A TORRICELLI-KÍSÉRLET

Szabó László Attila, Batsányi János Gimn. és Szakközépiskola, Csongrád
Szittyai István, Németh László Gimn. és Ált. Iskola, Hódmezővásárhely
Sükösd Csaba, BME, Nukleáris Technika Tanszék

2008. augusztus 16–24. között magyar fizikatanárok egy újabb csoportja látogatott el a CERN-be egyhetes továbbképzésre. Az út előtt, alatt és után *Torricelli* kísérletét több alkalommal is elvégeztük, mint ahogy azt a korábbi években a továbbképzésen résztvevő tanárcsoportok is tették. Ez alkalommal azonban egy újabb ötlet nyomán a kísérlet elvégzésekor más módszert is kipróbáltunk. Ez indokolja, hogy ismét beszámoljunk erről a kísérletről.

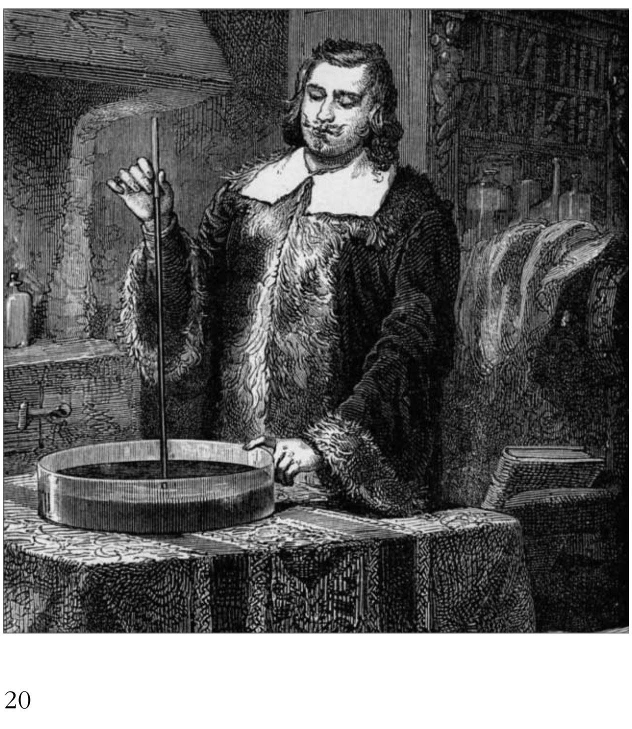
Manapság Torricellinek (*1. ábra*) szokás tulajdonítani a barométer elvének fölfedezését, ugyanakkor vitatható az elsőbbsége, és a pontos időpont is kérdéses. Az ok egyszerű: a barométer a vákuum létezésének igazolására irányuló erőfeszítések közben született mint „melléktermék”. Az arisztotelészi világkép egyik fontos eleme, a vákuum létezésének tagadása a 17. században került újra előtérbe, amikor a kor nagy elméi közül többben is vákuumot véltek létrehozni. *Beeckman* már 1618-ban megállapította, hogy a vízszivattyú csövében a víz csak 18 könyök (kb. 10 méter) magasságig emelkedik és ezt azzal magyarázta, hogy a levegő csak eddig nyomja föl.

A század 30-as éveiben a firenzei szökőkutak építői ugyanezt tapasztalták, és állítólag ők fordultak *Galilei*hez a kérdéssel. Érdekes, hogy például *Descartes* a jelenség okát – helyesen – a légnyomásban látta, ám a vákuum létezését még tagadta.

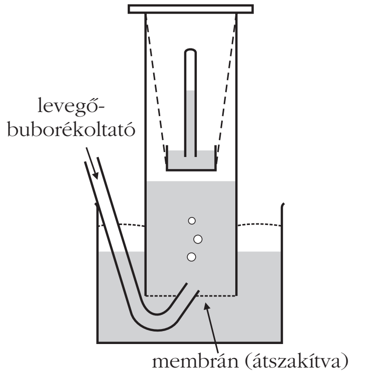
Bár a „horror vacui” korábban is foglalkoztatta (mérési elrendezést is javasolt annak mérésére), Galilei nem tudott elszakadni a dogmáktól és részben helytelen magyarázatot adott. Megosztotta viszont a problémát kortársaival, így jutott el a kérdés *Gasparo Berti*hez Rómába, aki 1639-ben komoly kísérletezésbe fogott. *Rafael Magiotti*val egy 36 láb magas ólomcsövet erősítettek egy épülethez, megtöltötték vízzel (*2. ábrá*n jobbra, fönt), fölső végét lezárták, alsó végét vízbe állították. A víz egy része kifolyt, de körülbelül 34 láb magas vízoszlop a csőben maradt (ez a magasság jó egyezésben volt a firenzei tapasztalatokkal). Heves vitákat váltottak ki azzal, hogy azt állították: a csőben a víz fölött vákuum van [1].

Galilei utóda a toszkánai herceg udvari tudósaként Evangelista Torricelli lett, aki tovább vizsgálta a problémát. Ő már nemcsak vákuumot akart létrehozni, hanem bizonyítani akarta, hogy a vízoszlopot a légnyomás tartja meg. 1643–44-ben *Viviani*val elvégezték azt a kísérletet (*2. ábrá*n az alsó sorban), amelyet ma mindannyian Torricelli-kísérletként ismerünk. Víz helyett higannyal dolgoztak, mivel (jól) sejtették, hogy a folyadék sűrűségének fontos szerepe van. Másrészt üvegcsővel, ami lehetővé tette, hogy a jelenség jól látható legyen. A higanyszál körülbelül 76 cm-nél állt meg, a higany feletti

1. ábra. Evangelista Torricelli



2. ábra. Gaspar Schotti: *Technica Curiosa* (Würzburg, 1664.) könyvének címlapja és a benne szereplő római Berti-kísérlet (jobbra fönn), valamint Torricelli és Viviani kísérlete higannyal (alsó sor).



3. ábra. Pascal: „űr az űrben”

úgynevezett Torricelli-űr a következő évtized legszenvedélyesebb vitáinak tárgya lett. Mind a mibenléte, mind az oka megosztotta a korabeli tudósokat: vákuum vagy sem, illetve légnyomás vagy a horror vacui? A jelenség alapos vizsgálata és tudományos közkincscsé tétele *Pascal*nak köszönhető.

Pascal egyik híres kísérlete az „űr az űrben” (*3. ábra*) döntő bizonyítékot szolgáltatott arra, hogy a jelenséget a levegő nyomása okozza [2]. A folyadék sűrűségétől való függést is ő mutatta be vízzel és vörösborral. Egy mozgatható hajóárbochoz erősített két csövet. Az egyiket vízzel, a másikat vörösborral töltötte meg, majd feltette a kérdést az 500 főnyi tömegnek: Melyik folyadék fog mélyebbre süllyedni? A nyilatkozók legtöbbje a vörösbor mellett szavazott, mondván, hogy abban több a „szellem”, és így a Torricelli-űrben nagyobb nyomást fog kifejteni. A kísérletben – a többség várakozásával ellentétben – a víz süllyedt mélyebbre. A jelenség magasságfüggésének kimutatása is Pascal nevéhez fűződik: útmutatásai alapján sógora, *Perier* 1648-ban a kísérletet gondosan elvégezve a Puy de Dôme hegyen és a hegy lábánál, 8 cm magasságkülönbséget tapasztalt [3]. Megemlítendő, hogy Pascal is kísérletezett vízzel telt csővel (1646), rajta kívül még *Otto von Guericke* állított föl egy ilyen szerkezetet magdeburgi házánál 1654-ben.

4. ábra. A világ jelenlegi legnagyobb „vizes” barométere

Érdekességképpen megemlítjük, hogy a világ jelenlegi legnagyobb „vizes” barométere (*4. ábra*) Ausztráliában működik, látványosságként. *Bert Bolle* valósította meg régi álmát a megépítésével [4]. 2007 augusztusában nyitották meg a nagyközönség számára. Ciklikusan működik: egy számítógép által vezérelt vákuumpumpa „emeli föl” a vizet a csőben, 2 perc alatt 55 litert. 5 perc után levegőt engednek a csőbe, a víz lefolyik a tartályba, majd minden kezdődik elölről [5].

Torricelli kísérlete vízzel, hagyományos módon

A fent említett kísérletek közül hármat elvégeztünk a CERN-i kirándulás alatt. A kísérlethez egy 11 m hosszú, 8 mm belső átmérőjű, 1 mm falvastagságú átlátszó műanyag csövet használtunk. A cső egyik végére egy üvegcsövet erősítettünk. Ennek csak annyi szerepe van, hogy így könnyebb a cső végét gumidugóval lezárni. A cső másik végét egy pillepalackban rögzítettük, amiben kálium-permanganáttal festett ioncserélt víz volt. Az elrendezést szivornyaként működtetve könnyen elérhető, hogy a csövet a folyadék buborékmentesen töltse ki. Az üvegcső végét bedugaszoltuk. Ezután spárgát kötöttünk rá, amivel függőleges helyzetbe tudtuk hozni. Lassan emelve a csövet

5. ábra. A forrásban lévő – buborékoló – festett desztillált víz a műanyag csőben (balra) és a Torricelli-kísérlet helyszíne, egy tűzlépcső a CERN-ben (jobbra)

6. ábra. Pascal boros kísérletének utolsó fázisa: a kékfrankos elfogyasztása (balra), és a légnyomás magasságfüggésének igazolása a francia Alpokban (jobbra)

körülbelül 7 méteres magasságnál észrevehető, hogy a víz forrásba jön (*5. ábra* bal oldala).

Mi a CERN-ben egy tűzlépcsőn (*5. ábra* jobb oldala) körülbelül 10 méter magasra húztuk fel a cső végét. Ekkor pár percet vártunk, hogy a forrás csillapodjon. Ezután lemértük a folyadékoszlop magasságát: 938 cm-t kaptunk. Természetesen most a víz felett nem vákuum van, hanem a víz telített gőze és a vízből kiforrt oldott gázok. A telített gőz nyomása táblázatból kinézhető, de az oldott gázok nyomását nem lehet tudni. E tényező zavaró hatását úgy próbáltuk csökkenteni, hogy a folyadékfelszín alatt pár cm-rel elszorítottuk a csövet, majd emeltünk rajta. Megint forrásba jött a víz, de már koránt sem olyan hevesen, mint az előbb. Néhány perc elteltével a folyadékoszlop magassága 959 cm volt. A mérést szép napos időben végeztük, 25 °C volt a hőmérséklet. Mérésünkből a légnyomásra 972,45 hPa adódott.

$$p = p_{vízoszlop} + p_{vízgőz} = \rho_{víz} \cdot g \cdot h + p_{vízgőz} =$$

$$= 1000\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^2} \cdot 9{,}81\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 9{,}59\ \mathrm{m} + 3167{,}5\ \mathrm{Pa} =$$

$$= 97245{,}4\ \mathrm{Pa}.$$

Az egyik kollégánknál lévő GPS 1030 hPa-t mutatott. Mi ennél 5,5%-kal kevesebbet mértünk.

A kísérletet többször elvégeztük – Magyarországon is –, a hiba minden esetben 5–6% körüli volt, és *mindig kevesebbet mértünk a valódi értéknél.*

Pascal-kísérlet

Augusztus 20-án Pascal „boros” kísérletét is elvégeztük. Csövünket Csongrádi Kékfrankossal töltöttük fel, egyébként mindent ugyanúgy végeztünk, mint a „vizes” kísérletben.

Mi – Pascallal ellentétben – azt az eredményt kaptuk, hogy a félédes vörösbor mélyebben állapodott meg (828 cm), mint a víz. Talán a mi borunkban tényleg volt szellem?

Ha csak a vörösbor sűrűségét vennénk figyelembe – ami méréseink szerint 990 kg/m³ –, akkor tényleg a bornak kellene magasabban állnia. De a másik két tényezőt sem szabad figyelmen kívül hagyni: a bor telített gőzének és a belőle kiforrt gázoknak a nyomását. Esetünkben ezek okozhatták azt, hogy alacsonyabb folyadékoszlopot mértünk. A sikeres mérést és az Államalapítást a kísérleti folyadék elfogyasztásával ünnepeltük meg (*6. ábra* bal oldala).

A légnyomás magasságfüggésének igazolása

A légnyomás magasságtól való függését is igazoltuk. A kísérletet augusztus 25-én a Mont Blanc mellett, az Aiguille du Midi csúcson végeztük (*6. ábrá*n jobbra). Ez 3842 méterrel emelkedik a tengerszint fölé. A levegő hőmérséklete a napos oldalon, ahol a mérést végeztük, 2 °C volt. (Árnyékban fagypont alatt volt a hőmérséklet.)

A vízoszlop magassága 611 cm volt. Ebből kiszámítható a légnyomás. Ha a telített vízgőz nyomását 700 Panak vesszük, akkor a légnyomás 60639,1 Pa. Sajnos a GPS képtelen nyomásértéket mutatott, ezért eredményünket nem tudtuk összevetni a valós nyomásértékkel. A barometrikus magasságformulából kiszámítható, hogy ebben a magasságban a légnyomás:

$$p = p_0 \cdot \exp\left(-\frac{\rho \cdot g \cdot h}{p_0}\right) =$$

$$= 101325\ \mathrm{Pa} \cdot \exp\left(-\frac{1{,}3\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} \cdot 9{,}81\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 3842\ \mathrm{m}}{101325\ \mathrm{Pa}}\right) =$$

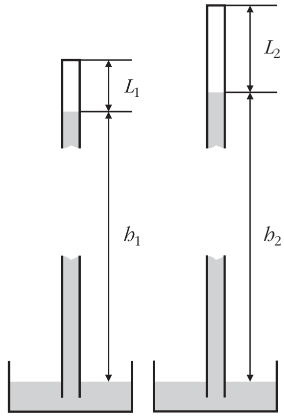
$$= 62475{,}23\ \mathrm{Pa}.$$

Ha ehhez az értékhez hasonlítjuk mérésünket, akkor 3%-os eltérést kapunk.

Torricelli kísérlete módosítva

A fentiekből látszik, hogy a légnyomás meghatározásának legnagyobb bizonytalansága onnan ered, hogy nem tudjuk pontosan a folyadékoszlop fölött lévő gáz (vízgőz és a kiforrt gázok) nyomását.

*Sükösd Csabá*nak volt egy ötlete arra, hogyan lehetne *megmérni* a folyadékoszlop fölött lévő gáz nyomását, és így még pontosabban meghatározni a légnyomást. Nemcsak azt mérjük meg, hogy mekkora a vízoszlop magassága, hanem azt is, hogy mekkora a vízoszlop fölött lévő gáztér nagysága. Ez utóbbit változtatni is tudjuk azzal, hogy a csövet valamivel magasabbra emeljük, vagy mélyebbre süllyesztjük (*7. ábra*). Ha ebben a térben vákuum lenne, akkor a vízoszlop magassága nem változna meg attól, hogy a vízoszlop fölött mekkora térfogat van. A valóságban azonban változik, mégpedig azért, mert a vízoszlop fölé a vízből kiforrt gáz és vízgőz került. Adott hőmérsékleten az oda szorult anyag mennyiségét két érték, a térfogat és a nyomás meghatározza. A térfogatot ismerjük, a nyomást viszont nem (éppen ez lesz az,



7. ábra. A módosított Torricelli-kísérlet

amivel korrigálni kell majd a vízoszlop magasságát). Két méréssel, két különböző hosszúságú „üres” szakasszal, azonban a keresett gázmennyiség – és ezzel annak nyomása is – meghatározható. Közben persze feltesszük, hogy a két mérés között bekövetkező nagyon kis nyomásváltozás már nem befolyásolja lényegesen a vízből a gáztérbe kilépő anyag mennyiségét, azaz *a víz fölött lévő gáz mennyisége állandó.*

Két mérést végzünk. Az első kísérletben a vízoszlop magasságát jelöljük h_1-gyel, a folyadék fölött lévő gáztér „hosszát” pedig L_1-gyel. A második kísérletben a hasonló mennyiségek h_2, illetve L_2.

A gáztérben lévő gázt ideális gáznak feltételezve a gáz nyomására kapjuk (mindkét kísérletre igaz a megfelelő indexekkel): $p_g \cdot L \cdot A = N \cdot k \cdot T,$ (itt A a cső keresztmetszete). Ebből átrendezve adódik:

$$p_g \cdot L = N \cdot \frac{k \cdot T}{A} = C = (\text{konstans}). \qquad (1)$$

A két kísérletben a nyomások egyenlősége:

$$\begin{aligned} \rho \cdot g \cdot h_1 + p_{g1} &= p_{\text{atm}}, \\ \rho \cdot g \cdot h_2 + p_{g2} &= p_{\text{atm}}. \end{aligned} \qquad (2)$$

Itt p_{atm} a külső levegő mérendő nyomása.

Helyettesítsük be most az (1) egyenletből a gáz két állapotbeli nyomását!

$$\begin{aligned} \rho \cdot g \cdot h_1 + \frac{C}{L_1} &= p_{\text{atm}}, \\ \rho \cdot g \cdot h_2 + \frac{C}{L_2} &= p_{\text{atm}}. \end{aligned} \qquad (3)$$

Ezekben az egyenletekben két ismeretlen van, C, és p_{atm}. A fölső egyenletet L_1-gyel, az alsót L_2-vel megszorozva, és a két egyenletet egymásból kivonva C kiejthető, és kapjuk:

$$\rho \cdot g \cdot \left(h_1 L_1 - h_2 L_2\right) = p_{\text{atm}} \cdot \left(L_1 - L_2\right),$$

amiből végül

$$p_{\text{atm}} = \rho \cdot g \cdot \frac{h_1 L_1 - h_2 L_2}{L_1 - L_2} \qquad (4)$$

adódik.

8. ábra. A módosított Torricelli-mérés a csongrádi Batsányi János iskola aulájában

A mérést Csongrádon, a gimnázium aulájában végeztük el diákok segítségével (*8. ábra*).

A már leírt módon megtöltöttük a csövet festett vízzel. Ezután a mérőszalagot a cső végéhez erősítettük, így húztuk fel a csövet körülbelül 9 méter magasra. Megvártuk, hogy a forrás lecsendesedjen, közben a cső falát folyamatosan ütögettük, hogy a rajta lévő buborékok leváljanak. Ezután lemértük a folyadékoszlop és a gáztér hosszát. Feljebb húztuk a csövet, és gyorsan megint leolvastuk az adatokat. Az eljárást még egyszer megismételtük. A méréseink eredményeit az *1. táblázat* tartalmazza.

A (4) képletbe beírva az első két mérés eredményeit (ρ = 1000 kg/m^3, g = 9,81 m/s^2), a légnyomásra

$$p_{\text{atm1}} = 97330{,}29 \text{ Pa}$$

értéket kapjuk. Ha a (4) képletbe az *1. táblázat* utolsó két sorának eredményeit írjuk, akkor:

$$p_{\text{atm2}} = 97595{,}49 \text{ Pa}.$$

Vegyük e két nyomásérték átlagát:

$$p_1 = \frac{p_{\text{atm1}} + p_{\text{atm2}}}{2} = 97462{,}89 \text{ Pa}.$$

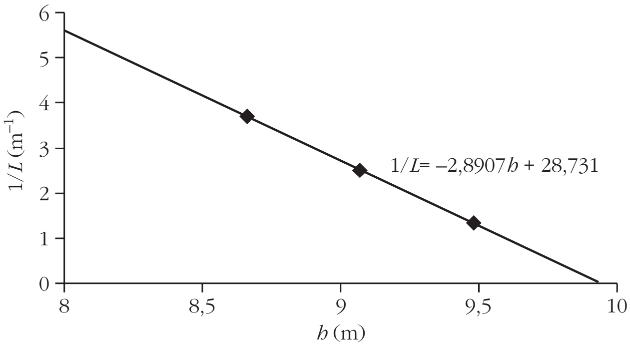
Ezeket az eredményeket az épület tetején lévő meteorológiai állomás barométerének (meteo.bjg.hu) adataival vetettük össze. A mérés közben a légnyomás 1003,3 hPa volt.

Mivel három mérési pontunk van, így azt is ellenőrizhetjük, hogy a különböző mérések között a gáztérben lévő anyag mennyisége nagyjából állandó. Ha

1. táblázat

A módosított Torricelli-kísérlet eredményei

	h (m)	L (m)	$1/L$ (m^{-1})
1. mérés	8,66	0,27	3,70
2. mérés	9,07	0,40	2,50
3. mérés	9,48	0,75	1,33



9. ábra. A víz feletti gáz ideális voltának ellenőrzése

ez a feltevés igaz, akkor C valóban konstans, és akkor (3) összefüggésből kapjuk:

$$y = \frac{1}{L} = \frac{p_{\mathrm{atm}}}{C} - \frac{\rho \cdot g}{C} \cdot h = b + m \cdot h, \tag{5}$$

azaz $1/L$ a h-nak lineáris függvénye. Az *1. táblázat* értékeit ábrázolva kapjuk *9. ábra* grafikonját.

A három mérési pontra illeszkedő egyenes egyenlete:

$$y = \frac{1}{L} = -2{,}89\ h + 28{,}73. \tag{6}$$

Az illesztést súlyozott legkisebb négyzetek módszerével végeztük. A leolvasási hibát 0,5 cm-nek becsültük valamennyi mérési pontnál, a súlyokat ebből számítottuk. A korrelációs együtthatót és az illesztett paraméterek szórását is meghatároztuk. A lineáris korreláció értéke: $r = 0{,}999932$.

Valóban jó közelítéssel igaz, a gáztérben lévő anyag mennyisége állandó, azaz C konstans. Ugyanis a három pont $r = 1{,}0$-nél feküdne pontosan egy egyenesen.

A grafikon segítségével meghatározhatjuk a légnyomást (p_{atm}) is. Azt kell megnézni, hogy milyen h_0 érték mellett lesz $y = 0$. Ugyanis, ha $y = 0$, akkor az (5) egyenletből:

$$\frac{p_{\mathrm{atm}}}{C} = \frac{\rho \cdot g}{C} \cdot h_0,$$

azaz egyszerűsítés után: $p_{\mathrm{atm}} = \rho \cdot g \cdot h_0$.

Utánagondolva ez szinte természetes, hiszen $y = 0$ annak felelne meg, hogy a folyadékoszlop fölött „végtelen” nagy térrész van, abban pedig a maradék gáz nyomása nyilván csak 0 lehet.

A (6) egyenletből, $y = 0$ helyettesítéssel kapjuk: $h_0 = 9{,}94$ m, és ezzel a külső légnyomás:

2. táblázat

A „vörösboros”módosított Torricelli-kísérlet eredményei

	h (m)	L (m)	$1/L$ (m^{-1})
1. mérés	8,95	0,45	2,22
2. mérés	9,38	0,72	1,39
3. mérés	9,59	1,10	0,91

$$p_{\mathrm{atm}} = 1000\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} \cdot 9{,}81\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 9{,}94\ \mathrm{m} = 97511\ \mathrm{Pa}.$$

A légnyomás hibája h_0 szórásából (σ_{h_0}) adódik. Az (5) egyenletből $h_0 = -b/m$, ezért:

$$\sigma_{h_0} = \sqrt{(\sigma_b)^2 + (\sigma_m)^2}\ .$$

A mért értékek alapján: $\sigma_m = 0{,}06$, $\sigma_b = 0{,}55$ így

$$\sigma_{h_0} = \sqrt{0{,}55^2 + 0{,}06^2} = 0{,}55.$$

Így a légnyomás meghatározásának hibája:

$$\sigma_{p_{\mathrm{atm}}} = 1000\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} \cdot 9{,}81\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 0{,}55\ \mathrm{m} = 5427\ \mathrm{Pa}.$$

A mért légnyomás tehát: $p_{\mathrm{atm}} = 97511 \pm 5427$ Pa. Ez körülbelül 5,6%-os hiba.

Ez nagyon jó egyezésben van a „hivatalosan” mért 1003,3 hPa értékkel (különösen, ha tekintetbe vesszük, hogy a „hivatalos” műszernek is van hibája).

A jó eredményen felbuzdulva másnap vörösborral – a jól bevált Csongrádi Kékfrankossal – megismételtük a kísérletet. Eredményeinket a *2. táblázat* tartalmazza.

A (4) képletbe beírva az első két mérés eredményeit, a légnyomásra kapjuk:

$$p_{\mathrm{atm3}} = 98057{,}81\ \mathrm{Pa}.$$

Ha a (4) képletbe a 2. és 3. mérés eredményeit írjuk:

$$p_{\mathrm{atm4}} = 97001{,}43\ \mathrm{Pa}.$$

Két mérésünk átlaga:

$$p_2 = \frac{p_{\mathrm{atm3}} + p_{\mathrm{atm4}}}{2} = 97529{,}62\ \mathrm{Pa}.$$

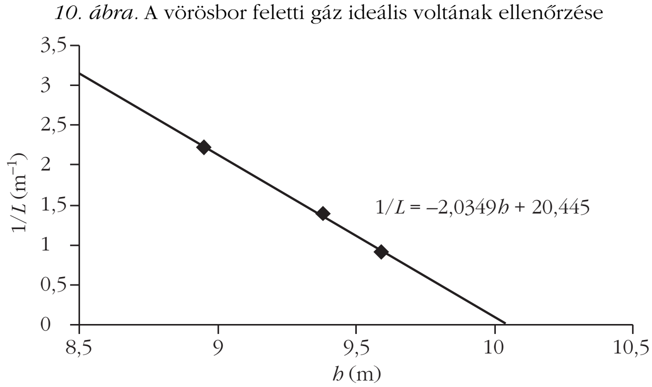
A méréskor a barométer 1008 hPa-t mutatott.

A fenti gondolatmenetet vörösborra is megismételhetjük. A *2. táblázat* értékeit ábrázolva kapjuk a *10. ábra* grafikonját.

A három mérési pontra illeszkedő egyenes egyenlete:

$$y = \frac{1}{L} = -2{,}03\ h + 20{,}45.$$

10. ábra. A vörösbor feletti gáz ideális voltának ellenőrzése



A lineáris korreláció: r = 0,998261 még itt is nagyon jó. Most h_0 = 10,047 m, ebből a légnyomás:

$$p_{\text{atm}} = 990\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 10{,}047\ \text{m} = 97575\ \text{Pa}.$$

A légnyomás hibája itt is h_0 szórásából adódik. Most σ_m = 0,032 és σ_b =0,303 így

$$\sigma_{h_0} = \sqrt{0{,}303^2 + 0{,}032^2} = 0{,}304.$$

Így a légnyomás meghatározásának hibája:

$$\sigma_{p_{\text{atm}}} = 990\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0{,}304\ \text{m} = 2959\ \text{Pa}.$$

A mért légnyomás tehát: p_{atm} = 97575 ± 2959 Pa. Ez körülbelül 3%-os hiba. Itt a kissé kisebb hiba abból adódik, hogy ebben az esetben nagyobb különbség volt az első és a harmadik mérés között ($L_3 - L_1$ = 0,65 m, az előző mérésnél pedig $L_3 - L_1$ = 0,48 m). Ezért az egyenes adatai annak ellenére pontosabbak, hogy a három pont kevésbé esik egy egyenesre, mint a víz esetében (a korrelációs együttható valamivel kisebb).

A „hivatalosan” mért 1008 hPa ismét jól összefér az általunk meghatározott értékkel.

Források, irodalom:

1. http://en.wikipedia.org/wiki/Gasparo_Berti
2. http://www.kfki.hu/~cheminfo/hun/olvaso/histchem/simonyi/vakuum.html;
   Simonyi Károly: *A fizika kultúrtörténete*. Gondolat kiadó, Budapest, 1981.
3. http://www.strange-loops.com/scibarometer.html
4. http://www.bertbolle.com/
5. http://www.youtube.com/watch?v=5J_r-sbSnYk – Bert Bolle barométere

ÚJ UTAK A FIZIKA TANÍTÁSÁBAN

Paizs Ottó
Duráczky József Pedagógiai Fejlesztő és Módszertani Központ, Kaposvár

Egy animáció többet mutat ezer képnél
(közmondás után, szabadon)

A 2006-os PISA-felmérés szerint természettudományi területen a magyar diákok az OECD-államok között a középmezőnyben végeztek. A természettudományok, ezen belül a fizika és a kémia tanításának régóta alkalmazott módszerei mellett szükség van olyan új módszerekre és eszközökre, amelyekkel megújíthatjuk az oktatást, és felzárkózhatunk a világ élvonalához. Írásomban az animációk alkalmazásának előnyeire szeretném felhívni a kollégák figyelmét. Elsősorban a fizikai és a kémiai kísérletek animációs feldolgozása mellett szeretnék érvelni.

„Egy kép többet mond ezer szónál” – tartja a közmondás. Ezzel talán mindenki egyetért. Kicsit átalakítva, én így mondanám: *egy animáció többet mutat ezer képnél*. Első hallásra talán túlzónak tűnhet a kijelentés, de biztosíthatom az olvasót, hogy vannak helyzetek, amikor nem az.

Akkor tehetjük igazán színessé a fizika és a kémia tanítását, ha óráinkon sok-sok kísérletet mutatunk be. Ezt mindannyian tudjuk. A kísérletek előkészítése és bemutatása azonban időt, energiát, és sokszor nem kevés anyagi áldozatot követel. Különösen akkor, ha a kísérleteket szeretnénk többször megismételni.

Milyen jó lenne olcsóbban, rövidebb idő alatt, de mégis látványosan bemutatni a kísérleteket! Ezt a lehetőséget kínálja számunkra az animáció. Persze egy animáció nem csak időt és energiát takaríthat meg nekünk. Ennél sokkal többet is elvárhatunk tőle.

A kísérletek többségében, akár élőben végezzük a gyerekek előtt, akár videón nézzük meg azokat, számtalan, egyébként nagyon fontos részlet rejtve marad. Nem láthatjuk az elektronok áramlását a vezetékekben, az ionok mozgását az elektrolitban, a fotonokat az optikai kísérletekben. Nem láthatjuk a szilárd fázis rezgő atomjait és a gázok rohanó, ütköző részecskéit. Nem lehet szemléltetni a működő transzformátorban a váltakozó elektromágneses mezőket. A sort a végtelenségig lehetne folytatni; a valós kísérletekben mi mindent nem, vagy csak nehezen tudunk megmutatni.

Ezeknek az egyébként nem látható jelenségeknek a bemutatására kiválóan alkalmas az animáció. Segítségével kihangsúlyozhatjuk azokat a jellemzőket, amelyekre fel kívánjuk hívni a tanulók figyelmét. Ugyanakkor a kevésbé fontos vagy zavaró részleteket tompíthatjuk, vagy teljesen kizárhatjuk a szemléltetett jelenségből.

Animációinkban szabadon választhatunk időskálát. Eltérhetünk a valóságos időintervallumoktól. Bizonyos eseményeket felgyorsíthatunk, másokat lelassíthatunk, attól függően, hogy mit szeretnénk hangsúlyozni. Tetszőleges sebességgel mutathatjuk be a fizikai, kémiai változásokat, kölcsönhatásokat.

Az animált kísérletek paraméterezhetők. A paraméterek megváltoztatásával megismételt kísérletek teljesebbé tehetik a bemutatókat. A kísérletek tetszőleges számban ismételhetők. A már elkészült anyagokat újra felhasználhatjuk és továbbfejleszthetjük.

Lássunk két egyszerű példát. Sajnos a mozgás élményét itt nem tudom visszaadni, de remélem, hogy sikerül felkeltenem a kollégák érdeklődését és ellátogatnak a Sulinet digitális tudásbázisába (http://sdt.sulinet.hu),