4. Hidro(aero)dinamikai és sztatikai kísérletek

Tartalom

1. Nyomás nyugvó folyadékban 2
   a) Vízi buzogány 2
   b) Hidrosztatikai nyomás 2
   c) Közlekedő edények egynemű (homogén) anyaggal 3
   d) Közlekedő edények többnemű anyaggal 4
2. Kísérletek Arkhimédész törvényére 4
   a) Az Arkhimédész-törvény bemutatása üres és tömör hengerrel. 4
   b) A felhajtóerő ellenerejének bemutatása. 6
3. Kísérletek a légnyomásra 7
   a) Magdeburgi féltekék. 7
   b) Az atmoszferikus légnyomás magasságfüggésének kimutatása. 8
4. Sűrűségmérés (emelt szintű érettségi mérés) 9
5. Áramlási vonalak szemléltetése Pohl-féle készülékkel 10
6. Bernoulli-törvényt szemléltető kísérletek 11
   a) A tölcsér - labda kísérlet. 12
   b) Két síklap között áramló levegő nyomása 12
   c) Kísérlet két szárnyprofil lemezzel 13
   d) Cérnaszálra függesztett pingpong labdákkal 13
   e) Kísérlet tölcsérrel és gyertyalánggal 13
   f) Szélcsatorna légáramában táncoló labda. 13
7. A közegellenállás vizsgálata 13
   a) A közegellenállás alakfüggésének bemutatása 14
   b) A közegellenállás sebességfüggésének demonstrálása. 15
8. Légáramlás sebességének mérése Pitot–Prandtl-féle szondával 15

1. Nyomás nyugvó folyadékban

a) Vízi buzogány

A kísérlet célja

Annak bemutatása, hogy a folyadékra kifejtett nyomást a folyadék gyakorlatilag gyengítetlenül közvetíti a folyadék belsejébe, valamint határoló falakra (Pascal-törvény).

Szükséges anyagok, eszközök

- Vízi buzogány
- Víz

Leírás

A buzogányból a sárga kart húzva a dugattyú kihúzható. A dugattyú eltávolítása után tegyük a csap alá, és töltsük fel vízzel. Folyamatos töltés mellett helyezzük vissza a dugattyút! Majd nyomjuk be ütközésig. Közben figyeljük meg buzogány fejéből kifolyó vízsugarat!

Figyelem!

A Vizi buzogány üvegből készült, ezért törékeny. Fokozott óvatossággal kezelendő!

Feladatok

- Végezzük el a kísérletet és magyarázzuk, hogy ez hogyan bizonyítja Pascal törvényét!

Elméleti és módszertani kérdések

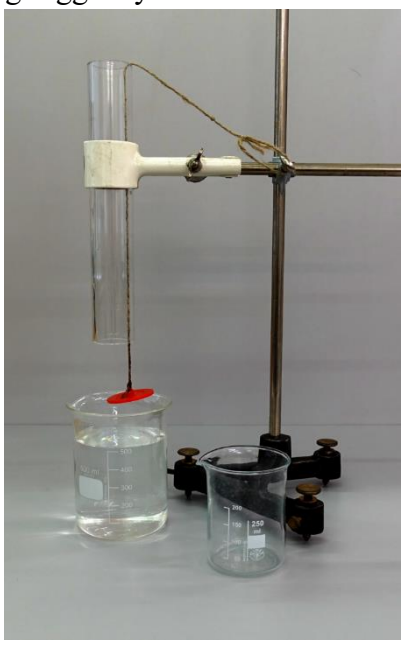
- Soroljon fel gyakorlati alkalmazásokat, melyek kihasználják Pascal törvényét!

b) Hidrosztatikai nyomás

A kísérlet célja

Annak bemutatása, hogy a hidrosztatikai nyomás csak a mélység függvénye

Szükséges anyagok, eszközök



- Mindkét végén nyitott üveg cső
- Csőre illeszkedő sapka, melyre madzag van rögzítve
- Bunsen állvány, dió, nagy méretű kémcsőfogó
- Főzőpoharak (600 ml és 250 ml), víz

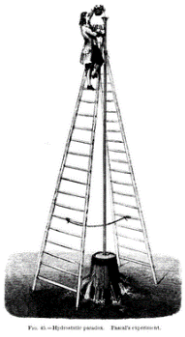
Leírás

Az üvegcsövet kémcsőfogóval, függőlegesen rögzítsük egy Bunsen állvány segítségével. A madzagot bújtassuk át a nyitott üvegcsövön. Ezt követően a madzagot húzva az üvegcső végét zárjuk le. Engedjük bele a lezárt üvegcsövet a vízzel telt nagyobb főzőpohárba (ehhez a Bunsen-állványhoz kapcsolódó dió megfelelő csavarját kell meglazítani). Ha jól csináltuk, akkor a madzagot meglazítva is ott marad a sapka, és csak minimálisan szivárog bele a víz.

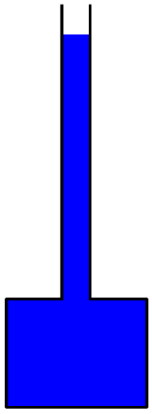
Feladatok

- Végezzük el a fent leírt kísérletet! Magyarázzuk, miért marad úgy a sapka! Ezt követően öntsünk a hengerbe vizet és figyeljük meg, mikor válik el a sapka a henger aljától! Magyarázzuk meg a jelenséget!

Módszertani kiegészítések



- Pascal nevéhez fűződik az alábbi, a hidrosztatikai nyomás hatását bemutató kísérlet is: hogyan lehet szétrobbantani *1 liter* vízzel egy hordót, amely tele van borral? A kérdés jó gondolkodtató feladatnak is. A megoldás: a hordóba szorosan illesztünk egy nagyon hosszú, kis keresztmetszetű üvegcsövet, amelybe azután beleöntjük a vizet. Ha kicsi a cső keresztmetszete, akkor magas lesz a vízoszlop magassága, így nagy lesz az általa kifejtett hidrosztatikai nyomás is. (A kísérlet illusztrációja megtalálható ezen a weblapon.)



- A Pascal-féle hordókísérlet után érdemes egy egyszerűsített ábrán megbeszélni, hogy milyen szerepet játszik a Pascal-törvény a hordó szétrobbanásában. Számítsuk is ki, hogy ha a hordós kísérletben egy *5 m* magas *2 cm*^{2} keresztmetszetű üvegcsőbe öntjük az *1 liter* vizet, akkor mennyivel nő a hordó alján a nyomás. (A hordót helyettesíthetjük egy fél méter oldalhosszúságú (üreges) kockával.) Érdemes nyomástérképet is készíteni, mert a tévhitek között szerepel, hogy például a kocka jobb felső sarkában a nyomás nulla, vagy azt, hogy a kocka jobb alsó sarkában a nyomás nem függ a csőbe öntött víz mennyiségétől.

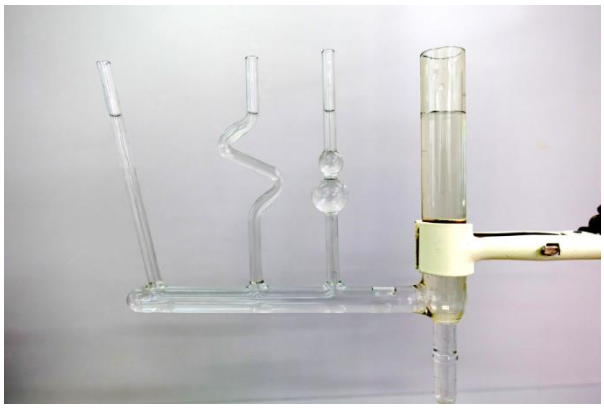
c) Közlekedő edények egynemű (homogén) anyaggal

A kísérlet célja

Közlekedő edények elvének bemutatása

Szükséges anyagok, eszközök

- Demonstrációs közlekedő edény
- Bunsen állvány, dió, kis kémcsőfogó



Leírás

A demonstrációs közlekedő edény egy olyan eszköz, melyben különböző alakú üveg csövek ágaznak le egy tartályról. Ha feltöltjük az eszközt homogén folyadékkal, akkor a száraiban azonos magasságban fog megállípodni.

Figyelem

A laboron található eszköz desztillált vízzel előre fel van töltve. Kérjük, ne öntse ki vagy töltse fel!

Feladatok

- Figyeljük, meg az edény szárában lévő folyadékok szintjét! Döntsük meg enyhén az eszközt! Mit tapasztalunk?

Elméleti és módszertani kérdések

- Soroljon fel gyakorlati alkalmazásokat, melyek kihasználják a közlekedő edények elvét!

Módszertani kiegészítések

- A kísérlet magyarázata nehézséget szokott jelenteni a hallgatóknak, pedig egyszerűen csak annyit mutat, hogy a hidrosztatikai nyomás független a tartály alakjától, csak a folyadékszint magasságától függ (amennyiben a cső nem túl keskeny). Ha a különböző szárakban más lenne a nyomás, akkor áramlások indulnának be, amit nem tapasztalunk.
- Ehhez a jelenséghez kapcsolódik a hidrosztatikai paradoxon is, ami technikailag nehézkes, de videón mindenképpen érdemes bemutatni.

d) Közlekedő edények többnemű anyaggal

A kísérlet célja

Közlekedő edények elve alapján folyadék sűrűségének mérése

Szükséges anyagok, eszközök

- „U” alakú üvegcső
- Két egymással nem elegyedő folyadék (esetünkben desztillált víz és benzin)

Leírás

Az „U” alakú csőbe rétegezzünk egymásra két nem elegyedő, különböző sűrűségű folyadékot! A laboron sötétkékre festet desztillált vízre van átlátszó benzin helyezve. A két szárban nem egyenlő magasságban állapodik meg a folyadékszint (a képen látható módon).

Figyelem

A laboron előre beállított, ledugaszolt eszköz található! Csupán a hosszméréseket kell elvégezni rajta!

Feladatok

- A folyadékszintek lemérésével határozzuk meg a benzin sűrűségét! Használjuk fel. hogy a (kékre festett) víz sűrűsége 1100 kg/m^3 Vessük össze a benzin mért sűrűségét az irodalmi értékkel!

2. Kísérletek Arkhimédész törvényére

a) Az Arkhimédész-törvény bemutatása üres és tömör hengerrel.

A kísérlet célja

Arkhimédész törvényének kísérleti igazolása

Szükséges anyagok, eszközök

- készlet Arkhimédész-törvényéhez (állvány, rajta rugóra akasztott üres és (bele illő) tömör henger, erőskála)
- főzőpohár, benne víz
- süllyeszthető-emelhető asztalka (laborlift)

Leírás

Állítsuk össze az oldalsó ábrán látható készüléket! Az állványon spirálrugó, rajta mutatótárcsa függ. Ezen egy üres hengeres edény lóg, amelynek aljára tömör henger van felfüggesztve. A henger térfogata megegyezik az edény belső térfogatával. Rögzítsünk az állvány rúdjára egyenletes beosztású skálát!

Feladatok

- Az állványra rögzített egyenletes beosztású skálán jelöljük meg a mutatótárcsa kezdeti állását!
- Emeljünk ezután a tömör henger alá egy poharat úgy, hogy a benne lévő víz a tömör hengert teljesen ellepje! A mutatótárcsa most feljebb áll meg. Jelöljük meg ezt is!
- Töltsük ezután színültig vízzel a hengeres edényt! A mutatótárcsa visszasüllyed az alsó jelig.

Kísérlethez kapcsolódó kérdések

- Mi okozza a felhajtóerőt?
- Gyűjtsünk össze minél több hétköznapi jelenséget, vagy technikai alkalmazást, melyekben az Archimédesz-törvény szerepet játszik.

Módszertani kiegészítések

- Érdemes mondókába foglalni Arkhimédész-törvényét, ügyelve az univerzális (anyagfüggetlen) megfogalmazásra: Minden folyadékba mártott test a súlyából annyit veszt, amennyi az általa kiszorított folyadék súlya. Ez sem teljesen pontos, mert légnemű anyagokban is hat a felhajtó erő, de annak belefogalmazásával elveszti a fülbemászóságát.
- A jól ismert anekdota szerint Hierón, Szirakuza királya megkérte Archimédészt, hogy találjon egy olyan módszert, amellyel meg lehet állapítani, hogy az az aranykorona, amit az ötvöstől rendelt fogadalmi ajándéknak az isteneknek, valóban csak aranyat tartalmaz-e. Felmerült ugyanis, hogy ötvös az átadott arany egy részét ellopta, és ezüsttel pótolta a hiányt. Vitruvius római építész szerint Archimédész a róla elnevezett törvényt éppen egy dézsába merülve fedezte fel. Habár a történet nagy valószínűséggel nem igaz, az alábbi feladatot biztosan érdekesebbé teszi, ha erre a koronára utalunk a feladat feladásakor.

  Egy korona súlya a levegőben 20 N, a vízben 18,75 N. Mennyi aranyat cserélt ki ezüstre az ötvös a korona elkészítéséhez, ha az arany 19,3-szor, az ezüst pedig 10,5-ször nagyobb sűrűségű, mint a víz. A feladat érdekessége, hogy a feladat akkor is kiszámolható, ha a súlyokat Newton helyett tetszőleges (akár nem létező) mértékegységrendszerben adjuk meg.

b) A felhajtóerő ellenerejének bemutatása.

A kísérlet célja

A felhajtóerő ellenerejének bemutatása, az Arkhimédész-törvény igazolása

Szükséges anyagok, eszközök

- kétserpenyős konyhamérleg
- főzőpohár
- üres és (bele illő) tömör henger (a henger felállításához polisztirol sapka)
- súlyok (50 dkg-os, 50 g-os súlysorozat, táragyöngyök)
- Bunsen-állvány

Leírás

Rakjuk össze a képen látható kísérleti összeállítást! Lógassuk fel a tömör hengeres testet egy Bunsen-állványra dióval rögzített rúdra. Helyezzünk a kétserpenyős konyhamérleg egyik serpenyőjébe egy pohárba annyi vizet, hogy a hengeres test teljesen el tudjon merülni benne, a másikba pedig az üres hengeres edényt a polisztirol sapkával. Egyensúlyozzuk ki a mérleget a súlyok segítségével.

Feladatok

- Lógassunk a pohárba a tömör hengert!
- A hengerre ható felhajtóerő ellenereje lenyomja a mérleg serpenyőjét. Az egyensúly azonban visszaáll, ha az edényt színültig töltjük vízzel.

Módszertani kiegészítések

- A kísérlet digitális mérleggel is elvégezhető. Helyezzünk egy pohár vizet a digitális mérlegre és olvassuk le a tömegét. Ha a folyadékba egy testet lógatunk, akkor a mérleg nagyobb értéket mutat. A kettő különbsége a felhajtóerő ellenerejéből származik. A mérés alapján Arkhimédész törvényének ismeretében a test térfogata számolható (lásd 4. mérés)
- Számítani kell arra, hogy sok okos gyerek nem az ellenerővel magyarázza a kísérletet. Megfogalmazásuk szerint a kiszorított víz „felülre kerül”, megemelkedett a vízszint, vagyis olyan, mintha újabb vizet öntöttünk volna a pohárba. A felhajtóerő ellenerejét elképzelni a diákoknak nagyon nehéz, hiszen felmerül a kérdés: hogy és hol is hat ez az erő?
- Állítólag régen a piacokon a kofáknak szokásuk volt a tejföl mérésekor a merőkanalat „véletlenül” belelógatni a mérendő tejfölbe. Érdemes végigbeszélni a diákokkal, hogy ez nekik miért volt érdekük.

3. Kísérletek a légnyomásra

a) Magdeburgi féltekék.

A kísérlet célja

Otto von Guericke látványos kísérletének demonstrációja.

Szükséges anyagok, eszközök

- műanyag magdeburgi-félteke készlet

Leírás

A műanyag magdeburgi-félteke két 10 mm vastag, 20 cm átmérőjű plexikorongból áll, amelyre egy-egy fogantyú csatlakozik. Az egyik korong át van fúrva, és a furatba kis csődarab illeszkedik, amelyre gumicső húzható. A két korong közé egy 2-3 mm vastagságú gumikarikát helyezünk, majd ezeket összeszorítjuk, és a közéjük zárt levegőt a gumicsövön keresztül szájjal kiszívjuk. A gumicsövet megtörve megakadályozhatjuk a nyomás kiegyenlítődését. Ha kicsi a korongok által bezárt gáztér, már szájjal történő szívás esetén is jelentős légritkítást érhetünk el. Így a két tárcsa széthúzása már ebben az esetben is komoly erőt igényel. Ha elengedjük a lezáró gumicsövet, a két plexi lap könnyen szétjön.

Feladatok

- Szívjuk ki a levegőt az eszközből a fent leírt módon, majd zárjuk be. Kérjük meg két diákot, hogy próbálják meg szétfeszíteni.

Kísérlethez kapcsolódó kérdések

- Mi tartja össze a két korongot a korongok közti levegő kiszívása után?

Kísérlethez kapcsolódó kérdések

- Feszítés közben ne engedjük el a megtört kiszívó gumicsövet, mert balesetveszélyes!
- Magyarázatkor gyakran hallani „az eszközben vákuum keletkezik” kifejezést. Egyszerű szájjal történő leszíváskor 5-10%-ot tudunk csak csökkenteni a nyomáson. Ez arra elég, hogy nehéz legyen szétszedni, de még biztosan nem éri el a vákuum szintet, hiszen vákuumról akkor beszélünk, ha a részecskék átlagos szabad úthossza meghaladja a tartály méretét. A legtöbb tanszerkereskedelemben kapható légszivattyú sem tud vákuumot létrehozni, így ezzel a kifejezéssel óvatosan kell bánni. Mint sok más esetben, itt is arról van szó, hogy a légköri nyomásnál alacsonyabb nyomást hozunk létre, melynek komoly hatásai lehetnek. Megjegyezzük, hogy a nyomás 5-10%-os csökkentése esetén esetleg az „alacsony vákuum” szakkifejezést használhatjuk.

b) Az atmoszferikus légnyomás magasságfüggésének kimutatása.

A kísérlet célja

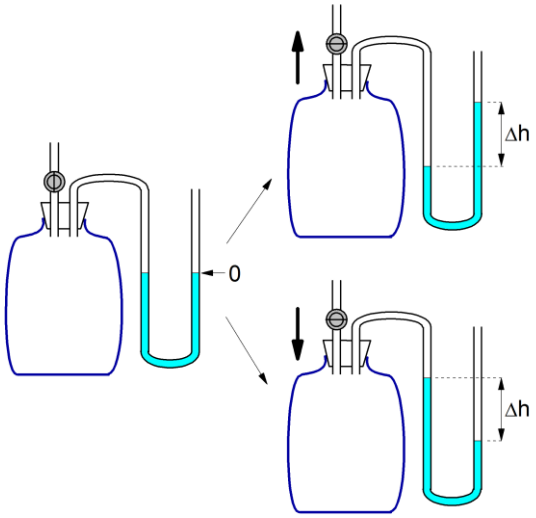
A légnyomás magasságfüggésének szemléltetése egyszerű iskolai kísérlettel

Szükséges anyagok, eszközök

- termosz két helyen átfúrt gumidugóval
- U alakú (alkoholos) manométer
- kétállású üvegcsap

Leírás

A mérőeszköz egy nagyobb termosz (1 literes), amit gumidugó zár le légmentesen. A dugón két furat van, az egyiken keresztül nyitott, alkohollal töltött U alakú manométer, a másikon zárható üvegcsap csatlakozik a belső légtérhez. A manométer állásának leolvasását a manométer mögé helyezett milliméterpapír segítségével végezzük.



Feladatok

- Menjünk le az épület földszintjére (alagsorába), majd nyissuk ki a csapot. Így a mérés kezdő magasságában a külső és a belső légnyomás kiegyenlítődik; a manométerágakban a folyadékszintek magassága megegyezik.
- Ezután a csapot zárjuk el, majd menjünk fel a lehető legmagasabbra anélkül, hogy a csapot kinyitnánk. Olvassuk le a manométer állását, és határozzuk meg a légnyomás megváltozását! Számítsuk ki a nyomáskülönbségből a magasságkülönbséget!

Kísérlethez kapcsolódó kérdések

- Mi okozza a légnyomást?

Opcionális feladat

- Emeletenként mérjük meg a légnyomás változását és a mérés alapján határozzuk meg a levegő átlagos moláris tömegét! (megoldás lásd: Fizika tanítás a középiskolában I. 486. oldal)

Elméleti és módszertani kérdések

- Írjuk le a Barometrikus-magasságformulát! Tekintsük át a levezetését!

4. Sűrűségmérés (emelt szintű érettségi mérés)

A kísérlet célja

Arkhimédész-törvény segítségével a mellékelt szilárd test és az ismeretlen folyadék sűrűségének meghatározása!

Szükséges anyagok, eszközök

- Műanyag mérő kancsó
- Víz
- Digitális mérleg
- Rugós erőmérő
- Réz dróttal felfüggeszthető kődarab
- Ismeretlen sűrűségű folyadék (sós víz, PET palackból vágott pohárban).

Leírás

A méréshez használandó eszközöket a következő ábra mutatja

Mérje meg a rugós erőmérővel az ismeretlen sűrűségű test (kődarab) egyensúlyban tartásához szükséges erőt, a levegőben tartva a testet! Ismételje meg a mérést úgy is, hogy a test teljesen vízbe merül a műanyag kancsóba! Ügyeljen arra, hogy a test teljes egészében a vízben legyen, de ne érjen hozzá a kancsó falához!

Ezután mérje meg digitális mérleggel a PET palack pohár és az ismeretlen sűrűségű folyadék együttes tömegét! Az utóbbi mérést végezze el úgy is, hogy a követ az ismeretlen folyadékba lógatja! Ügyeljen arra, hogy a test teljes egészében belemerüljön az ismeretlen folyadékba, de ne érjen hozzá a pohárhoz!

Figyelem!

A PET palackból vágott pohárban található tömény sós vizet NE öntse ki a kísérlet végeztével csak takarja vissza az alufóliából készült tetejével.

Feladatok

- Jegyezze fel mindkét esetben (levegőben tartva, vízbe merítve) a rugós erőmérő által mutatott erő értékét! Határozza meg a szilárd test sűrűségét! A levegőben fellépő felhajtóerőt tekintse elhanyagolhatónak a számolás során!

- Jegyezze fel mind a három esetben (1. csak a kő; 2. mérőpohár + ismeretlen sűrűségű folyadék; 3. mérőpohár + ismeretlen sűrűségű folyadék + kő belelógatva) a digitális mérleg által mutatott tömegértékeket! Az adatokból határozza meg az ismeretlen folyadék sűrűségét!
- Milyen tényezők befolyásolhatták a mérések hibáját? Elemezze a mérések hibáját!

Kísérlethez kapcsolódó kérdések

- Archimédész a legenda szerint a kádba merülésekor a kádból kifolyó víz következtében ismerte fel a róla elnevezett törvényt. Hogyan lehet ennek („kifolyó víz”) és egy mérleg segítségével meghatározni egy szabálytalan alakú test térfogatát?

5. Áramlási vonalak szemléltetése Pohl-féle készülékkel

A kísérlet célja

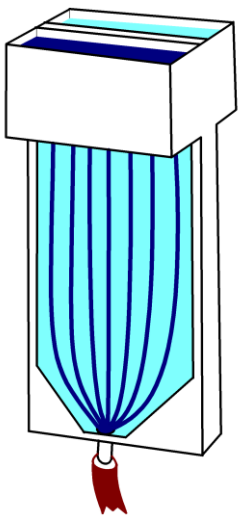
Különböző alakú testek körül kialakuló áramlási terek szemléltetése

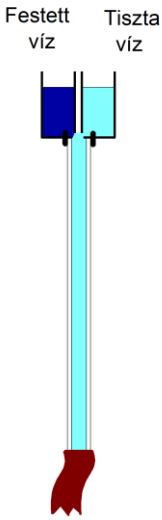
Szükséges anyagok, eszközök

- Pohl-féle áramlási készülék
- különböző alakú test-modellek
- víz
- tömény festékes oldat (vagy ételfesték)

Leírás

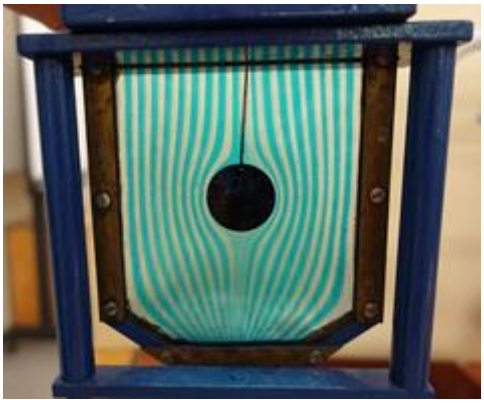
A Pohl-féle áramlási készülék síkbeli lamináris áramlási terek szemléltetésére szolgál. Az áramlás két függőlegesen álló üveglemez között, keskeny (kb. 1 mm) térrészben történik. A lemezek fölött lévő két kamra lyuksorral kapcsolódik az áramlási térhez. A két lyuksor egymáshoz fél lyuktávolságra el van tolva. A készülékre alul gumi kifolyócső csatlakozik, amivel az áramlás sebességét változtathatjuk.





Kezdetben szorítsuk el teljesen a kifolyócsövet, majd töltsünk mindkét kamrába tiszta vizet. Várjuk meg, amíg az üveglemezek közötti részt teljesen kitölti a víz. Ha légbuborékok

maradnának a rendszerben, akkor azokat készülék tetején lévő szűk nyílásba benyúlva egy fémlemezből készült spatulával távolíthatjuk el.



Ezt követően az egyik kamrába öntsünk kevés tömény festékoldatot, majd a kifolyócsövön lévő szorítást lazítsuk annyira, hogy a folyadék az eszközből csepegve távozzon. Megfelelő áramlási sebesség esetén az áramlási térben párhuzamos színes és színtelen csíkok (áramlási csövek) alakulnak ki. Az áramlási térbe vékony fémlemezből készült (köralakú, cseppalakú, stb.) idomokat helyezve az idomok módosítják az áramlási tér áramvonalait. (Ha nem csúszik be az test az üveglemezek közé, akkor a buborékmentesítésnél már bemutatott spatula segítségével helyezhetjük az idomokat az üveglapok közé. Az idomokat tartó cérnát végig fogni kell.)

Vigyázat!

Ne felejtsük el kimosni használat után a Pohl-féle készüléket, különben a festék beszárad. Így is előfordulhat, hogy nem mindegyik lyukon keresztül folyik a víz. A készüléket enyhén az asztalhoz ütögetve a lyukak újra szabaddá tehetők.

Elméleti és módszertani kérdések

- Definiálja a lamináris áramlás fogalmát!

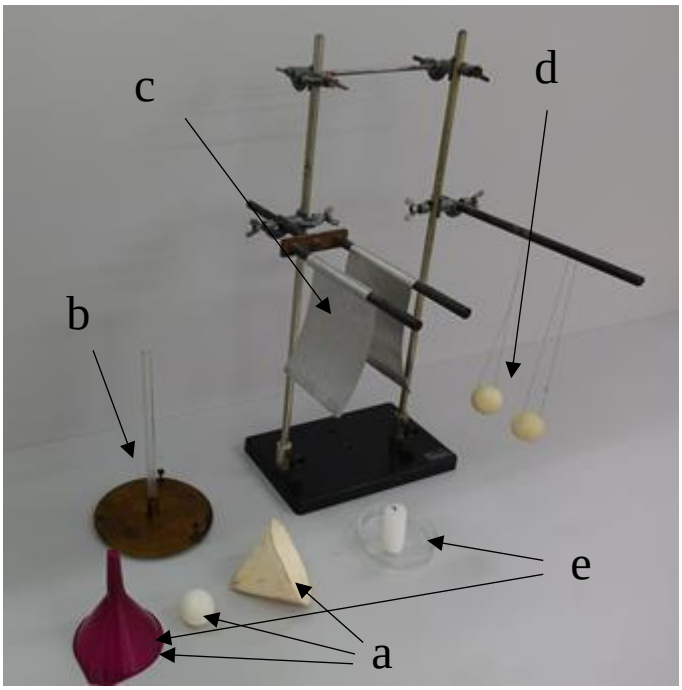
6. Bernoulli-törvényt szemléltető kísérletek

A kísérlet célja

Bernoulli-törvényének kvalitatív szemléltetése.

Szükséges anyagok, eszközök

(Az egyszerűség kedvéért a következő alfeladatokhoz szükséges eszközöket egy listában soroljuk fel)



- Tölcsér
- Ping-pong labda
- Tölcsérbe illő papír kúppalást
- Fém körlemezek, egyikben befújónyílás
- Tengely mentén elforgó szárnyprofil
- Bunsen-állvány
- Cérnára felfüggesztett pingpong labdák (2 db)
- Gyertya (üveg tálkában)
- Szélcsatorna (szűkítő szájjal, Leybold)

a) A tölcsér - labda kísérlet.

Leírás és feladat

Tartsunk egy műanyagtölcsért szájával lefelé és dugjunk bele pingpong labdát! Vegyünk nagy lélegzetet, fújjunk a tölcsér szárába és engedjük el a labdát! Mit tapasztalunk? Hasonló eredményre jutunk, ha a tölcsérből egy papír kúppalástot akarunk kifújni. Magyarázzuk meg a tapasztaltak a Bernoulli-törvényre alapozva.

b) Két síklap között áramló levegő nyomása

Leírás és feladat

A felső lemez közepébe fúvócső vezet. Ha belefújunk, akkor az alsó lemez a felsőhöz csapódik. Magyarázzuk meg a tapasztaltak a Bernoulli-törvényre alapozva.

c) Kísérlet két szárnyprofil lemezzel

Leírás és feladat

Helyezzünk két szárnyprofil alakra hajlított lemezt vízszintes tengelyekre egymás mellé! Fújjunk felülről a lemezek közé! Fogalmazzuk meg a tapasztaltak és magyarázzuk a Bernoulli-törvényre alapozva.

d) Cérnaszálra függesztett pingpong labdákkal

Leírás és feladat

Függesszünk fel cérnaszállal két gingpong labdát egymástól néhány cm-re! Fújjunk közéjük! Fogalmazzuk meg a tapasztaltak és magyarázzuk a Bernoulli-törvényre alapozva.

e) Kísérlet tölcsérrel és gyertyalánggal

Leírás és feladat

Állítsunk a vízszintesen tartott tölcsér elé égő gyertyát úgy, hogy lángja a tölcsér alsó pereménél legyen! Fújjunk gyengén a tölcsér csövébe és figyeljük meg, hogy a láng merre hajlik el! Fogalmazzuk meg a tapasztaltak és magyarázzuk a Bernoulli-törvényre alapozva.

f) Szélcsatorna légáramában táncoló labda.

Leírás és feladat

Tartsunk szélcsatorna (porszívó, vagy kompresszor) függőleges légáramába pingpong labdát, és hagyjuk magára! Ha jó helyre helyezzük, akkor a labda nem hagyja el az áramlási teret. Kísérletezzük ki, hogy milyen sebességű levegőáramlás ideális a kísérlet sikeréhez. Az eszközlista felett látható, jobb oldali képen vastag nyíllal jelöltük be a szélcsatorna áramlási sebességét szabályozó változtatható ellenállást. Tábla rajzon mutassuk be a labdára ható erőket és magyarázzuk, hogy miért nem esik le!

Elméleti és módszertani kérdések

- Fogalmazza meg szemléletesen, középiskolások számára érthetően a Bernoulli-törvényt!

Kísérlethez kapcsolódó kérdések

- Mindegyik kísérletnél magyarázzuk meg a jelenséget a Bernoulli-törvény segítségével.
- Keressünk a Bernoulli-törvényen alapuló mindennapi jelenségeket!
- Közlekedésbiztonsági szempontból milyen jelentősége van a törvénynek?
- Magyarázzuk meg, hogy erős szél esetén miért viszi le a szél a cserepeket a háztetőről!

7. A közegellenállás vizsgálata

Áramló közegben nyugvó (vagy nyugvó közegben mozgó) testre a közegtől származó erő hat. Ez a közegellenállási erő a közeg tulajdonságaitól, a test alakjától, a viszonylagos sebességtől és a test sebességre merőleges legnagyobb keresztmetszetétől függ.

a) A közegellenállás alakfüggésének bemutatása

A kísérlet célja

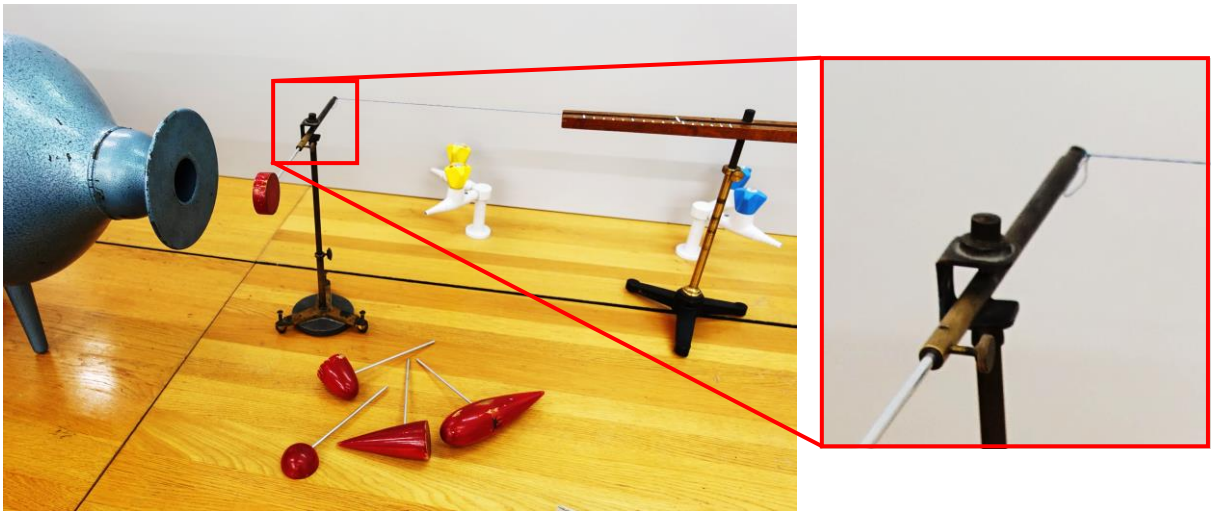
Áramló közegben nyugvó (vagy nyugvó közegben mozgó) testre a közegtől származó közegellenállási erőt befolyásoló tényezők közül a testalak hatásának bemutatása és az alaki tényező közelítő mérése.

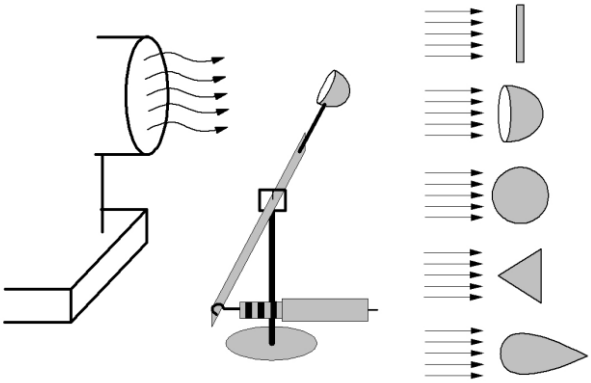
Szükséges anyagok, eszközök

- szélcsatorna (szűkítő szájjal), vagy egy erős hajszárító
- állványba rögzített, vízszintes dinamométer (rugós erőmérő)
- tűcsapágyas állványba rögzíthető különböző alakú próbatestek

Leírás

Vízszintes, szűkített szélcsatorna szájától kb. 10 cm-re helyezzük el a tűcsapágyas állványt az egyik oldalán a dinamométerrel, a másik oldalán az egyik belehelyezett próbatesttel, az ábrán látható módon. Az elhelyezésnél a következőkre kell figyelni: 1) a próbatestet tartó rúd legyen merőleges a szélcsatorna tengelyére, 2) a próbatest a szélcsatorna „közepén” legyen, 3) a rúd másik végére cérnával csatlakoztatott dinamométer a rúdra merőleges legyen, a cérnája legyen feszes, de az erőmérő közel 0-t mutasson. A szélcsatorna bekapcsolás után a test elmozdul. Ekkor az erőmérőt húzzuk hátra annyira, hogy a test a kiinduló pozíciójába kerüljön. Olvassuk le a dinamométer állását, majd helyezzünk be egy másik próbatestet. A próbatestek cseréje esetén ügyeljünk arra, hogy a próbatesteket az áramlási térnek mindig azonos helyére tegyük, hogy a forgatónyomatékok erőkarja minden mérésnél ugyanakkora legyen.





Feladatok

- Ismételjük meg az eljárást a többi testtel is! A dinamométer állásból következtessünk a testek alaktényezőjére! Az adatainkat hasonlítsuk össze az irodalmi adatokkal

Kísérlethez kapcsolódó kérdések

- Gyűjtsünk össze 1-2 technikai alkalmazást, melyekben az alaki tényező ismerete fontos szerepet játszik.
- Miért fontos, hogy a próbatestet tartó rúd merőleges legyen a szélcsatorna tengelyére?

Módszertani kiegészítések

- Ha nem csak demonstrálni szeretnénk a közegellenállási erő alaktól való függését, hanem számolni is, akkor figyeljünk arra, hogy olyan próbatesteket válasszunk, amelynek ugyanakkora a homlokfelülete.

b) A közegellenállás sebességfüggésének demonstrálása.

A kísérlet célja

Különböző tömegű (azonos alakú) testek egyenletes zuhanásának vizsgálata.

Szükséges anyagok, eszközök

- 9 db papírból készült, nagy nyílásszögű kúp
- stopperóra

Leírás

Ejtsük le az egyik papírkúpot 2-3 m magasból (hegyes végükkel lefelé), és mérjük az esés idejét! Ejtsük le ezután együtt négy, majd 9 egymásba helyezett papírkúpot az előbbivel azonos magasságból!

Megjegyzés

Mivel a papír-kúpok könnyűek, azért már rövid esés után beáll a kúp(ok)ra ható erő és a kezdeti szakaszon növekvő közegellenállási erő között az egyensúly: a kúp(ok) ettől kezdve állandó sebességgel mozog(nak).

Feladatok

- Az adatokat foglalja táblázatba és fogalmazza meg a tapasztaltakat! Adjon elméleti magyarázatot az eredményekre!

Elméleti és módszertani kérdések

- A mérés alapján egyszerű – tanórai – ábra és levezetés segítség határozza meg a papírkúp közegellenállási együtthatóját!

8. Légáramlás sebességének mérése Pitot–Prandtl-féle szondával

A kísérlet célja

Légáramlás sebességének mérése alkalmas kísérleti elrendezés megismerése

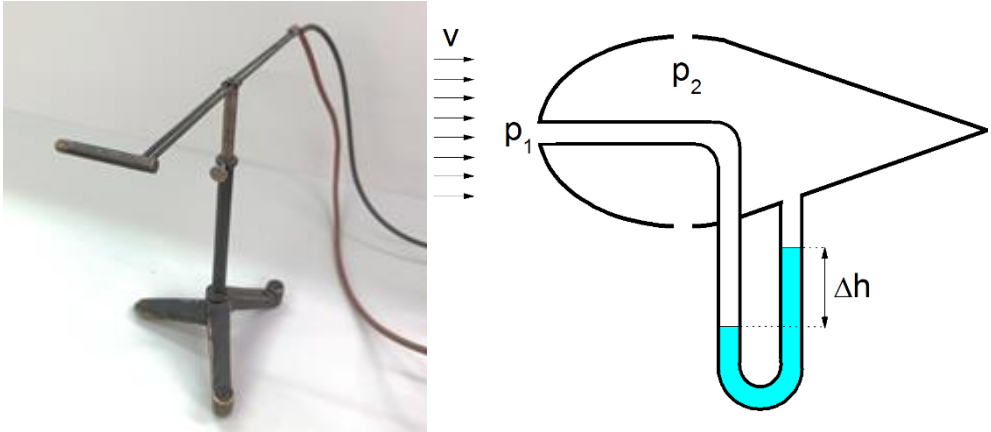
Szükséges anyagok, eszközök

- szélcsatorna (szűkítő szájjal, Leybold) vagy hajszárító

- Pitot–Prandtl-féle szonda
- manométer

Leírás

A gázok áramlási sebességének mérésére szolgáló Pitot–Prandtl szonda a Bernoulli-törvény alapján működik. A következő két ábra az eszköz fényképét és elvi rajzát mutatja.



A szonda orrának és oldalának nyílása egy folyadék-manométer száraira csatlakozik. Az ábra szerint a légáramba tartott szonda orránál, azaz a torlódási helyen a levegő sebessége zérus, nyomása p_1, az oldalsó nyílásnál a sebesség v, a nyomás p_2. A Bernoulli-egyenlet alapján

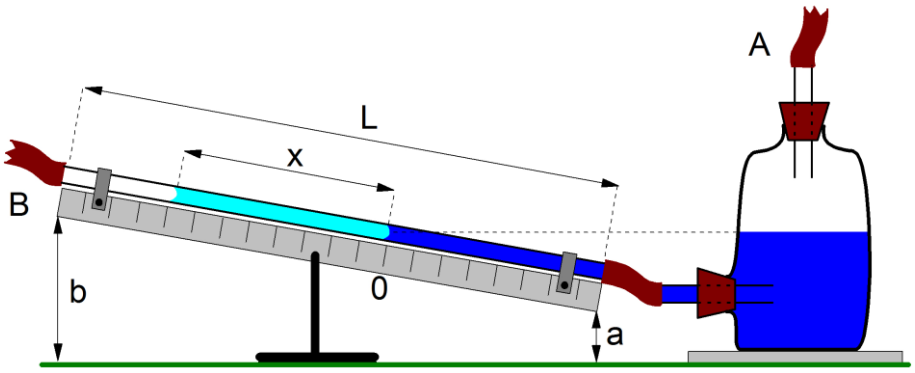
$$p_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho_{lev}v^2,$$

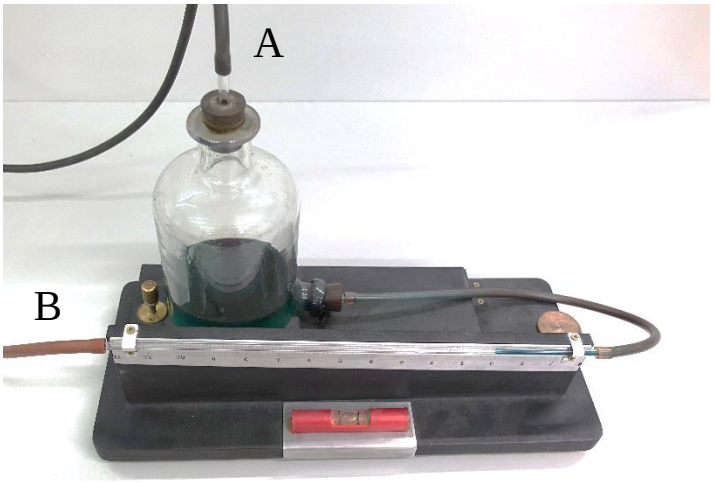
ahol ρ_{lev} a levegő sűrűsége. Az egyenletet átrendezve és felhasználva, hogy $p_1 - p_2$ nyomáskülönbség a manométer száraiban elmozduló folyadék Δh szintkülönbségéből származó hidrosztatikai nyomással egyenlő, kaphatjuk, hogy a levegő áramlási sebessége:

$$v = \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho_{lev}}} = \sqrt{\frac{2\rho_{foly}g\Delta h}{\rho_{lev}}},$$

ahol ρ_{foly} a manométerben lévő folyadék sűrűsége.

A kis (10 m/s nagyságrendű) áramlási sebességekhez tartozó nyomás pontosabb mérésére speciális manométert használunk. A manométer két részből: egy átfúrt dugós Deville-palackból és a palack alsó nyílására gumicsővel csatlakozó, skálával felszerelt vékony üvegcsőből áll. Az üvegcsövet úgy rögzítsük, hogy az a vízszintessel kis szöget zárjon csak be.





A mérőszonda orrnyílásának kivezetése gumicsővel a manométer „A” végéhez. Az oldalának kivezetése a „B” csővégéhez csatlakozik. Használat előtt a készüléket vízszintezzük ki, és a mérőcső folyadékszintjét (a Deville-palack süllyesztésével vagy emelésével) a skála önkényesen választott 0 pontjához állítjuk. Ha most a szondát az áramlási térbe helyezzük, akkor a torlónyomás hatására az üvegcső folyadékoszlopa emelkedik, a palack folyadékszintje süllyed. Utóbbi azonban (a palack és az üvegcső átmérőinek viszonya miatt) elhanyagolható. A folyadékoszlop szintjének emelkedése (Δh) az oszlop elmozdulásából (x) és az eszköz geometriájából (a, b, L) számítható.

Feladatok

- A szélcsatornát fordítsuk vízszintes állásba, a szűkítőt vegyük le, az intenzitást állítsuk minimumra. Tegyük a szondát 10 cm-re a szélcsatorna szájától (pontosan a száj középvonalába). Kapcsoljuk be a szélcsatornát, majd növeljük lassan az intenzitást, amíg a vízszint el nem éri a 10-es jelzést. Számoljuk ki az áramlás sebességét! Távolítsuk a szondát és 10 cm-enként ismételjük meg a mérést (50 cm-ig). Ábrázoljuk az áramlási sebességet a távolság függvényében!
- Fújjunk a szondára 10 cm-ről, és mérjük meg a fújási sebességünket.

Kísérlethez kapcsolódó kérdések

- Miért kell speciálisan kialakított manométert használni jelen esetben a sebesség méréséhez?
- Hol használnak Pitot-Prandtl szondát?
- Használhatjuk-e a Pitot-Prandtl szondát szuperszonikus repülőgép sebességének mérésére?