

DR. VERMES MIKLÓS

vezető tanár

Budapest

Mérőkísérletek a gáztörvényekhez

A gáztörvények tanítása alkalmával feltehetően sor kerül olyan számítási feladatokra, amelyekkel a tanár a törvény alkalmazását kívánja gyakoroltatni. Valószínűleg a tanár örömeire szolgál, ha az adatokat nem találomra kell bemondania, hanem elvégzett kísérlet eredményéről olvashatja le. Közben néhány ismert gáz tényleges bemutatására is sor kerül. Az egyszerűség kedvéért ebben a cikkben egy elvégzett kísérlet számadatai szerepelnek, amelyek esetenként mások. Szövegünkben az ilyen számok dőlt szedéssel szerepelnek.

1. Hány gramm metán ($\text{CH}_4 = 16$) van egy szappanbuborékban? Világító gázzal fújunk egy szappanbuborékot és lemérjük körülbelüli átmérőjét, például árnyékán. Az átmérő például 6 cm . Ekkor térfogata $4,2 \cdot 3^3 = 113\text{ cm}^3$. Az aránypár: $22400\text{ cm}^3 : 16\text{ gramm} = 113\text{ cm}^3 : x$.

Innen $x = 0,08$ gramm. Cikkünk egyszerű kísérleteinél a nyomás és hőmérséklet kisebb eltéréseit nem érdemes figyelembe venni.

2. Hidrogén ($\text{H}_2 = 2$) mennyiségének meghatározása. Literes gömblombikba 3–4 gramm cinket teszünk és a lombikot olyan gumidugóval zárjuk le, amelyben csapos üvegcső van (1. ábra). A lombikot légüressé tesszük: a csapos üvegcsövet az asztalon ilyenkor mindig készenlétben álló motoros légszivattyúhoz kapcsoljuk 1–2 percre. Figyelem: csak gömblombikot szabad légüressé tenni.

Evakuálás után az üvegcső csap feletti részébe tömény (35 %-os) sósavat öntünk, és a csapot egy pillanatra megforgatjuk.

Megvárjuk a hidrogénfejlődés végét, a cinkből maradni fog. Ezután a cső végét vizeskádba merítjük és a csapot kinyitjuk. A „megmaradt vákuum” helyébe víz megy be. A lombikot kinyitva meggyújthatjuk a hidrogént, azután mérőhengerrel betöltött vízzel megmérjük, mennyi a hidrogén térfogata. Például 600 cm^3 . Az aránypár: $22400\text{ cm}^3 : 2\text{ gramm} = 600\text{ cm}^3 : x$.

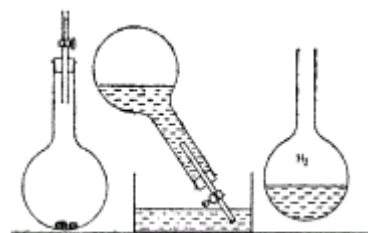
Innen $x = 0,054$ gramm.

Mekkora volt a hidrogén nyomása a lezárt lombikban?

$$1000\text{ cm}^3 \cdot p = 600\text{ cm}^3 \cdot 10\text{ N/cm}^2, \text{ innen } p = 6\text{ N/cm}^2.$$

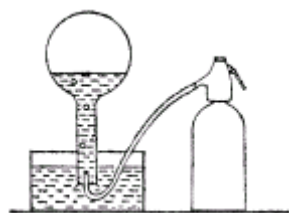
3. Oxigénnél ($\text{O}_2 = 32$) ugyanezzel a berendezéssel végezhetünk ilyen kísérletet. Belül száraz 1 literes gömblombikba 3 hiperolpasztillát teszünk, meghintjük 2–3 gramm mangándioxid-porral (MnO_2 , barnakő), a lombikot lezárjuk a csapos-üvegcsővel dugóval és evakuáljuk. Ezután a csap feletti részbe vizet töltünk, és a csap gyors megforgatásával 1–2 cm^3 vizet engedünk be. Vizesen a mangán-dioxid mint katalizátor megindítja a hidrogén-hiperoxid bomlását vízre és oxigénre. A kísérlet folytatása ugyanolyan, mint a hidrogénnél, közben megmutatjuk, hogy a parázsló fapálca az oxigénben lánggra lobban. Előírás szerint 1 pasztillában 1 gramm hidrogén-hiperoxid van, amelyből 165 cm^3 oxigén fejlődik.

4. Mennyi szén-dioxid ($\text{CO}_2 = 44$) van egy patronban? Egy szifonkészüléket evakuálunk, hogy a benne levő levegő ne zavarja a számítást. Ennek érdekében kivezető csövét a légszivattyúra kapcsoljuk és szivattyúzás közben a kart lenyomjuk, hogy a szifonban levő levegő eltávozhasson. Evakuálás után eresztjük be a patronból a készülékbe a szén-



1. ábra

dioxidot. Ezután a szén-dioxidot vízzel telt lombikban fogjuk fel (2. ábra). Ilyenkor a kart nagyon lassan kell lenyomni, mert a szén-dioxid rohamosan áramlik ki.



2. ábra

A gáz felfogására vagy egy 3 literes vízzel telt lombikot, esetleg uborkásüveget kell használnunk, vagy az 1 literest többször megtölteni.

Végül ne felejtsük el a lemért térfogathoz hozzáadni a szifon 700 cm^3 -es térfogatát, mert benne is van szén-dioxid. Fejlődött például $2100 \text{ cm}^3 + 700 \text{ cm}^3 = 2800 \text{ cm}^3$. Az aránypár: $22400 \text{ cm}^3 : 44 \text{ gramm} = 2800 \text{ cm}^3 : x$.

Innen $x = 5,5$ gramm. Ellenőrizhető a telt és üres patron súlyának leméréseivel. Kísérletünk folyamán megmutatjuk, hogy a szén-dioxidban az égő fapálca elalszik.

Mennyi volt a szén-dioxid nyomása a szifonban?

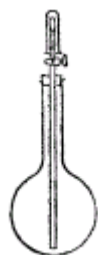
$$p \cdot 700 \text{ cm}^3 = 10 \text{ N/cm}^2 \cdot 2800 \text{ cm}^3, \text{ innen } p = 40 \text{ N/cm}^2.$$

Mennyi volt a nyomás a kb. 10 cm^3 térfogatú patronban?

$p \cdot 10 \text{ cm}^3 = 10 \text{ N/cm}^2 \cdot 2800 \text{ cm}^3$, innen $p = 2800 \text{ N/cm}^2$, de csak nyáron, ha a $31 \text{ }^\circ\text{C}$ -os kritikus hőmérséklet felett vagyunk. A patron térfogatát fecskendővel benyomott vízzel pontosan megállapíthatjuk.

5. Dinitrogén-oxid ($\text{N}_2\text{O} = 44$). A habszifon-patron dinitrogén-oxidot, „kéjgázt” tartalmaz. Vele a kísérlet ugyanúgy elvégezhető, mint a szén-dioxiddal. Közben érdemes megmutatni, hogy dinitrogén-oxidban a parázsló fapálca lángra lobban, mert izzás hőmérsékletén elemeire bomlik, és az így létrejövő gázkeverékben 33 térfogatszázalék oxigén van. Tüdőben a dinitrogén-oxid nem bomlik elemeire, ezért a légzést nem táplálja.

6. Diffúziós kísérletek. Szokás folyékony brómmal telt kis csészét üveghenger aljára tenni. Fél óra múlva jól látszik a levegőnél 5-ször nagyobb sűrűségű brómgőz felvándorlása. Egy másik kísérlet: literes hengerpoharat megtöltünk szén-dioxiddal (szifonból), és égő fapálcával megmutatjuk, hogy tele van. Negyed óra múlva ugyanígy megvizsgálva már üresnek találjuk. A brómgőz molekuláinak átlagsebessége kb. 200 m/s . Kísérletünkben a diffúzió azért olyan lassú, mert a levegő gázainak molekulái akadályozzák. Légüres térben a diffúzió pillanatszerű.

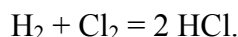


3. ábra

Literes gömb lombikot olyan csapos-üvegcsöves gumidugóval zárunk le, amelynek csöve leér a lombik fenekéig (3. ábra). A lombikot evakuáljuk, azután az üvegcsap fölé brómot öntünk és a csap gyors megforgatásával egy keveset beengedünk. A brómgőz pillanatnyi hirtelenséggel megtölti az egész lombikot. Evakuálás nélkül elvégezve összehasonlíthatjuk a lassú diffúzióval.

A brómgőz vákuumban való gyors diffúziója ilyen formában elvégezhető kísérlet.

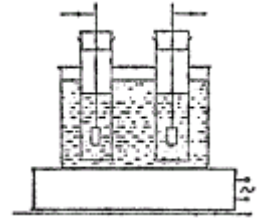
7. Avogadro törvénye. 1811-ben Avogadro a következő gondolatmenetet végezte el. Ismeretes volt, hogy a vegyülő és keletkező gázok térfogatai az egyszerű egész számok arányában állnak, például 1 dm^3 hidrogénből és 1 dm^3 klórból 2 dm^3 sósavgáz keletkezik:



Mint hogy a vegyüléskor 1–1 molekula egyesül, az egyenlő térfogatú gázokban egyenlő darabszámú molekulának kellett jelen lennie.

Egyenlő térfogatú hidrogén és klór úgy vegyül sósavgázzá, hogy egyikből sincs maradék. A sósavképződés kísérleti bemutatása nehezebb. Helyette megmutatjuk, hogy sósav elektrolízisekor egyenlő térfogatú hidrogén és klór keletkezik. Mivel a klór oldódik vízben, az elektrolízist forrón kell elvégeznünk. Továbbá sósavoldat helyett telített, kb. 25%-os konyhasóoldatot használunk, ez szekunder folyamat által ugyanazt az eredményt adja.

Két, egyenként kb. 2–3 cm átmérőjű, 10–15 cm hosszú üvegcsövet olyan gumidugókkal látunk el amelyen vezeték megy át a platinalemez-elektrodákhoz. (4. ábra). Esetleg tönkrement vízbontó készülékből vehetünk ki ilyet. Katódnak króm-nikkel huzal is megfelel, anódnak esetleg szénrúd. A csöveket tömény sóoldattal megtöltve lógatjuk be egy 400-as hengerpohárba, amelyben szintén tömény sóoldat van. Villanymelegítőre állítva 10 percig forraljuk az oldatokat, azután forralás közben rövid ideig kb. fél amperes egyenáramot vezetünk át.

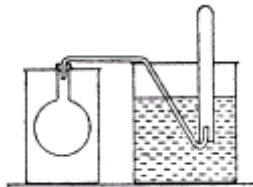


4. ábra

Megfigyeljük, hogy a keletkezett hidrogén és klór térfogata egyenlő.

8. Rövid tanulói kísérlet a gázok hőkiterjedésére. Kb. 25 cm³-es kis lombikot lezárunk meghajlított csővel. Előzőleg a méretek lemérése után együttesen megállapítjuk, hogy a lombik térfogata 25 cm³, hengeres nyakáé 5 cm³, így az összes térfogat 30 cm³. A szobahőmérséklet 20 °C.

Valamennyi tanuló a lombikját egy üres 250-es hengerpohárba akasztja, a cső egy vízzel telt 400-as pohárba merül. (5. ábra).



5. ábra

Valamennyi tanuló vízzel telt kémcsövet állít a hajlított cső felfelé mutató végére. Együttesen megállapítjuk, hogy az 1,3 cm átmérőjű kémcső keresztmetszet-területe 1,3 cm², tehát a kémcső mentén minden centiméteres hossz 1,3 cm³ térfogatot jelent.

Ezután végigjárjuk valamennyi munkahelyet és (teáskannából) nagyon meleg, kb. 60–90 °C-os vizet öntünk a 250-es pohárba.

A levegő egy része távozik.

Kérdés: hány °C-os lett a melegített levegő? Ha 4 cm hosszú légoszlop gyűlt össze a tanuló kémcsövében, akkor a térfogat-növekedés $4 \cdot 1,3 = 5,2$ cm³ és melegen a gáztérfogat 35,2 cm³. A gáztörvény szerint, Kelvinben számolva:

$$\frac{30}{293} = \frac{35,2}{T}; \text{ innen } T = 344 \text{ K} = 71 \text{ } ^\circ\text{C}.$$