

9. Ingamozgás, rezgőmozgás

Tartalom

| | |
|--|----|
| 1. Fonálinga lengésidejének vizsgálata | 2 |
| a) A lengésidő összefüggésének vizsgálata az ingatest anyagával, tömegével és a kezdeti kitérésével..... | 2 |
| b) A lengésidő és a nehézségi gyorsulás összefüggésének vizsgálata | 2 |
| c) A lengésidő és az ingahossz összefüggésének vizsgálata | 3 |
| 2. Egy harmonikus rezgőmozgást végző test és egy egyenletes körmozgást végző test árnyékának összehasonlítása | 4 |
| 3. A rugóra függesztett test rezgésidejének vizsgálata (érettségi mérés)..... | 5 |
| 4. Csatolt rezgések bemutatása inga-párral | 6 |
| 5. Rezgécsatolás bemutatása Wilberforce ingával..... | 7 |
| 6. Kényszerrezgés és rezonanciajelenség bemutatása. ("Rezonancia kocsi")...... | 8 |
| 7. Rezonancia trükkös bemutatása ingákkal | 9 |
| 8. Rezgések összegzése: két, hanggenerátorral keltett rezgés összegzése oszcilloszkóppal (egyirányú és egymásra merőleges rezgések.) | 10 |
| 9. A fizikai inga lengésidő-formulájának illusztrálása | 12 |

1. Fonálinga lengésidejének vizsgálata

A kísérlet célja

A kísérletek célja az inga periodusidejére ismert

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

összefüggés méréssel történő igazolása.

Szükséges anyagok, eszközök

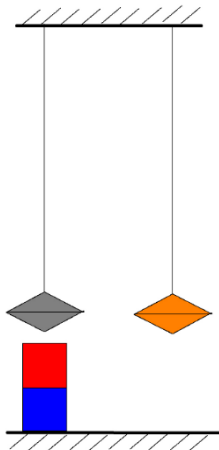
- Bunsen-állvány, dió
- Befogó állítható lemezpárral
- Fonalak
- Különböző anyagú és tömegű nehezékek
- Vonalzó, stopper
- Mágnesrúd

a) A lengésidő összefüggésének vizsgálata az ingatest anyagával, tömegével és a kezdeti kitérésével

Leírás

Függesszünk fel vízszintes rúdra egymás mellé három egyenlő hosszúságú ingát. Legyen az ingatestek alakja és mérete egyforma, de anyaga különböző (pl. réz, vas és fa). Indítsuk egyszerre, azonos kezdeti kitéréssel a három ingát: még sok lengés után is azonos periódusidővel lengenek. (Az egyszerre indítás úgy történhet, hogy a három ingát együtt - pl. egy vonalzóval - kitérítjük, majd szabadon engedjük.)

Ezt követően indítsuk egyszerre őket, de különböző kezdeti kitéréssel. Ez úgy érhető el, ha a kitérítő vonalzót most nem párhuzamosan tartjuk az ingatestek nyugalmi egyenesével. Figyeljünk oda, hogy a kitérés egyik inga esetén se legyen nagyobb 20°-nál.



b) A lengésidő és a nehézségi gyorsulás összefüggésének vizsgálata

Leírás

Állítsunk most a vas ingatest alá (lehetőleg széles) rúd-mágnezt és ismételjük meg a kísérletet. A vastestű inga lengésideje csökken. Ha a réz, vagy fa alá helyezzük, akkor nem történik változás a lengésidőben. (A nehézségi gyorsulás a Föld adott pontján állandó. Nagyságának változását csak érzékeltetni tudjuk, ha a testre a nehézségi erővel kb. egyező irányú többleterőt fejtünk ki. Ez mintegy "növeli" g értékét.)

c) A lengésidő és az ingahossz összefüggésének vizsgálata

Leírás

Mérjük meg 4 különböző fonálhosszúságú inga lengésidőjét (10 teljes lengéshez szükséges időt lemérve). A mérési adatokat táblázatba foglaljuk és grafikusan kiértékeljük. Ügyeljünk arra, hogy a kitérések minden esetben nagyjából azonosak legyenek, és ne legyenek 20°-nál nagyobbak.

| Vizsgált mennyiség | 1. mérés | 2. mérés | 3. mérés | 4. mérés |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| l (m) | | | | |
| $10T$ (s) | | | | |
| T (s) | | | | |
| \sqrt{l} ($\sqrt{\text{m}}$) | | | | |
| T/\sqrt{l} (s/ $\sqrt{\text{m}}$) | | | | |

A mért eredményeket ábrázoljuk egy egyszerű T - l -diagramon és számoljuk ki a T/\sqrt{l} hányadost is minden esetben. Az egyszerű diagram azt sugallja, hogy a lengésidő és az ingahossz közötti összefüggés egy

$$T = C \cdot \sqrt{l}$$

alakú gyökfüggvénnyel adható meg. A sejtés helyességének igazolására ábrázoljuk az összetartozó értékeket egy T - \sqrt{l} -diagramon is. Látható, hogy a pontokra egyenes illeszthető, tehát a keresett összefüggés valóban a fenti függvénytípussal írható le.

Kísérlethez kapcsolódó kérdések

- Hogyan szemlélteti a számított T/\sqrt{l} hányados a T és \sqrt{l} közötti egyenes arányosságot?

Módszertani kiegészítések

- A kísérlet elvégzése előtt érdemes a diákokkal ötletelni, hogy mitől függhet a periodusidő. Biztassuk őket, hogy érvekkel támasszák alá sejtésüket, vitatkozzanak egymással! A hipotézisek megfogalmazása után lehet a kísérletet elvégezni.
- A kísérletsorozattal jól szemléltethetjük a diákok számára a természettudományos megismerés útját, módszereit. Megtanulhatják belőle, mit jelent a befolyásoló és nem befolyásoló tényező, illetve, hogy fontos, hogy ezek vizsgálata során egyszerre mindig csak egy paramétert változtassunk!
- A kísérlet egyszerűsége miatt kisiskolás korban is elvégezhető, de természetesen a gyökös összefüggés kiértékelése ebben az esetben nem fontos. Az is egy érdekes megállapítás, hogy nem lineáris, vagy egyenes arányosság van közöttük.
- Mindenképpen az 'a' alfeladattal érdemes kezdeni a kísérletezést, mert az pontos beállítást vár el a tanártól. Ennél a feladatnál nem az ingahosszat próbáljuk egyformára állítani, hanem (mivel tudjuk az eredményt) a lengésidőt. Felfüggesztjük az első ingát, majd mellé lógatjuk a másodikat kb. azonos magasságba, ha nem lengenek szinkronban, akkor finomítunk a hosszán. Utána ugyanezt elvégezhetjük a harmadikkal. Érdemes

rögtön olyan hosszat választani, hogy a 'b' feladatrészhez szükséges mágnes alájuk férjen, mert így nem kell átszereléssel bajlódni.

- A fonálinga vékony fonálon függő kisméretű test. Egyensúlyi helyzetéből kiterítve, majd magára hagyva – lassan csökkenő amplitúdóval – periodikus mozgást végez. Mozgását csak kis szögkitérések esetén tekinthetjük harmonikus rezgőmozgásnak. Ilyenkor az inga T lengésidejére (jó közelítéssel) érvényes

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

formula. A kísérleti vizsgálatok elvi fontosságú, hogy a szögkitérés 15-20°-nál ne legyen nagyobb.

- Fonálhossz-lengésidejő sorozatméréssel a kísérlet alkalmas a nehézségi gyorsulás értékének pontos meghatározására!
- A pontos méréshez fontos, hogy az inga hossza jól definiált legyen. A fonalat függőleges síkú befogó lemezpár közé érdemes



szorítani. A lemezpárt rögzítő rudat hosszú Bunsen-állványra lehet erősíteni. Figyeljünk oda, hogy az állvány ne mozogjon a kísérlet során. Ingatestként célszerű kisméretű, kettőskúp alakú testet használni. Ha nem törekszünk a nagyon pontos mérésre, akkor egy rúdra egyszerűen fel is köthetjük a testeket.

2. Egy harmonikus rezgőmozgást végző test és egy egyenletes körmozgást végző test árnyékának összehasonlítása

A kísérlet célja

Annak bemutatása, hogy a harmonikus rezgőmozgás megfeleltethető egy egyenletes körmozgás valamely vetületének. A kísérlet által bemutatott gondolatmenet felsőbb matematika nélkül teszi lehetővé a harmonikus rezgőmozgás összefüggéseinek levezetését.

Szükséges anyagok, eszközök

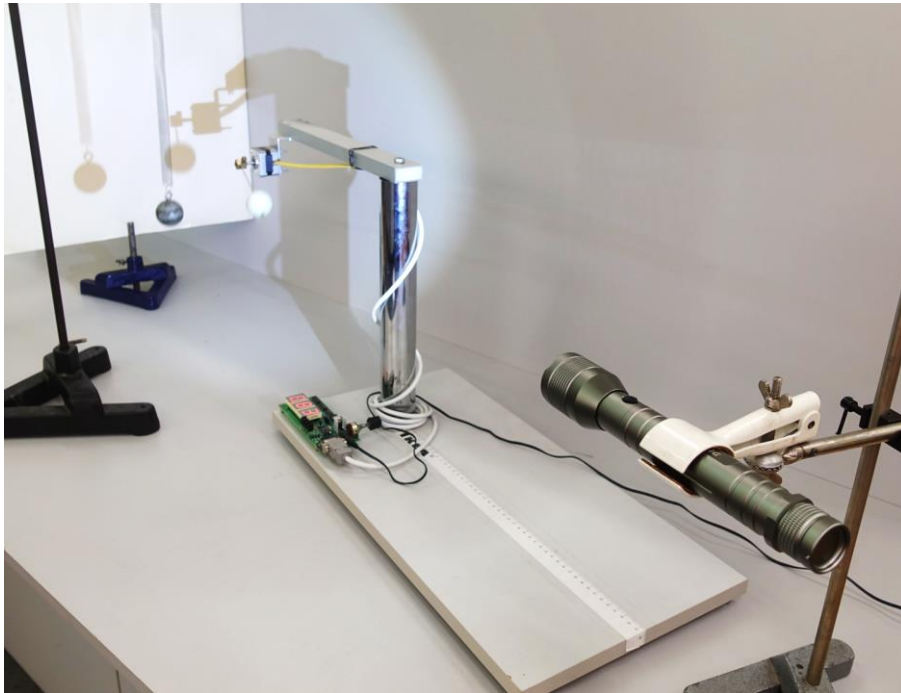
- „A” talpú állvány, befogóval
- Ólomgolyó
- Pingponglabda elektromotorra erősítve, fordulatszám-szabályozó elektronikával
- Fényforrás (zseblámpa)

Leírás

Vetítsük ernyőre a motorhoz erősített pingponglabda árnyékát a körmozgás síkjába eső párhuzamos fénysugarakkal. A labda árnyéka egyenes vonal mentén, két szélső helyzet között ide-oda mozog. Mozgása a rugóra függesztett golyó mozgására - tehát harmonikus rezgőmozgásra - emlékeztet.

Állítsunk a vetítősugarak útjába egy rugón rezgő golyót is. Figyeljük a golyó árnyékának mozgását is. Ha a körpálya sugarát és középpontját a rezgő test amplitúdójával és nyugalmi

helyzetével összehangoljuk, valamint a motor fordulatszámát a golyó rezgésidejéhez igazítjuk, akkor a két árnyék együtt mozog. Tehát az egyenletes körmozgást végző test vetülete a kör síkjában fekvő egyenes mentén harmonikus rezgőmozgást végez.



Az árnyékvetítés közelítőleg párhuzamos fénynyalábbal történjék. A szemléletességet fokozza, ha a labda és a golyó kb. azonos méretű.

Kísérlethez kapcsolódó kérdések

- Készítsünk egyszerű ábrát, mely a körmozgás segítségével bemutatja a harmonikus rezgőmozgás kitérés-idő függvényét ($\varphi_0=0^\circ$)!
- Ehhez hasonlóan vezessük le a körmozgás kerületi sebességéből és centripetális gyorsulásából a harmonikus rezgőmozgás sebesség-idő és gyorsulás-idő függvényét. [Segítség](#) az ábra készítéshez:



Módszertani kiegészítések

- A kísérlethez speciális eszközökre van szükség, ezért itt megtalálható [a kísérlet lassított felvétele](#):



3. A rugóra függesztett test rezgésidejének vizsgálata (érettségi mérés)

A kísérlet célja

A harmonikus rezgőmozgás periódusidejére ismert rezgésidő-képlet igazolása. Ennek segítségével ismeretlen tömegű test tömegének mérése.

Szükséges anyagok, eszközök

- Bunsen-állvány, dió
- Spirál rugó
- Ismert tömegű egységekből álló tömegsorozat
- Ismeretlen tömegű ólomgolyó (tömege kisebb legyen, mint a teljes tömegsorozaté)
- Stopper



Leírás

A rezgésidőképlet igazolására akasszuk legalább 5 különböző nagyságú tömeget a rugóra és mindegyik tömeg esetén mérjük a rezgésidőt. (Az időmérés hibájának csökkentésére 10 rezgés idejét mérjük). 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 foglaljuk táblázatba, majd grafikus ábrázolással igazoljuk a $T \sim \sqrt{m}$ arányosságot.

| Vizsgált mennyiség | 1. mérés | 2. mérés | 3. mérés | 4. mérés | 5. mérés |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| m (kg) | | | | | |
| $10T$ (s) | | | | | |
| T (s) | | | | | |
| \sqrt{m} ($\sqrt{\text{kg}}$) | | | | | |
| T/\sqrt{m} ($\text{s}/\sqrt{\text{kg}}$) | | | | | |

Akasszuk az ismeretlen tömegű testet a rugóra és mérjük meg a rezgésidőt. Az így mért rezgésidő és az előzőleg kimért grafikon alapján határozzuk meg az ismeretlen test tömegét!

Módszertani kiegészítések

- Kis tömegeknél nagyon kicsi lehet a rezgésidő, így nehéz mérni. Érdemes olyan tömeggel kezdeni, aminél már megbízhatónak érezzük az időmérést.
- A rezgésidő pontosabb mérése érdekében 10 rezgés idejét mérjük, majd átlagoljunk!
- Az időmérést ne az elengedés pillanatában kezdjük! Hagyjuk egy ideig rezegni a testet és mikor már ráhangolódtunk a mozgására, akkor érdemes a stoppert indítani valamelyik szélső helyzetben. Az időmérésbe a diákokat is bevonhatjuk, mindenki mérheti a rezgésidőt a saját telefonja segítségével.

4. Csatolt rezgések bemutatása inga-párral

A kísérlet célja

Rezgések csatolásának és energiaátadásának demonstrálása.

Szükséges anyagok, eszközök

- Állvány ingatestekkel
- Nehezék

Leírás

Kapcsoljunk össze könnyű fonállal két egyenlő lengésidőjű fonálingát. Hozzuk egyiket lengésbe. Rövid idő múlva a másik is lengésbe kezd. Lengésének amplitúdója egyre növekszik, maximumot ér el, eközben az első inga amplitúdója lassan zérusra csökken. Ezután az ingák szerepet cserélnek.

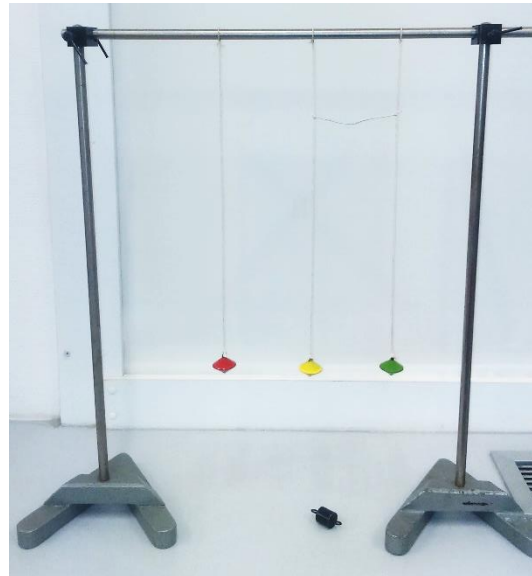
Az ingák közötti csatolást szorosabbá tehetjük, ha az összekötő fonalat nehezékekkel látjuk el. Figyeljük meg, hogyan változik szoros csatolásnál az energiacserehez szükséges idő.

Figyeljük meg a jelenséget nehezékekkel és anélkül, illetve az összekötéssel párhuzamos és arra merőleges kitérések esetén is.

Csatoljunk a két ingához egy harmadikat és figyeljük meg, hogyan változik a mozgás!

Módszertani kiegészítések

- A csatolt ingák bemutatása a hullámmozgás bevezetésére is szolgálhat.
- Magasabb szinten érdemes a kísérlethez kapcsolódóan szemléletes videót bemutatni: [72 metronóm szinkronizálása](#)



5. Rezgécsatolás bemutatása Wilberforce ingával

A kísérlet célja

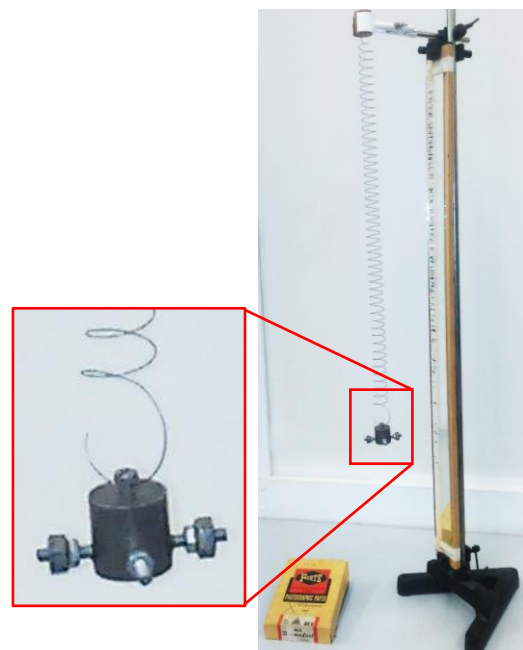
A rezgécsatolás egy rendkívül látványos példán történő bemutatása. A jelenség során egy „test” különböző lehetséges rezgései közötti csatolást láthatjuk.

Szükséges anyagok, eszközök

- Tükrös állvány kémcsőbefogóval
- Dugós végű spirálrugó (a dugót kell a kémcsőbefogóba tenni)
- Wilberforce-ingatest

Leírás

A Wilberforce-inga egy lágycsavarrugóból és a ráakasztott speciális testből áll. A rugónak azért kell lágynak lennie, hogy a hosszanti rezgés mellett viszonylag nagy amplitúdójú forgási



(csavarirányú) rezgésbe is hozható. Ez úgy ellenőrizhető, hogy a felfüggesztett rugót az ingatestnél fogva hosszának változtatása nélkül elcsavarjuk. Ha kis erő kifejtéssel két teljes fordulatot tudunk csavarni a rúgón, akkor megfelelő lehet.

A Wilberforce-ingát úgy kell elkészíteni, hogy a hosszanti és a forgási rezgés sajátfrekvenciája közeli legyen. Ebben az esetben a két rezgésforma csatolódni tud. A csavarás nélkül kitérített és elengedett test hosszanti rezgései úgy csillapodnak, hogy közben egyre növekvő forgási rezgésbe jön. Ezután a folyamat fordított irányban is megismétlődik.

Módszertani kiegészítések

- A Wilberforce-inga működésének leírása rendkívül nehéz, középiskolai szinten lehetetlen. Érdekes csak jelenség szinten foglalkozni vele.

6. Kényszerrezgés és rezonanciajelenség bemutatása. ("Rezonancia kocsi".)

A kísérlet célja

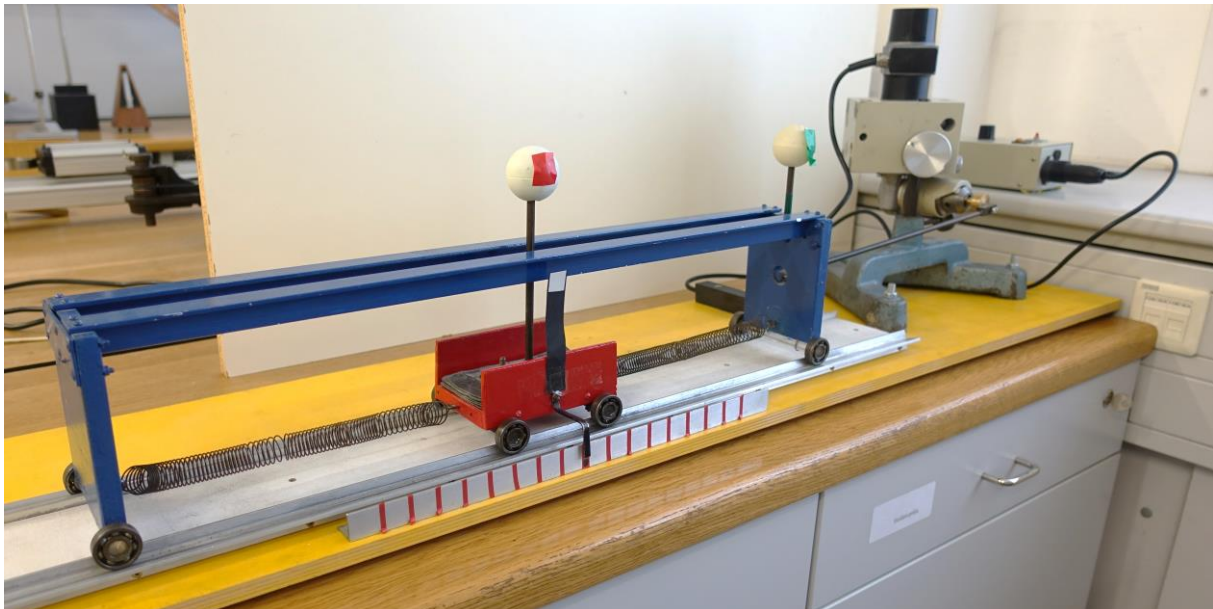
A rezonancia rendkívül érdekes, látványos jelenségének bemutatása, mennyiségi viszonyainak érzékeltetése.

Szükséges anyagok, eszközök

- Rezonancia kocsi szett

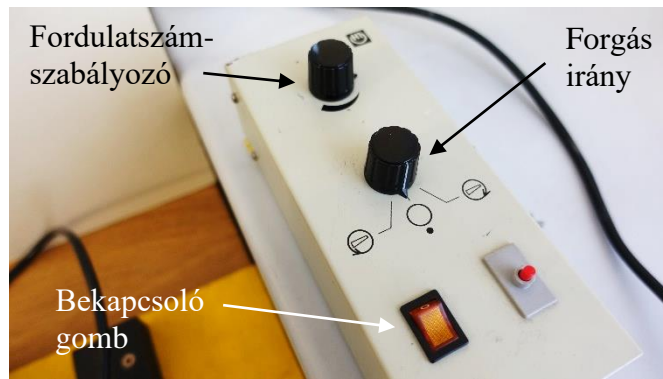
Leírás

Az ábra a kényszerrezgés és a rezonancia-jelenség bemutatására alkalmas egyik összeállítást mutatja. A sínre állított kocsi két rugóval egy ugyanazon a sínen gördülő kerethez van csatlakoztatva. A keretet változtatható fordulatszámú motor egy excenteren keresztül kis amplitúdójú rezgésbe hozza.



A keret amplitúdója állandó, frekvenciája a motor fordulatszámával egyenlő. A keret rezgése gerjeszti a kocsit.

Kezdetben a fordulatszám szabályozót állítsuk minimumra, majd kapcsoljuk be a motort és állítsunk be tetszőleges forgási irányt. Figyeljük meg a kiskocsi rezgésének amplitúdóját, valamint a



keret és a kocsi egymáshoz viszonyított fázisát. Növeljük a motor fordulatszámát és figyeljük meg az amplitúdó és a fázis változását. Egy idő után azt tapasztaljuk, hogy a kocsi olyan nagy amplitúdóval rezeg, hogy szinte kiszakad a keretből (rezonanciakatasztrófa). Ezen a ponton tekerjük át a fordulatszám szabályozót, hogy csak kicsit rezegjen a kocsi. Figyeljük meg ebben az állásban is a kiskocsi rezgésének amplitúdóját, valamint a keret rezgéséhez képesti fázisát.

Bizonyítsuk be, hogy a kiskocsi amplitúdója akkor maximális, amikor a gerjesztő frekvencia megegyezik a kiskocsi sajátfrekvenciájával. Ehhez rögzített keret (álló motor) mellett térítsük ki a kiskocsit és stopperrel "mérjük" meg a kocsi rezgésének periódusidejét. Ezután keressük meg a motornak azt a fordulatszámát, melyen a kiskocsi kitérése maximális. Ekkor kapcsoljuk ki a motort. Sajnos a motorról nem lehet leolvasni közvetlenül a frekvenciát, ezért ehhez a kocsit le kell csatlakoztatnunk a keretről, és stopperrel mérni a periódusidőt. A mért adatok alapján bizonyíthatjuk a fenti állítást.

Kísérlethez kapcsolódó kérdések

- Mondjunk két-három példát a rezonancia jelenségére a gyakorlati életből! Mikor káros, mikor hasznos a rezonancia?
- Mi a rezonancia-katasztrófa? Mikor következik ez be?

Módszertani kiegészítések

- A leglátványosabb példa a jelenségre a Tacoma-híd katasztrófája. Ezzel kapcsolatban arra a finomságra mindenképpen érdemes felhívni a figyelmet, hogy ott természetesen nem a periodikusan változó szél hozta lengésbe a hidat (ez például a wikipédián is hibásan szerepel). Természetellenes lenne egy hosszú időn keresztül periodikusan ingadozó szélerősség. A közel egyenletes szélben a híd mögött keletkező örvények periodikus leválása okozta a rezonanciát. Itt egy magyar vonatkozás is megemlíthető, hiszen ezt Kármán-féle örvénysornak nevezzük (Kármán Tódor után).

7. Rezonancia trükkös bemutatása ingákkal

A kísérlet célja

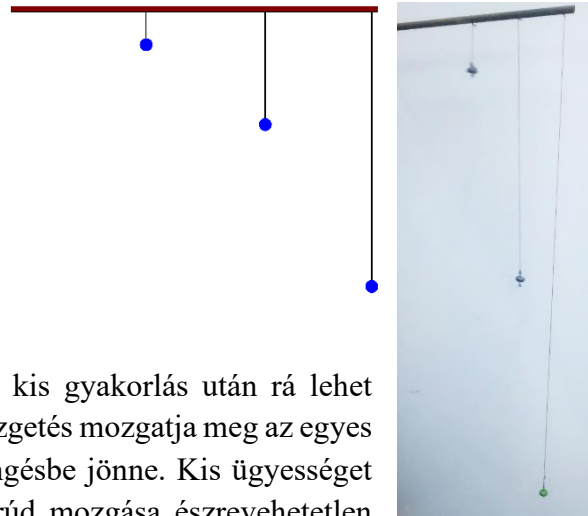
A rezonanciajelenség és a matematikai inga alapvető tulajdonságának szemléltetése.

Szükséges anyagok, eszközök

- Rúd
- Három különböző hosszúságú inga

Leírás

Függesztünk fel három különböző hosszúságú ingát egy rúdra az ábrának megfelelően. Érdekes körülbelül 1, 4 és 9 egység hosszúságú ingákat választani. Ha a rudat különböző frekvenciával rezgetjük oldalra, vízszintes síkban, akkor a frekvenciától függően más-más inga fog lengésbe jönni.



Módszertani kiegészítések

- A kísérlet bemutatható bűvészlükként: kis gyakorlás után rá lehet hangolódni, hogy milyen frekvenciájú rezgés mozgatja meg az egyes ingákat, anélkül, hogy a másik kettő lengésbe jönné. Kis ügyességet igényel, de az is megoldható, hogy a rúd mozgása észrevehetetlen legyen. Mutassuk be a kísérleti eszközt az osztálynak, vezessük fel úgy, hogy a gondolat erejével bármelyik ingát mozgásba tudjuk hozni. Ezt követően, kérjük meg a diákokat, hogy válasszák ki bármelyik ingát, amit lengetni szeretnének. Lengessük meg nekik néhányszor a kívánt ingát, majd magyarázzuk meg a jelenséget.
- A kísérlet egy másik iskolai változata a következő: Vízszintesen, lazán kifeszített kötélre két egyforma hosszú, egy náluk rövidebb és egy náluk hosszabb ingát függesztünk fel tetszőleges sorrendben. Térítsük ki az egyik ingát és hagyjuk magára. Figyeljük meg a többi inga mozgását! Azt láthatjuk, hogy csak az egyforma ingák között jön létre csatolás, csupán azok fogják belengetni egymást. A másik kettőt hiába indítjuk el, illetve az egyforma ingák sem indítják el a tőlük különböző hosszúságúakat.

8. Rezgések összegzése: két, hanggenerátorral keltett rezgés összegzése oszcilloszkóppal (egyirányú és egymásra merőleges rezgések.)

A kísérlet célja

Oszcilloszkóp segítségével egyirányú és egymásra merőleges hullámjelek összegzése.

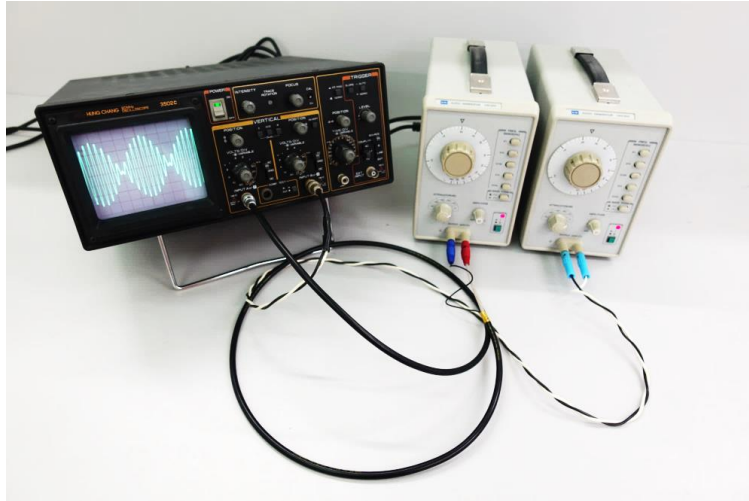
Szükséges anyagok, eszközök

- Két folytonosan szabályozható hanggenerátor
- Oszcilloszkóp
- Két oszcilloszkópra csatlakoztatható kábel

Leírás

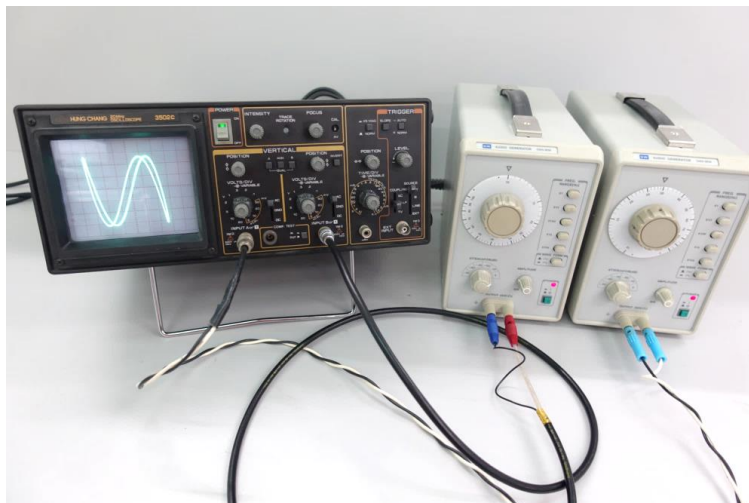
Az egyirányú- és a merőleges rezgések eredőjét oszcilloszkópon is megfigyelhetjük. Az összegzendő rezgéseket hanggenerátor szolgáltathatja. (A hanggenerátor 20 Hz és 20 kHz között folytonosan változtatható frekvenciájú szinuszos feszültségforrás. Jelének amplitúdója (feszültsége) – megfelelő határok között – szabályozható.)

Vizsgáljuk először az egyirányú rezgések eredőjét. Adjuk előbb az egyik, majd a másik generátor egymástól eltérő frekvenciájú jelét az oszcilloszkóp két függőleges bemenetére. (Amplitúdóikat úgy szabályozzuk be, hogy az eredő rezgés képe majd ráférjen a képernyőre.)



Kössük a két generátort az oszcilloszkópra és az ADD gombbal adjuk össze őket. Figyeljük meg az eredő rezgés feszültség-idő függvényének képét. Állítsunk be azonos amplitúdójú, azonos frekvenciájú összetevőket. Változtassuk az amplitúdók arányát azonos frekvenciák mellett. A csak kissé eltérő frekvenciájú rezgések összegzésekor lebegési jelenséget látunk.

Merőleges rezgések összetételekor az egyik összetevőt (függvénygenerátort) a vízszintes, a másikat a függőleges bemenetre adjuk. A képen látható kapcsolót állítsuk X-Y állásba. Összegezzünk 1:1, 1:2, 2:3, stb. frekvenciaarányú rezgéseket. Ekkor az ismert Lissajous-görbéket láthatjuk. Állítsunk elő többféle Lissajous-görbét is.



Vigyázat!

- Az oszcilloszkóp kikapcsolása előtt a TIME/DIV kapcsolót állítsuk vissza, pl. 5 ms állásba (így nem ég ki az oszcilloszkóp közepe hosszú távon sem)!

9. A fizikai inga lengésidő-formulájának illusztrálása

A kísérlet célja

A matematikai ingától különböző, de ahhoz sokban mégis hasonlító fizikai inga alapvető tulajdonságainak személtetése.

Szükséges anyagok, eszközök

- Tartódeszka
- 2 kg-os nehezék
- Satu
- Fém tengely
- Fapálca
- Henger alakú lyukas nehezékek
- Tűk

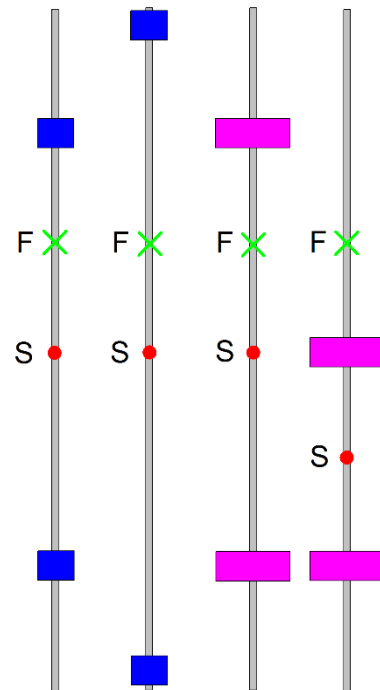
Leírás

A fizikai inga lengésideje

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\theta}{mgs'}}$$

ahol θ az inga forgástengelyre vonatkozó tehetetlenségi nyomatéka, m a tömege, s a tengely és a súlypont egymástól mért távolsága, g a nehézségi gyorsulás.

A formula helyességének igazolására szolgáló eszköz – a Pócza-féle inga – egy könnyű pálcából, két egységtömegű és két kétszeres tömegű fémhengerből áll. A pálcán egyenlő távolságokban hét furat van, ide lehet a hengereket vékony huzaldarabbal (vagy gombostűvel) rögzíteni. A pálcával és a hengerekkel különböző tömegű, súlyponttávolságú és tehetetlenségi nyomatékú fizikai inga készíthető. Az inga vastag acéltű-tengely körül lenghet.



Készítsük el a fenti ábrán vázolt ingákat. (Az ábrán F a forgástengelyt, S a súlypontot jelöli.) Mérjük meg az ingák lengésidejét. Foglaljuk a mért időket táblázatba. Foglaljuk táblázatba az önkényes egységekkel számított lengésidőket is. Végül hasonlítsuk össze a mért lengésidők arányát a számított lengésidők arányával.

| | | | | |
|-------------------|-------|---------------|-------|----------------|
| Θ (ö.e.) | 1 | 2 | 2 | 2 |
| m (ö.e.) | 2 | 2 | 4 | 4 |
| s (ö.e.) | 1 | 1 | 1 | 2 |
| $T_{várt}$ (ö.e.) | T_0 | $\sqrt{2}T_0$ | T_0 | $T_0/\sqrt{2}$ |
| $T_{mért}$ (s) | | | | |

A lengésidő g -tól való függését csak szimulálni tudjuk. Ha az inga a vízszintessel szöget bezáró tengely körül leng, akkor lengésideje nagyobb. Olyan, mintha g értéke lecsökkent volna.



Összeállított eszköz



Forgási tengely



Súly befogása



Tengely tartó satuval történő rögzítése a deszkához



A deszkát a helyén tartó nehezék