

Rezgések, hullámok

Fizika 11.

Szaktanári segédlet

Készítette: Rapavi Róbert

Lektorálta: Gavlikné Kis Anita

Kiskunhalas, 2014. december 31.



KISKUNHALASI
REFORMÁTUS KOLLÉGIUM
SZILÁDY ÁRON GIMNÁZIUMA

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

Tartalomjegyzék

1. óra	3. oldal
Rugó és matematikai inga vizsgálata	3. oldal
I. kísérlet – Tömegmérés rugó rezgésidejének felhasználásával	3. oldal
II. kísérlet Nehézségi gyorsulás meghatározása fonálinga segítségével	3. oldal
Érdekességek, kiegészítések, gondolkodtató kérdések	5. oldal
Házi feladat	6. oldal
2. óra	7. oldal
Szabadrezgés; kényszerrezgés; csatolt ingák	7. oldal
Hanglebegés vizsgálata (tanári kísérlet)	8. oldal
Érdekességek, kiegészítések, gondolkodtató kérdések	9. oldal
Házi feladat	9. oldal
3. óra	10. oldal
Hullámok vizsgálata hullámkád segítségével	
(tanári demonstrációs kísérletek)	10. oldal
a) Körhullámok keltése	11. oldal
b) Egyenes hullámok keltése	11. oldal
c) Hullámok visszaverődése	11. oldal
d) Hullámok törése 1.	12. oldal
e) Hullámok törése 2.	12. oldal
f) Hullámok elhajlása	12. oldal
g) Hullámok interferenciája	12. oldal
Érdekességek, kiegészítések, gondolkodtató kérdések	13. oldal
Házi feladat	13. oldal
4. óra	13. oldal
„Hangoskodjunk”	13. oldal
Állóhullámok vizsgálata monochorddal	14. oldal
Érdekességek, kiegészítések, gondolkodtató kérdések	15. oldal
Házi feladat	16. oldal
Felhasznált irodalom	16. oldal

1. óra

Rugó és matematikai inga vizsgálata

Tantárgyközi kapcsolódás; elmélet

Földrajz, fizika: gravitáció. Mesterséges holdak mozgása. Égi mechanika. Technika: hagyományos órák.

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	8,83	0,883	7,76	0,776	54
2. mérés	8,89	0,889	7,82	0,782	54,2
3. mérés	8,83	0,883	7,73	0,773	53,8
			$m_i = 70$ g	$m_{\text{átl}}$ (g)	54

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

Alapvetően az időmérés pontatlansága befolyásolja a mérést. Ezen kívül hibát okozhat, hogy a testek nem egyenes mentés rezegnek, imbolyognak.

Az ismeretlen tömeget mérleggel megmérve $m = 52$ g adódott. Ezt pontos tömegnek használva a mérés hibája 3,6%, ami a mérési körülményeket figyelembe véve elég pontos eredmény.

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 lengésidőt mérjünk, és feleslegesen ne kerekítsünk, 3 tizedesjegy pontossággal számoljunk! Az inga hosszát 110 cm-től indulva 20 cm-es lépésekben csökkentsük 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 hosszmérésnél 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 ²)	$g_{\text{átl}}$ (m/s ²)	$g_{\text{mért}}$ (m/s ²)
110	21,03	2,103	9,819	9,798	9,697
	21,11	2,111	9,745		
	21,02	2,102	9,828		
90	19,23	1,923	9,608	9,648	
	19,17	1,917	9,668		
	19,17	1,917	9,668		
70	16,84	1,684	9,745	9,749	
	16,78	1,678	9,815		
	16,89	1,689	9,687		
50	14,14	1,414	9,873	9,817	
	14,18	1,418	9,817		
	14,22	1,422	9,762		
30	11,20	1,12	9,442	9,475	
	11,18	1,118	9,475		
	11,16	1,116	9,509		

Keressük meg itt is, hogy milyen hibák léphettek fel a mérés során! Végezzünk hibaszámítást! *Itt is az időmérés pontatlansága befolyásolhatja eredményeinket. Hibát eredményez, ha nem síkban történik a lengés, ha túl nagyok a kitérések, esetleg nyúlik a fonal. Természetesen a hosszmérés pontatlansága is hibát okoz. Érdekes, hogy nem a 110 cm-es hossz esetén volt a legpontosabb a mérés, de több esetben kaptunk a pontos értékhez közeli eredményt. Az is jól látszik, hogy a rövid inga volt a legpontatlanabb.*

A nehézségi gyorsulás értéke a Földön szélesség és magasság függvényében:

$g = 9,780318 \cdot [1 + 0,0053024 \cdot \sin^2 \alpha - 0,0000058 \cdot \sin^2(2\alpha)] - 3,086 \cdot 10^{-6} \cdot h$, ahol

h: a tengerszint feletti magasság (120 m) α: szélességi fok (46°26')

A fentiek szerint Kiskunhalason $g = 9,807 \text{ m/s}^2$, tehát a mérési hiba 1,1%.

Érdekességek, kiegészítések, gondolkodtató kérdések

Miért ül a fizikus az autóbuszban előre?

Az autóbuszban sokkal kevésbé ráznak a kocsi elején levő ülések, mint a hátulsók. Kevésbé ráz az utasokkal telt autóbusz, mint az üres. Az autóbusz több mázsás motorja általában a kocsi elején van elhelyezve, az első kerékrugók fölé nagyobb tömeg esik, mint a hátsó kerekek fölé, ezért az eleje kevésbé ráz. Miért? Amikor a kerék rámegy az akadályra, fel kell emelkednie, majd újra lezökkennie a földre. Mi történik a felépítménnyel? Amikor a kerék az akadályon áthaladva felemelkedik, összenyomja a rugót, tehát felemelkedhet anélkül, hogy megemelné a kocsit. Ha a kerék felett nagy teher van, akkor nagyobb a tehetetlenség, így az autóbusz eleje nem fogja követni a kerék gyors ugrándozásait.

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

Melegben a hajszálrugó meghosszabbodik, merevsége kisebb fokú lesz ezért az óra lassabban jár, késik. A billegőkerék is kitágul, nagyobb lesz a tehetetlensége, ez még jobban növeli az óra késését. Hidegben az ellenkezője történik: a hajszálrugó megrövidül, merevebb lesz, a billegőkerék összehúzódik - ezért az óra siet.

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

Hangot akkor hallunk, ha fülünkhöz bizonyos másodpercenkénti rezgésszámot meghaladó levegőrezgések érkeznek. Ha két tárgyat összeütünk, akkor ezek az ütdéstől benyomódnak: az így keletkezett alakváltozás hatására a rugalmas testekben (ilyen majdnem minden szilárd test) un. rugalmassági erő lép fel, mely igyekszik a testnek eredeti alakját visszaadni. Ennek hatására a test rezgésbe jön (ugyanúgy, mint ha rugót nyomunk össze, csak sokkal szaporábban és kisebb kilengésekkel) és rezgésbe hozza a levegőt is. A puha testek (agyag stb.) általában rugalmatlanok, ami azt jelenti, hogy az alakváltozás hatására „nem rugódnak ki”, hanem megmaradnak új alakjukban és így rezgésbe sem jönnek.

Mennyi a másodpercinga hossza?

A másodpercinga fél lengésidője 1 másodperc, így a lengésidőre megismert összefüggésből az inga hosszát kifejezve 0,994 m hosszúság adódik.

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

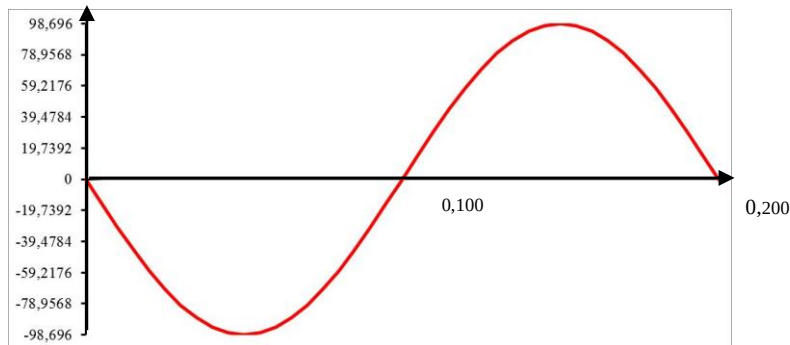
Az Egyenlítőn vagy az Északi-sarkon késik az ingaóra?

A sarkokon a nehézségi gyorsulás nagyobb. A lengésidő pedig a nehézségi gyorsulás négyzetgyökével fordítottan arányos. Ezért kisebb a sarkokon a lengésidő.

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

Megoldás:

a) A grafikonról leolvasható, hogy a rezgésidő 0,2 s, ezért a frekvencia 5 Hz.

Szintén a grafikonról kapjuk a maximális gyorsulás értékét $98,696 \text{ m/s}^2 = 10 \pi^2 \text{ m/s}^2$.

$$a_{\max} = A \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \rightarrow A = \frac{a_{\max}}{4 \cdot \pi^2 \cdot f^2} = 0,1 \text{ m}$$

A rezgésidőre megismert összefüggésből:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}} \rightarrow D = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot m}{T^2} = 49,348 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

A maximális sebesség:

$$v_{\max} = A \cdot 2 \cdot \pi \cdot f = \pi \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

b) A legnagyobb gyorsulás a legnagyobb kitérésnél van, így $y = A = 0,1 \text{ m}$.

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

Lengéscsillapítás járművekben, mosógép. Mozgatás órákban, zárszerkezetekben, kapcsolókban, játékokban.

2. óra

Szabadrezgés; kényszerrezgés; csatolt ingák

Tantárgyközi kapcsolódás; elmélet

Mozgások. Atomfizika. Földrajz: földrengések. Biológia: sejtműködés.

Eszköz és anyaglista

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

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? ***A test egyre csökkenő amplitúdójú rezgéseket végez.***

Mit mondhatunk a másik rugón függő test mozgásáról? ***A test elkezd mozogni, egyre nagyobb amplitúdóval.***

Megfigyelhető-e valamilyen szabályosság a mozgásukban? ***Ahogy az egyik test amplitúdója csökken, úgy nő a másiké. Periodikusan adják át egymásnak az energiát.***

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? ***Az ingák itt is átadják egymásnak az energiát. Az egyik egyre kisebb amplitúdóval, míg a másik egyre növekvővel végzi a lengéseket. Ha terhet akasztunk az összekötő fonálra, akkor szorosabbá tesszük a csatolást, gyorsabban történik az energiacsere.***

Mi történik, ha mindkét ingát kitérítjük (azonos irányban és ellentétesen)? ***Ha az ingák egyforma hosszúak, akkor nem történik energiacsere, az ingák úgy mozognak, mintha össze sem lennének kötve.***

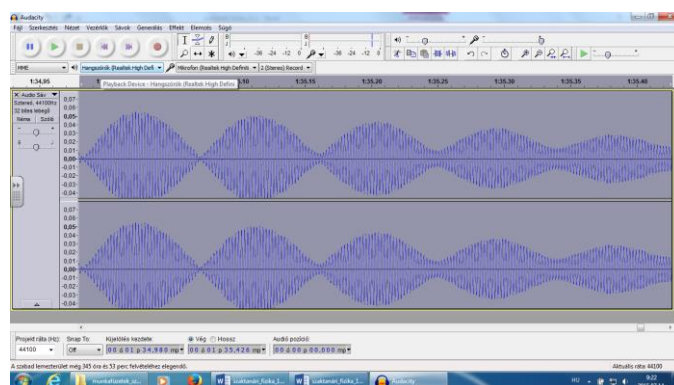
Akasszunk 3 vagy 4 különböző hosszúságú fonálingát az állványra úgy, hogy sorban összekötjük őket az előzőek szerint, az összekötő fonalakra kis súlyokat akasztva. Térítsük ki az egyik szélső ingát és figyeljük meg a rendszer mozgását. Írjuk le, hogy mit tapasztalunk! ***Az ingák folyamatosan átadják egymásnak az energiát, így változó amplitúdókkal végeznek lengéseket. Hol az egyik, hol a másik inga lassul le (esetleg megáll).***

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

Az ingák hosszúságuk függvényében különböző amplitúdóval végzik lengéseiket és az energia átadás is függ a hosszától. Az egyik inga gyorsabban, a másik lassabban áll le, majd kezd újra lengeni.

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



A fenti ábrán nagyon jól látszik, hogy a rezgések periodikusan fölerősödnek, majd elhalkulnak, valamint megfigyelhető az amplitúdó fokozatos csökkenése, a csillapodás.

Érdekességek, kiegészítések, gondolkodtató kérdések

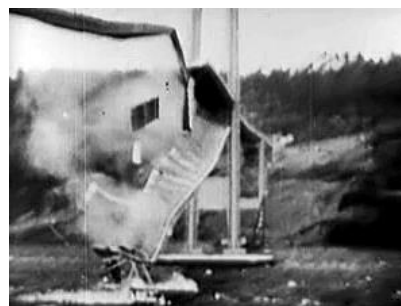
Pendulum waves videók, esetleg tanári kísérlet bemutatása.

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



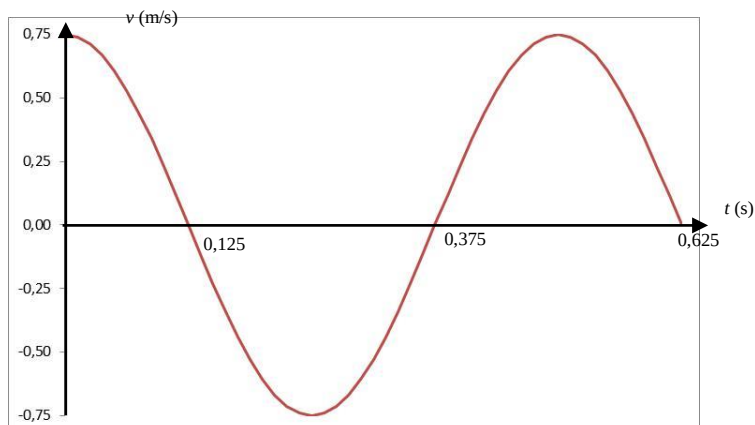
Házi feladat

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

Mosógépek centrifugáláskor rezonálhatnak. Különböző hangokra rezonálhatnak az ablaküvegek. Forgó alkatrészeket tartalmazó gépeknél, járműveknél is felléphet rezonancia. A hínázásnál is ez segít egyre magasabbra jutni. A mágneses rezonancia hasznos MR diagnosztizáló eszközök az egészségügyben. Hangszerek hangjának felerősítése (gítár, hegedű).

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

Az ábráról leolvasható: $T = 0,5 \text{ s}$

$$v_{\max} = A \cdot \frac{2 \cdot \pi}{T} \rightarrow A = \frac{v_{\max} \cdot T}{2 \cdot \pi} = 0,06 \text{ m}$$

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}} \rightarrow D = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot m}{T^2} = 11,844 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$a_{\max} = A \cdot \frac{4 \cdot \pi^2}{T^2} = 9,47 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

3. óra**Hullámok vizsgálata hullámkád segítségével (tanári demonstrációs kísérletek)*****Tantárgyközi kapcsolódás; elmélet***

Földrajz: felszíni vizek mozgása, cunami. Biológia: férgek, csúszómászók mozgása; hallás. Elektromágnesség. Radioaktivitás.

Eszköz és anyaglista

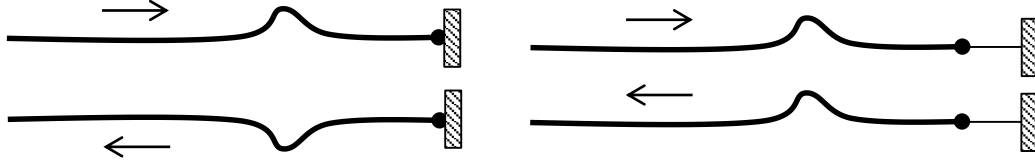
hullámkád	víz
2–3 m hosszú gumikötél	zsineg

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 kötélen 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 kötel végét rögzítve fázisugrás történik (ha hullámhegy ment, akkor hullámvölgy jön vissza a kötélen és megfordítva). Amennyiben a kötel vége szabad (pl. egy szabadon elmozdulni képes fonállal kötjük ki), akkor nincs fázisugrás.



A hullámjelenségeket hullámkádban, felületi vízhullámokkal 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!

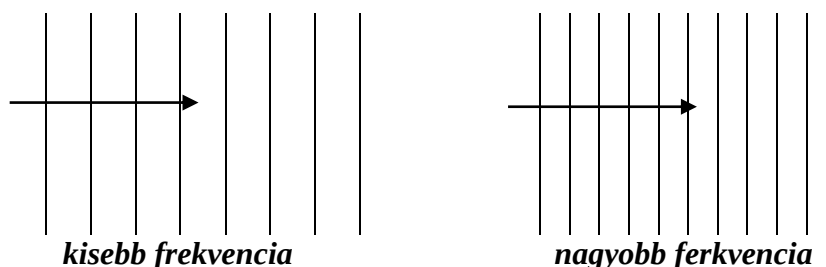


Ha csökkentjük a rezgés frekvenciáját, akkor távolabb lesznek egymástól a koncentrikus körök.

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!

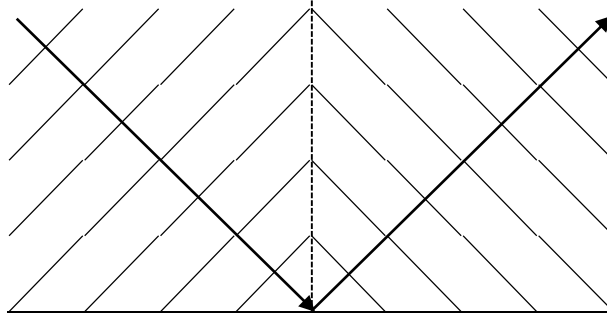
Az előzőekhez hasonlóan egymástól távolabb lesznek a hullámfrontok a frekvencia csökkentésével.



c) Hullámok visszaverődése

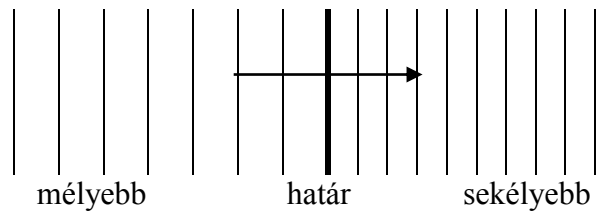
Egyenes hullámokat keltünk, és a terjedés irányába egy „tükröző” felületet helyezünk. Figyeljük meg a visszavert hullámok és a beeső hullámok terjedési irányát. Készítsünk ábrát, amelyen

bemutatjuk a terjedési irányok, a hullámfrontok, a tükröző felület és a beesési merőleges kölcsönös helyzetét! Hogyan változik a terjedési sebesség és a hullámhossz a visszaverődés következtében? **A beesési szög megegyezik a visszaverődési szöggel, a sebesség és hullámhossz nem változik.**



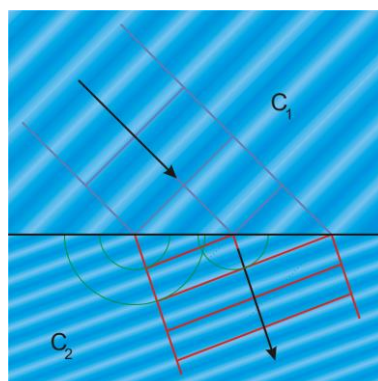
d) Hullámok törése 1.

Keltsünk 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! **Mélyebből sekélyebbe: $\lambda_1 > \lambda_2$; $c_1 < c_2$**



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°-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 merőleget, a terjedési irányokat, a beesési és törési szöget! Ismételjük meg a kísérletet úgy, hogy a hullámok a sekélyebb vízből haladnak a mélyebb rész felé!

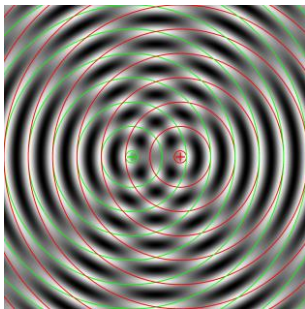
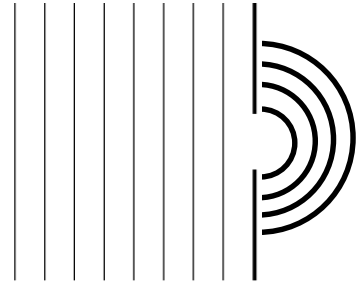


f) Hullámok elhajlása

Keltsünk egyenes hullámokat! A hullámok útjába helyezzünk el két akadályt úgy, hogy párhuzamosak 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?

A rés szűkítésével a hullámok egyre jobban behatolnak az árnyéktérbe, majd amikor a rés szélessége közel azonos lesz a hullámhosszal, a rés pontszerű hullámforrásként kezd viselkedni.

**g) Hullámok interferenciája**

A hullámforrásra két „pontszerű” hullámforrást erősítünk. Ezek a hullámforrások azonos frekvenciájú és amplitúdójú körhullámokat keltenek. Ezek a hullámok találkoznak, és a találkozás helyén összeadódnak.

Érdekességek, kiegészítések, gondolkodtató kérdések

Hullámkád segítségével vizsgáljuk meg a Doppler-effektus jelenségét!

A hullámkádban elhelyezett rezgékeltőt mozgassuk. Figyeljük meg a kialakuló hullámokat a hullámforrás előtt és mögötte. Nézzük meg, hogy hogyan változik a hullámkép, ha a mozgás a hullámok terjedési sebességénél gyorsabban történik. Ez a jelenség észlelhető, amikor a repülőgép átlépi a hangsebességet. Ott a térbeli hanghullámokkal történik meg az, amit itt a felületi hullámokkal tapasztalunk.

Egy sípot gumicső végébe szorítva mutassuk be a Doppler-jelenséget hanggal is! A csövet, ill. a sípot megfújva, közben a cső másik végét a síppal együtt körbeforgatva periodikusan változó magasságú hangot hallunk. Hasonlót tapasztalhatunk egy közeledő, majd távolodó jármű (pl. szirénázó autó) által kibocsátott hang esetén is.

Házi feladat

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

<http://www.fizikaiszemle.hu/archivum/fsz0601/janos0601.html>

4. óra

„Hangoskodjunk”

Tantárgyközi kapcsolódás; elmélet

Biológia: hallás.

Milyen hullám a hang? **Longitudinális (sűrűsödések és ritkulások vannak).**

Kell-e közvetítő közeg a hanghullámnak? **Igen, kell.**

Mennyi a hang terjedési sebessége levegőben? **Kb. 340 m/s, de függ a levegő hőmérsékletétől, páratartalmától.**

Frekvenciájuk alapján hogyan csoportosíthatók a hangok? **20 Hz alatt infrahangok; 20 Hz – 20 000 Hz között az ember számára hallható tartomány; 20 000 Hz fölött ultrahang.**

Mennyi az emberi fül által legjobban hallható frekvenciatartomány? **1000 Hz – 3500 Hz**

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.

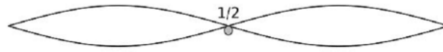
Tanári kísérlet!

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?

A frekvencia növekedésével (hullámhossz csökkenésével) csökken a hangerősség. A legerősebb az alaphang, majd fokozatosan gyengülnek a hangok.

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 lovas. Pendítsük meg a húr rövidebb végét. Mit tapasztalunk? ***A középső lovas nyugalomban marad, a másik kettő erősen mozog, esetleg le is esik.***

Próbáljuk megmagyarázni a látottakat! ***Mivel az alátámasztásnál csomópont keletkezik, így a másik oldalon egy teljes hullám alakul ki a középső lovasnál csomópont lesz, a másik kettő egy-egy duzzadóhelyen lesz.***

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? ***Most is csomópont lesz az alátámasztásnál, így a másik oldalon másfél hullám alakul ki, tehát a páratlan számú lovasok mozognak (duzzadóhely), míg a páros számú helyeken lévők nyugalomban vannak (csomópont).***

Üssünk meg egy hangvillát rezonátordoboza nélkül. Tegyük a hangvilla végét az asztalra. Mit tapasztalunk? ***A kezdeti gyenge hangot az asztal felerősíti.***

Magyarázzuk meg a hallottakat! ***A hangvilla és asztal között rezonancia lépett fel, az asztal nagyobb levegőmennyiséget tudott megmozgatni, a hang felerősödött.***

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! ***A másik hangvilla a rezonancia miatt szintén rezgésbe jött, hangot adott ki.***

Az előbbi összeállításon módosítsunk annyit, hogy egy kis súlyt a hangvilla egyik szárára erősítve kicsit hangoljuk el. Mindkét hangvillát megütve a hallható hang ritmikusan felerősödik és lehalkul. Ez a jelenség a lebegés. A súlyt máshová helyezve, a lebegés frekvenciája módosítható.

Érdekességek, kiegészítések, gondolkodtató kérdések

Chladni-féle porábrák kísérleti bemutatása. Lehetőség szerint **tanári kísérlet**, ennek hiányában:



https://www.youtube.com/watch?v=prs3LzCS_jQ

Rezonancia, illetve longitudinális állóhullámok bemutatása Kunt-csővel. **Tanári kísérlet.**

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

Mivel a felharmonikusok megegyeznek, így a hullámhosszuk azonos.

A 2. felharmonikus esetén $n_{ny} = 2$.

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

$$\lambda_{ny} = 2,8 \text{ m}$$

$\lambda_z = \lambda_{ny}$ és a harmadrendű felharmonikus miatt $n_z = 3$

$$l_z = (2n - 1) \cdot \frac{\lambda_z}{4} = 3,5 \text{ m}$$

Felhasznált irodalom

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

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

<http://www.dunakanyar.net/~di/f1000.htm>

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

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

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

https://hu.wikipedia.org/wiki/Neh%C3%A9zs%C3%A9gi_gyorsul%C3%A1s

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/04/Wellen-Brechung.png>

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f1/Interferenz.jpg>

http://i.ytimg.com/vi/prs3LzCS_jQ/maxresdefault.jpg

http://pixabay.com/p-419872/?no_redirect