel meg.

A víz fajhőjének táblázati értéke:  $c = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$ .

A „túlhűtött” kifejezés az anyag olyan állapotát jelenti, amikor a fázisátalakulás nem játszódik le annak ellenére, hogy a hőmérséklet a fagyáspont (illetve a lecsapódási hőmérséklet) alá csökken. Energetikai szempontból a hirtelen meginduló fázisátalakulás ugyanúgy történik, mint a fagyásponton (vagy a lecsapódási hőmérsékleten).

A kísérletben felhasznált anyag a sportkereskedelemben téli kézmelegítő párnaként, gyógyászati segédeszközként fülmelegítő párnaként, zárt műanyag tasakban kapható. Az anyag ismételten, sokszor felhasználható. A kristályos anyag forró vízben felolvasztható, és a vízfürdőből kivéve szobahőmérsékleten túlhűthető.

Felhasználható a méréshez kristályos nátrium-tioszulfát (fényképezési fixírsó) is, amely szintén vízfürdőn felolvasztható és hideg vízben túlhűthető. A túlhűtött fixírsó-olvadékot tartóedénnyel együtt helyezzük a kaloriméterbe. (A kaloriméter hőkapacitásának megadásakor az edény hőkapacitását is figyelembe kell venni.) A fixírsó kristályosodását apró kristályszemcse beledobásával indíthatjuk meg.

## 11. Ekvipotenciális vonalak kimérése elektromos térben

### Feladat:

A megadott eszközökből az utasítás alapján állítsa össze a kísérletet!

Mérje ki az ekvipotenciális vonalakat lapos potenciálkádban egy hosszabb, egyenes rúd alakú és egy kisebb, korong alakú fémelektroda közti térrészben!

A kimért ekvipotenciális vonalak alapján készítsen közelítő vázlatrajzot a tér erővonal-szerkezetéről!

### Szükséges eszközök

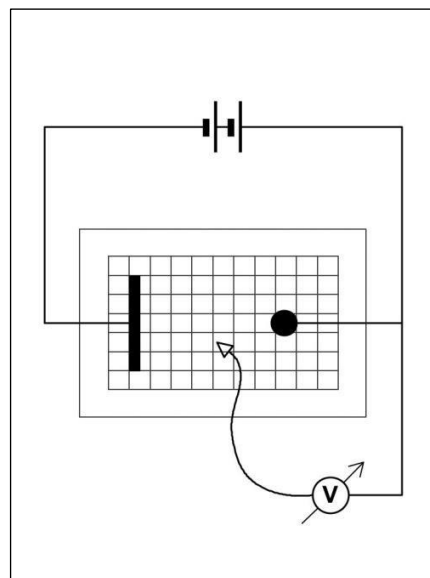
Feszültségforrás (kb. 10 V egyenfeszültség – pl. 2 db sorba kötött laposelem), nagy belső ellenállású feszültségmérő, lapos potenciálkád, vezetékek, négyzethálós papír (milliméterpapír).

### Megjegyzés:

A kísérlethez szükséges potenciálkád házilag egyszerűen elkészíthető.

Legalább 10x20 cm alapterületű lapos műanyagkád (műanyagtálca) aljára négyzethálós beosztású papírlapot helyezünk (ha a tál alja átlátszó, a papírt célszerűen a tál alá rögzítjük, ha a tál alja nem átlátszó a papír a tálba kerül. Ez utóbbi esetben az átnedvesedő papírt esetenként cserélni kell.) A tálba néhány mm magasan csapvizet töltünk. A tálba helyezhető fémelektrodák anyaga célszerűen alumínium vagy réz. (A vas rozsdásodik!) Előnyös olyan elektródákat használni, amelyek önmagukban is stabilan megállnak a kád alján. (Ilyen például az L profilú alumíniumsín vagy a négyzetes keresztmetszetű alumínium zártszelvény – lásd fotó.) Az elektródákhoz egyszerűen csatlakozhatunk az iskolai kísérletezésben használt röpszinórokkal, ha az elektródákra a banándugónak megfelelő lyukakat fúrunk.

Az ajánlott kísérleti összeállítás fotóját és a kapcsolási rajzot az ábra mutatja.





### A kísérlet leírása

A kapcsolási rajz alapján állítsa össze a mérést! Figyeljen arra, hogy az elektródák a négyzethálós vonalaira illeszkedjenek! A mérési eredmények rögzítésére készítsen elő a tál alján lévő négyzethálós laphoz hasonló papírt, és erre rajzolja be az elektródák pontos helyét! Helyezze feszültség alá az áramkört, majd a feszültségmérő szabad potenciálvezetékét mártsa a vízbe és figyelje a feszültségmérő műszert! A potenciálvezeték helyzetét ne változtassa addig, míg a műszer megállapodik és a feszültséget pontosan le tudja olvasni! Ezután helyezze át a potenciálvezetékét a tér más pontjaiba és végezze el itt is a mérést! Keresse meg azokat a pontokat, ahol a mért potenciál azonos!

- *Mérjen ki a kádban néhány ekvipotenciális vonalat, és rajzolja be azokat a négyzethálós papírlapra, a vonalakon tüntesse fel a mért feszültség értékét is!*
- *A kimért ekvipotenciális vonalak alapján készítsen vázlatos rajzot a tér erővonal-szerkezetéről!*

## 12. Elektrolit elektromos ellenállásának vizsgálata

### Feladat:

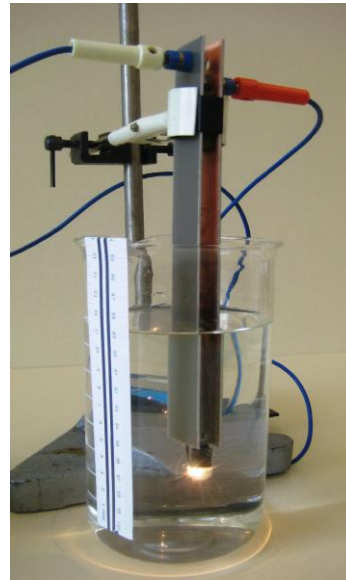
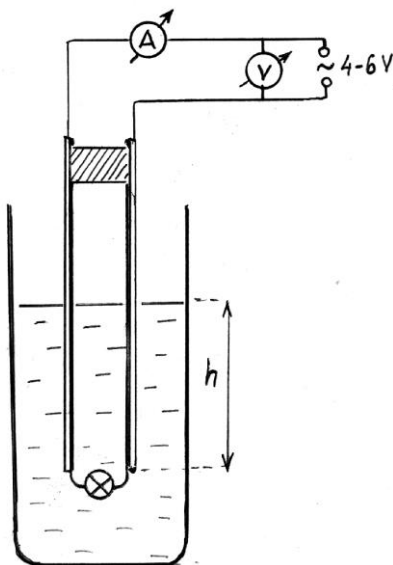
Vizsgálja meg az izzólámpából és elektródákból álló kapcsolás áramfelvételét a vízbe merített elektródák merülési mélységének függvényében!

*Szükséges eszközök:*

4 vagy 6 V-os váltakozó feszültségű áramforrás; váltóáramú feszültség és árammérő műszerek; vezetékek; két, egymástól 1 cm távolságban szigetelő távtartók közé rögzített rézlemez-elektroda (ajánlott anyaga nyomtatott áramköri lemez, méretei 3x20 cm), felső végén banándugós csatlakozással, alsó szélén az elektródák közé forrasztott zseblámpaizzóval. Állvány, ami az elektródák befogását és magasságának változtatását biztosítja. Tálca, magas vizes edény, külső falán cm-skála, hideg csapvíz.

### A mérés leírása

A kísérleti összeállítást az ábra mutatja.



Adjon feszültséget az izzóra, áram- és feszültségméréssel határozza meg az izzó ellenállását! Merítse az elektródákat hideg csapvizet tartalmazó edénybe, és méréseket végezve határozza meg a kapcsolás áramfelvételét az elektródák legalább négy különböző mértékű merülése esetén!

- *Adatait foglalja értéktáblázatba és ábrázolja grafikusán, majd értelmezze a kapott áramerősség–mélység grafikont!*
- *Határozza meg, hogyan változik a víz elektromos ellenállása az elektródák vízbe merülő hosszának függvényében!*
- *Elfogadva, hogy a folyadékok áramvezetésére is érvényes Ohm törvénye, határozza meg a hideg víz fajlagos ellenállását!*

### 13. Az áramforrás paramétereinek vizsgálata

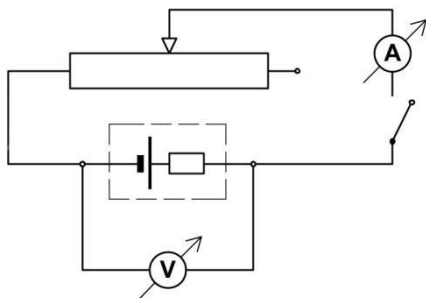
**Feladat:**

Feszültség és árammérés alapján határozza meg az áramforrás (szárakelem) jellemző adatait: belső ellenállását, elektromotoros erejét, rövidzárási áramát!

*Szükséges eszközök:*

4,5 V-os laposelem vagy dobozba foglalt áramforrás két banánhüvely-kivezetéssel, feszültségmérő, árammérő, 10-20  $\Omega$ -os és 4-5 A-rel terhelhető tolóellenállás, kapcsoló, röpszinórok, krokodilcsipesz.

A kísérlet összeállítását a kapcsolási rajz mutatja



Változtatható ellenállásként 10-20 ohmos, 4-5 amperrel terhelhető tolóellenállást alkalmazunk. A tolóellenállás csúszkájának eltolásával az áramkörbe bekötött ellenállás változtatható. Az árammérő műszert az ellenállással sorosan, a feszültségmérőt a teleppel párhuzamosan kapcsoljuk. A kapcsoló zárása után a műszerek által mutatott értékek a csúszka helyzetétől függenek.

#### A mérés leírása

A csúszka helyzetét változtatva legalább négy pontban olvassa le az áram és a kapocsfeszültség összetartozó értékeit!

- A mérési adatokat foglalja táblázatba, majd ábrázolja feszültség-áram grafikonon!
- A grafikon alapján határozza meg a telep jellemző adatait!

#### **Figyelmeztetés!**

Ügyeljen a műszerek helyes bekötésére!

A változtatható ellenállás csúszkáját ne tolja szélső helyzetekig!

Az árammérő műszert a legnagyobb méréshatáron használja!

A kapcsolót csak a mérések idejére zárja, hogy feleslegesen ne fogyassza a telep energiáját!

## 14. Zseblámpaizzó ellenállásának mérése Wheatstone-híddal

### Feladat:

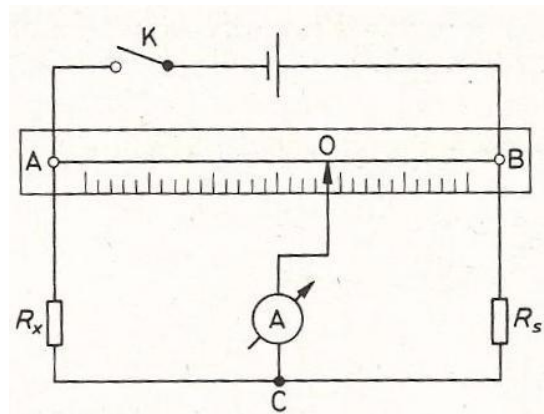
Mérje meg a kiadott zseblámpaizzó wolframból készült izzószálának ellenállását Wheatstone-híddal! A méréséhez használjon három különböző (ismert) értékű segédellenállást!

*Szükséges eszközök:*

Zseblámpaizzó (3,5 V, 0,2 A) foglalatban, 3 db különböző értékű ellenállás, megadva az ellenállások névleges értékét (ajánlott ellenállásértékek:  $\approx 100 \Omega$ ,  $\approx 50 \Omega$ ,  $\approx 5 \Omega$ ), 1 m hosszú ellenálláshuzal ( $\approx 11 \Omega/m$ ), két végén kialakított elektromos csatlakozóval, cm-skálával ellátott deszkalapra kifeszítve, 1,5 V-os góliát elem, Morse-kapcsoló, röpzsínórok, árammérő Deprez-műszer (forgótekerceses, állandó mágnesű árammérő).

### A mérés leírása

A rendelkezésre álló eszközök felhasználásával állítsa össze az ábrán látható kapcsolást!



A zsebizzót kösse az  $R_x$  mérendő ellenállás helyére, az ismert értékű ellenállásokat rendre az  $R_s$  segédellenállás helyére!

Az árammérő műszert először a legnagyobb méréshatáron használja!

- *A csúszka megfelelő pozicionálásával egyensúlyozza ki a hidat és olvassa le a csúszka helyzetét az egyenes vezető egyik végpontjától mérve! Ezt ismétlje meg mindhárom segédellenállás alkalmazásával!*
- *A mérési adatokat foglalja táblázatba és számítsa ki minden mérés esetén az izzószál ellenállásának értékét!*
- *Magyarázza meg a kapott eredményeket!*

## 15. Félvezető (termisztor) ellenállásának hőmérsékletfüggése Termisztoros hőmérő készítése

### Feladat:

Vizsgálja meg a termisztor ellenállásának hőmérsékletfüggését és készítsen kalibrációs grafikont az ellenállás-hőmérőhöz!

Végezzen hőmérsékletmérést a termisztor-hőmérővel!

*Szükséges eszközök:*

Termisztor, ellenállásmérő üzemmódba kapcsolható univerzális mérőműszer, főzőpohár, hideg csapvíz tartóedényben, forró víz termoszban, kisebb pohár a víz adagolásához, nagyobb vízgyűjtő edény, folyadékos iskolai bothőmérő, milliméterpapír.

A méréshez ajánlott a kereskedelemben 470  $\Omega$ , 680  $\Omega$ , 1 k $\Omega$  jelöléssel kapható termisztor.

A termisztor kivezetéseit forrasszuk banándugóban végződő hajlékony, szigetelt vezetékekhez/röpszínórokhoz, a termisztorból kivezető fémdrót szigetelésére úgynevezett zsugorcső ajánlott, amely megmelegítve rázsugorodik a fémszára. A zsugorfólia termisztor felé eső végén egy csepp szilikonnal tehetjük tökéletessé a szigetelést.

### A mérés leírása

A termoszból öntsön forró vizet a főzőpohárba és helyezze bele a folyadékos hőmérőt! Csatlakoztassa a termisztor ellenállásmérő műszerhez, majd merítse be a vízbe! Ha a folyadékos hőmérő megállapodott, és a termisztor ellenállásának értéke sem változik, olvassa le a műszereket és jegyezze fel értéktáblázatba az adatokat! Változtassa fokozatosan a víz hőmérsékletét! Ehhez a melegvíz egy részét öntse ki a pohárból és pótolja csapvízzel! Összekeverés után várja meg, amíg a hőmérő és az ellenállásmérő értéke stabilizálódik és olvassa le az értékeket! Így változtatva a hőmérsékletet, mérjen legalább 5-6 pontban!

- *A mérési adatok alapján ábrázolja grafikonon a termisztor ellenállásának hőmérsékletfüggését!*
- *A kapott ellenállás-hőmérséklet karakterisztikát tekintse a termisztor-hőmérő kalibrációs grafikonjának! A termisztor két ujjá közé szorítva határozza meg a testhőmérsékletét!*
- *Becsülje meg, mekkora lenne a termisztor-hőmérő ellenállásának értéke olvadó jégben!*

*Megjegyzés:*

A termisztor ellenállásának hőfokfüggése NEM lineáris. Ahhoz, hogy az olvadó jég hőmérsékletéhez tartozó ellenállás értékét meg tudjuk becsülni, szükséges, hogy mérésünket a csapvíz hőmérséklete közelében fejezzük be, és a mért görbe széléhez illesztett egyenessel extrapoláljunk.

## 16. Hagyományos izzólámpa és energiatakarékos „kompakt” lámpa relatív fénytéljesítményének összehasonlítása

### Feladat:

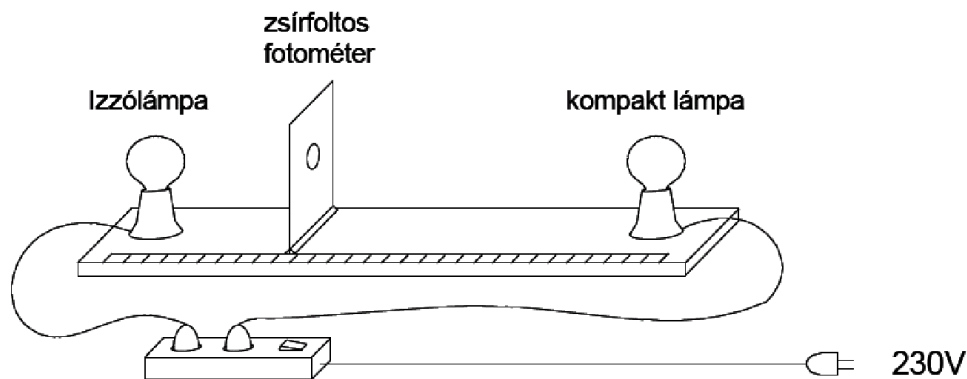
Hasonlítsa össze mérései alapján a hagyományos izzólámpa és az energiatakarékos „kompakt” lámpa relatív fénytéljesítményét (a kibocsátott fénytéljesítmény és a felvett elektromos teljesítmény arányát)!

*Szükséges eszközök:*

Ismert névleges teljesítményű, hálózati izzólámpa és kompaktlámpa (a lámpák gömb alakú opál-burájúak) álló foglalatban, földelt, biztonsági dugaszú csatlakozással, kapcsolóval ellátott hálózati biztonsági elosztó aljzat, zsírfoltos fotométer, mérőszalag.

### A mérés leírása

Helyezze el egymással szemben a két lámpát, kb. 1 méter távolságban, majd a két lámpa közé, a lámpákat összekötő egyenesre merőlegesen a zsírfoltos papíreornyót! 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 változik, ha az ernyőt elmozdítjuk a lámpákat összekötő egyenes mentén. (A gömb alakú opál lámpák fénykibocsátását gömbszimmetrikusnak tekinthetjük. A lámpák az ernyőt az ernyőtől vett távolságuk négyzetével fordítottan arányos mértékben világítják meg.) 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 névleges teljesítményét alapul véve határozza meg a relatív fénytéljesítmények arányát!*

### 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 papíreornyó környező részénél. Ha az ernyő mindkét oldalról azonos intenzitású megvilágítást kap, a folt egybeolvad az ernyővel.

Törekedjünk arra, hogy a kísérlet háttérvilágítása egyenletes legyen. Ha a kísérlet az egyik oldalról több fényt kap, az meghamisítja a mérés eredményét.

## 17. A víz törésmutatójának meghatározása

### Feladat:

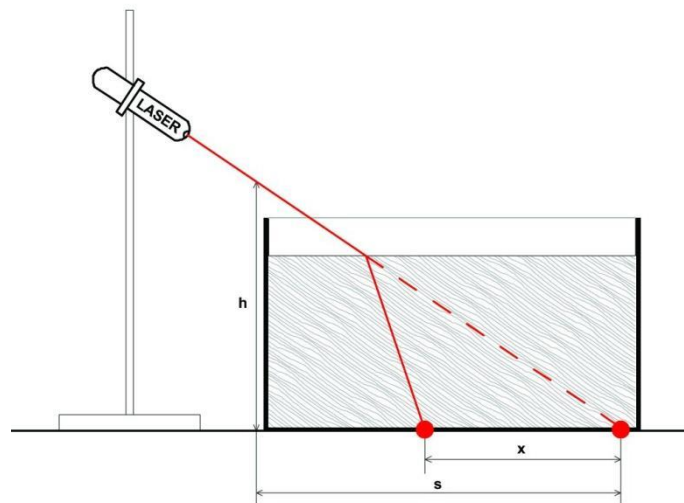
Állítsa össze és végezze el a leírt kísérletet!

Mérési adatai alapján határozza meg a víz levegőre vonatkoztatott törésmutatóját!

*Szükséges eszközök:*

Vékony falú, sík aljú üveg- vagy műanyagkád (ragasztott akvárium), lézerdióával működő ún. előadási lézervénymutató, milliméterpapír, mérőszalag, Bunsen-állvány dióval, kémcsőfogóval (a lézer rögzítésére), tálca, tiszta víz tárolóedényben.

A kísérlet összeállítási rajzát az ábra mutatja.



### A mérés leírása

Állítsa be a kísérletet! Az üres üvegekád alá helyezze el a milliméterpapírt! A lézerverendezést rögzítse a befogóba és a lézersugarat irányítsa ferdén a kád aljára! (Célszerű a lézersugarat a lehető leglaposabb szögbe állítani úgy, hogy a fényfolt a kád oldalához közel, a milliméterpapír egy osztásvonalára essék.) A kád fényforrás felőli oldalánál mérje meg a ferde lézersugár magasságát és a kád alján a fényfolt távolságát!

Töltsön fokozatosan egyre több vizet a kádba! Mérje a vízszint magasságát és a lézerfolt eltolódásának mértékét a kád alján! (Ez utóbbit a milliméterpapír segítségével olvassa le!)

- *Értelmezze a fényfolt eltolódását a kád alján!*
- *A mért adatok alapján határozza meg a víz levegőre vonatkoztatott törésmutatóját!*

## 18. A domború lencse fókusz távolságának meghatározása ún. Bessel-módszerrel

### Feladat:

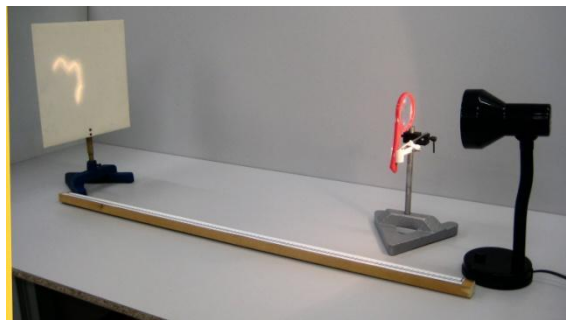
Állítsa össze a kísérletet!

Határozza meg a leírt Bessel-féle módszerrel a lencse fókusz távolságát!

*Szükséges eszközök:*

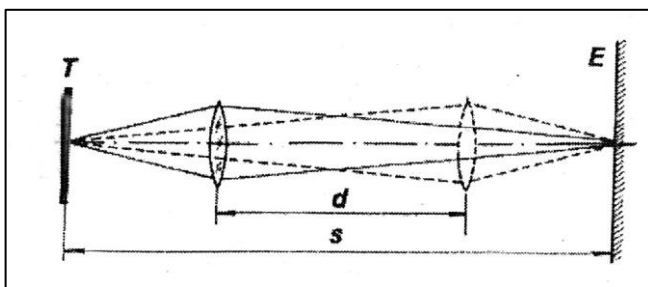
Nagyobb átmérőjű, kb. 10-20 cm fókusz távolságú gyűjtőlencse üvegből vagy műanyagból, fehér papír vagy pausz ernyő, asztali lámpa 25 W-os izzóval, optikai pad mozgatható lovasokkal, a lencse, az ernyő rögzítésére szolgáló befogókkal; mérőszalag.

(Ha az optikai pad a tartozékokkal nem áll rendelkezésre, megfelel a fotón bemutatott összeállítás is. A leképező lencse egyszerű kézi nagyító, az izzósál és az ernyő távolsága 1 m, a lencse helyzetének változása a méterrúdra ragasztott papír mérőszalaggal mérhető.)



### A mérés leírása

A fókusz távolság 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 fókusz távolsága a mért adatokból az

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

összefüggés alapján határozható meg.

- *Állítsa össze a kísérletet!*
- *A mérést elvégezve határozza meg a lencse fókusz távolságát!*

*Megjegyzés:*

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



## 19. A fényelhajlás jelensége optikai rácson, a fény hullámhosszának meghatározása

### Feladat:

Optikai rácossal bemutatott fényelhajlási kísérlet segítségével határozza meg a fény hullámhosszát!

*Szükséges eszközök:*

Kis teljesítményű fénymutató-lézer, optikai sín lovasokkal, ernyő, ismert rácsállandójú optikai rác, mérőszalag, vonalzó.

Megjegyzés:

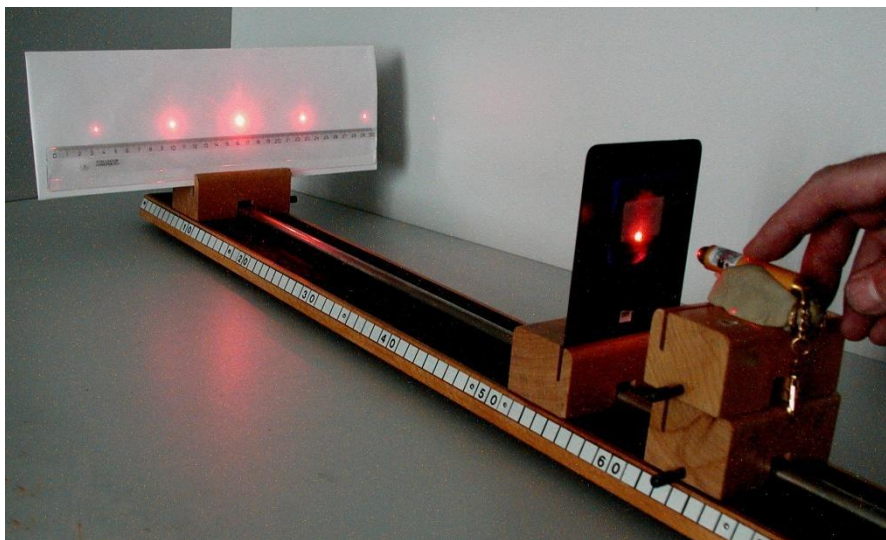
Lézer-fényforrásként kis energiájú He-Ne lézert, vagy lézerciódával működő, olcsó, ún. fénymutató-lézert használhatunk. Ez utóbbi irányításának és rögzítésének legegyszerűbb módja az, ha a ceruzavastagságú, néhány cm hosszú eszközt játékgyurmába ágyazzuk.

A mérési összeállítást a fotó mutatja.

### A mérés leírása

Az optikai sín végére rögzítsünk széles ernyőt, az ismert rácsállandójú optikai rácst helyezzük a sínen mozgatható lovasba tett diatartóba, majd a rácst világítsuk át lézerefénnyel!

A lézerefény a rácson áthaladva elhajlik. Az ernyőn szimmetrikusan megjelenő interferencia-maximumok nappali világításban is jól láthatók.



- *Mérje le az optikai rác és az ernyő távolságát, valamint az ernyőn az első elhajlási maximum és a direkt sugár foltjának (középső, legerősebb megvilágítású folt) távolságát!*
- *A mért hosszúságadatokat és az optikai rác megadott rácsállandóját felhasználva határozza meg a lézerefény hullámhosszát!*
- *A mérési hiba csökkentésére ismételje meg a hullámhossz meghatározását más ernyő-rács távolságok esetén is! A különböző mérések során  $\lambda$  értékeket átlagolja!*

## 20. Erőhatás távolságfüggésének kimérése neodímium mágnesek között

### Feladat:

Egymást taszító, neodímium mágnesek közötti erőhatás távolságfüggésének kimérése.

*Szükséges eszközök:*

Két darab henger alakú neodímium mágnes (például átmérő: 10 mm, magasság: 20 mm); egy vékony, hosszú, egyik végén zárt plexicső, amelynek belső átmérője kissé nagyobb a mágnesek átmérőjénél; fahasáb, melynek közepén furat található (abba lehet beilleszteni a plexicsövet); különböző tömegű, lehetőleg ólomból vagy rézből készült hengerek, melyek beférnek a plexicsőbe; műanyag vonalzó; digitális mérleg.

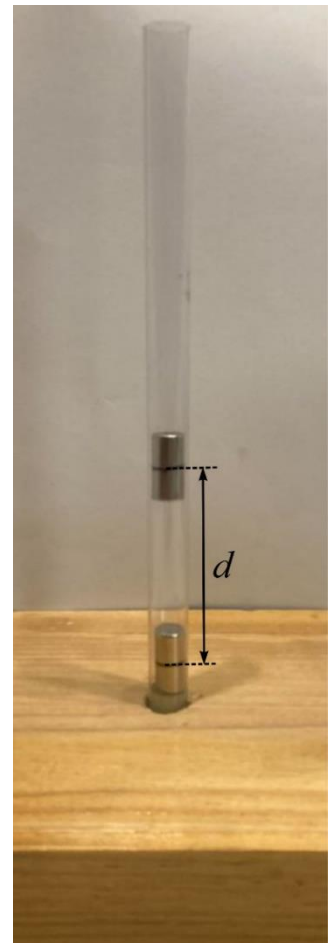
### A mérés leírása:

A mérőhelyen egy olyan összeállítás áll rendelkezésre, mint amit a jobb oldalon látható fénykép mutat. A plexicsőben két neodímium mágnes található, melyek taszítják egymást. Óvatosan szedje szét az összeállítást, a fahasábot helyezze a mérlegre, majd tárazza (nullázza) a mérleget. Végül helyezze az egyik mágnes a fahasáb tetejére, és határozza meg a tömegét. (A másik mágnes maradjon a plexicsőben, és figyeljen arra, hogy a nagyon erős mágnesek ne csapódjanak egymáshoz. A tömegmérésnél a fahasábra azért van szükség, hogy az erős mágnes ne befolyásolhassa a mérleg működését.) Rakja össze az összeállítást az eredeti formájában. Vigyázzon arra, hogy a mágnesek taszítsák egymás.

Mérje le a mérőhelyen lévő ólomból vagy rézből készült fémhengerek tömegét! Jegyezze fel az adatokat!

Mérje meg műanyag vonalzóval a mágnesek bejelölt középvonalának a távolságát. Majd kezdje az ólomból vagy rézből készült hengerekkel felülről terhelni a felső mágneset, és minden egyes terhelésnövelésnél mérje le a mágnesek középvonalának a távolságát. A terhelést addig növelje, ameddig be nem telik a terhelő súlyokkal a plexicső.

*Útmutatás:* Megmutatható, hogy a mágnesek között ható erő a következő alakban írható fel:  $F = Ad^n$ , ahol  $A$  egy állandó,  $d$  a középvonalak közötti távolság,  $n$  pedig egy hatványkitevő.



- Számítsa ki a különböző terhelések esetében a mágnesek között ható  $F$  taszítóerő nagyságát newton-egységben! Foglalja táblázatba ezeket a taszítóerőket és a hozzájuk tartozó középvonalak közötti  $d$  távolságot milliméter egységben!
- Rajzolja fel az  $F$ - $d$  grafikon!
- Egészítse ki a táblázatot úgy, hogy abban szerepeljen az  $F$  erő értékének a logaritmusa, továbbá a  $d$  távolság értékének a logaritmusa! Bármilyen alapú logaritmust használhat, például 10-es alapú logaritmust. Ábrázolja  $\log(F)$ -et  $\log(d)$  függvényében milliméterpapíron, és a kapott pontokra minél jobban illeszkedő egyenest rajzoljon be vonalzóval!
- Az adatokra illesztett egyenes meredekségéből határozza meg a mágnesek közötti taszítóerő távolságfüggésének hatványkitevőjét!