

## Rezgések, hullámok

# Fizika 11.

Készítette: Rapavi Róbert

Lektorálta: Gavlikné Kis Anita

Kiskunhalas, 2014. december 31.



6400 Kiskunhalas, Kossuth Lajos utca 14. OM: 027956  
tel.: 77 / 421-215 e-mail: szilady@gmail.com web: szilady.net

TÁMOP-3.1.3-11/2-2012-0025

„Jövőd a természettudományokban rejlik!”

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

## *Balesetvédelem*

Minden munkahelyen, így a természettudományos kísérletek végzésekor is be kell tartani azokat a szabályokat, amelyek garantálják a biztonságos munkavégzést a gimnáziumunkban. Az előírásokat komolyan kell venni, és aláírással igazolni, hogy tűz és balesetvédelmi oktatáson részt vettél.

### **Általános szabályok**

- A tanulók a laboratóriumi gyakorlat megkezdése előtt a folyosón várakoznak, s csak tanári kísérettel léphetnek be a laboratóriumba.
- A laboratóriumba csak az ott szükséges füzetet, könyvet, íróeszközt viheted be. Táskát, kabátot csak külön engedély alapján szabad bevinni.
- A laboratóriumban étel nem tárolható; ott enni, inni tilos!
- A laboratóriumban az iskolától kapott köpenyt kell viselni, a hosszú haját hajgumival össze kell kötni!
- A munkahelyedet a feladat végzése közben tartsd rendben és tisztán!
- A munkavédelmi, tűzrendészeti előírásokat pontosan tartsd be!
- A laboratóriumot csak a kijelölt szünetben hagyhatod el. Más időpontban a távozáshoz a tanártól engedélyt kell kérni.
- A laboratóriumban csak a kijelölt munkával foglalkozhatsz. A gyakorlati munkát csak az elméleti anyag elsajátítása után kezdheted meg.
- Az anyag-és eszközkidást, a füzetvezetést az órát tartó tanár szabályozza.
- A laboratórium vezetőjének, munkatársainak, tanárod utasításait maradéktalanul be kell tartanod!

### **Néhány fontos munkaszabály**

- Törött vagy repedt üvegedényt ne használj!
- Folyadékot tartalmazó kémcső a folyadékfelszíntől lefelé haladva melegítendő. Nyílását ne tartsd magad vagy társad felé!
- A vegyszeres üvegek dugóit ne cserélgess össze! Szilárd vegyszert tiszta vegyszeres kanállal vedd ki, a kanalat használat után töröl el! Megmaradt vegyszert a vegyszeres edénybe visszönteni nem szabad!
- A laboratóriumi lefolyóba ne dobj olyan anyagot (pl. szűrőpapírt, gyufaszálat, parafadugót, üvegcserepet stb.), amely dugulást okozhat!
- Az eszközöket csak rendeltetészerűen, tanári engedéllyel szabad használni!
- Az eszközöket, berendezéseket csak rendeltetészerűen és csak az adott paraméterekre beállítva használhatod!
- Vegyszerekhez kézzel nyúlni szigorúan tilos!
- Soha ne szagolj meg közvetlenül vegyszereket, ne kóstolj meg anyagokat kémia órán!
- Ha bőrödre sav vagy lúg kerül, először mindig töröld szárazra, majd bő vízzel öblítsd le!
- A legkisebb balesetet vagy az eszközök meghibásodását azonnal jelentsd a szaktanárnak!
- Munka közben mind a saját, mind társaid testi épségére vigyáznod kell!
- Tanóra végén rakj rendet az asztalodon tanárod és a laboráns irányításával!

## 1. óra

## Rugó és matematikai inga vizsgálata

**Emlékeztető**

A rugóra függesztett testre ható rugóerő arányos a megnyúlással, így egy  $A$  amplitúdóval rezgő test esetén a maximális rugóerő:

$$F = D \cdot A$$

A harmonikus rezgőmozgás maximális gyorsulása (maximális kitérésnél):

$$a_{max} = A \cdot \omega^2 = A \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi}{T}\right)^2$$

Mivel a gyorsulást a rugóerő eredményezi, így:

$$D \cdot A = m \cdot a_{max}$$

$$D \cdot A = m \cdot A \cdot \frac{4 \cdot \pi^2}{T^2}$$

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

Ebből az összefüggésből látszik, hogy a rugóra függesztett test rezgésideje független a rezgés amplitúdójától, csak a rugóállandótól és a rezgő test tömegétől függ. A képlet alapján a tömeg és a rezgésidő mérésével meghatározhatjuk a rugóállandót. (Ezt 9. évfolyamon már meg is tettük.) Most a képletünket ismeretlen tömeg meghatározására fogjuk használni.

$$\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot m}{T^2} = D = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot m_i}{T_i^2}$$

$$m = \frac{T^2}{T_i^2} \cdot m_i$$

Ahol  $m_i$  az ismert,  $m$  az ismeretlen tömeg,  $T_i$  az ismert tömeg,  $T$  az ismeretlen tömeg lengésideje.

A matematikai (fonál) inga lengésidejére hasonló összefüggés érvényes, amely szerint a lengésidőt – eltekintve egy adott helyen állandó nehézségi gyorsulástól – egyetlen adat, az inga hossza befolyásolja. Nem függ a lengésidő a lengő test tömegétől és a lengés kitérésétől sem.

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Ebből az összefüggésből a nehézségi gyorsulást kifejezve látható, hogy az inga hosszát és a lengésidőt megmérve a  $g$  értékét meg tudjuk határozni.

$$g = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot l}{T^2}$$

### Eszköz és anyaglista

magas Bunsen-állvány	ismert és ismeretlen tömeg
vékony, nem nyúló fonál	stopperóra
mérőszalag	mérleg
csavarrugó	

### A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat

#### I. kísérlet – Tömegmérés rugó rezgésidejének felhasználásával

Az első részben leírtak alapján határozzuk meg egy ismeretlen tömeg ( $m$ ) nagyságát az ismert tömeg és az ismeretlen tömeg rezgésidejének mérése segítségével. A pontosság növelése érdekében 10 rezgés idejéből számoljunk rezgésidőket és mindkét testnél 3-3 mérést végezzünk, majd eredményeinket átlagoljuk. Figyeljünk arra, hogy a pontosság miatt ne kerekítsünk, 3 tizedesjegyet használjunk!

$$m = \frac{T^2}{T_i^2} \cdot m_i$$

	$10T_i$ (s)	$T_i$ (s)	$10T$ (s)	$T$ (s)	$m$ (g)
1. mérés					
2. mérés					
3. mérés					
			$m_i =$ g	$m_{\text{át}}$ (g)	

Határozd meg, hogy milyen hibák léphettek fel a mérés során! Végezz hibaszámítást!

.....

.....

.....

#### II. kísérlet Nehézségi gyorsulás meghatározása fonálinga segítségével

Az elméleti részben leírtak alapján próbáljuk meghatározni a nehézségi gyorsulás értékét.

$$g = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot l}{T^2}$$

A mérés pontossága miatt itt is 10 lengésideőt mérjünk, és feleslegesen ne kerekítsünk, 3 tizedesjegy pontossággal számoljunk! Az inga hosszát 110 cm-től indulva 20 cm-es lépésekben csökkentjük 30 cm-ig (5 mérés). Az időmérésnél célszerű az egyensúlyi helyzeten való áthaladástól mérni, mert szemből nézve ez egyértelműen meghatározható. Ne térítsük ki nagyon az ingát! Ügyeljünk arra is, hogy lehetőleg síkban történjen a lengés, ne imbolyogjon a test. A hossz mérésnél a test közepéig mérjünk. Ha nem sikerül a távolságokat kerek értékekre beállítanunk, az nem baj, de akkor a táblázatban a mért értékekkel dolgozzunk. Minden ingahossz esetén 3-3 mérést végezzünk, majd ezekből átlagolva határozzuk meg a  $g$  értékét!

inga hossza (cm)	10 $T$ (s)	$T$ (s)	$g$ (m/s <sup>2</sup> )	$g_{\text{át}}$ (m/s <sup>2</sup> )	$g_{\text{mért}}$ (m/s <sup>2</sup> )
110					
90					
70					
50					
30					

Keressük meg itt is, hogy milyen hibák léphettek fel a mérés során! Végezzünk hibaszámítást!

## Érdekességek, kiegészítések, gondolkodtató kérdések

Miért ül a fizikus az autóbuszban előre?

Miért jár egy – nem csúcsminőségű – hagyományos mechanikus óra pontatlanul, ha nagyon meleg vagy ha nagyon hideg van?

Miért hallunk hangot kemény tárgyak (például vasdarabok) összeütésekor, és miért nem hallunk akkor, ha puha tárgyakat (például gumit, tollpárnát) ütünk egymáshoz?

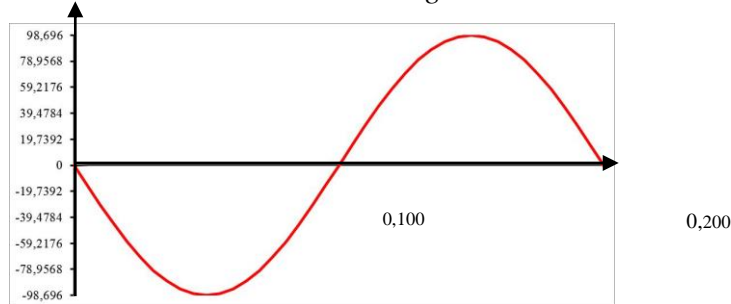
Mennyi a másodpercinga hossza?

Az Egyenlítőn vagy az Északi-sarkon késik az ingaóra?

## Házi feladat

### Feladat

Az ábra egy rugón rezgő 5 dkg-os tárgy gyorsulását ábrázolja idő függvényében. Az idő értékek szekundumban, a gyorsulás értékek  $m/s^2$ -ben vannak megadva.



Határozzuk meg:

- a) a frekvenciát, a rezgések amplitúdóját, a rugóállandót, a rezgő tárgy legnagyobb sebességét!
- b) mekkora a rezgő tárgy kitérése abban a pillanatban mikor a gyorsulása maximális?

**Megoldás:**

Nézz utána, hogy hol, milyen eszközökben használunk rugókat! Mi a szerepe ezeknek a rugóknak?

## Felhasznált irodalom

Varga Zsolt: Mechanika – kérdések és feladatok; kézirat; 2003.  
<http://www.dunakanyar.net/~di/f1000.htm>

## 2. óra

## Szabadrezgés; kényszerrezgés; csatolt ingák

**Emlékeztető**

Az előzőekben már láttuk, hogy a rezgő rendszer rezgését a rendszer bizonyos adatai (rugóállandó, rezgő test tömege) egyértelműen meghatározzák. Az így létrejövő rezgést **sajátrezgésnek** nevezzük. A rezgést a sajátfrekvencia (saját rezgésidő) jellemzi. Az ilyen rezgések mivel különféle energiaveszteségek mindig fellépnek, előbb-utóbb megszűnnek, a rezgés csillapodik. Az amplitúdó fokozatosan csökken, majd a rezgő test megáll.

Abban az esetben, ha két rezgő rendszer kapcsolatban van egymással, energiát tudnak egymásnak átadni, akkor **csatolt rezgésről** beszélünk. Ilyen esetben a rezgésbe hozott test fokozatosan energiát ad át a másik testnek, amely ennek következtében mozgásba jön. Az eredetileg rezgő test végül megáll, míg a másik maximális amplitúdójú rezgésbe jön. Ezután a folyamat az ellenkező irányban játszódik le. Minél gyorsabb az energiaátadás, annál szorosabbnak nevezzük a csatolást. Természetesen itt is fellépnek veszteségek, melynek következtében a folyamat leáll, tehát nem perpetuum mobilét találtunk.

Amennyiben a csatolt rezgést végző egyik test tömege lényegesen nagyobb a másikonál, akkor ún. kényszerrezgés jön létre. Ilyen kényszerrezgést létrehozhatunk úgy is, hogy kívülről adott ritmussal energiát közlünk a rezgést végző testtel. Amennyiben ez a periodikus energia pótlás a rezgő rendszer sajátfrekvenciájával megegyezik vagy ahhoz közeli érték, akkor rezonancia lép fel. Rezonancia esetén a rendszer amplitúdója megnő, rezonancia katasztrófa következhet be.

**Eszköz és anyaglista**

Bunsen-állvány	két egyforma rugó
fonál	befőttesgumi
4 db nagyobb és 4 kisebb egyforma akasztható tömeg	fémrúd
két egyforma hangvilla	számítógép

**A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat**

A vízszintesen a Bunsen-állványra erősítjük a fémrudat. Ráakasztjuk a két egyforma rugót, két egyforma testtel. A rugókat a befőttesgumival összekötjük. Az egyik testet kitérítve az egyensúlyi helyzetéből figyeljük meg, mi történik.

Hogyan mozog a kitérített test? .....

.....

Mit mondhatunk a másik rugón függő test mozgásáról? .....

.....

Megfigyelhető-e valamilyen szabályosság a mozgásukban? .....

.....

.....

Ismételjük meg a kísérletünket úgy, hogy két azonos fonálingát kb. hosszuk felső harmadánál egy fonállal összekötünk. Az egyik ingát kitérítve az előző jelenséghez hasonló tapasztalhatunk. Akasszunk most kisebb terhet az összekötő fonálra. Ebben az esetben mit tapasztalunk?

Hogyan változik meg a két inga lengése? .....

.....

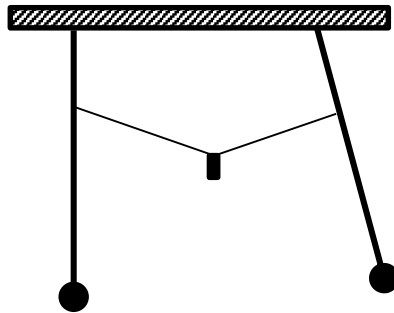
.....

Mi történik, ha mindkét ingát kitérítjük (azonos irányban és ellentétesen)? .....

.....

.....

.....



Akasszunk 3 vagy 4 különböző hosszúságú fonálingát az állványra úgy, hogy sorban összekötjük őket az előzőek szerint, az összekötő fonalakra kis súlyokat akasztva. Térítsük ki az egyik szélső ingát és figyeljük meg a rendszer mozgását. Írjuk le, hogy mit tapasztalunk!

.....

.....

.....

Az egyik inga tömege legyen lényegesen nagyobb, mint a másik. Figyeljük meg, hogy most hogyan mozog a két csatolt inga? .....

.....

### Hangbegés vizsgálata (tanári kísérlet)

Az egyik hangvillát megütve az Audacity programmal határozzuk meg a rezgés frekvenciáját (a rezgés képét megfelelő nagyításnál szépen kirajzolja a program). A másik hangvillát kicsit



elhangelve ismétljük meg a mérést. Végül a két – közel azonos frekvenciájú – hangvillát megütve rajzoltassuk ki a programmal a lebegés képét és határozzuk meg a lebegés frekvenciáját.

### *Érdekességek, kiegészítések, gondolkodtató kérdések*

**Pendulum wawes** videók, esetleg tanári kísérlet bemutatása. Átvezetés a hullámtanba. Az ingák lengési síkjára merőleges irányból történő megfigyelése igen látványos.

Rezonancia katasztrófa: Tacoma híd. <https://www.youtube.com/watch?v=3mclp9QmCGs>

[http://indavideo.hu/video/Kis\\_hijan\\_leszakadt](http://indavideo.hu/video/Kis_hijan_leszakadt)

### *Házi feladat*

A mindennapi életben hol találkozhatunk a rezonanciával? Mikor hasznos, mikor káros?

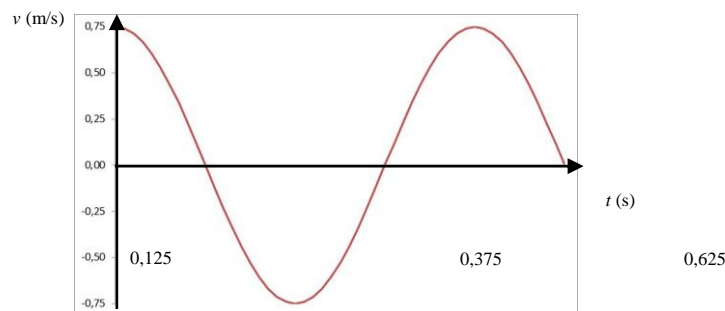
.....

.....

.....

#### **Feladat**

*Az ábra egy rugón rezgő 75 g-os tárgy sebességét ábrázolja az idő függvényében.*



*Határozzuk meg a rezgésidőt, az amplitúdót, a rugóállandót, a rezgő test legnagyobb gyorsulását!*

**Megoldás:**

### *Felhasznált irodalom*

Varga Zsolt: Mechanika – kérdések és feladatok; kéziratos; 2003.

## 3. óra

## Hullámok vizsgálata hullámkád segítségével (tanári demonstrációs kísérletek)

**Emlékeztető**

Hullámról beszélünk, ha egy közegben létrejövő rezgés (deformáció) térben és időben tovaterjed.

(Majd látni fogjuk, hogy vannak olyan hullámok, melyek terjedéséhez nem szükséges közeg.)

A hullám jellemzői:

**Hullámhossz:** két legközelebbi, azonos fázisban rezgő pont távolsága ( $\lambda$ ).

**Periódusidő:** az az időtartam, amely alatt a közegben terjedő változás egy hullámhossznyi utat tesz meg ( $T$ ).

**Frekvencia:** a hullámban rezgő részecskék frekvenciájával egyezik meg ( $f$ ).

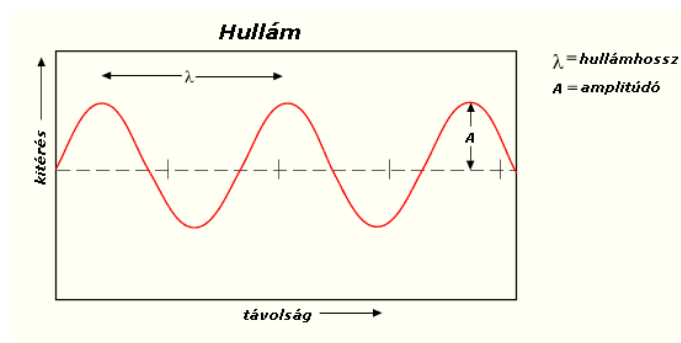
**Körfrekvencia:** a hullámban rezgő részecskék körfrekvenciájával egyezik meg ( $\omega$ ).

**Amplitúdó:** a hullámban rezgő részecskék amplitúdójával egyezik meg ( $A$ ).

**Terjedési sebesség:** az a távolság, amelyet egységnyi idő alatt megtesz a hullám (amilyen távolságra eljut a rezgés egységnyi idő alatt) ( $c$ ). (Különböző közegekben más a terjedési sebesség.)

Összefüggések az alapmennyiségek között:

$$T = \frac{1}{f}; \quad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f; \quad c = \lambda \cdot f$$



A hullámokat többféle szempont szerint csoportosíthatjuk.

a) A bennük terjedő rezgés iránya szerint

- transzverzális hullámban a rezgés iránya és a hullám terjedési iránya egymásra merőleges (terjedéséhez nincs szükség közegere, pl. fény)
- longitudinális hullámban a rezgés iránya és a hullám terjedési iránya egy egyenesbe esik (terjedéséhez közeg szükséges, pl. hang)

b) A hullámot közvetítő közeg dimenziói szerint

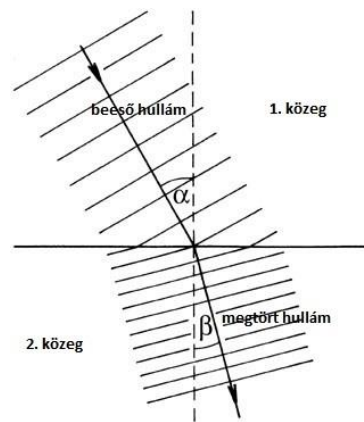
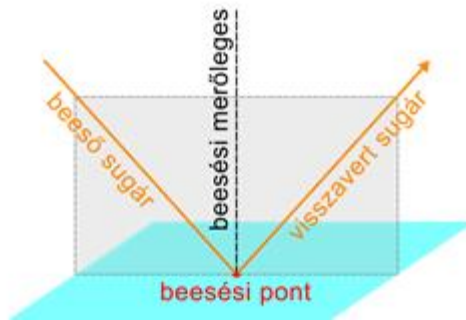
- egydimenziós (vonalmenti) hullám pl. kötél
- kétdimenziós (felületi) hullám pl. vízfelszín
- háromdimenziós (térbeli) hullám pl. hang

Új közeg határán a hullám visszaverődhet. A visszaverődés törvénye:

- a beeső hullám, a visszavert hullám és a beesési merőleges egy síkban van
- a beesési szög egyenlő a visszaverődési szög

Új közegbe a hullám be is hatolhat, ilyenkor a hullám megtörik. A törés törvénye:

- a beeső hullám, a megtört hullám és a beesési merőleges egy síkban van
- a beesési szög szinuszának és a törési szög szinuszának hányadosa a két közegben mért terjedési sebességek hányadosával (törésmutató) egyenlő



$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2} = n_{2,1}$$

### *Eszköz és anyaglista*

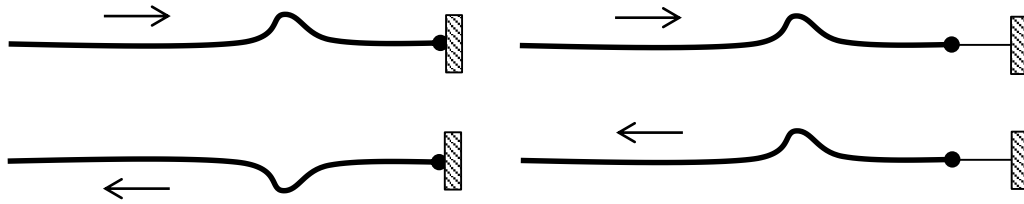
hullámkád	víz
2–3 m hosszú gumikötél	zsineg

### *A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat*

A kísérletek eszközigénye miatt alapvetően tanári demonstrációs kísérletek végzünk. A jelenségekkel kapcsolatos megfigyeléseket ezek alapján végezzük el.

Gumikötelet feszítsünk ki, majd egyik végénél megütve indítsunk el egy hullámot rajta. Figyeljük meg, hogy a kötél részecskéi eltérő fázissal rezgőmozgást végeznek. Ez a hullám. A kötelet lefelé megütve hullámvölgy, felfelé kitérítve hullámhegy fut végig a kötélen.

Figyeljük meg a hullám visszaverődését is. A kötél végét rögzítve fázisugrás történik (ha hullámhegy ment, akkor hullámvölgy jön vissza a kötélen és megfordítva). Amennyiben a kötél vége szabad (pl. egy szabadon elmozdulni képes fonállal kötjük ki), akkor nincs fázisugrás.



A hullámjelenségeket hullámkádban, felületi víz hullámokkal vizsgáljuk meg. Minden egyes jelenség után írjuk le a tapasztalatainkat, esetleg készítsünk rajzot is a jelenségről.

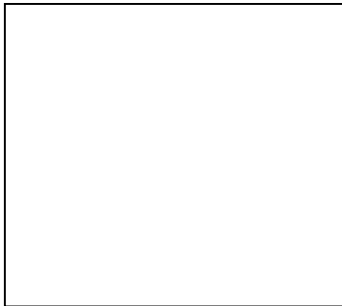
### a) Körhullámok keltése

A víz felszínének egy pontjában hullámokat keltünk. Figyeljük meg a keletkezett hullámok képét, rajzoljuk le a hullámfrontokat és a terjedési irányukat! Figyeljük meg, hogyan változik a hullámfrontok közötti távolság, ha változtatjuk a hullámforrás frekvenciáját! Készítsünk ábrát!



### b) Egyenes hullámok keltése

Körülbelül 15 cm hosszú, egyenes lappal keltünk hullámokat. Figyeljük meg a keletkezett hullámok képét, rajzoljuk le a hullámfrontokat és terjedési irányukat! Figyeljük meg, hogyan változik a hullámfrontok közötti távolság, ha változtatjuk a hullámforrás frekvenciáját! Készítsünk ábrát!



### c) Hullámok visszaverődése

Egyenes hullámokat keltünk, és a terjedés irányába egy „tükröző” felületet helyezünk. Figyeljük meg a visszavert hullámok és a beeső hullámok terjedési irányát. Készítsünk ábrát, amelyen bemutatjuk a terjedési irányokat, a hullámfrontokat, a tükröző felületet és a beesési merőleges kölcsönös helyzetét! Hogyan változik a terjedési sebesség és a hullámhossz a visszaverődés következtében? .....

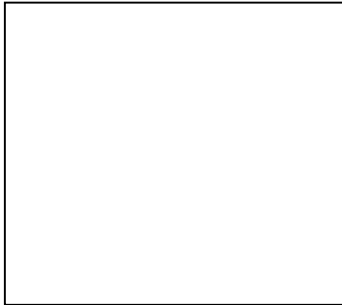
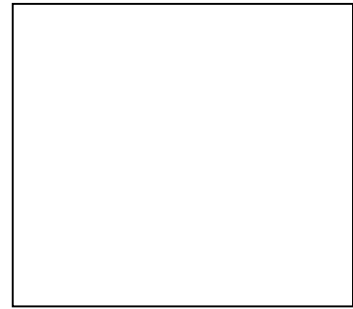
### d) Hullámok törése 1.

Keltünk a hullámkádban egyenes hullámokat úgy, hogy a hullámkád másik felébe 2–3 mm vastag téglalap alakú üveglapot helyezünk, amelynek egyik éle párhuzamos az érkező egyenes hullámok hullámfrontjaival. Ekkor a hullámok a mélyebb vízből lépnek a sekélyebbe. Figyeljük meg a terjedési sebesség és a hullámhossz változását! Ismételjük meg az előző kísérletet úgy, hogy a hullámokat a sekélyebb részben keltjük!

### e) Hullámok törése 2.

Helyezzünk a hullámkádba egy olyan üveglapot, amely a kád egyik felét sekélyebbé teszi, de a sekély és mély víz határfelülete körülbelül  $40^\circ$ -os szöget zár be a hullámfrontokkal. Figyeljük

meg, hogy mi történik, amikor a hullámok a mélyebb részből a sekélyebb részbe lépnek! Készítsünk ábrát, amelyen feltüntetjük a hullámfrontokat, beesési merőlegest, a terjedési irányokat, a beesési és törési szöget! Ismételjük meg a kísérletet úgy, hogy a hullámok a sekélyebb vízből haladnak a mélyebb rész felé!

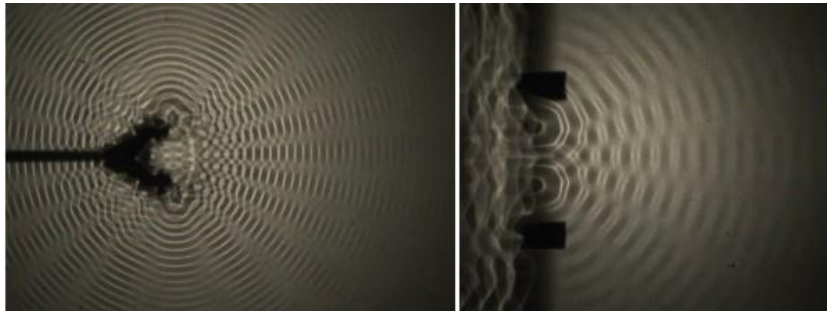


#### f) Hullámok elhajlása

Keltsünk egyenes hullámokat! A hullámok útjába helyezzünk el két akadályt úgy, hogy pár-huzamosak legyenek a hullámfrontokkal, és legyen közöttük valamekkora rés! Figyeljük meg, hogyan terjednek a hullámok a rés mögött! Készítsünk ábrát! Hogyan változik a rés mögötti hullámtér a rés szűkítésével?

#### g) Hullámok interferenciája

A hullámforrásra két „pontoszerű” hullámforrást erősítünk. Ezek a hullámforrások azonos frekvenciájú és amplitúdójú körhullámokat keltenek. Ezek a hullámok találkoznak, és a találkozás helyén összeadódnak. Figyeljük meg, hogyan változik a kép, ha változtatjuk a forrás frekvenciáját!



### *Érdekességek, kiegészítések, gondolkodtató kérdések*

Ha lehetőség és idő van rá, hullámkád segítségével vizsgáljuk meg a Doppler-effektust! Tanári kísérlet!

### *Házi feladat*

Nézz utána a cunamik keletkezésének! Miért lesz a nyílt tengeren alig észrevehető „hullámocskából” a part mentén pusztító szökőár?

### *Felhasznált irodalom*

<http://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A9nyvisszaver%C5%91d%C3%A9s>

<http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termesztudomanyok/fizika/fizika-11-efolyam/a-fenytores/a-tores-torvenye>

Csiszár Imre – Dr. Hilbert Margit: 8 próbaérettségi fizikából középszint; MAXIM Kiadó; Szeged 2006.

[http://pixabay.com/p-419872/?no\\_redirect](http://pixabay.com/p-419872/?no_redirect)

## 4. óra

## „Hangoskodjunk”

**Emlékeztető**

Milyen hullám a hang? .....

Kell-e közvetítő közeg a hanghullámnak? .....

Mennyi a hang terjedési sebessége levegőben? .....

Frekvenciájuk alapján hogyan csoportosíthatók a hangok? .....

.....

Mennyi az emberi fül által legjobban hallható frekvenciatartomány? .....

A húrok, pálcák rezgése hanghullámokat kelt. A húron végigfutó hullám a test végén visszaverődik, így a kialakuló állóhullámok határozzák meg a keletkező hangot.

A rezgő húr hossza, anyaga, keresztmetszete és feszítettsége befolyásolják a kialakuló hangok frekvenciáját. A kifeszített húron csak olyan állóhullámok alakulhatnak ki, amelyekre igaz, hogy félhullámhosszuk egész számú többszöröse a húr hosszával ( $l$ ) egyenlő.

$$l = n \cdot \frac{\lambda}{2}; (n \in N^+)$$

Sípokban kialakuló állóhullámok a húrokhoz hasonlóan keletkeznek, ha a síp mindkét vége nyitott. Amennyiben csak a síp egyik vége nyitott, akkor az ott kialakuló állóhullámok olyanok lehetnek, amelyeknél teljesül, hogy a negyed hullámhossz páratlan egész számú többszörösével egyenlő a síp hossza.

$$l = (2n - 1) \cdot \frac{\lambda}{4}; (n \in N^+)$$

A hangoknál is kiemelt szerepe van a rezonanciának. Ennek segítségével tudjuk például felerősíteni a hangot. A hang terjedési sebessége a különböző anyagokban igen eltérő lehet. A hang szempontjából pl. a levegőnél ritkább lehet egy közeg, miközben a közönséges sűrűsége az adott anyagnak a levegőjénél sokkalta nagyobb. (A hang a vízben, acélban sokkal gyorsabban terjed, mint a levegőben.)

**Eszköz és anyaglista**

hangvillák	monochord
kormozott üveglap	stroboszkópos lámpa
légszivattyú búrával	digitális ébresztőóra
elektromechanikus vibrátor	lúdtoll

### *A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat*

Hangvillára erősítsünk kb. 10 cm hosszú acéldrótot (puha belű ceruzát). Üssük meg a hangvillát és a drótot húzzuk végig kormozott üveglapon (a ceruzát papírlapon). Ha elég ügyesek voltunk, akkor a rezgés kitérés–idő görbéje kirajzolódik (hullám).

A megpendített hangvillát világítsunk meg stroboszkópos lámpával. Megfelelő beállítás esetén a hangvilla szárai „lassítva” mozognak.

#### **Tanári kísérlet!**

Digitális ébresztőórát tegyünk légszivattyú búrája alá. A levegő kiszivattyúzásával megszűnik a rezgést közvetítő közeg, így az óra lehalkul, elnémul. A levegőt beeresztve a búra alá, a hang ismét hallhatóvá válik.

#### **Tanári kísérlet!**

Elektromechanikus vibrátorral keltsünk rezgéseket rugalmas huzalon. A rezgés frekvenciáját változtatva állítsunk elő különböző hullámhosszúságú állóhullámokat. Rajzoljuk le a látottakat!

1. felharmonikus (alaphang):

2. felharmonikus:

3. felharmonikus:

#### **Állóhullámok vizsgálata monochorddal**

Pendítsük meg a húrt! Az így kialakuló hang az alaphang (1. felharmonikus). (Fél hullámhossz, a húr két végén csomóponttal.) Fogjuk le a húrt, majd megpendítés után érintsünk egy tollat a közepéhez. Ekkor a második felharmonikust fogjuk hallani. Ismételjük meg az előzőeket úgy, hogy rendre a harmadában és a negyedében érintjük meg a húrt. A 3-szor, 4-szer akkora frekvenciájú felharmonikusok fognak szólni. Mit mondhatunk a különböző felharmonikusok erősségéről?

.....  
.....

Ismételjük meg a kísérletet más feszítettség esetén!

Vizsgáljuk meg az állóhullámokat papírlovasok segítségével.

Támasszuk alá a húrt a harmadában, majd a másik oldalon a hosszabb rész negyedelő pontjaira helyezzünk egy-egy lovast. Pendítsük meg a húr rövidebb végét. Mit tapasztalunk? .....

Próbáljuk megmagyarázni a látottakat! .....

Ezután a húrt a negyedelő pontjában támasszuk alá, a lovasokat pedig a hosszabb rész hatodoló pontjaira illesszük. Magyarázzuk meg a most is a lovasok viselkedését! Melyik lovasok maradtak a helyükön, melyikek mozogtak (estek le)? Miért? .....

Üssünk meg egy hangvillát rezonátordoboza nélkül. Tegyük a hangvilla végét az asztalra. Mit tapasztalunk? .....

Magyarázzuk meg a hallottakat! .....

Állítsunk egymással szembe két azonos frekvenciájú hangvillát és az egyiket üssük meg. Ezután fogjuk le a megütött hangvillát. Írjuk le és magyarázzuk meg a tapasztaltakat! .....

### *Érdekességek, kiegészítések, gondolkodtató kérdések*

Rezonancia bemutatása Kunt-csővel tanári kísérlet. Chladni-féle porábrák kísérleti bemutatása.

Lehetőség szerint tanári kísérlet: [https://www.youtube.com/watch?v=prs3LzCS\\_jQ](https://www.youtube.com/watch?v=prs3LzCS_jQ)

### *Házi feladat*

#### **Feladat**

*Legyen egy nyitott és egy zárt síp. A nyitott síp hossza 2,8 m. A nyitott síp másodrendű felharmonikusa megegyezik a zárt síp harmadrendű felharmonikusával. Milyen hosszú a zárt síp?*

**Megoldás:**

### *Felhasznált irodalom*

Juhász András: Fizikai kísérletek gyűjteménye TYPOTEX Kiadó, Budapest 1994.

Varga Zsolt: Mechanika – kérdések és feladatok; kézirat; 2003.