

## 6. Számítógépes mérések és demonstrációk

### Tartalom

Kulcstartalmak .....	2
1. Nehézségi gyorsulás mérése fénykapuval .....	3
2. Mérések Tracker videóelemző program segítségével .....	4
a) Pattogó pingponglabda mozgásának vizsgálata .....	4
b) A program modellezés funkciójának használata közegellenállással csillapított rezgés esetén .....	5
3. Mérések LabCamera program segítségével .....	7
a) Lejtőn mozgás .....	7
b) Rezgő test mozgásának elemzése .....	8
4. Mérések Audacity számítógépes akusztikus mérőprogram segítségével .....	9
a) Nehézségi gyorsulás értékének meghatározása (érettségi) .....	9
b) Az emberi hang, a hangvilla és síp hangjának elemzése .....	10
c) Hang állóhullámok, hangsebesség mérése .....	12

## **Kulcstartalmak**

- Fénykapu működési elve és lehetőségei
- Videóelemzés módszerének megismerése
- Testre ható erők alapján a mozgás szimulálása
- Lejtőn való mozgás kinematikai vizsgálata
- Harmonikus rezgőmozgás vizsgálata
- Adatok exportálása, adatfeldolgozás gyakorlása
- Hangelemző program lehetőségeinek megismerése
- Zene és emberi hangok vizsgálata

# 1. Nehézségi gyorsulás mérése fénykapuval

## A kísérlet célja

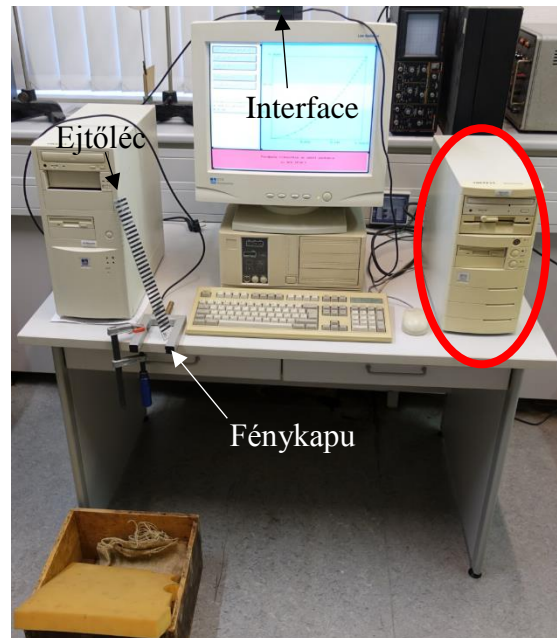
A fénykapus mérés elvének megismerése. A nehézségi gyorsulás meghatározása számítógépes méréssel.

## Szükséges anyagok, eszközök

- Ejtőléc (30 cm hosszú, 1 cm-es beosztással)
- Számítógép (UTIDO (út-idő) programmal)
- Fénykapu és interface

## Leírás

A fénykapu a könnyebb felhasználás érdekében az asztalhoz van rögzítve. A fénykapu az interface-hoz csatlakozik, majd a számítógéphez. A jobb oldali kép mutatja az összeállítást, amin a használandó gépet is megjelöltük. Az eszköz akkor működik megfelelően, ha a fénykapu két pofája közé téve a kezünket az interface-en található LED elalszik. A számítógépen indítsuk el az UTIDO nevű programot. A program elindítása után válasszuk a mérés funkciót. Állítsuk az adatpontok számát 25-re.



## Feladatok

- Az ejtőlécet lógassuk be a fénykapu érzékelői közé addig, míg a LED pont nem alszik ki. Indítsuk el a mérést, majd igyekezzünk kezdősebesség nélkül elejteni a lécet. Ha a mérés megfelelő lett, akkor a program továbblép, és felrajzolja az út-idő grafikont. Ha nem, akkor a lécet kézzel húzzuk végig a pofák között, majd lépünk vissza a méréshez. Akkor ejtettük le jól, ha a pontok egy nulla meredekséggel induló parabolát rajzolnak ki. Illesszük a lineárison kívül az összes program által felkínált függvényt a pontokra! Jegyezzük fel az illesztett görbék egyenletét és azok alapján értékeljük ki milyen mozgást végzett a test, valamint határozzuk meg a nehézségi gyorsulást!
- Próbáljuk meg a lécet 5 cm-rel az érzékelő fölül leejteni, hogy kezdősebességgel érjen a pofák közé. Írjuk le, hogyan módosultak az egyenletek! Mi történik, ha még magasabbról ejtjük a lécet?

## Elméleti és módszertani kérdések

- Írja le a fénykapus mérés alapelvét (azaz hogyan működik a fénykapu)! Mi az előnye és a hátránya a videóelemzés módszerével összehasonlítva?

## 2. Mérések Tracker videóelemző program segítségével

A Tracker program használati útmutatója megtalálható a fizika tanítás a középiskolában jegyzet ([http://csodafizika.hu/fiztan/letolt/fizika\\_tanitasa\\_1.pdf](http://csodafizika.hu/fiztan/letolt/fizika_tanitasa_1.pdf)) 682. oldalán. A program teljesen ingyenes. A mérés megkezdése előtt érdemes letölteni a programot a saját számítógépünkre és kipróbálni a használatát. A laboron a videófelveteleket webkamerával készítjük. A rögzítéshez indítsa el a WebCam Companion 4 szoftvert. Üzemszerű működés esetén a webkameránk képét azonnal látnunk kell a képernyőn. Az alsó menüsorban található „Rekord video” gombbal lehet mozgóképet rögzíteni. A kész fájlokat a dokumentumokon belül a WebCam media/Capture mappába menti el.

### a) Pattogó pingponglabda mozgásának vizsgálata

#### *A kísérlet célja*

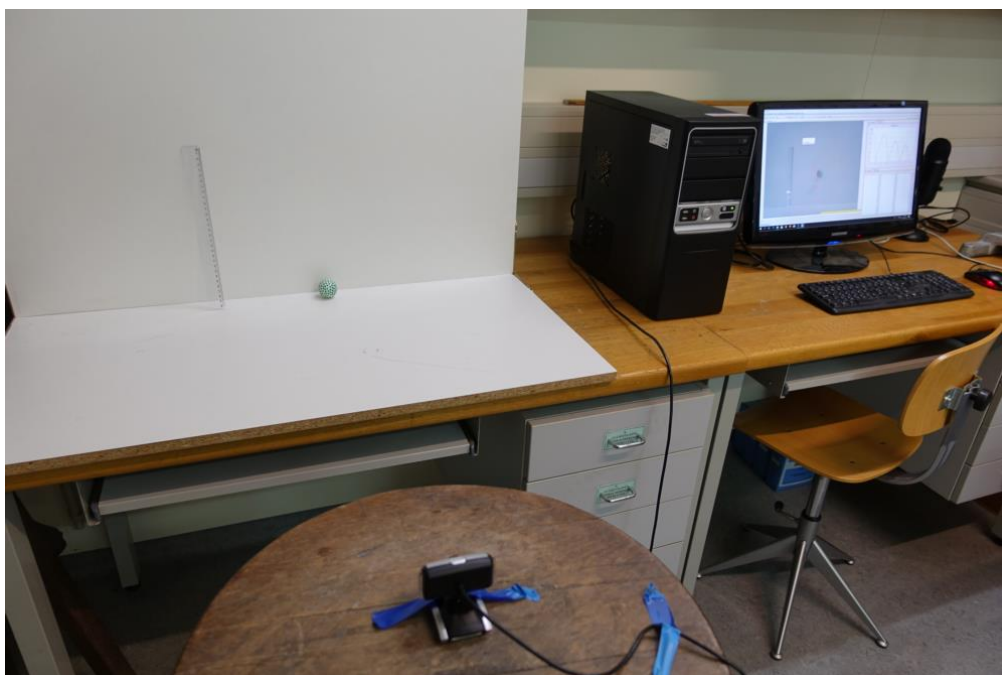
Egy kezdősebesség nélkül leejtett pingponglabda mozgásának elemzése videóanalízis módszerével!

#### *Szükséges anyagok, eszközök*

- Webkamera (mobiltelefon vagy rendes videokamera is megfelelő)
- Ping-pong labda (zöld pöttyös)
- Számítógép (Tracker programmal)
- Fotóháttér
- Vonalzó

#### *Leírás*

A pingponglabda pattogását rögzítse mozgóképen a webkamera segítségével! A webkamerát helyezze a változtatható magasságú asztalra, mozgassa úgy, hogy a képtérben csak a fehér háttér legyen, valamint az asztalnak az a része, ahol a pingpong labda földet ér, a kamera vízszintesen nézzen! A webkamerát és a zsinórját érdemes ragasztó szalaggal rögzíteni. A program méretkalibrációjához helyezzen a képtérbe ismert hosszúságú etalont (pl. vonalzó)!



Indítsuk el a felvételt, majd a pingponglabdát a képtér tetejéről ejtsük le. Várjuk meg míg a labda hatszor földet ér. Ezután elemezzük a labda mozgását Tracker videóelemző program segítségével! A programban az origót rögzítjük a földet érő labda tömegközéppontjához!

#### *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 minden képkockán a folt geometriai középpontját jelöljük meg.

#### ***Feladatok***

- 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!
- Elemezze az esetleges mérési pontatlanságok okait!

#### ***Elméleti és módszertani kérdések***

- Mit nevezünk ütközési számnak? Hogyan lehetne meghatározni a mérés alapján?

### **b) A program modellezés funkciójának használata közegellenállással csillapított rezgés esetén**

#### ***A kísérlet célja***

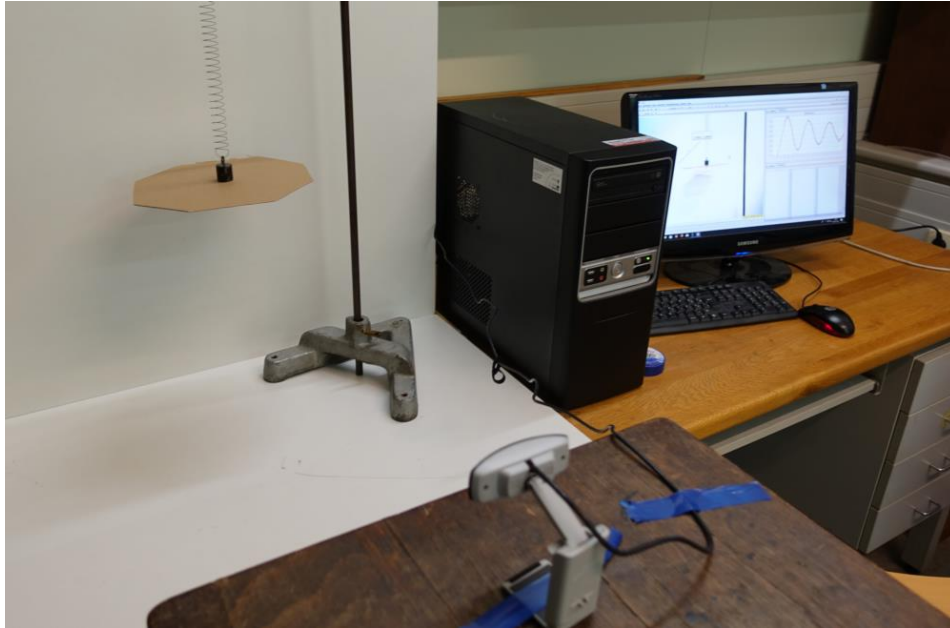
Közegellenállással csillapított rezgőmozgás vizsgálata. A testre ható erők felírása és az alapján a mozgás szimulálása.

#### ***Szükséges anyagok, eszközök***

- 50 g-os súly, melynek talpához nagy méretű hatszöges karton van rögzítve.
- Spirálrugó
- Állvány
- Webkamera (mobiltelefon vagy rendes videokamera is megfelelő)
- Számítógép (Tracker programmal)
- Fotóháttér

#### ***Leírás***

Lógassuk fel a súlyt az állványzattal úgy, hogy nyugalmi helyzetébe a fehér fotóháttér közepén függjön. A webkamerát helyezze a változtatható magasságú asztalra, mozgassa úgy, hogy a vízszintesen nézzen a testre. A test fölött és alatt körülbelül 20 cm legyen a képtér. Indítsuk el a felvételt, ezt követően húzzuk lefelé a testet (úgy hogy még a képtérben maradjon), majd hagyjuk magára. A test rezgésbe jön, de jól láthatóan csillapodik. Amikor már csak néhány centiméter az amplitúdója, akkor állítsuk le a felvételt. Az elkészült videót töltsük be a Tracker programba és elemezzük a mozgását.



### **Feladatok**

- A felvétel alapján értékelje ki a test hely – idő grafikonját! (Ennél a felvételnél csak kézi nyomkövetés lehetséges.) Érdemes a kiértékelést onnan kezdeni, ahol elengedtük a testünket. A felvétel alapján határozza meg a rezgés periódusidejét, melyből számolja ki a szögsebességet!
- A testre ható erők alapján modellezze a mozgást! Először alkosson dinamikai modellt! A dinamikus modell megalkotásához a 'Létrehozás'-on belül válassza a 'Dinamikai modell' funkciót (derékszögű koordináta-rendszerben). Ekkor az ábra közepén egy modell-építő ablak jelenik meg. A mozgás csak függőleges irányú, így a testre ható erők a következők:

$$F_y = -m\omega^2 y - kv_y^2 \frac{v_y}{|v_y|}.$$

Az első tag a rugó által kifejtett erő, ami a rezgőmozgást biztosítja. A második a közegellenállás hatását fejezi ki, ami mindig a test pillanatnyi sebességével ellentétes irányú és nagysága a sebesség négyzetével arányos. Az egyenlet abban a koordináta-rendszerben érvényes, amelynek origója a rugóra függesztett test egyensúlyi helyzetében van. Ekkor a nehézségi erő kitranszformálódik az egyenletből (részletesen lásd: Tasnádi P., Skrapits L, Bérces Gy.: Mechanika I. 149-150). A mozgás három paraméter: a tömeg ( $m$ ), a szögsebesség ( $\omega$ ) és a csillapításra jellemző  $k$  szám függvénye. A tömeg és a szögsebesség ismert, a csillapítás mértékét kezdetben rögzítse 0,05-re (később finomítható). Az értékek bevitele után kell megadni a kezdőfeltételeket ( $t, x, y, v_x, v_y$ ). Az értékek egyszerűen beemelhetők a párbeszéd ablak jobb felső sarkában látható 'Rendszerindító' funkcióval. Ehhez a 'Rendszerindító' felirat mellett válasszuk ki a követett tömegpontunkat. Ekkor a program bemásolja a kezdő pillanatban a test mozgását jellemző paramétereket. Ezt követően az erőket kell megadni. Az  $f_x$  sorba 0-t kell írni, az  $f_y$ -hoz:

$$-m * 0 * 0 * y - k * v_y * v_y * v_y / \text{abs}(v_y).$$

Görög betűket nem kezel a program, így az  $\omega$  jelet  $o$ -val kell egyszerűsíteni. Az erők bevitele után indítsa el a szimulációt! A program lépésenként berajzolja modellezett pont helyét a képernyőre, amit közvetlenül össze lehet hasonlítani a mért adatpontokkal. Módosítsuk a csillapítási tényező értékét, hogy a mért és számolt pozíció minél jobb egyezésben legyen! Az összehasonlítást segíti, ha a jobb oldalon a mért és a számolt mozgás hely – idő grafikonját egyszerre megjelenítjük (grafikonra jobb egérgombbal kattintva az 'Összehasonlítás ezzel' funkciót kell választani).

### ***Elméleti és módszertani kérdések***

- Mit nevezünk mozgásegyenletnek? Írjuk fel a közegellenállással csillapított rezgőmozgás mozgásegyenletét és annak analitikus megoldását!

### **3. Mérések LabCamera program segítségével**

A LabCamera (WebCam Laboratory) program használati útmutatója megtalálható a fizika tanítás a középiskolában jegyzet ([http://csodafizika.hu/fiztan/letolt/fizika\\_tanitasa\\_1.pdf](http://csodafizika.hu/fiztan/letolt/fizika_tanitasa_1.pdf)) 688. oldalán. A webkamera csatlakoztatása után nyissa meg a programot. A kinematika funkcióra kattintva, ha a webkamera képe megjelenik, akkor minden megfelelően működik.

#### **a) Lejtőn mozgás**

##### ***A kísérlet célja***

LabCamera mérőprogram használatának gyakorlása. Lejtőn szabadon guruló kiskocsi mozgásának elemzése.

##### ***Szükséges anyagok, eszközök***

- Lejtő (hozzá való dőlésszög változtató ék, fékező dobozt)
- Színes kiskocsi
- Dőlésszög mérő
- Webkamera
- Számítógép (*LabCamera* mérőprogrammal)

##### ***Leírás***

A lejtőt állítsa 5 fokos dőlésszögűre az ék segítségével. A beállítást a lejtőre helyezett dőlésszög mérővel, vagy geometriai mérések alapján (emelkedés, hossz) végezze. A futópálya végéhez helyezze a fékező dobozt, hogy a leérkező kiskocsi ne ütközzön jelentőset. A számítógépen indítsa el a LabCamera kinematika funkcióját! A webkamerát helyezze a változtatható magasságú asztalra, mozgassa úgy, hogy a lejtőt jól lássa, és egy magasságban legyen a lejtő közepével, majd a fej döntésével állítsa be úgy, hogy a lejtő vízszintesnek látszódjon rajta. A kiskocsit rögzítse (vagy tartsa) a lejtő tetején és a programban kattintson rá (a kék részére), hogy követni tudja a szoftver. A program hosszúság kalibrációjához használjuk fel, hogy a kiskocsi hossza 10 cm.





### ***Feladatok***

- Indítsa el a mérést, majd kezdősebesség nélkül hagyja legurulni a kiskocsit. Amint legurult állítsa le.
- A program lefuttatása után hívjuk be a mozgás vízszintes irányú, sebesség – idő ( $v_x - t$ ) grafikonját! A grafikon alapján jellemezzük a kocsi mozgását és határozzuk meg a kocsi gyorsulását! (*Megjegyzés:* a program a gyorsulást is ki tudja rajzolni az idő függvényében, de általában nagy hibával, pontról pontra számolja, így a sebesség – idő grafikonról sokkal pontosabb eredményt kaphatunk)
- A gyorsulás meghatározásához exportáljuk ki az adatokat (save data table). Mentéshez az asztalon található demlab2018 mappát használjuk és a nevünk alapján nevezzük el a fájlt (Pl. Kiss\_János, Kiss\_J, KJ, stb.). A fájlt nyissuk meg táblázatkezelővel. Ábrázoljuk a sebességet az idő függvényében és illesszünk egyenes a mozgás gyorsuló szakaszára!
- Végezzük el a mérést két másik dőlésszög esetén (pl.  $2^\circ$  és  $10^\circ$ ). Foglalkozunk értéktáblázatba a három különböző meredekségű lejtőn mért gyorsulások értékét ( $a$ ) és a lejtők szögét ( $\alpha$ )!

### ***Elméleti és módszertani kérdések***

- A kiskocsi nem a lejtőn súrlódás nélkül csúszó testre jól ismert képlet ( $g \sin \alpha$ ) által jósolt gyorsulással fog mozogni. Ez nem mérési hiba (és nem a súrlódásnak tudható be)! Magyarázza, hogy mi okozza a várt gyorsulás és mért gyorsulás közötti különbséget!

## **b) Rezgő test mozgásának elemzése**

### ***A kísérlet célja***

Rezgő test hely – idő, sebesség – idő és gyorsulás – idő grafikonjának elemzése LabCamera program segítségével.



### ***Szükséges anyagok, eszközök***

- Spirálrugó és rezgő test (a rugó és a test megválasztása akkor optimális, ha a rezgésidő értéke 1 másodperc körüli. Túl gyors rezgés esetén a program nem tudja folyamatosan követni a mozgó testet, ezért a grafikon hibás lesz)
- A rugó felakasztására szolgáló állvány
- Fotóháttér
- Webkamera
- Számítógép (*LabCamera* mérőprogrammal)

### ***Leírás***

Lógassuk fel a súlyt az állvánnyal úgy, hogy nyugalmi helyzetébe a fehér fotóháttér közepén függjön. A számítógépen indítsa el a *LabCamera* kinematika funkcióját! A webkamerát helyezze a változtatható magasságú asztalra, mozgassa úgy, hogy a vízszintesen nézzen a testre. A test fölött és alatt körülbelül 20 cm legyen a képtér. Indítsuk el a felvételt, ezt követően húzzuk lefelé a testet (úgy hogy még a képtérben maradjon), majd hagyjuk magára. A test rezgésbe jön, csillapodása minimális.

### ***Feladatok***

- Vegyük fel a rezgőmozgás kitérés - idő függvényét! Határozzuk meg rezgést jellemző paraméterek - amplitúdó ( $A$ ) és rezgésidő ( $T$ ) - értékeit!
- Ábrázoljuk egyszerre a rezgés kitérés – idő, sebesség – idő és gyorsulás – idő grafikonját. Vizsgáljuk meg a fázisviszonyokat, valamint igazoljuk a maximális sebesség és gyorsulás értékére megismert  $v_{\max} = A \cdot \omega$  és  $a_{\max} = A \cdot \omega^2$  összefüggéseket!

### ***Elméleti és módszertani kérdések***

- Milyen módszertani előnyeit és hátrányait látja a *LabCamera* programnak a *Tracker* programmal szemben?

## **4. Mérések Audacity számítógépes akusztikus mérőprogram segítségével**

Az Audacity program használati útmutatója megtalálható a fizika tanítás a középiskolában jegyzet ([http://csodafizika.hu/fiztan/letolt/fizika\\_tanitasa\\_1.pdf](http://csodafizika.hu/fiztan/letolt/fizika_tanitasa_1.pdf)) 702. oldalán. A feladatok elkezdése előtt a mikrofont és a hangfalat csatlakoztassa a számítógéphez. A hangfalat a zöld jack csatlakozóba (valamint a konektorba), a mikrofont egy USB csatlakozóba kell bedugni (a mikrofon a laboron már csatlakoztatva van). Ezt követően indítsa el az Audacity programot. Ha a program megfelelő működik, akkor felismeri a két eszközt. A működését érdemes letesztelni: indítsunk el egy felvételt, beszéljünk bele a mikrofonba, majd állítsuk le és hallgassuk vissza. Ha jó minőségben visszahalljuk a saját beszédünket, akkor minden rendben működik.

### **a) Nehézségi gyorsulás értékének meghatározása (érettségi)**

#### ***A kísérlet célja***

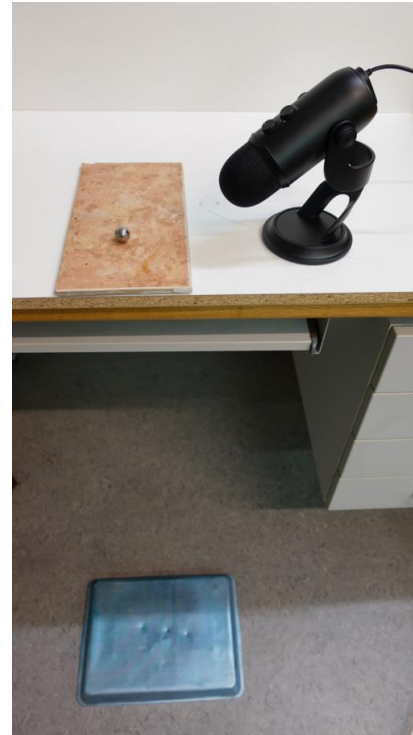
Mérje meg leeső acélgolyó esési idejét Audacity számítógépes mérőprogrammal! A magasság és az esési idő alapján határozza meg a nehézségi gyorsulás értékét!

### ***Szükséges anyagok, eszközök***

- Nagyobb méretű acél csapágygolyó
- Nem teljesen sima felületű kerámialap (járólap)
- Fémtálca
- Mérőszalag
- Számítógép (Audacity akusztikai mérőprogrammal)
- Mikrofon (yeti)

### ***Leírás***

A járólapot helyezze a vízszintes asztalra, a fémtálcát a földre. Mérje le a két felület közötti magasságkülönbséget. A lemért magasságba beállított vízszintes kerámialapon gurítsa el a golyót úgy, hogy az a fémlapra essen! A mikrofont helyezzük el közel a járólaphoz. A kissé egyenetlen felületű kerámialapon a golyó jellegzetes hanggal gurul. Amikor a golyó a lap szélét elhagyva esni kezd, a hang megszűnik, végül a talajra leérkező golyó hangosan koppan.



### ***Feladatok***

- Készítsen hangfelvételt az Audacity program segítségével a golyó mozgását kísérő hangokról! A hangfelvétel grafikonján mérje meg a golyó eséséhez tartozó időszakot (a guruló golyó hangja és a koppanás közötti csendes tartományt) ezredmásodperces pontossággal! (A mikrofonnak van egy jellegzetes lecsengése (nem azonnal lesz a jelszint alacsony a csendes tartományon), így nem teljesen egyértelmű, hogy mikor kezd esni a golyó. Érdemes a felvételt visszahallgatva eldönteni, hogy mikor hagyja el a golyó a kerámia lapot.)
- A mért magasság- és időadat alapján határozza meg a nehézségi gyorsulás értékét! Sorolja fel milyen hibaforrások lépnek fel a kísérlet során. Határozza meg a kapott eredmény relatív hibáját!

### ***Elméleti és módszertani kérdések***

- A kísérlet során igazából egy vízszintes hajítást vizsgálunk. Miért nem foglalkozunk a golyó vízszintes irányú sebességével a kiértékelés során?

## **b) Az emberi hang, a hangvilla és síp hangjának elemzése**

### ***A kísérlet célja***

Különböző hangok elemzése Audacity programmal. Nyílt és zárt síp hangja közötti különbség bemutatása.

### ***Szükséges anyagok, eszközök***

- Számítógép (Audacity akusztikai mérőprogrammal)
- Mikrofon (yeti)
- Ismert frekvenciájú hangvilla, gumi ütő
- Nagy méretű demonstrációs síp (leybold)

### *Leírás*

A mikrofont helyezük magunk elé és a különböző eszközökkel (hangszál, hangvilla, síp) keltett hangokat vegyük fel. Vizsgáljuk meg a hangnyomást az idő függvényében, valamint elemezzük a hangok spektrumát!



### *Feladatok*

- Mondjuk bele a mikrofonba a következő szöveget: „A demonstrációs fizika labor a világ legjobb laborja” (nem vice!). Nagyítsunk rá a hangnyomás grafikonra és figyeljük meg a hangnyomás „periodikus” változását! Készítsük el a hang spektrumát, és határozzuk meg a hangunk legjellemzőbb frekvenciáját. Kérjük meg egyik társunkat, hogy mondja bele ugyanezt a szöveget a mikrofonba. A spektrum alapján döntsük el kinek mélyebb a hangja!
- A gumi ütővel szólaltassuk meg a hangvillát. Nagyítsunk rá a hangnyomás grafikonra és figyeljük meg a hangnyomás periodikus változását! Mi a különbség az emberi hanghoz képest? Figyeljük meg a hang spektrumát! Hasonlítsuk össze a mért és a hangvillára írt frekvenciát! Hogyan módosul a hangvilla hangja (spektruma), ha az asztalhoz csapva szólaltatjuk meg?
- Fújunk bele a sípba egyenletesen és rögzítsük a hangját! Figyeljük meg a hangnyomás periodikus változását! Hasonlítsuk össze az előző kettő grafikonnal! A spektrum alapján határozzuk meg a síp alaphangját! Fogjuk be a síp végét és szólaltassuk meg újra. Ebben az esetben is határozzuk meg a zárt síp alaphangját és vessük össze a nyitott síp alaphangjával!

### *Elméleti és módszertani kérdések*

- Mi határozza meg az ember hangszínét? Honnan látszik a spektrumán?
- Magyarázza a nyitott és zárt síp hangja közötti különbségeket. Magyarázza a felharmonikusok létrejöttét!
- Mit jelent a dB skála?

## c) Hang állóhullámok, hangsebesség mérése

### A kísérlet célja

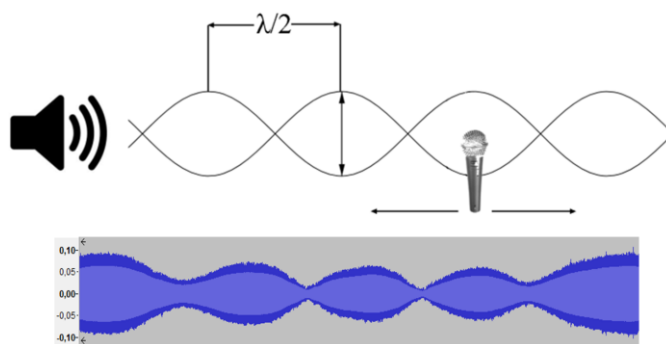
Hangsebesség mérése hang állóhullámok keltésével.

### Szükséges anyagok, eszközök

- Számítógép (*Audacity* akusztikai mérőprogrammal)
- Mikrofon (yeti)
- Hangfal
- Mérőszalag

### Leírás

Fordítsuk egyenes, sima fal felé hangfalunkat, és a programmal generáltassunk monokromatikus hangot (1000 Hz) (Generálás→Hang). A hangfal és a fal távolsága legyen 1,02 m. A generálattással párhuzamosan indítsuk el a hangfelvételt is (ehhez egy új hangsávot kell nyitni: Sávok→új hozzáadása→audió sáv), és a faltól indulva mozgassuk egyenletes sebességgel a mikrofont, ahogyan a sematikus ábrán látszik.



Ekkor a hangnyomás-intenzitásban periodikus csökkenést emelkedést láthatunk (bal oldali ábra, alsó része).

### Feladatok

- Határozza meg két szomszédos minimumhely távolságát, és számolja ki az adatból a hangsebességet!

### Elméleti és módszertani kérdések

- Mi az állóhullámok kialakulásának feltétele. Magyarázza miért volt érdemes a hangszórót pont 1,02 méterre helyezni a faltól.