

1. Hőtan I. (Hőtágulás, gáztörvények)

Tartalom

Kulcstartalmak	2
1. Szilárd testek lineáris hőtágulása	3
a) Vékony fémplaca hőtágulásának szemléltetése fénymutató használatával.....	3
b) Görgőn nyugvó vasrúd hőtágulásának kimutatása.....	3
c) Különböző anyagú fémrudak hőtágulásának bemutatása nagy áttételű mechanikus mutatóval.....	4
d) Bimetall-szalag melegítése és „tűzjelző modell” készítése	5
2. Test és üreg hőtágulásának megfigyelése a „Golyó+karika” kísérlettel	6
3. Folyadékok hőtágulásának bemutatása	7
4. Gázok hőtágulása	7
a) Felmelegített lombik	7
b) A levegő hőtágulásának és nyomásváltozásának egyszerű demonstrálása lombikra csatlakozó nyitott vízmanométerrel	8
5. Gázok állapotváltozásai.....	9
a) A Boyle-Mariotte-törvény szemléltetése hengerbe bezárt gázzal.....	9
b) Gay-Lussac I. törvényének igazolása	10
c) Gay-Lussac II. törvényének igazolása	11
d) Az ún. Hérón-labda kísérlet bemutatása	13
6. A Boltzmann állandó számértékének meghatározása étergőz parciális nyomásának mérésével.....	14
Balesetvédelem.....	15
1. Bunsen-égő meggyújtása, használata, elzárása	15
2. Borszeszégő meggyújtása, használata, elzárása	15
3. Éghető folyadék melegítése, meggyújtása, kezelése.....	15
4. Anyag melegítése kémcsőben	15

Kulcstartalmak

- Szilárd, folyékony és szilárd anyagok hőtágulásának értelmezése és mennyiségi leírása
- Gázok speciális állapotváltozásai és törvényszerűségeik
- Egyesített gáztörvény, az ideális gáz állapotegyenlete
- Hidrosztatikai nyomás kiszámítás (manométer használata)

1. Szilárd testek lineáris hőtágulása

a) Vékony fém pálcát hőtágulásának szemléltetése fénymutató használatával

A kísérlet célja

Szilárd test hőtágulásának bemutatása, a hosszváltozás érzékelhetővé tétele

Szükséges anyagok, eszközök

- 2 db Bunsen-állvány + dió
- hosszú, vékony fém pálcát (pl. kötőtű vagy kerékpárküllő)
- megfelelően felfüggesztett, elfordulni képes tükör
- borszeszegő, gázgyújtó
- lézermutató állványon

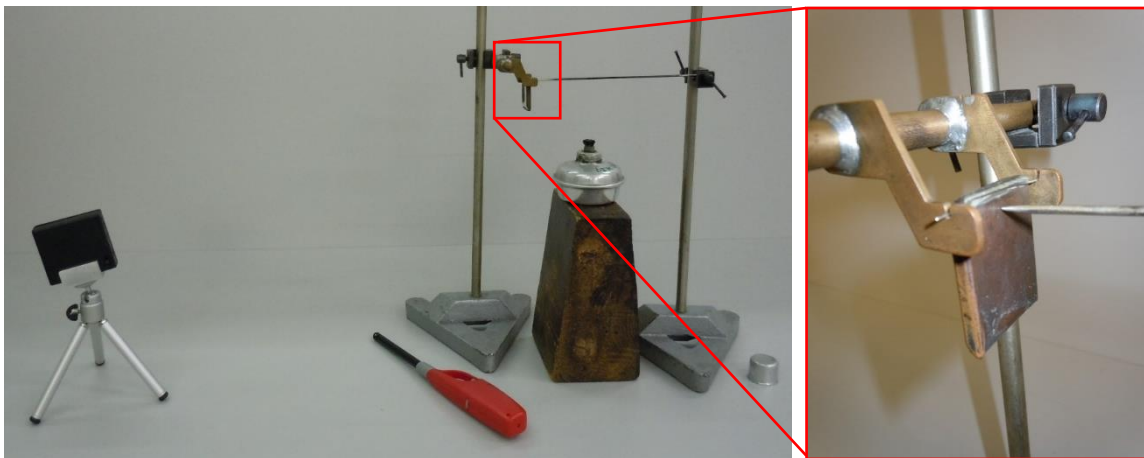
Leírás

A fém pálcát a dióba befogva rögzítjük a Bunsen-állványhoz úgy, hogy a vége éppen hozzáérjen a felfüggesztett tükörhöz! (A jelenség annál látványosabb, minél közelebb esik a hozzáérési pont a tükör felső tengelyéhez.)

Világítsuk meg a tükröt folyamatosan lézer-mutatóval, és a visszaverődő fény pontot irányítsuk a 2-3 méterre lévő falra. Jelöljük meg (laboron csak jegyezzük meg) a fényfolt helyét!

Melegítsük meg a pálcát Bunsen-égővel vagy borszeszegővel, a lángot mozgatva, hogy az egész pálcát melegedjen! (A képen látható barna fakockát, melyen a borszeszegő van nem szükséges használni! Egyszerűen az égőt kézbe fogva melegítsünk!)

Figyeljük meg a visszaverődött fény pont helyének változását!



b) Görgőn nyugvó vasrúd hőtágulásának kimutatása

A kísérlet célja

Szilárd test hőtágulásának bemutatása, a hosszváltozás érzékelhetővé tétele

Szükséges anyagok, eszközök

- Bunsen-állvány + dió
- hosszú vasrúd (pl. Bunsen-állvány vasrúdja)
- borszeszegő, gázgyújtó
- szívószál tüvel átszűrve
- fakocka

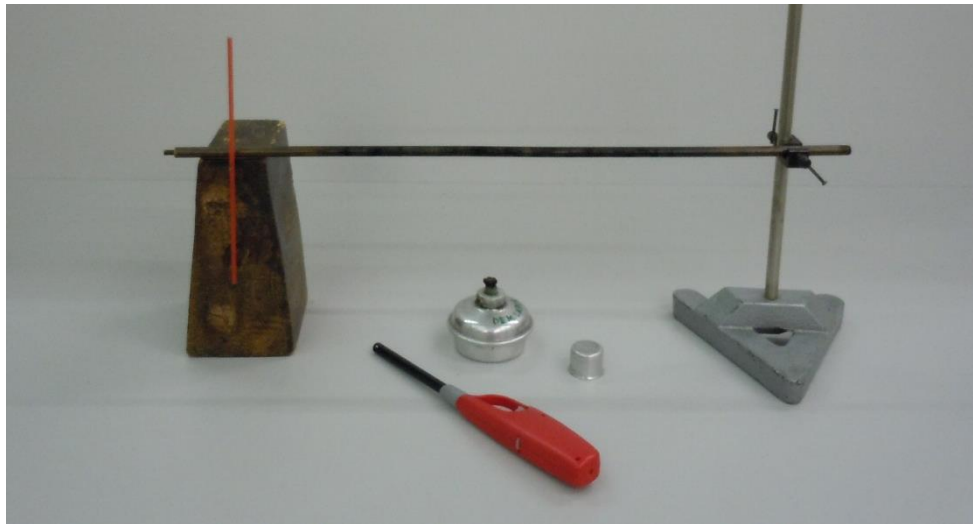
Leírás

A vasrudat fogjuk be egyik végénél a Bunsen-állványba, másik végét támasszuk fel egy fakockára, mely alá a tüvel átszűrt szívószál tűjének hegyes végét helyezzük. Így a tű görgőként szolgál.

A tűre szűrt szívószál jelzi a kötőtű elfordulását.

Melegítsük meg a vasrudat Bunsen-égővel vagy borszeszégővel, a lángot mozgatva, hogy az egész rúd melegedjen!

Figyeljük meg a szívószál-mutató elfordulását!



c) Különböző anyagú fémrudak hőtágulásának bemutatása nagy áttételű mechanikus mutatóval

A kísérlet célja

Szilárd test hőtágulási együtthatója anyagfüggésének bemutatása.

Szükséges anyagok, eszközök

- nagy áttételű mutatókat tartalmazó eszköz
- különböző anyagú, egyforma hosszúságú fémrudak
- denaturált szesz, gyufa

Leírás

A csavarok segítségével fogunk be két különböző anyagú, egyforma hosszúságú fémrudat az eszközbe. Ügyeljünk rá, hogy a rúd végének elmozdulására a mutató is elmozduljon, ezt pl. a rúd végén található csavar óvatos csavargatásával ellenőrizhetjük.

Állítsuk be a két mutatót egyforma kezdeti értékre (pl. nulla helyzetbe).

A fémrudak alatti kis tartóba öntsünk néhány cm³-nyi denaturált szeszt! A flakon becsukása és távolra helyezése után gyújtsa meg a folyadékot!

Figyeljük meg a mutatók különböző mértékű elmozdulását! (A kísérlet csak kvalitatív módon szemlélteti a hőtágulási együttható anyagfüggését, kvantitatív mérésre nem alkalmas.)



Vigyázat!

Az alkohol lángja színtelen, ezért nehéz észlelni!

Szigorúan tilos a lángra akár a flakomból, akár a kupakból újabb adag denaturált szeszt önteni!
Szigorúan tilos a láng eltűnése után, a még forró tartóba denaturált szeszt önteni! Újabb kísérlet elvégzéséhez meg kell várni, míg az eszköz kihűl!

d) Bimetall-szalag melegítése és „tűzjelző modell” készítése

A kísérlet célja

Szilárd test hőtágulási együtthatója anyagfüggésének bemutatása, a jelenség alkalmazásának modellezése.

Szükséges anyagok, eszközök

- bimetall-szalag
- borszeszegő, gázgyújtó
- Bunsen-állvány + dió
- zsebtelep
- izzó, foglalatban
- röpszinórok, 3 db
- krokodilcsipesz

Leírás

1. A bimetall-szalag két különböző anyagi minőségű fém egymáshoz szegecselésével hozható létre.

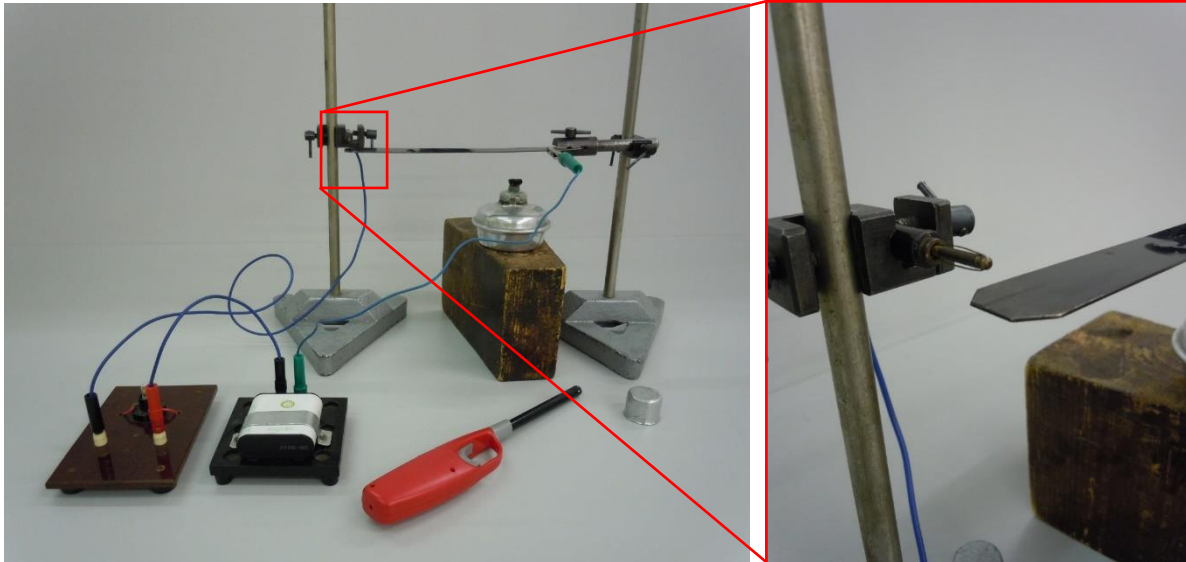
Mozgassuk a bimetall-szalagot Bunsen-égő (vagy borszeszegő) lángjában úgy, hogy az egész szalag átmelegedjen. Figyeljük meg, ahogy a szalag meghajlik! (A képen látható fakocka itt is csak illusztráció, nem kell használni.)



2. Rögzítsük Bunsen-állványba a bimetálszalagot, végeihez csatlakoztassunk röpszinórok segítségével zsebtelepet és izzót (ábra a következő oldalon). A bimetall-szalag szabad végétől

kb. 2-3 mm távolságban rögzítsük az egyik banándugót! (Természetesen abban az irányban, amerre a bimetálszalag elhajlását várjuk.)

Melegítsük meg egyenletesen lánggal a bimetálszalagot, és figyeljük meg, hogy megfelelő hőmérsékleten annyira meghajlik, hogy záródik az áramkör és az izzó kigyullad. Így a tűzjelzők egy fajtájának egyszerű modelljét hoztuk létre.



Elméleti és módszertani kérdések

- Adjon anyagszerkezeti magyarázatot a szilárd testek hőtágulására!
- Miért szükséges fénymutató / görgő / nagy áttételű mechanikus mutató a szilárd testek hőtágulásának bemutatásához?
- Adja meg a lineáris, a felületi és a térfogati hőtágulás képleteit!

2. Test és üreg hőtágulásának megfigyelése a „Golyó+karika” kísérlettel

A kísérlet célja

Annak bemutatása, hogy az üregek is úgy tágulnak, mintha anyaggal lennének kitöltve.

Szükséges anyagok, eszközök

- azonos anyagból készült, egyforma átmérőjű golyó és karika, nyélen (ún. S'Gravesande-készülék)
- borszeszegő, gázgyújtó

Leírás

Figyeljük meg, hogy szobahőmérsékleten a golyó éppen átfér a karikán!

Melegítsük meg a lángban csak a golyót, majd figyeljük meg, hogy így már nem fér át a karikán!

Melegítsük meg együtt a golyót és a karikát a lángban, kb. egyforma hőmérsékletűre! Figyeljük meg, hogy a golyó ismét átfér a karikán!



Elméleti és módszertani kérdések

- Magyarozza meg, miért kifelé tágulnak a lukas lemezek, üregek testek!
- Milyen feltételeket kell biztosítani a fenti kísérlet sikeréhez?

3. Folyadékok hőtágulásának bemutatása

A kísérlet célja

Folyadék hőtágulásának bemutatása, láthatóvá tétele.

Szükséges anyagok, eszközök

- 1000 cm³-es lombik
- átfúrt dugó a lombikban, benne kis üvegcső
- folyadék
- befőttesgumi vagy alkoholos filctoll
- nagyobb főzőpohár (vagy fém fazék), amibe a lombik teljesen belefér
- meleg (forró) víz

Leírás

A lombikot töltsük meg színültig a festett vízzel, majd nyomjuk bele a dugót, amiben a kis üvegcső van. A festett víz az üvegcsőbe is benyomul kissé. Jelöljük meg a folyadék szintjét befőttesgumival vagy alkoholos filctollal!

Mártuk meleg (forró) vízbe a lombikot úgy, hogy teljesen elmerüljön a vízben!

Figyeljük meg a színezett folyadék szintjének változását a kis üvegcsőben: előbb kissé süllyed majd jelentősen megemelkedik.



Elméleti és módszertani kérdések:

- Adjon teljeskörű magyarázatot a folyadékszint viselkedésére (előbb süllyed, majd emelkedik)!
- Adja meg a folyadékok hőtágulását leíró képletet!

4. Gázok hőtágulása

A kísérlet célja

Gázok hőtágulásának bemutatása, a térfogatváltozás mértékének érzékeltetése.

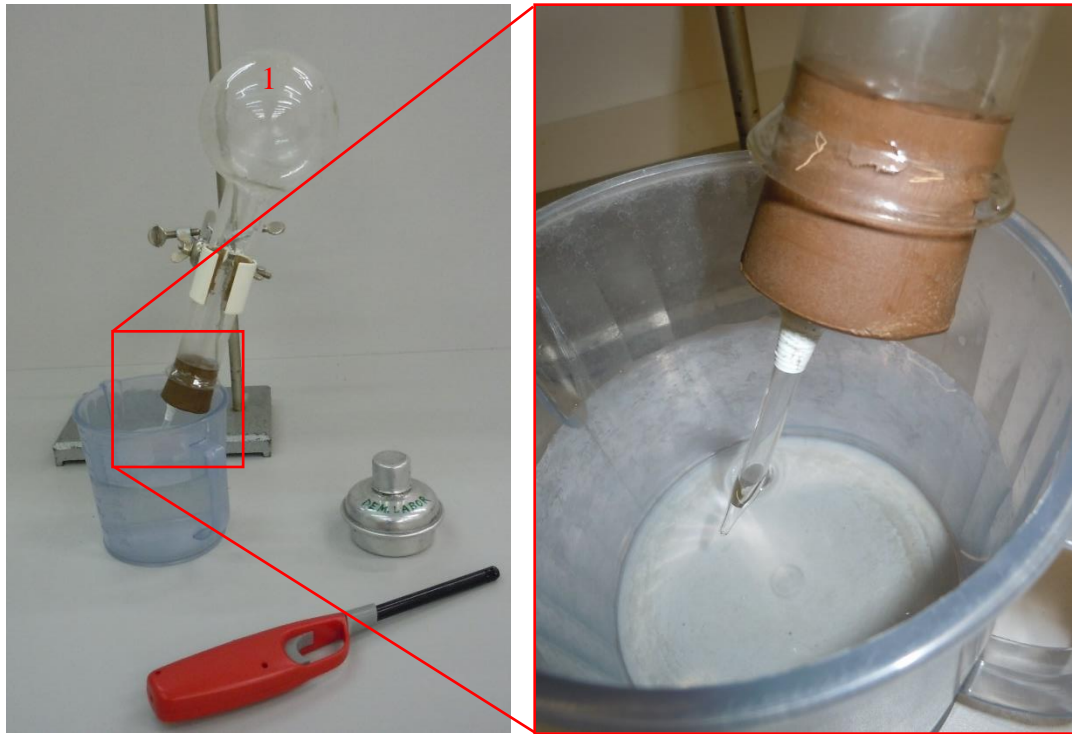
a) Felmelegített lombik

Szükséges anyagok, eszközök

- 500 cm³-es gömblombik (1-es számú lombik)
- átfúrt dugó, benne kis üvegcső
- borszeszegő, gázgyújtó
- főzőpohár, benne víz

Leírás

Zárjuk le az átfűrt dugóval az üres lombikot, és a cső végét fordítsuk a főzőpohárban levő vízbe! Két kezünk melegével melegítsük a lombikot! Figyeljük meg a buborékokat a cső végénél! Melegítsük meg ezután a lombikot óvatosan borszeszégővel! Figyeljük meg és hasonlítsuk össze a jelenséget az előző esettel! A kísérletnél az 1-es számú lombikot használjuk!



b) A levegő hőtágulásának és nyomásváltozásának egyszerű demonstrálása lombikra csatlakozó nyitott vízmanométerrel

Szükséges anyagok, eszközök

- gömblombik
- vasháromláb, agyagos drótháló
- átfűrt dugó, benne rövid üvegcső, gumicső-csatlakozások
- vízmanométer
- borszeszégő, gyufa

Leírás

Zárjuk le az átfűrt dugóval az üres lombikot, a csövet csatlakoztassuk a gumicsövekkel a vízmanométerhez!

Két kezünk melegével melegítsük a lombikot!

Figyeljük meg, hogy a bezárt levegőnek a térfogata és a nyomása is megnő melegítés hatására!



5. Gázok állapotváltozásai

A kísérlet célja

Gázok speciális állapotváltozásait leíró törvények bemutatása, igazolása.

a) A Boyle-Mariotte-törvény szemléltetése hengerbe bezárt gázzal

Szükséges anyagok, eszközök

- A Boyle-Mariotte-törvény bemutatására szolgáló eszköz

Leírás

Figyeljük meg alaposan az eszközt! Részei: egy átlátszó falú henger, egy ehhez csatlakoztatott nyomásmérő és a hengert légmentesen záró dugattyú, melyet a képen bal oldali kar csavarásával lehet benyomni, illetve kihúzni.

Figyeljük meg, hogy a dugattyú benyomásával növekszik a bezárt levegő nyomása, a dugattyú kihúzásával pedig csökken!



Feladat:

- Tervezzen és végezzen el mérőkísérletet, mellyel a középiskolás diákok számára igazolná a Boyle-Mariotte-törvényt!

b) Gay-Lussac I. törvényének igazolása

Szükséges anyagok, eszközök

- 500 cm³-es gömblombik, benne átfúrt dugó vékony csővel (A lombikba bezárt levegő pontos térfogata: 680,0 cm³) (2-es számú lombik)
- 3 db Bunsen-állvány
- 3 db dió
- lombikfogó
- nagyméretű fémedény vízfürdőnek
- hőmérő
- méterrúdra rögzített szintelen, átlátszó gumicső (hossza: 136 cm, belső átmérője 3 mm)
- festett folyadék (pl. metilénkékkel színezett víz)
- cseppentő
- műanyag csőrös pohár

Leírás

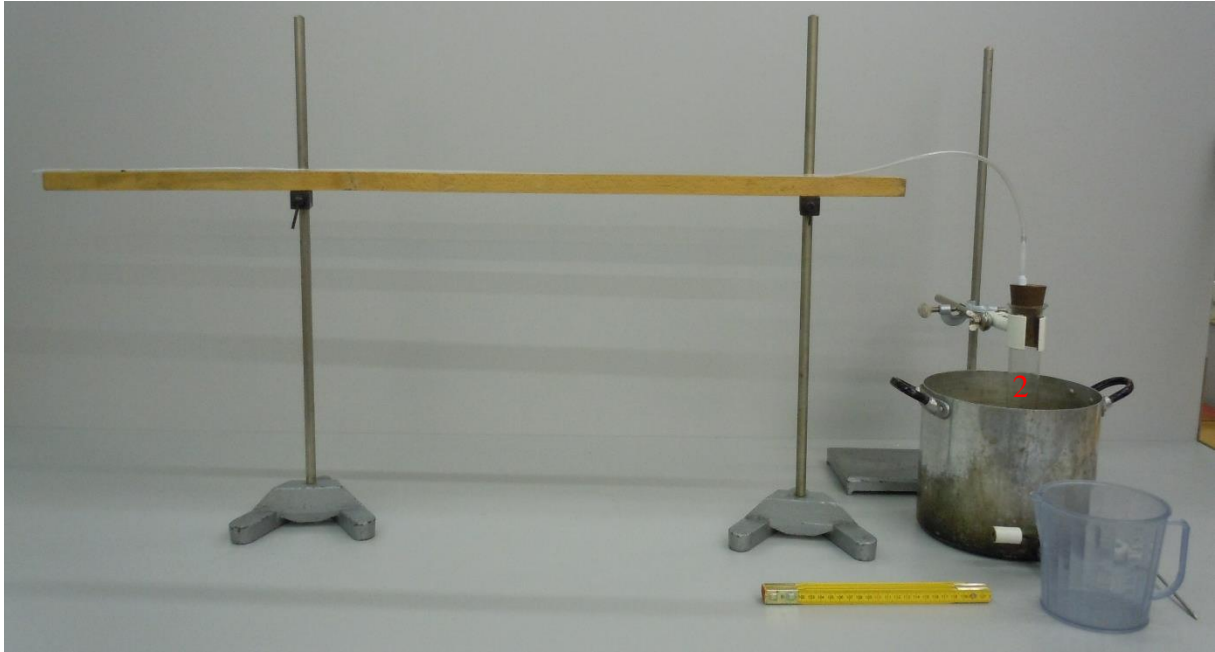
A fémedénybe töltsünk meleg vizet a csapból!

Rögzítsük az üres lombikot a Bunsen-állványhoz és merítsük a vízfürdőbe! Zárjuk le az átfúrt dugóval!

Helyezzük a méterrúdat a Bunsen-állványra rögzített diókra! A gumicső nyitott vége bal oldalon legyen. Másik végét csatlakoztassuk a lombikhoz a dugóból kiálló vékony üvegcsőhöz! Várjunk pár percet, míg a lombikban lévő levegő átveszi a vízfürdő hőmérsékletét!

Cseppentsünk egy csepp színezett vizet a gumicső nyitott végébe, hogy a kis festékcsepp teljesen lezárja a cső nyílását! Ez a „könnyen mozgó dugattyú”, mely a kísérlet során biztosítja az állandó nyomást.

Mérjük meg a vízfürdő hőmérsékletét!



Feladat:

- Öntsön a vízfürdőhöz kb. 1-2 dl hideg vizet! Keverje össze a vizet és mérje meg a hőmérsékletét! Figyelje meg, hogy a színezett csepp elmozdult a csőben. Mérje meg a cső végétől számított távolságot!
- Mérjen legalább 5 összetartozó hőmérséklet-elmozdulás adatpárt, ügyelve arra, hogy egy-egy lépésben legfeljebb 2-3 °C-kal hűljön a víz (s így a bezárt levegő) hőmérséklete.
- Figyelembe véve a lombik pontos térfogatát és a gumicső térfogatát, határozza meg a bezárt levegő térfogatát az egyes hőmérsékleteken!
- Az összetartozó hőmérséklet és térfogat- értékeket foglalja táblázatba, ábrázolja grafikonon és számítsa ki hányadosukat (V_i/T_i)!
- Elemezze az adatokat, és értékelje az eredményeket! Vesse össze őket Gay-Lussac I. törvényével és az elméleti várakozásokkal!
- Végezzen becslést az abszolút nulla hőmérsékletre!

c) Gay-Lussac II. törvényének igazolása

Szükséges anyagok, eszközök

- 500 cm³-es gömblombik, benne átfűrt dugó vékony csővel (2-es számú lombik)
- Bunsen-állvány
- dió
- lombikfogó
- nagyméretű fémedény vízfürdőnek
- hőmérő
- nyomásmérő szenzor
- műanyag csőrös pohár

Leírás

A fémedénybe töltünk melegvizet a csapból!

Rögzítsük az üres lombikot a Bunsen-állványhoz és merítsük a vízfürdőbe! Zárjuk le az átfűrt dugóval!

Csatlakoztassuk a nyomásmérő szenzort a lombikhoz a dugóból kiálló vékony üvegsövön keresztül! Kapcsoljuk be az adatgyűjtőt. Bekapcsolás után a METER feliratra kell kattintani, és onnan leolvasható a nyomás értéke.

Vigyázat!

A nyomásmérő szenzort és az adatgyűjtőt ne érje víz, kényes drága műszerek



Feladat:

- Mérje meg a vízfürdő hőmérsékletét és a bezárt levegő nyomását!
- Öntsön a vízfürdőhöz kb. 1-2 dl hideg vizet! Keverje össze a vizet és mérje meg a hőmérsékletét, olvassa le a levegő nyomását!
- Mérjen legalább 5 összetartozó hőmérséklet-elmozdulás adatpárt, ügyelve arra, hogy egy-egy lépésben legfeljebb néhány °C-kal hűljön a víz (s így a bezárt levegő) hőmérséklete.
- Az összetartozó hőmérséklet és nyomásértékeket foglalja táblázatba, ábrázolja grafikonon és számítsa ki hányadosukat (p_i/T_i)!
- Elemezze az adatokat, és értékelje az eredményeket! Vesse össze őket Gay-Lussac II. törvényével és az elméleti várakozásokkal!

Elméleti és módszertani kérdések

- Fogalmazza meg a gázok speciális állapotváltozásait leíró törvényeket! Írjon egyenletet is mindegyik esetben! Készítsen grafikonokat!
- A Boyle-Mariotte-törvény bemutatására szolgáló eszköz használatakor fontos, hogy a csavarral, lassan nyomjuk be illetve húzzuk ki a dugattyút. Miért?
- A Gay-Lussac törvényekre vonatkozó kísérletek alapján indokolja meg az abszolút hőmérsékleti skála létjogosultságát!

d) Az ún. Hérón-labda kísérlet bemutatása

Szükséges anyagok, eszközök

- kisméretű gömblombik
- átfűrt dugó, benne hosszú, elvékonyított végű üvegcső
- itatóspapír
- tálca
- egyenes peremű, nagy átmérőjű üveghenger
- Bunsen-égő vagy borszeszegő

Leírás

Töltsük meg a kis gömblombikot kb. harmadáig festett vízzel, és zárjuk le az átfűrt dugóval! A dugón átszűrt üvegbotot úgy állítsuk be, hogy beelégjön a folyadékba, a vége a lombik aljától pár mm-re legyen! Az így elkészített eszköz a Hérón-labda.

Helyezzünk itatóspapírokat a tálcára és vízzel alaposan áztassuk át őket! Állítsuk az itatóspapírokra a Hérón-labdát!

Az üveghengert szájával lefelé fordítva tartsuk kis ideig Bunsen-égő lángja fölé (csak a benne levő levegő melegedjen, a henger fala ne)! A melegítés befejezése után egyből borítsuk le vele a Hérón-labdát, ügyelve arra, hogy a henger szája légmentesen zárjon az itatóspapíron! Figyeljük meg, hogy a színezett folyadék szökőkútszerűen kispriccel a Hérón-labdából!

Vigyázat!

A nagy üveghenger törékeny és nehezen pótolható! Óvatosan kell kezelni!



Elméleti és módszertani kérdések:

- Adja meg a gázok hőtágulását leíró képletet!
- Milyen törvényszerűség alapján írható még le a gázok hőtágulása?
- Adjon magyarázatot a folyadék kispriccelésére a Hérón-labdából! Magyarázza meg a folyamatban az egyes lépések szerepét, a végbemenő változásokat!
- Miért fontos, hogy a Hérón-labdás kísérletben hideg maradjon az üveghenger (tehát, hogy azt se a kezünkkel fogdosva, se a gázlánggal ne melegítsük fel)?

- Hasonlítsa össze a szilárd anyagok, a folyadékok és a gázok térfogatváltozásának mértékét hőtágulás során (azonos hőmérsékletváltozás esetén)!

6. A Boltzmann állandó számértékének meghatározása étergőz parciális nyomásának mérésével

A kísérlet célja

Egy természeti állandó (Boltzmann-állandó) értékének közelítő meghatározása egyszerű módon.

Szükséges anyagok, eszközök

- 5,6 dm³ térfogatú üveg, dugóval lezárható
- átfúrt gumidugó, benne üvegcső
- vízmanométer (kb. 50 cm-es szárákkal)
- injekciós fecskendő és tű
- dietil-éter (=”éter”)

Leírás

1. Zárjuk le a 10 dm³-es üveget gumidugóval, a furatban levő üvegcsövön keresztül gumicső segítségével csatlakoztassuk a vízmanométerhez!
2. Jegyezzük fel a bezárt levegő kezdeti nyomását (=légtérnyomás)!
3. Az injekciós fecskendőbe szívjunk 1 cm³ éter és a gumidugót átfúrva fecskendezze be az üvegbe! Az éter elpárolog, így megnöveli a belső légtérnyomását.
4. Olvassuk le a nyomásnövekedés értékét és ennek segítségével határozzuk meg a Boltzmann-állandó közelítő értékét! Hasonlítsa össze az irodalmi értékkel!

Szükséges adatok

Az éter sűrűsége: $\rho_{\text{éter}} = 0,74 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

A dietil-éter moláris tömege: $M_{\text{éter}} = 74 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

Útmutató a számítás elvégzéséhez

1. A befecskendezett folyékony éter térfogatából és moláris tömegéből számítsa ki az étermolekulák számát!
2. Írja fel az ideális gáz állapotegyenletét (benne természetesen a Boltzmann-állandót szerepeltetve!)
 - a kezdeti bezárt levegő állapotjelzőivel;
 - az éter befecskendezése és elpárolgása után bezárt gáz állapotjelzőivel!

A légtér térfogata és a bezárt gáz hőmérséklete állandónak tekinthető!

3. Az egyenletrendszert megoldva számítsa ki a Boltzmann-állandó értékét!

Elméleti és módszertani kérdések

- Miért étert használunk a kísérletben?
- Milyen más természeti állandók segítségével, hogyan lehet kiszámítani a Boltzmann-állandót? Írjon egyenletet!



Balesetvédelem

1. Bunsen-égő meggyújtása, használata, elzárása

1. A hosszú hajat össze kell fogni, az éghető anyagokat távol kell helyezni! Meg kell győződni róla, hogy éghető folyadék, különösen nyitott üvegben nincs a közelben.
2. A levegőnyílást el kell zárni, a szabályozó elfordításával.
3. A gyufát/piezo gyújtót meg kell gyújtani, majd a gázcsapot ki kell nyitni
4. Meggyújtjuk a Bunsen-égőt.
5. Amennyiben gyufát használtunk, akkor rázással vagy fújással eloltjuk, megfelelő helyre tesszük (nem éghető, nem olvadó felületre)
6. A levegőnyílás szabályozóját elfordítva beállítjuk a megfelelő lángot.
7. Elzáráskor a gázcsapot zárjuk el, így a csőből kiég a gáz.



2. Borszeszégő meggyújtása, használata, elzárása

1. A hosszú hajat össze kell fogni, az éghető anyagokat távol kell helyezni! Meg kell győződni róla, hogy éghető folyadék, különösen nyitott üvegben nincs a közelben.
2. A gyufát/piezo gyújtót meg kell gyújtani, a kupakot le kell venni.
3. Meggyújtjuk az égőt.
4. Amennyiben gyufát használtunk, akkor rázással vagy fújással eloltjuk, megfelelő helyre tesszük (nem éghető, nem olvadó felületre)
5. Elzáráskor a kupakot egy gyors, határozott mozdulattal a lángra borítjuk.

3. Éghető folyadék melegítése, meggyújtása, kezelése

Éghető folyadékot tilos forró felületre önteni!

A folyadék meggyújtása előtt a folyadék üvegét alaposan be kell zárni és távolra kell helyezni!
Az éghető folyadékok gőzei nemcsak éghetők, de a levegővel robbanóelegyet alkotnak!

4. Anyag melegítése kémcsőben

- A melegítendő anyag legfeljebb a kémcső alsó harmadáig érjen!
- A kémcsövet kémcsőfogó csipesz segítségével kell a lángba tartani!
- A melegítés és a forralás egyenletessé tétele érdekében:
 - a kémcsövet megdöntve kell a lángba tartani
 - a kémcsövet a lángból időnként kivéve összerázzuk óvatosan a tartalmát
 - horzsakövet (forrkövet) használunk.