

Nyomás

Fizika 7.

Készítette: Hegedüsne Solymosi Ildikó

Lektorálta: Rapavi Róbert

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

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 hajat 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 eszközkiadást, 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 cserélgesd össze! Szilárd vegyszert tiszta vegyszeres kanállal vedd ki, a kanalat használat után törölj el! Megmaradt vegyszert a vegyszeres edénybe visszaönteni nem szabad!
- A laboratóriumi lefolyóba ne dobj olyan anyagot (pl. szűrőpapírt, gyufaszálat, parafadugót, üvegcserepet stb.), amely dugulást okozhat!
- Az eszközöket csak rendeltetésszerűen, tanári engedéllyel szabad használni!
- Az eszközöket, berendezéseket csak rendeltetésszerűen 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 bőrrödre 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

A hidrosztatikai nyomás

Emlékeztető

A folyadék súlyából származó nyomást hidrosztatikai nyomásnak nevezzük. A hidrosztatikai nyomás függ a folyadékoszlop magasságától is. A hidrosztatikai nyomás azonos mélységben minden irányban egyenlő. Közlekedőedényben a folyadék arra áramlik, ahol ugyanabban a vízszintes síkban kisebb a hidrosztatikai nyomás. Tartós nyugalom esetén a közlekedőedény minden szárában a folyadék felszíne ugyanabban a vízszintes síkban van. Nedvesítő folyadék esetén minél vékonyabb a hajszálcső, annál magasabban van benne a folyadék felszíne. A hajszálcsővésség jelenségének nagy jelentősége van a mindennapi életben.

*1. A hidrosztatikai nyomás függése a folyadékoszlop magasságától**Eszköz és anyaglista*Anyagok:

1,5 literes műanyag palack függőlegesen kilyukasztva, ragasztószalag, víz, törlőkendő

A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat

1. ábra

Zárd le a lyukakat a ragasztószalaggal, töltsd tele a palackot vízzel, majd vedd le a ragasztószalagot!

Figyeld meg, mit tapasztalsz!

Egészítsd ki a mondatokat!

A függőleges lyukakból annál hosszabb vízszögár folyik ki, minél van a lyuk.

A hidrosztatikai nyomás annál nagyobb, minél a folyadékoszlop magassága.



2. ábra

*2. A hidrosztatikai nyomás azonos mélységben minden irányban egyenlő**Eszköz és anyaglista*Anyagok:

1,5 literes műanyag palack vízszintesen kilyukasztva, ragasztószalag, víz, törlőkendő

A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat



3. ábra

Zárd le a lyukakat a ragasztószalaggal, töltsd tele a palackokat vízzel, majd vedd le a ragasztószalagot! Figyeld meg, mit tapasztalsz!



4. ábra

Egészítsd ki a mondatot!

A vízszintes lyukakból vízsugarak törnek elő.

A folyadék belsejében a hidrosztatikai nyomás azonos mélységben minden irányban

3. Szívócsöves tanári kísérlet

Eszköz és anyaglista

Eszközök:

tálca

Anyagok:

2 db főzőpohár, műanyag cső, doboz, víz, törlőkendő

A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat



5. ábra

Töltsd meg mindkét főzőpoharat vízzel, majd az egyiket tedd a dobozra! Tartsd a cső egyik végét a vízcsap alá! Ha már a másik végén folyik ki a víz, akkor a cső mindkét végét fogd be, és tedd az egyik végét az egyik, a másik végét a másik főzőpohárba!

Ha szabadon hagyod a szívócső végeit, akkor a dobozon lévő főzőpohárból a másik főzőpohárba folyik át a víz.



6. ábra

Meddig tart a víz áramlása a szívócsövön keresztül?

Cseréld fel a főzőpoharakat a szívócső kiemelése nélkül!

Figyeld meg, mi történik!

4. A hajszálcsövesség jelensége

Eszköz és anyaglista

Eszközök:

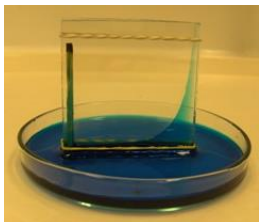
Petri-csésze, tálca

Anyagok:

2 db üveglap, 1 db gyufaszál, befőttes gumi, ételfesték, víz, törlőkendő

A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat

Szorítsd rá a két üveglapra a befőttes gumit úgy, hogy az üveglapok egyik szélén közé teszel egy gyufaszálat! Az így elkészített eszközt állítsd a Petri-csészébe! Önts alá egy kis ételfestékkel színezett vizet! Figyeld meg, mi történik!



7. ábra

Mi a jelenség neve?

Az üveglapok között melyik részen áll magasabban a víz szintje?

Egészítsd ki a mondatot!

Nedvesítő folyadék esetén minél vékonyabb a hajszálcső, annál van benne a folyadék felszíne.

5. A hajszálcsővesség jelensége, szigetelés

Eszköz és anyaglista

Eszközök:

főzőpohár, tálca

Anyagok:

ételfesték, víz, óraüveg, zsírpapír, 4 db kockacukor, pipetta, törlőkendő

A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat



8. ábra

Tegyél az óraüvegre egymásra két kockacukrot! A másik két kockacukrot is állítsd az óraüvegre, de ezek közé tegyél zsírpapírt! Cseppents folyamatosan annyi színezett vizet a kockacukrok mellé, hogy az alsó cukrokat ne lepje el a víz!



9. ábra

Figyeld meg, mi történik az alsó cukrokkal!

Milyen fizikai jelenséggel magyarázhatjuk a látottakat?

Melyik kockacukor marad száraz? Miért?

Hol alkalmazzák a mindennapi életben a fenti jelenséget? Írj példát!

Érdekességek, kiegészítések, gondolkodtató kérdések

10. ábra

A legnagyobb mesterséges közlekedőedény a települések vízvezeték-rendszere. A víztorony gömb alakú részébe szivattyú emeli fel a vizet. A közlekedőedények működési elve alapján innen kerül a víz a felhasználókhoz. Amilyen magasan van víz a víztoronyban, olyan magasra jut fel a vízvezeték hálózatában is.

Nevezz meg a háztartásban használt közlekedőedényt!

.....

Egészítsd ki a mondatot!

Tartós nyugalom esetén a közlekedőedény minden szárában a folyadék felszíne vízszintes síkban van.

Házi feladat

1. Hasonlítsd össze a hidrosztatikai nyomást a fürdőkádban és a Balatonban a víz felszínétől 10 cm mélységben!
2. Az alábbi eszközöket használhatod a kísérlethez: 2 db azonos méretű üvegpohár, víz, műanyag tál, 1 dm²-es kartonpapír. Hogyan tudod megvalósítani, hogy a víz szintje az egyik üvegpohár szélénél magasabb legyen?
.....

Felhasznált irodalom

- Dr. Zátanyi Sándor: Fizikai kísérletek környezetünk tárgyaival, Nemzeti Tankönyvkiadó Rt. Gyoma, 2006.
- 1-4. ábra: Paola Cocco szerkesztésében „Il grande libro degli esperimenti”, Aurion Kft. Milánó (Kísérletek nagy könyve, Magyar kiadás: Novum Kiadó), 38. oldal
- 5-9. ábra: saját készítésű fénykép
- 10. ábra: <http://www.panoramio.com/photo/35010773>

2 óra

A levegő nyomása I.

Emlékeztető

A levegő súlyából származó nyomást légnyomásnak nevezzük. A légnyomás minden irányban hat.

*1. Levegő mindenhol van**Eszköz és anyaglista*Eszközök:

üvegkád, tálca

Anyagok:

víz, átlátszó befőttes üveg, pingponglabda, írólap, törlőkendő

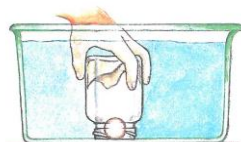
A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat

Tegyél vizet az üvegkádba, majd tedd bele a pingponglabdát! Tegyél a befőttes üvegbe egy fél írólapot, majd szájával lefelé gyorsan borítsd rá a vízben lévő pingponglabdára! Merítsd egészen az üvegkád aljáig!

Figyeld meg, mi történik!

A lefelé fordított üvegben hol helyezkedik el a pingponglabda?

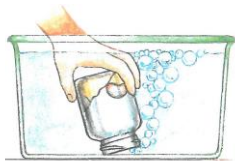
Magyarázd meg a jelenséget!



1. ábra

Gyorsan vedd ki az üveget a vízből! Mit tapasztalsz?

Merítsd újra vízbe az üveget - benne az írólappal és a pingponglabdával, és az üvegkád alján egy kicsit dönts meg!



2. ábra

Figyeld meg, mi történik!

Egészítsd ki a mondatot!

Az üveget kitöltő levegő formájában emelkedik a felszínre, a helyére áramlik.

*2. Nehéz-e a levegő?**Eszköz és anyaglista*Eszközök:

digitális mérleg, Petri-csésze, tálca

Anyagok:

léggömb, zsinór

A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat

3. ábra

Mérd meg a digitális mérleggel a léggömb tömegét! $m = \dots\dots\dots$ g

Fújd fel a léggömböt és ismét mérd meg a tömegét! $m_{\text{felhújt}} = \dots\dots\dots$ g

Mit tapasztalsz?

Számítsd ki a léggömbben lévő levegő tömegét!

$m_{\text{levegő}} = ?$

3. A levegő ereje (tanári kísérlet)***Eszköz és anyaglista***

Anyagok:

műanyag vonalzó, 2 db nagyméretű újságpapír

A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat

Tedd az asztalra a vonalzót úgy, hogy egyik vége lelógjon egy kicsit az asztalról! Kisimítva teríts rá két újságpapírt!



4. ábra

Mi történik, ha a vonalzót lassan nyomod le?

.....

Gyorsan üss egy nagyot a vonalzó kiálló részére!

Figyeld meg, mi történik!

.....

Magyarázd meg a látottakat!

.....

4. Találós kérdés***Eszköz és anyaglista***

Eszközök:

fém tárgy, tálca

Anyagok:

műanyag lap, üvegpohár, meleg víz, törülőkendő

A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat

Hogyan lehet a fém tárgyat felemelni úgy, hogy sem a fém tárgyat, sem pedig a műanyag lapot nem érinted meg?



5. ábra

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Érdekességek, kiegészítések, gondolkodtató kérdések

A repülőgép elindulása után a légikisasszonyok cukorkával kínálják az utasokat. Miért?

.....

.....

.....

Házi feladat

Gyorsabban készül el az ebéd, ha kuktafazékban főzzük. Miért?

.....

.....

.....

Felhasznált irodalom

- Heather Amery: Kísérletek, Mindentudó Könyvek sorozat, Novotrade Kiadó Budapest, 1989
- Dr. Zátanyi Sándor: Fizikai kísérletek környezetünk tárgyaival, Nemzeti Tankönyvkiadó Rt. Gyoma, 2006
- Veresné Horváth Éva: Miért piros a tilos?, Műszaki Kiadó Budapest, 2012
- 1-2. ábra: Paola Cocco szerkesztésében „Il grande libro degli esperimenti”, Aurion Kft. Milánó (Kísérletek nagy könyve, Magyar kiadás: Novum Kiadó), 5. oldal
- 3-5. ábra: saját készítésű fénykép

3. óra

A levegő nyomása II.

Emlékeztető

A légnyomás minden irányban hat. A levegő összenyomható, a víz nem nyomható össze.

1. A levegő felemeli a vizet

Eszköz és anyaglista

Eszközök:

üvegkád, tálca

Anyagok:

üvegpohár, víz, törlőkendő

A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat

Merítsd a poharat a vízbe, fordítsd meg! Majd szájával lefelé emeld felfelé úgy, hogy a pohár széle ne érje el a külső víz szintjét!



1. ábra

Figyeld meg, mi történik!
Egészítsd ki a mondatot! A a külső víz szintjére gyakorolt
nyomása miatt a pohárba nyomja.
Emeld fel a poharat a külső víz szintje fölé!
Figyeld meg, mi történik!

3. A légnyomás letről felfelé is hat

Eszköz és anyaglista

Eszközök:

tálca

Anyagok:

sima szélű pohár, víz, törlőkendő, műanyag lap

A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat



2. ábra

Töltsd meg a poharat vízzel, majd illeszd rá a műanyag lapot a pohár tetejére! A tenyeredet a műanyag lapon tartva fordítsd meg a poharat, majd lassan engeddd el a lapot!

Figyeld meg, mi történik!



3. ábra

Egészítsd ki a mondatot!

A levegő letről felfelé nyomást gyakorol a műanyag lapra, mint a pohárban lévő víz

3. Víz a lyukas palackban

Eszköz és anyaglista

Anyagok:

műanyag palack alul kilyukasztva, víz, törlőkendő

A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat

Fogd be a lyukat, töltsd meg vízzel a palackot, majd csavard rá a kupakot!



4. ábra

Hagyd szabadon a nyílást!

Figyeld meg, mi történik!

Magyarázd meg a látottakat!

A csak alulról felfelé hat a vízre, így megakadályozza a víz kifolyását.

Lazítsd meg a kupakot és figyeld meg, mi történik!

Miért?

Egészítsd ki a mondatot!

A légnyomás és a hidrosztatikai nyomás együttesen, mint a palack alján lévő nyílásnál ható, felfelé irányuló



5. ábra

Ha lecsavarod a kupakot, mekkora a palackban lévő levegő nyomása a külső légnyomáshoz viszonyítva?

Mivel a víz fölött légritka tér keletkezett, itt a levegő nyomása, mint a külső légnyomás.

4. A levegő összenyomható

Eszköz és anyaglista

Eszközök:

főzőpohár, tálca

Anyagok:

injekciós fecskendő tű nélkül, víz

A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat



6. ábra

Húzd fel a dugattyút, hogy a tartály megteljen levegővel! Egyik ujjaddal fogd be a nyílást és így nyomd le a dugattyút! Figyeld meg, mi történik!

Magyarázd meg a látottakat! A tartályban lévő levegő



7. ábra

Hogyan változik a tartályban lévő levegő nyomása?
Újra nyomd le a dugattyút, majd engedd el! Figyeld meg, mi történik!

Magyarázd meg a látottakat!

A dugattyú mozdul el, mert a belső és a külső nyomás

Szívj fel egy kis vizet a fecskendővel, majd egyik ujjaddal fogd be a nyílást és így nyomd le a dugattyút! Figyeld meg, mi történik!

Magyarázd meg a látottakat!

5. Palack összenyomása

Eszköz és anyaglista

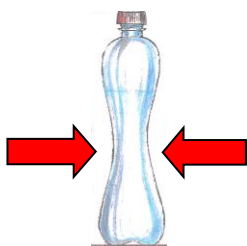
Eszközök:

tálca

Anyagok:

1,5 literes műanyag palack kupakkal, meleg víz

A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat



8. ábra

Töltsd meg a palackot meleg vízzel! Ha már jól átmelegedett a palack, önts ki belőle a vizet és gyorsan csavard rá a kupakot!

Figyeld meg, mi történik!

Egészítsd ki a mondatot! A palackban lecsapódik a, a levegő lehűl, nyomása, mint a külső levegőé.

A nyomása horpasztja be a palackot.

Érdekességek, kiegészítések, gondolkodtató kérdések

Nézz utána, kinek a nevéhez fűződik és miért híresek a magdeburgi félgömbök?

Házi feladat

Hogyan „működik” a tapadókorong?

Felhasznált irodalom

- Dr. Zátanyi Sándor: Fizikai kísérletek környezetünk tárgyaival, Nemzeti Tankönyvkiadó Rt. Gyoma, 2006.
- Veresné Horváth Éva: Miért piros a tilos?, Műszaki Kiadó Budapest, 2012
- 1., 6-8. ábra: Paola Cocco szerkesztésében „Il grande libro degli esperimenti”, Aurion Kft. Milánó (Kísérletek nagy könyve, Magyar kiadás: Novum Kiadó), 5., 12. és 20. oldal
- 2-5. ábra: saját készítésű fénykép

4. óra

A felhajtóerő, Arkhimédész törvénye

Emlékeztető

Arkhimédész törvénye szerint minden folyadékba vagy gázba merülő testre felhajtóerő hat, melynek nagysága egyenlő a test által kiszorított folyadék vagy gáz súlyával.

*1. A felhajtóerő**Eszköz és anyaglista*Eszközök:

főzőpohár, rugós erőmérő, tálca

Anyagok:

alumíniumhenger, víz, törlőkendő

A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat

11. ábra

Mérd meg az alumíniumhenger súlyát a rugós erőmérővel!

 $F = \dots\dots\dots \text{ N}$

Merítsd az alumíniumhengert a vízbe, és mérd meg ismét a súlyát!

 $F' = \dots\dots\dots \text{ N}$

Változott-e a testre ható gravitációs erő?

Változott-e a test tömege?



2. ábra

Magyarázd meg a tapasztaltakat!

.....

.....

Számítsd ki a felhajtóerő nagyságát!

 $F_{\text{fel}} = F - F' = \dots\dots\dots \text{ N}$ *2. Arkhimédész törvénye (tanári kísérlet)**Eszköz és anyaglista*Eszközök:

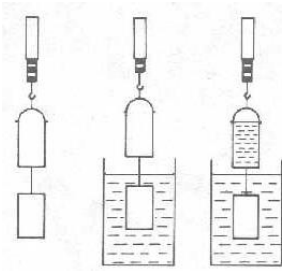
arkhimédészi hengerpár, üvegkád, rugós erőmérő

Anyagok:

víz, törlőkendő

A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat

Az arkhimédészi hengerpár két egymás alá akasztható, egy üres és egy tömör hengerből áll. Az üres henger űrtartalma egyenlő a tömör henger térfogatával.



3. ábra

Mérd meg rugós erőmérővel az arkhimédészi hengerpár súlyát!

$F = \dots \text{ N}$

Merítsd vízbe a tömör hengert és meg ismét a súlyát!

$F' = \dots \text{ N}$

Hasonlítsd össze a mért mennyiségeket! ($<$, $>$, $=$)

$F \dots F'$

Számítsd ki a felhajtóerő nagyságát!

$F_f = F - F' = \dots \text{ N}$

Töltsd meg az üres hengert vízzel! Mit tapasztalsz?

Magyarázd meg a tapasztaltakat!

Fogalmazd meg Arkhimédész törvényét!

3.A testek úszása

Eszköz és anyaglista

Eszközök:

tálca, üvegvád

Anyagok:

tojás, finom só, víz, törölkendő

A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat



4. ábra

Önts vizet az üvegvádba, majd óvatosan tedd bele a tojást!

Mit tapasztalsz?

Egészítsd ki a mondatot!

A test elmerül a folyadékban, ha sűrűsége $\dots$, mint a folyadék sűrűsége. Ekkor a testre ható gravitációs erő $\dots$, mint a felhajtóerő.



5. ábra

Szórj sót a vízbe és óvatosan kevergesd!

Figyeld meg, mi történik!

Rajzold be az 5. ábrába, hol helyezkedik el a test!

Egészítsd ki a mondatot!

A test emelkedik a folyadék belsejében, ha sűrűsége $\dots$, mint a folyadéké.

A test lebeg a folyadékban, ha sűrűsége $\dots$ a folyadék sűrűségével. Ekkor a testre ható gravitációs erő $\dots$ a felhajtóerővel.



6. ábra

Szórj ismét sót a vízbe és kevergesd!

Mit tapasztalsz?

Rajzold be a 6. ábrába, hol helyezkedik el a test!

Egészítsd ki a mondatot!

A test úszik a folyadék felszínén, ha sűrűsége $\dots$, mint a folyadék sűrűsége. Úszáskor a test csak addig merül el a folyadékban, míg a rá ható felhajtóerő $\dots$ a gravitációs erővel.

4.A pohárból „kimászó” szívószál

Eszköz és anyaglista

Eszközök:

tálca

Anyagok:

pohár, szívószál, ásványvíz, törlőkendő

A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat



7. ábra

Önts a pohárba ásványvizet és tedd bele a szívószálát!

Várj egy kis ideig! Figyeld meg, mi történik!

Magyarázd meg a látottakat!

5.Az úszóhólyag modellezése (tanári kísérlet)

Eszköz és anyaglista

Eszközök:

üvegkád, tálca

Anyagok:

fém nehezék, gumicső, léggömb, ragasztószalag, olló, víz

A kísérlet leírása, jelenség, tapasztalat



8. ábra

A gumicső egyik végére ragasztószalaggal illeszd a léggömböt és a nehezéket! Nyomd ki a gumicsőből a levegőt és a gumicső másik végét is zárd le az ujjaddal! Tedd az így elkészített eszközt az üvegkádba! Figyeld meg, hol helyezkedik el a léggömb!



9. ábra

Fújj levegőt a gumicsőbe, és figyeld meg, mi történik!

Magyarázd meg a látottakat!

Érdekességek, kiegészítések, gondolkodtató kérdések

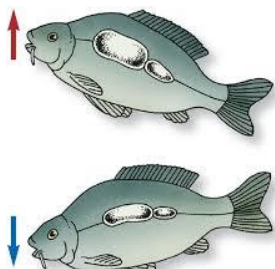
10. ábra

Arkhimédészt megbízta a siracusai király, vizsgálja meg a koronáját, vajon szíнарanyból van-e? A tudós ezen gondolkodott akkor is, amikor a fürdőben észrevette, hogy vízbeszálláskor a víz egy része kiömlik. Ekkor jött rá a probléma megoldására, és úgy megörült, hogy azon nyomban vizesen és csupaszon kirohant az utcára és kiabálta az azóta híres mondást: „Heuréka, heuréka!” – azaz „Megtaláltam, megtaláltam!”. Nézz utána, szíнарanyból volt-e a korona! Hogyan mutatta ezt meg Arkhimédész?

.....

.....

.....

Házi feladat

11. ábra

Magyarázd meg a halak függőleges irányú mozgását!

.....

.....

.....

Felhasznált irodalom

- Paola Cocco szerkesztésében „Il grande libro degli esperimenti”, Aurion Kft. Milánó (Kísérletek nagy könyve, Magyar kiadás: Novum Kiadó)
- 1-2., 4-7. ábra: saját készítésű fénykép
- 3. ábra: <http://fizikaleckek.site90.com/nyolc/arkhimedesz.html>
- 8-9. ábra: http://ttktamop.elte.hu/online-tananyagok/bevezetes_az_allattanba/ch34s03.html
- 10. ábra: <https://www.math.nyu.edu/~corres/Archimedes/Crown/CrownIntro.html>
- 11. ábra: https://www.mozaweb.hu/Lecke-TER-Termeszetiismeret_6-Az_uszas_mesterei-102201