

**Emelt szintű fizika szóbeli érettségi vizsga anyagai
Városmajori Gimnázium, 2025. április**

Szóbeli témakörök:

https://dload-oktatas.educatio.hu/erettsegi/nyilvanos_anyagok_2025tavasz/fizika_emelt_szobeli_temakorok_2025maj.pdf

Mérésekkel kapcsolatos tudnivalók:

https://dload-oktatas.educatio.hu/erettsegi/nyilvanos_anyagok_2025tavasz/fizika_emelt_szobeli_meresleiras_2025maj.pdf

Ez a dokumentum a Városmajori Gimnáziumban készült fényképeket tartalmazza a mérési feladatokról.

Eredeti dokumentum:

https://dload-oktatas.educatio.hu/erettsegi/nyilvanos_anyagok_2025tavasz/fizika_emelt_szobeli_meresek_2025maj.pdf

Az emelt szintű mérési feladatok elvárt időtartama

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

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 kódarab (a kő súlya kevéssel meghaladja a rendelkezésre álló mérleg /erőmérő méréshatárát), méteres mérőszalag, támasztó ékek.



A faléctet 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 mérendő súlyú kódarab a rákötött hurokkal akasztható a lécre.

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 feltüntetető értelmező rajzot!
- A mért hosszúság- és erőadatokból határozza meg az ismeretlen test súlyát!

Megjegyzés:

A mérést a vizsgahelyszínen 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 kódarab 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 kódarab 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:

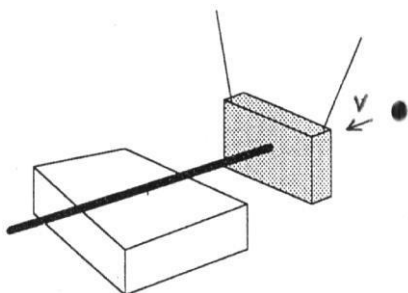
Ballisztikus inga segítségével határozza meg a játékpisztoly-lövedék sebességét! Ehhez mérje meg, hogy a lövést, majd a rugalmatlan ütközést követően mennyire lendül hátra az inga a rátapadt lövedékkel és mekkora az együttes lengésidejük!

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 célzásakor a pisztolyt tartsa távolabb az ingától, mint amilyen hosszú a tapadókorongos lövedék szára!) Jó célzás esetén a tapadókorong megtapad az ingán, és az inga hátralendül anélkül, hogy közben billegne.



- Mérje le, mennyire tolta hátra a kilendülő ingatest a hurkapálcát a támaszon! A mérést ismételje 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.

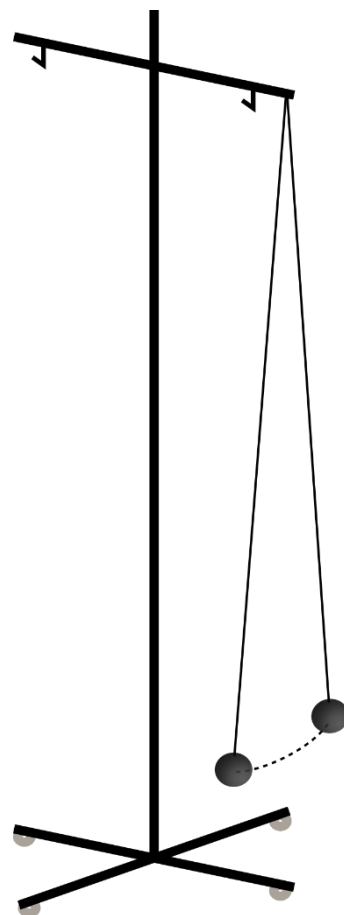
A mérés leírása:

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! Ismételje meg ugyanezt a mérést úgy is, hogy a leghosszabb fonál végére két egyforma ingatestet akaszt.

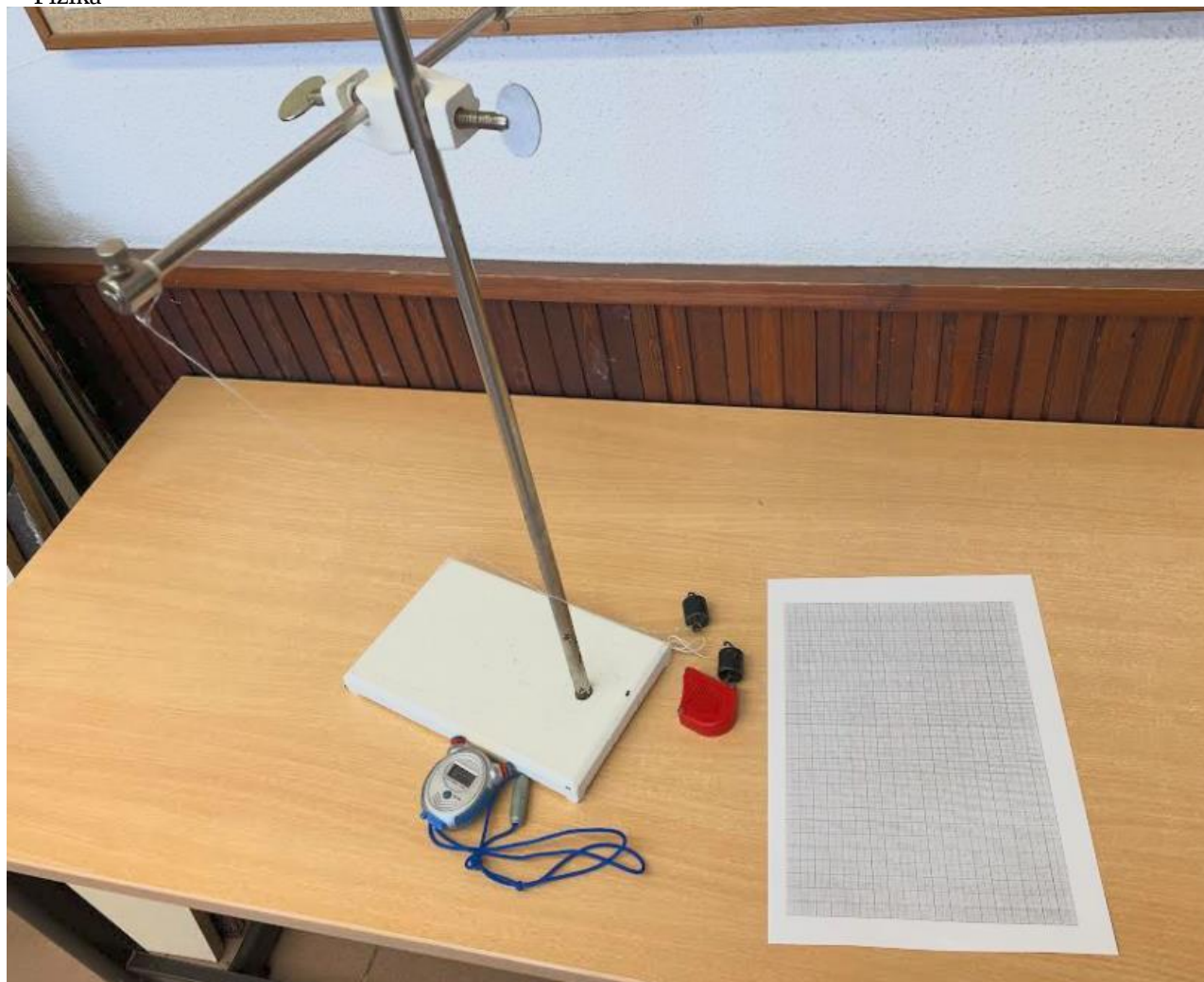
Kis szögkitéréssel indítva mérje meg mind az öt különböző hosszúságú fonál használatával a matematikai inga lengésidejét (egy ingatestet akasztva a fonalakra).

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 ingahosszágnál nem függ a szögkitéréstől!
- Igazolja, hogy a lengésidő adott ingahosszágnál 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:

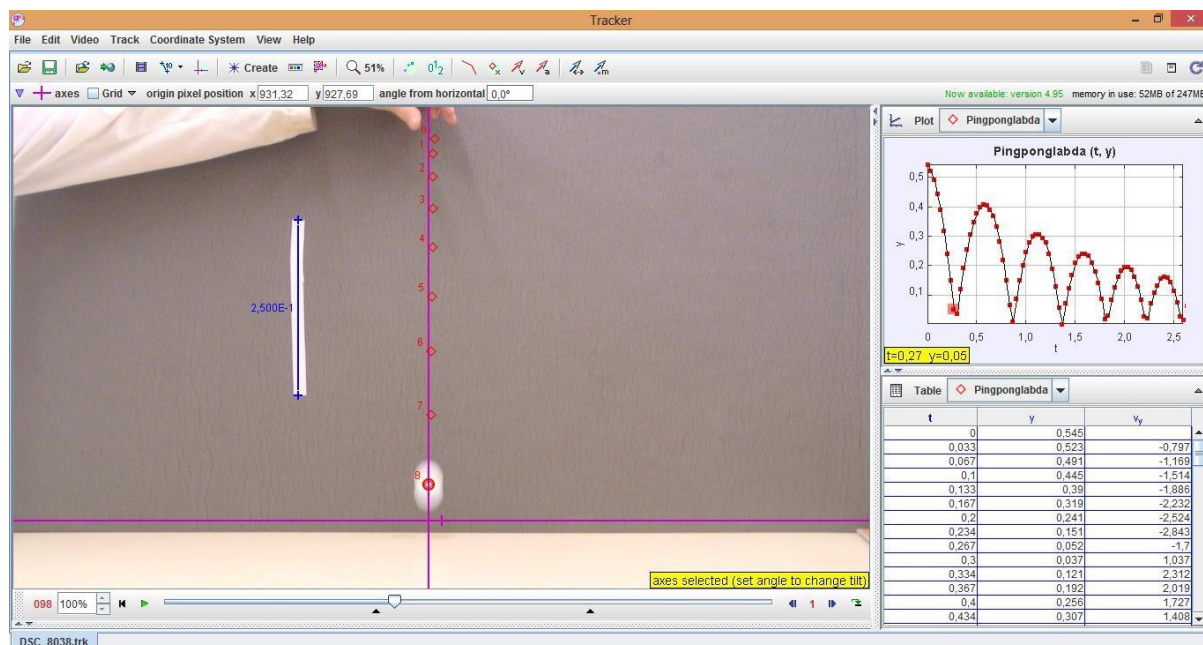
Készítsen videofelvételt egy kezdősebesség nélkül leejtett pingponglabda mozgásáról! Elemezze a labda mozgását Tracker videóelemző program segítségével!

Szükséges eszközök:

Pingponglabda; hosszúságetalon (hosszú vonalzó); számítógép Tracker szoftverrel; kamera.

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!



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 felfelé indul a labda, illetve amellyel utána visszaérkezik a földre! Hasonlítsa össze és értelmezze az adatokat!*
- *Elemezze 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 ismételtén 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 felíratra 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 műanyaghenger, mindkét végén nyitott, a hengeres edénybe illeszthető műanyag cső, 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 megkoccintással 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; ismeretlen, a víznél nagyobb sűrűségű test; cérna; cellux; ismeretlen sűrűségű folyadék (pl. étolaj, stb.).

A mérés leírása

Mérje meg a rugós erőmérővel az ismeretlen sűrűségű test egyensúlyban tartásához szükséges erőt a levegőben tartva a testet! Ismételje 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

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!

- 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, közepes főzőpohár, meleg víz, nagyobb méretű tálca, törlőruha, mérleg, száraz állapotú, szobahőmérsékletű apró alumínium darabok (pl. alu-csavarok).

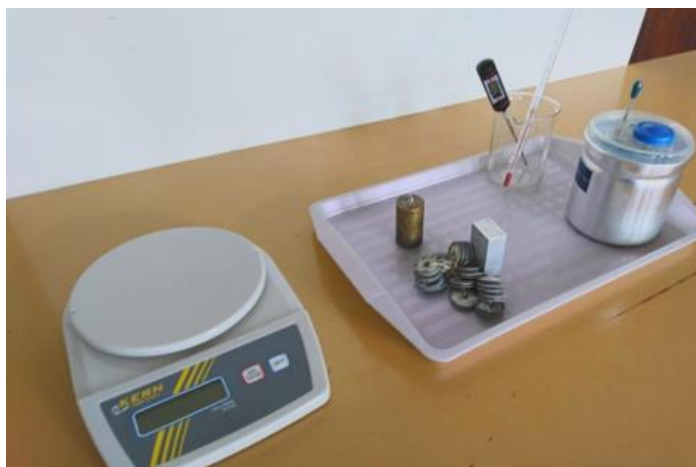
A mérés leírása

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 fémadarabokból 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 fémadarabokat! 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: $c = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$.

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, 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 lemerített és megadott tömegének.) A szobahőmérsékletű folyadékot tartalmazó tasakot emelje a kaloriméter fölé, majd a tasakban lévő görbült fémlapocska 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 anyagból 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 grafikont, 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: $c = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$.

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 (fényképészeti 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:

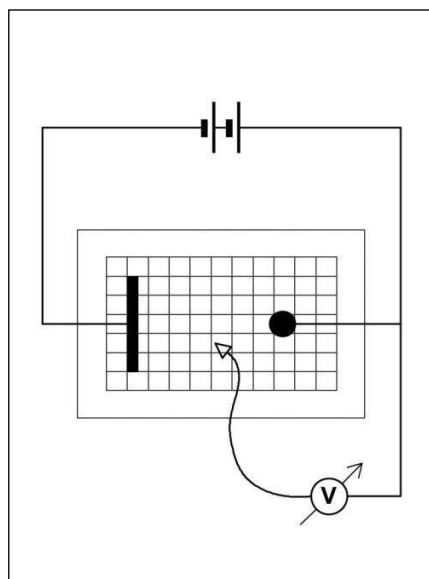
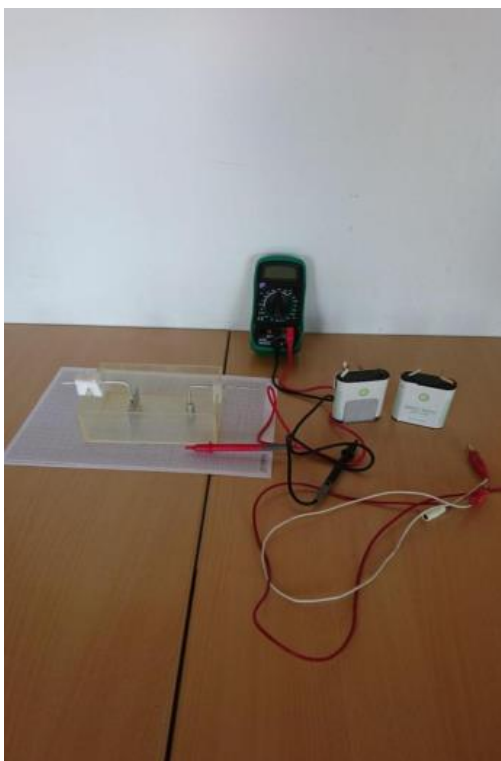
A megadott eszközökből az utasítás alapján állítsa össze a kísérletet!

Mérje ki az ekvipotenciális vonalakat lapos potenciálkádban egy hosszabb, egyenes rúd alakú és egy kisebb, korong alakú fémlektroda 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).



A kísérlet leírása

A kapcsolási rajz alapján állítsa össze a mérést! Figyeljen arra, hogy az elektródák a négyzetháló 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. A dinamika alaptörvényének alkalmazása

Feladat:

Határozza meg a kiskocsi által megtett út és az eltelt idő mérésével a kiskocsi gyorsulását! Számítsa ki a kiskocsit gyorsító súlyok (csavaralátétek) tömegét és a kiskocsi gördülési ellenállását!

Szükséges eszközök:

Megnövelt tömegű kiskocsi; csavaralátétek; fonál; csigával ellátott sín; mérőszalag; könnyű kampó; szivacs (ütközőnek); milliméterpapír. A kiskocsi és a csavaralátétek együttes tömege ismert.

Megjegyzések:

A kiskocsihoz megfelelő hosszúságú fonalat rögzítsen úgy, hogy a fonál másik végére akasztott súlyok (csavaralátétek) az asztalra helyezett, vízszintes sínen mozgó kiskocsi gyorsulása közben az asztal teljes magasságában mozogjanak, így a kiskocsi által befutott út nagyjából 70 cm legyen. A tömegeket úgy kell megválasztani, hogy a futási idők 2 s körüliek legyenek. Ezt úgy lehet elérni, ha az összeállítás teljes tömege nagyjából 40-szer, 80-szor nagyobb, mint egy csavaralátét tömege. (Ha egy alátét tömege túlságosan kicsi, akkor kettőt, hármat egymáshoz lehet ragasztani.) Az alátétek rögzítését a kiskocsihoz például kis rudakkal oldhatjuk meg. A kiskocsi védelmében célszerű egy szivacsdarabot tenni a sín végére.

A mérés leírása

A fényképen látható elrendezésben helyezze el vízszintesen a sít, rá a kiskocsit és a kiskocsira az alátéteket! Rögzítse a fonál egyik végét a kiskocsihoz, a kiskocsiról vegyen le egy alátétet és ezt a kampó segítségével akassza a fonál másik végére! Úgy állítsa össze az elrendezést, hogy a fonál végére akasztott súly mindaddig ne érjen talajt, amíg a kiskocsi a vizsgált s hosszúságú távolságon (mondjuk 70 cm-en) mozog.



A kiskocsi mozgásának leírására alkalmazza a dinamika alapegyenletét ebben a formában:

$$Ma = Nmg - S ,$$

ahol M a rendszer megadott, teljes tömege, m egy alátét tömege, N a fonál végére akasztott alátétek száma, S pedig a gördülési ellenállási erő, mely jó közelítéssel így írható:

$$S = \mu_{\text{görd}} \cdot M \cdot g ,$$

ahol $\mu_{\text{görd}}$ a kiskocsi gördülési ellenállása.

- *Határozza meg a kiskocsi gyorsulását a megtett s út és az eltelt t idő ismeretében úgy, hogy újabb és újabb alátéteket akaszt a fonál végén lévő kampóra! Így összesen 5 különböző gyorsulást kell megmérnie. Minden mérést végezzen el kétszer, és a futási időket átlagolva számoljon! (Ha a két időérték nagyon eltér egymástól, akkor végezzen további időmérést!)*
- *Mérési adatait foglalja táblázatba!*
- *Ábrázolja grafikusan a kiskocsi gyorsulását a fonál végére akasztott alátétek számának függvényében milliméterpapíron! A pontokra illesszen egyenest!*
- *Olvassa le az illesztett egyenes meredekségét és negatív függőleges tengelymetszetét.*
- *A meredekségből és a teljes rendszer ismert M tömegéből számítsa ki az egyes alátétek m tömegét!*
- *Az illesztett egyenes negatív tengelymetszetéből határozza meg a kiskocsi gördülési ellenállását! - Milyen tényezők befolyásolhatták a mérés pontosságát?*

13. Az áramforrás paramétereinek vizsgálata

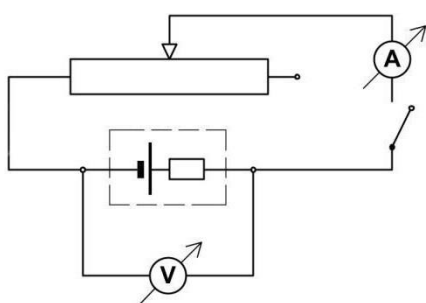
Feladat:

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, változtatható ellenállás, kapcsoló, röpszinórok, krokodilcsipesz.

A kísérlet összeállítását a kapcsolási rajz mutatja



Az árammérő műszert az ellenállással sorosan, a feszültségmérőt a teleppel párhuzamosan kapcsoljuk.

A mérés leírása

A változtatható ellenállás négy beállításánál 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:

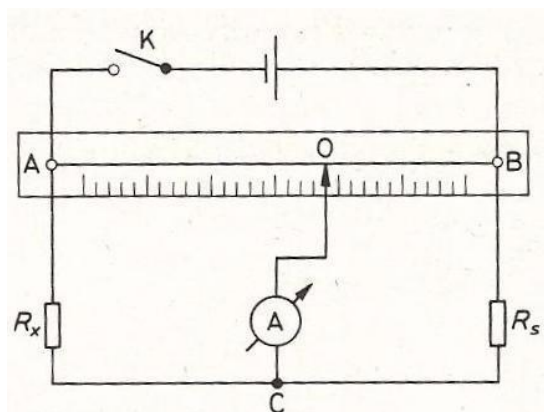
Mérje meg a kiadott zseblámpaizzó wolframból készült izzószálának ellenállását Wheatstone-híddal! A méréséhez használjon három különböző (ismert) értékű segédellenállást!

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 ($\approx 11\ \Omega/\text{m}$), 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

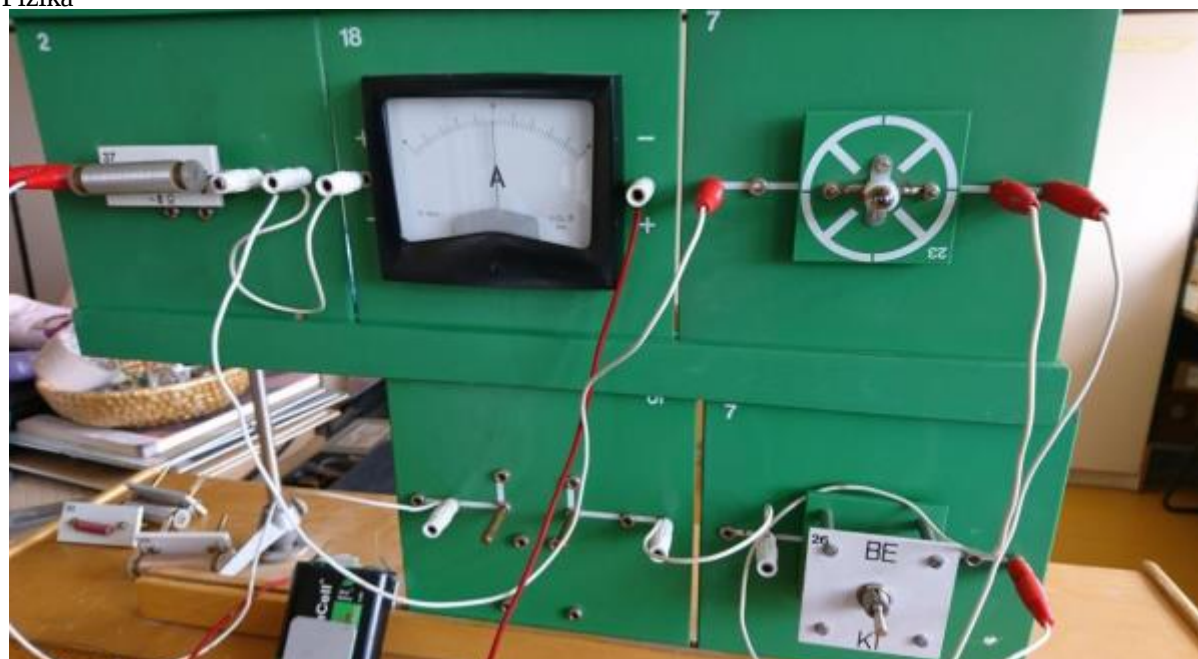
A rendelkezésre álló eszközök felhasználásával állítsa össze az ábrán látható kapcsolást!



A zseblámpaizzót 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.

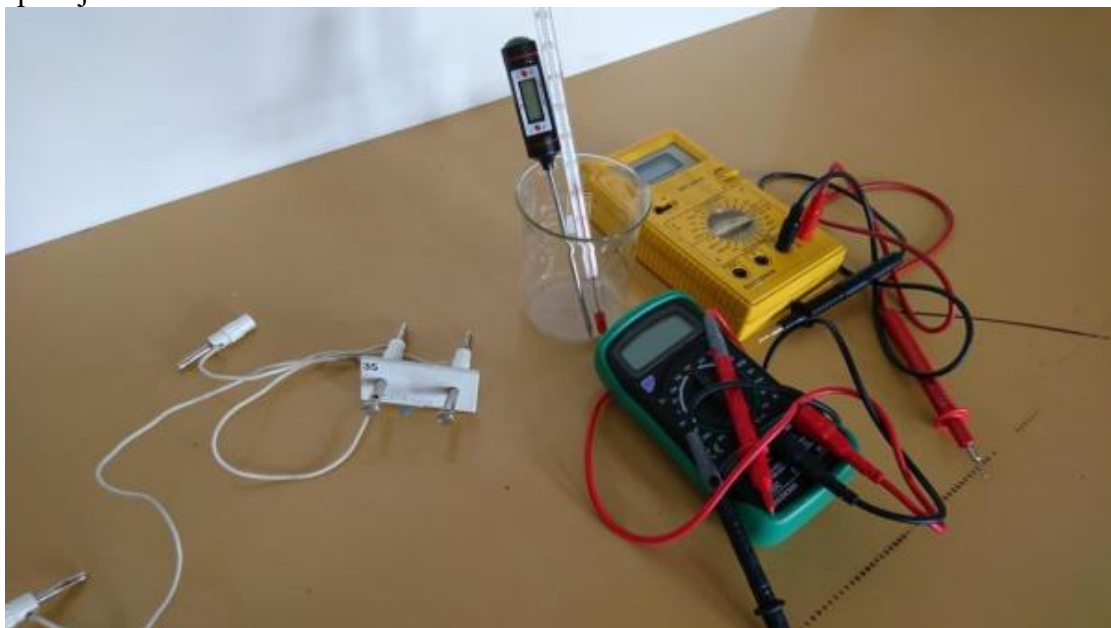
A mérés leírása

A termoszból öntsön forró vizet a főzőpohárba és helyezze bele a folyadékos hőmérőt! Csatlakoztassa a termisztort 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 termisztort 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.



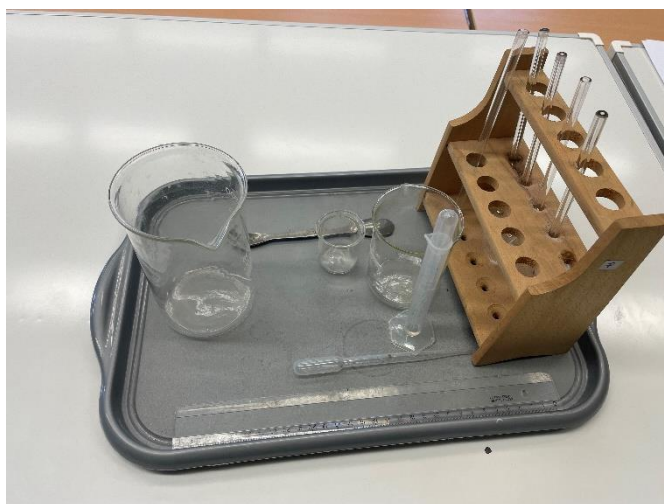
16. Felületi feszültség mérése

Feladat:

Ismert átmérőjű hajszálcső vízbe mártásával határozza meg a víz és az üveg közötti felületi feszültséget! Eredményét felhasználva állapítsa meg egy ismeretlen vastagságú cső belső sugarát! Csepegtetési módszerrel állapítsa meg, hogyan változik meg a víz felületi feszültsége, ha kis mennyiségű mosogatószer oldunk fel a vízben!

Szükséges eszközök:

Egy ismert és egy ismeretlen belső átmérőjű kapilláris üvegcső; egy kicsi és egy nagy mérőpohár; vonalzó; víz; két szemcseppentő; kis térfogatú (pl. 5 cm³ -es) mérőhenger; folyékony mosogatószer; keverőlapát.



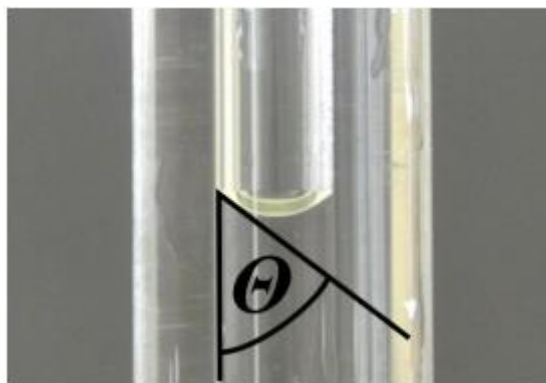
A mérés leírása

A mérés első része: Az ismert belső átmérőjű kapilláris cső végét mártsa tiszta vízbe, majd óvatosan emelje ki a függőlegesen tartott csövet. Vonalzó segítségével mérje meg a csőben maradt víz magasságát. A vízoszlop tetején homorú felület alakul ki, ennek legalsó pontját tekintse a vízoszlop felső pontjának. Ugyanezt a mérést végezze el az ismeretlen átmérőjű kapilláris csővel is. Mindkét esetben mérjen háromszor, mérési eredményeit átlagolja.

Számításaihoz az alábbi összefüggést használja a víz és az üveg közötti γ felületi feszültség értékének meghatározására:

$$\gamma = \frac{h \cdot \rho \cdot g \cdot r}{2 \cdot \cos \Theta},$$

ahol h a kapilláriscsőben maradt vízoszlop magassága, ρ a víz sűrűsége, g a nehézségi gyorsulás értéke, r a kapilláriscső belső sugara, Θ pedig a nedvesítés szöge.



Megjegyzések:

A nedvesítés Θ szöge víz és hagyományos üveg esetén kb. 55°. A mérés során a vízből kiemelt kapilláris cső alján a víz kicsiny görbülettel kidudorodik. Ennek mérést befolyásoló hatását hanyagolja el.

A mérés második része:

Az egyik szemcseppentővel óvatosan adagoljon 1 cm^3 tiszta vizet a mérőhengerbe, miközben megszámolja a cseppek számát. Az adagolást ismétlje meg háromszor, majd átlagoljon.

Mérjen ki 50 cm^3 vizet egy kisméretű mérőpohárba, majd a másik szemcseppentő segítségével cseppentsen 10 csepp folyékony mosogatószer ebbe a vízbe, végül keverje el alaposan az oldatot. Ezt a szemcseppentőt tegye félre. A korábban használt szemcseppentő segítségével adagoljon újra 1 cm^3 oldatot a kiürített mérőhengerbe, miközben megszámolja a cseppek számát. Az adagolást ismétlje meg háromszor, majd átlagoljon.

Ismeretes, hogy csepegtetés közben a cseppek tömege egyenesen arányos a folyadék felületi feszültségével.

Megjegyzés:

A kis mennyiségű mosogatószer nem változtatja meg számottevő módon a víz sűrűségét.

- Határozza meg az ismert hajszálcső mérési adatai alapján a víz és az üveg közötti felületi feszültség értékét!
- Az ismeretlen belső átmérőjű csőben kialakuló folyadékoszlop magassága alapján határozza meg a cső belső sugarát!
- A csepegtetési módszer alapján állapítsa meg, hogyan változik meg (hányszorosára nő, vagy hányszorosára csökken) a víz felületi feszültsége, ha híg mosószerves oldatot készül belőle!

KÉP

17. A víz törésmutatójának meghatározása

Feladat:

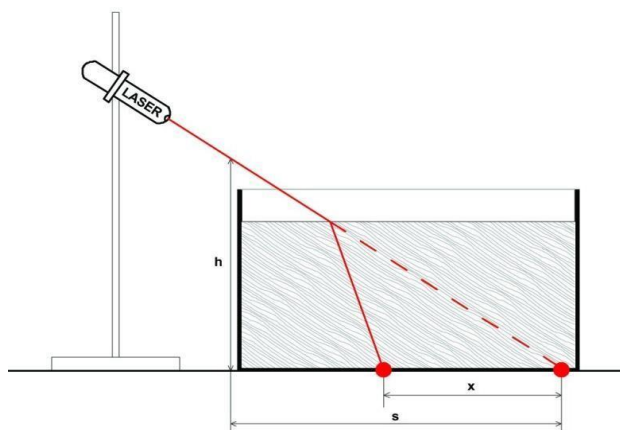
Állítsa össze és végezze el a leírt kísérletet!

Mérési adatai alapján határozza meg a víz levegőre vonatkoztatott törésmutatóját!

Szükséges eszközök:

Vékony falú, sík aljú üvegcád (ragasztott akvárium), lézerdiódával működő ún. előadási lézerfénymutató, 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 üvegcád alá helyezze el a milliméterpapírt! A lézerberendezést 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!

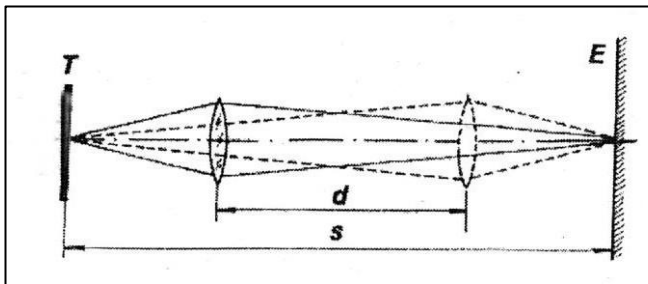
Határozza meg a leírt Bessel-féle módszerrel a lencse fókusz távolságát!

Szükséges eszközök:

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

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 rács, mérőszalag, vonalzó.

A mérés leírása

Az optikai sín végére rögzítsünk széles ernyőt, az ismert rácsállandójú optikai rácsot helyezzük a sínre mozgatható lovasba tett diatartóba, majd a rácsot világítsuk át lézerfényvel!

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



- *Mérje le az optikai rács 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 rács megadott rácsállandóját felhasználva határozza meg a lézerfény hullámhosszát!*
- *A mérési hiba csökkentésére ismételje meg a hullámhossz meghatározását más ernyő-rács távolságok esetén is! A különböző mérések során kapott λ 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 (átmérő: 10 mm, magasság: 20 mm); egy vékony, hosszú, egyik végén zárt plexicső, amelynek belső átmérője kissé nagyobb a mágnesek átmérőjénél; vékony fahasáb; különböző tömegű, lehetőleg ólomból vagy rézből készült hengerek, melyek beleférnek 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 (nullazza) 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 grafikont!
- 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!