



6. ábra. LHC-mágnesek tönkrement csatlakozása a 2008. szeptember 19-i baleset után, a mágnesek megnyitása előtt és után.

után várható. Távlatilag az LHC luminozitása sokkal nagyobb energia mellett nagyságrendekkel nagyobb lesz a Tevatronénál. Azt tervezik, hogy az utóbbit leállítják, mielőtt az LHC hozza paramétereit.

Irodalom

1. Horváth D.: Szimmetriák és részecskék. in: *Szemelvények a nukleáris tudomány történetéből.* (Szerk. Vértes Attila), Akadémiai kiadó, Budapest, 2009, 285–328.
2. <http://cern.ch/lepwww> – a LEP Elektroyenge munkacsoportjának honlapja
3. Horváth D.: A részecskefizika anyagelmélete: a Standard modell. *Fizikai Szemle* 58/8 (2008) 246–254.
4. Trócsányi Zoltán: Az eltűnt szimmetria nyomában. *Fizikai Szemle* 58/12 (2008) 417–424.
5. Horváth D.: Szuperszimmetrikus részecskék keresése a CERN-ben. *Magyar Tudomány* (2006/5) 550–554.

A FIZIKA TANÍTÁSA

BLAISE PASCAL, A FRANCIA KÍSÉRLETI FIZIKA MEGTEREMTŐJE

Kovács László

Nyugat-Magyarországi Egyetem, Szombathely

A francia szellem jeles képviselője

Blaise Pascalt (1623–1662, 1. ábra) a szépirodalom és a teológiai irodalom művelői és olvasói sokkal, de sokkal jobban ismerik, mint a fizikusok. „A finom ízlésű elmék... a francia nyelv századának legtökéletesebb írójaként csodálják... Minden tolla alól kikerült sort drágakőként tartanak számon.” (*Joseph Bertrand*) „Amikor őt olvasom, úgy érzem, mintha saját magamat olvasnám.” (*Stendhal*)

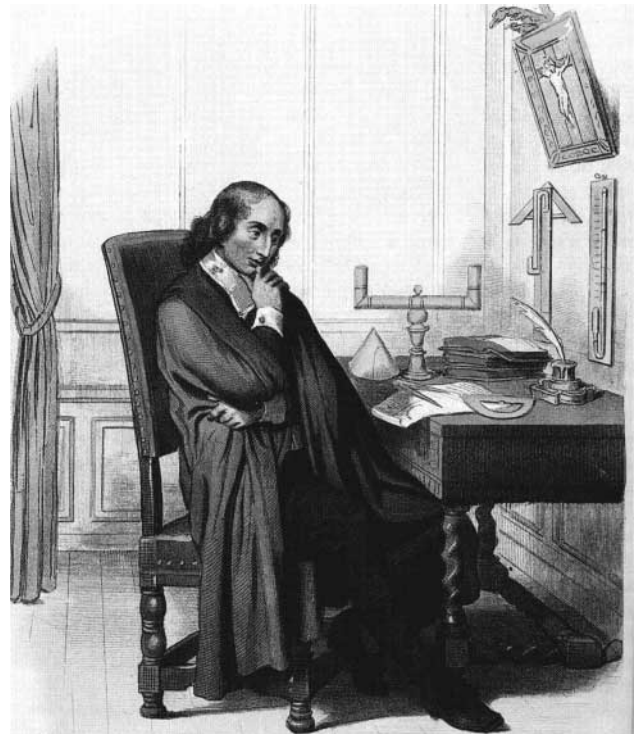
„A végtelen tér örök hallgatása megrémít.” – ez Pascal egyik legtöbbször idézett mondata. Ez a mondat túlmutat az irodalmon, ez már a filozófia és a teológia körébe tartozik. Ugyanis első olvasatában csak arra gondolhatunk, hogy a végtelennek és üresnek gondolt tér megijeszti a gondolkodó embert, azonban a *hallgatás* több, mint a *csend*, ahogyan néhány más fordításban olvashatjuk. *Isten* hallgat a végtelen tér mélyén, s azon kell elmélkednünk, hogy Ő miért nem szól hozzánk. (Egyébként nagyon nehéz a lendületes, alig tagolt kézírás olvasni. Egy-két betűtévésztes teljesen megváltoztathatja a mondat értelmét. Gyakran emlegetett példa: „az ateizmus a szellemi erő *jele* [marque], ez a helyes olvasat, nem pedig a sok helyen szereplő ... *biánya* [mangue].)

Híres mondatának filozófiai értelmezését Ő maga adja meg egy más helyen: „Mert mi végre is az ember? Semmi a végtelenséghez, minden a semmihez viszonyítva, közép a semmi és a minden között.”

A hivatásos teológusokat megszegyenítő tudású szakemberré képezte ki magát. A mai napig az egyhá-

zi emberek sokkal többet írnak róla, mint a matematikusok és fizikusok, teológiai tárgyú gondolatait sokkal többször jelentetik meg, mint természettudományos írásait. Szent Ágoston tanait vallotta, a janzeniz-

1. ábra. Pascal dolgozik (*Pierre Lauginie* gyűjtéséből)



mus híve lett. Bűnösnek tekintette például saját tudományos kutatásait: „az elme bujaságát” látta bennük. Nézeteivel és írásaival a jezsuiták üldözött ellenségévé vált. *A levelek vidékre (Lettres Provinciales)* című művét, a francia irodalom egyik legnagyobb alkotását, *Louis Montalte* álnéven jelentette meg.

Három ismert író véleményével jellemezzük ezt a művét: „A komédiaíró kincsestára.” (*Racine*) „Nevetségessé teszi a jezsuitákat.” (*Voltaire*) „A tréfás logika mesterműve.” (*Balzac*)

A bölcsészek sokkal jobban elkényeztetik olvasóikat, mint a fizikusok, hiszen sorra jelentetik meg az eredeti francia szövegeket, illetve a német, angol és magyar fordításokat. *Némethné Pap Kornélia* fizikatanár tanítványom utánanézett az interneten, hogy a jelentősebb magyar könyvtárakban milyen régi kiadású Pascal-műveket találhatunk. Íme, egy kis ízelítő. A nem összefüggő, tehát töredékeket tartalmazó hatalmas mű, a *Gondolatok (Pensées)* halála után, 1670-ben jelent meg először. A rákövetkező évek és évszázadok néhány itthon fellelhető kötete (a kiadás éveivel): Somogyi Könyvtár, Szeged (1678, 1765, 1842); Ráday Gyűjtemény (1678); Klimó Könyvtár, Pécs (1788, 1831); Miskolci Városi Könyvtár (1845). *A levelek vidékre (Lettres Provinciales)* című művének hazánkban elérhető néhány példánya: Somogyi Könyvtár, Szeged (1658, 1842); ELTE (1664); Országos Széchényi Könyvtár (1700); Klimó Könyvtár, Pécs (1738, 1775); Ráday Gyűjtemény (1739); Fővárosi Szabó Ervin Könyvtár (1773); Reguly Antal Műemlékkönyvtár, Zirc (1775).

A valóságban ennél jóval több Pascal-mű pihen a könyvtárak polcain, hisz csak részleges az állományok elektronikus feldolgozása. Példaként a Szombathelyi Egyházmegyei Könyvtárat említem, ahol a *Gondolatokból* három különböző időpontban megjelent korabeli példány van. Hangsúlyozom az évszázadokkal ezelőtti kiadást, hiszen a 19. és a 20. század fordulóján világszerte és a rendszerváltás után idehaza a nagy francia író műveinek valóságos reneszánszát láthatjuk.

Ezzel szemben nem vásárolták meg a könyvtárak Pascal fizikai tárgyú műveit, és tudomásom szerint nem is fordították le azokat magyarra.

Pascal a projektív geometria és a valószínűségszámítás megteremtője, a differenciál- és integrálszámítás előkészítője, a teljes indukció módszerének felismerője, feltaláló (talicska, omnibusz, számológép), és még nem szóltunk a jól ismert, róla elnevezett, a kúpszeletekre vonatkozó tételéről (aminek egymaga 400 következményét dolgozta ki), az aritmetikai (Pascal-) háromszögről és a hidrosztatika Pascal-törvényéről.

A hidrosztatika és az aerosztatika megalapozója

„Huszonhárom évesen kimutatta, hogy a levegőnek súlya van” – írta róla *Chateaubriand*. Csak úgy, saját szórakoztatására kiszámította a Föld légkörének teljes tömegét: $4 \cdot 10^{18}$ kg értéket kapott. A helyes szorzótényező 5,13 – tehát tévedése mindössze 30 százalékos.

EXPERIENCES NOUVELLES TOUCHANT LE VUIDE,

Faites dans des Tuyaux, Syringues, Soufflets,
& Siphons de plusieurs longueurs & figures:
Avec diuerses liqueurs, comme vif-
argent, eau, vin, huyle, air, &c.

Avec un discours sur le mesme sujet.

Où est montré qu'un vaisseau si grand qu'on le pourra
faire, peut estre rendu vuide de toutes les matieres
connues en la nature, & qui tombent sous les sens.

Et quelle force est necessaire pour faire admettre ce vuide.

Dedié à Monsieur PASCAL Conseiller du
Roya en les Conseils d'Etat & Priué.

Par le sieur B. P. son fils.

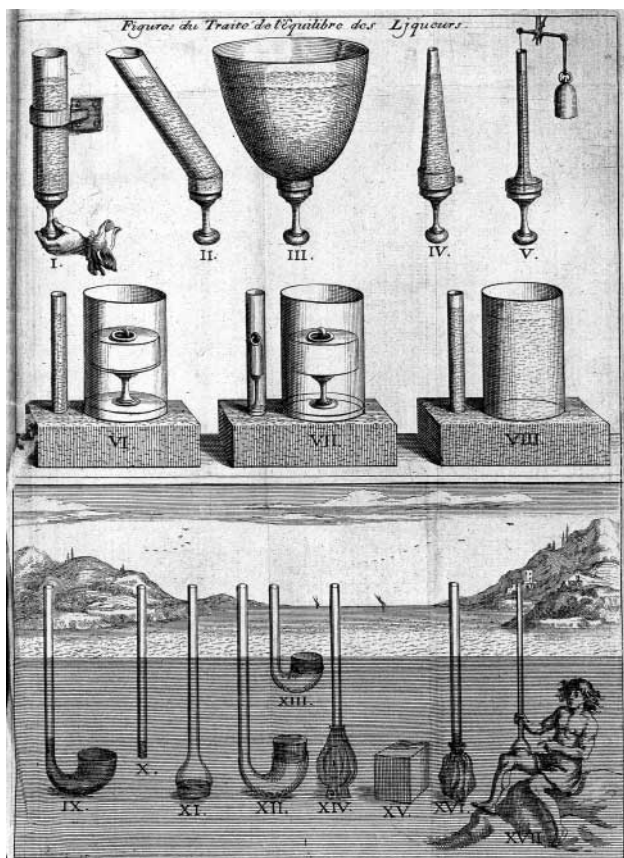
Le tout reduit en Abbregé, & donné par aduance d'un
plus grand traité sur le mesme sujet.



A PARIS, Chez PIERRE MARGAT, au Quay de
Gefvres, à l'Oyseau de Paradis.
M. DC. XLVII. Avec Permission.

2. ábra. Az 1647-ben kiadott Pascal-mű címlapja.

Az úrré vonatkozó új kísérletek... (*Expériences nouvelles touchant le vuide...*) című nagy jelentőségű műve – ábrák nélkül – 1647-ben, 31 oldalon jelent meg. Ez az 1913-as kiadású *Pascal összes műveiben* is mindössze négy kéthasábos oldal. A kor szokásainak megfelelően azonban annál hosszabb a cím, ugyanis abban az időben szokás volt megadni a tárgykört is (2. ábra), s csak utoljára említeni a címben a szerzőt: *Új kísérletek a vákuumról (légtüres térről), amelyeket csövekben, fecskendőekben, sípokban és szifonokban végeztünk, (melyek hossza és alakja különböző volt) különböző folyadékokkal, mint a higany, a víz, a bor, az olaj, a levegő stb., mellékelünk egy előadást ugyanerről a tárgyról, amelyben kimutatjuk, hogy egy edény – amilyen nagynak csak meg lehet csinálni – minden ismert természeti anyagtól őrössé tehető, ami magától értetődő, és arról hogy mekkora erő kell ennek a vákuumnak az előállításához. Ezt a művet Monsieur Pascalnak, a királyi tanácsosnak ajánlja Pascal Balázs, a fia. Az egészen rövidített értekezést egy nagyobb munka előzetes közleményének kell tekinteni, amely ugyanezt a tárgykört fogja érinteni (Abonyi Iván fordítása). A sokszor idézett ábrák a halála utáni, összevont, kibővített 1663-as első vagy az 1664-es második kiadásból valók (*Traité de l'équilibre des liqueurs et de la pesanteur de la masse de l'air...*). Ennek oldalszáma 232. Ide másoltuk a hidrosztatikai paradoxont, a fenéknyomást kimutató „Pascal-mérleg”-et és a hidraulikus sajtót ábrázoló képet (3. ábra), valamint a „nyolc kísérlet”-hez tartozó illusztrációt (4. ábra). Pascal ugyanis nyolc kísérletet tervezett és végzett el annak bizonyítására, hogy a természet nem irtózik az ürtől, ahogy*

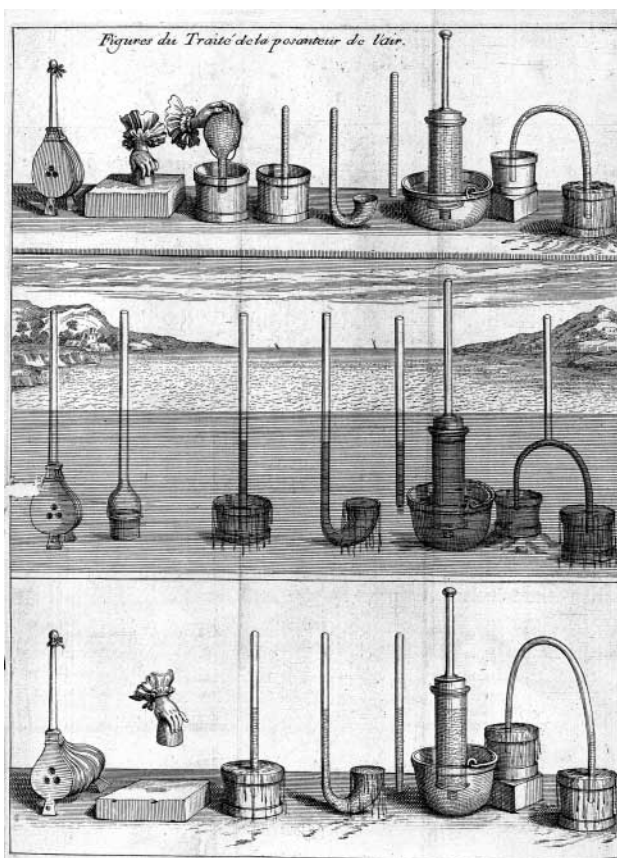


3. ábra. A hidrosztatikai paradoxon ábrái, a „Pascal-mérleg” és a hidraulikus sajtó rajza.

addig gondolták, hanem egyszerűen arról van szó, hogy a levegő nyomása nem képes a vizet 10 méternél, a higanyt 76 centiméternél magasabba feljuttatni. Rendkívül szellemesek a kísérleti megoldások, meggyőzőek az eredmények. Hangsúlyozni szeretnénk, hogy az eredeti Torricelli-féle elrendezésnél lefelé jön a csőben a higany, a víz, s egy adott szintnél megáll. Pascal több kísérletében felfelé kúszik a folyadék, mégpedig úgy, hogy közben nem történik emberi munkavégzés, például szivattyúzás, csupán a levegőnek lesz lehetősége arra, hogy a folyadékkal úgy érintkezzen, hogy kifejtthesse nyomóerejét.

1. Természetesen azzal kezdi Pascal, hogy megismétli Torricelli kísérletét, amelynek híret meghozták neki. Egyértelmű tehát, hogy az alapötlet nem az övé.

Azt kérték Pascaltól, bizonyítsa be, hogy a higany feletti térrészben valóban nincs semmi. (Tudjuk, higanygőz van ott, de az ellenfelek ezenkívül még valami különleges anyag, az éter jelenlétét tételezték fel ott is.) Pascal úgy válaszolt, hogy valaminek a létét kell bizonyítani, s nem a hiányát, tehát a többiek bizonyítsák azt, hogy tényleg van ott valami. Ennek ellenére Pascalnak, a szárnyaló francia szellem képviselőjének az a zseniális gondolata támadt, hogy megméri a vákuum súlyát. Emlékeztetünk rá, hogy a német Otto von Guericke, a légszivattyú felfedezője, a német kísérleti fizika megteremtője Pascal számos kísérletét megismételte, sőt kétkarú mérleggel közvetlenül megméri a levegő



4. ábra. A 8 kísérlethez tartozó ábra, ráismerhetünk a fűjtatóra, a „barométerre”, az egyenlőtlen szárú, lefelé fordított U-csőre, s van utalás a folyadékok és a szilárd testek által kifejtett nyomás közti különbségre.

súlyát. Kiszivattyúzza a mérlegen kiegyensúlyozott nagy üveggömbből a levegőt, s azt tapasztalta, hogy a mérleg egyensúlya megbomlik.

Pascal viszont megméri a teljes Torricelli-elrendezés súlyát akkor, amikor még tele volt higanyal a cső, s akkor is, amikor már vákuum volt a cső felső végén. Mindkét esetben azonos eredményt kapott.

Egy szegedi egyetemi filozófus adjunktus fordításában azt olvashatjuk, hogy Pascal a Torricelli-kísérletet „folyékony ezüsttel és kémcsővel” végezte el.

Valójában – többek közt – hatalmas üvegfecskendővel dolgozott, s megállapította, hogy két láb három hüvelyk, azaz közelítőleg 76 cm magasságig emelkedett csak a higany. Belém költözött Pascal játékos, titkolódzó szelleme, és gimnazista tanulóként írtam levelet a fordítónak. Jött hamar a válasz: higany szerepel az eredeti szövegben. Újabb tanuló levelet küldtem Szegedre, segítséget kértem fizika házi dolgozatom elkészítéséhez: a nyolc kísérlet leírásának fordítását kértem. (Sajnos tényleg nem tudok franciául.) Megjött a fordítás. Nagyon hálás vagyok érte, mert nem hiszem, hogy valahol is megtalálható magyarul nyomtatásban a híres nyolc kísérlet leírása, s elnézést kérek a játéktért.

2. Rouen utcáin folytatódta a kísérletek hajóárboc-hoz kötött 15 méteres csövekkel és hordókkal, a csövekben víz, olaj, vörösbor. „A 46 láb hosszú csővel folytatott kísérlet. A csövet vörösborral kell megtölte-

ni (hogy jobban lássék). Majd a zárt végén lassan megemelni úgy, hogy közben a nyílt vég a borral töltött kádba érjen. Tapasztalat: a bor nem folyik ki a csőből *egészen*, ha a zárt végét fokozatosan függőlegesre emeljük, *hanem* csak mintegy 13 lábnyi űrt hagy a zárt végén! Ha visszafordítjuk vízszintesre, a bor (stb.) visszafoglalja az egész csövet. Ez a jelenség a szabálytalan keresztmetszetű (változó keresztmetszetű) csövek esetében is észlelhető ugyanígy.” (Ez a rész Abonyi Iván kivonatos fordítása.)

Fogadást lehetett kötni, hogy a vörösbor marad-e magasabban vagy a víz. A közönség – helytelenül – a vízre szavazott. A *Fizikai Szemle* 2009. évi januári számából tudjuk, hogy Csongrádon is elvégezték ezt a kísérletet, s ott a víz maradt magasabban. Ennek magyarázata az, hogy a cső felső, (hangsúlyozzuk) rövid, „vákuumos” részében nagyobb a víz és az alkoholgőzök együttes nyomása, mint a másik csőben a vízgőzé. Ez a nagyobb nyomás nagyobb mértékű folyadékszint-süllyedést okoz, mint amennyi emelkedéskülönbség a bor kisebb sűrűsége alapján a bor javára várható volt. Pascal valószínűleg gondolt erre, s ezért dolgozott 15 méteres csövekkel, azaz hosszú vákuumos résszel. Későbbi kísérleteiknél a csongrádiak is megnövelték a cső hosszát, így a folyadék feletti nagy térfogatban eleinte olyan kicsi lett a nyomás, hogy érvényesülni tudott a sűrűségkülönbség hatása.

Vízzel kísérletezett Pascal előtt az olasz *Gasparo Berti* (1600–1643), a lengyel *Valerian Magni* (1647. július 18-án), s mint említettük időben utána *Otto von Guericke*.

3–4. Üvegfecskendőt, illetve levegőfújtatót tett víz alá, és kihúzta a dugattyút, illetve szétnyitotta a fújtatót befogott véggel, majd normálisan. Azt tapasztalta, hogy befogott csővég esetén, nehezen ugyan, de elvégezhető volt a tervezett mozgás. Ha a természet nem engedte volna, hogy létrejöjjön a vákuum, akkor nem lehetett volna kijebbi húzni a dugattyút vagy szétnyitni a fújtatót.

5. Egyenlőtlen szárú U-csövet megtöltött vízzel. A száruk 15 m és 13,5 m hosszúak voltak. (Több helyen írt arról Pascal, hogy milyen sok pénzébe került ezeket az eszközöket elkészíttetnie!) A csővégeket lezárta, majd lefelé fordította az U-csövet úgy, hogy a végeket vízzel telt dézsákba dugta. Az egyik dézsa másfél méterrel magasabban volt, mint a másik. A csővégeket szabaddá tette, s azt tapasztalta, hogy mindkét csőben a saját dézsájában levő víz szintje

fölött körülbelül 10 méter magasán állt meg a víz. A borászatban jártas franciák azt várták, hogy az U-cső szivornyaként átszívja majd a vizet a felül levő edényből. Ha az alul levő szárat nem tennék vízzel telt dézsába, akkor valóban ez történe: a nedvesítés, illetve egy kis egyensúlyzavar miatt szépen folyna lefelé folyamatosan a víz. Én magam fizika órán, illetve a ház körül szoktam is így vizet leereszteni tartályból, hordóból, ha nem akartam megszívni a „slag”-ot.

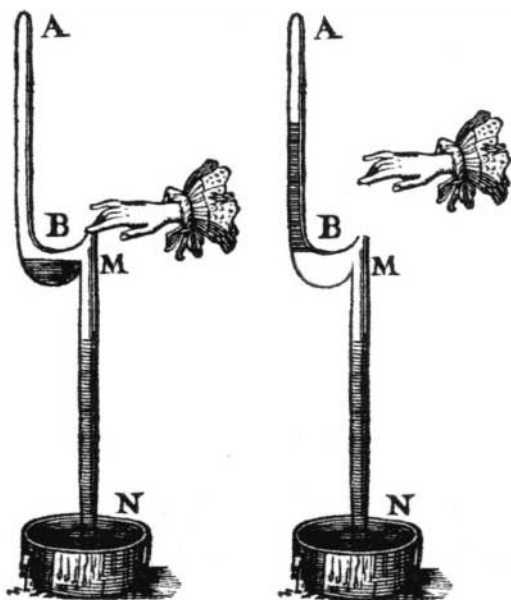
6. Pascal elvégezte a fenti kísérletet higannyal is, 30 cm szárhosszkülönbségű U-csővel. Úgy is tekinthetjük ezt az elrendezést, mint két Torricelli-csövet, amelyeket az azonos, vákuumos végüknél összekötöttek, elektromos hasonlaltal azt mondhatnánk, hogy „párhuzamosan”.

7. Pascal kihasználta azt a tényt, hogy a higany nem nedvesíti az edény falát, nem nedvesíti a kötelet, a víz viszont bele tud jutni a csőbe a kenderkötél mellett. Most szinte szó szerint idézzük Pascalt: „Egy egyik oldalán (alul) lezárt, tizenöt láb hosszú üvegcsőbe vezessünk egy szintén tizenöt láb hosszú kötelet, amelynek a végére kössünk egy madzagot, amellyel később kihúzhatjuk a kötelet. Majd az üvegcsőbe töltünk vizet, és (a csövet megfordítva) állítsuk egy higannyal telt kádba. Ezt követően lassan húzzuk ki a kötelet a csőből. Ennek során azt tapasztaljuk, hogy ha kihúztuk a kötelet, a higany beáramlik a csőbe, egészen két láb és három hüvelyk magasságig. Ezek után azonban a higany nem emelkedik tovább, hanem a cső tetejében levő víz ereszkedni kezd, fölötte pedig látszólag új keletkezik.” (a szegedi fordítás).

8. A hatos számú, egyenlőtlen szárú U-csöves kísérlet megismétlése, belehelyezett kötéllel, az indulásnál vízzel töltve. Amikor lefelé fordítva a csövet a szárat higannyal teli dézsákba tesszük, s kihúzzuk a kö-

5. ábra. Két híres légnyomásmérő hely. Balra Florin Périer és társai Puy-de-Dôme hegyen, ahogy *Louis Figuier Les merveilles de la science* (1867) 1. kötetének 33. oldalán ábrázolja. Périer és társai nem csupán a hegyet mászták meg, hanem még időutazást is tettek, amint a 18. századi ruhaviseletük sugallja. Jobbra a roueni katedrális, amelyet Monet 1894-ben készült festményével idézünk fel.





6. ábra. Az ABMN cső M szintben történő megnyitásával az AB cső-részben (felkúszik majd) fenn marad a higany, és pedig az M pontban megjelenő külső légnyomás miatt. Meg kell jegyeznünk, hogy az eredeti kiadásban szereplő ábra (bal oldali rajz) téves, pontosabban a sikertelen kísérletet szemlélteti. Az ábrát azzal kell pontosítanunk, hogy a higanynak el kell érnie a hajlított cső felső részét. A jobb oldali ábrát pedig azzal pontosítjuk, hogy a függőleges részben nem lesz higany.

telet, a higany mindkét szárban az ismert magasságig felemelkedik és a felül még ott maradt víz pedig két-téválik, s ott fent légüres tér keletkezik.

Az első francia kísérleti fizikus

Méltán viselheti ezt a büszke címet Pascal, hiszen ő mondta Franciaországban először, hogy az elmélet helyességét kísérlettel kell eldönteni, és egyetlenegy kísérlet nem elegendő. Tervezett is további pompás kísérleteket. Így okoskodott: ha a levegő súlya okozza a Torricelli-csőben a higany emelkedését, akkor – a folyadékokhoz hasonlóan – kisebb vastagságú levegőnek kisebb lesz a nyomása.

Menjünk fel a hegyre, és végezzük el ott is a Torricelli-kísérletet! A hegy tetején nem fog olyan magasra emelkedni a higany, azaz nagyobb lesz a légüres tér, az pedig biztosan nem igaz, hogy fent már kevésbé irritózik az űrtől a természet.

Pascal maga beteg volt, nem mehetett hegyet mászni, ezért sógora, Périer úr vezetésével került sor a tervezett kísérletre 1648. szeptember 19-én. Váratlan eredmény született: az 1,5 km magas Puy-de-Dôme hegy (5.a ábra) tetején 82,5 mm-rel lett alacsonyabb a higany szintje, mint a hegy lábánál. Felfelé menet, s lejövet is, összesen tizenhét mérést végeztek, s gondosan dokumentáltak. Ők maguk, s a hír hallatán maga Pascal is megismételte a kísérletet a legközelebbi templomtoronyban, talán éppen a Monet által csodálatosan megfestett roueni katedrális tornyában (5.b ábra). Kiderült, hogy már egy torony magassága is elegendő a hatás kimutatásához!

Németországban Guericke a Harz-hegység tetejére, a Brockenre akarta felvinni a Torricelli-csővet, de a cső társa kezében nem sokkal az indulás után összetört, így a mérés elmaradt – olvashatjuk az *Otonis de Guericke Experimenta nova (ut vocantur) Magdeburgica de vacuo spatio* (Amsterdam, 1672) című műben.

Három gyönyörű Pascal-kísérletet ismertetünk még.

J. Attali Blaise Pascal, *avagy a francia szellem* című könyvében leírja, hogy Roberval mutatott egy érdekes kísérletet Pascalnak, amit először egyikük sem tudott értelmezni. Roberval ponty-úszóhólyagot tett üvegfecskendő belsejébe, befogta a cső végét, kihúzta a dugattyút, s a hólyag megduzzadt. Pascal később megértette a jelenséget, amikor elvégezték az analóg kísérletet úgy, hogy a pontyhólyagot felvitette egy hegyre.

A második kísérletnek sem tudom az eredeti megjelenési helyét, azt *Gingyikin Történetek fizikusokról és matematikusokról* című könyvében olvastam (Typotex, 2003. p. 169) a Simon Stevin (1548–1620) által elsőként leírt hidrosztatikai paradoxon szemléltetésére: „100 fontnyi teherre van szükség ahhoz, hogy egy uncia víznek az edény aljára gyakorolt nyomását kiegyensúlyozzák. A kísérlet során a víz megfagy, és ezután elegendő egy uncia teher. Pascal sajátos pedagógiai érzékkel rendelkezett.”

1960 óta foglalkozom tanári demonstrációval, de most olvastam először erről a kísérletről. Én magam azóta – a roueni kísérletek tiszteletére és a jól láthatóság miatt is – víz helyett ostorosi vörösbort használok.

A harmadik kísérlet az „úr az űrben”, „vide dans le vide”: egy Torricelli-csőben elhelyezett másik Torricelli-csőről van szó. *Simonyi Károly A fizika kultúrtörténete* című könyvében a meglehetősen bonyolult elrendezés rajzát és leírását láthatjuk. Az említett 1663-as Pascal-könyvben azonban – kicsit hibás rajzzal ugyan – egy igen szellemes, egyszerű kivitel látható (6. ábra). Képzelnünk el két egyenlőtlen szárú U-csővet, amelyeket rövidebb száruknál összeillesztünk. A – mondjuk – bal oldali, felül hosszabb szárú cső vége lezárt, a jobb oldalon, alul levő hosszabb szár nyitott, ez nyúlik bele a higanyal telt edénybe. Ha az U-csövek szára nem párhuzamos, s ez előfordulhatott az 1600-as évek üvegekészítői kezében, akkor akár egy inflexiós ponttal nem rendelkező, azaz két lokális szélső értékkel bíró harmadfokú függvény „középső” darabjára is gondolhatunk. Most azt mondhatjuk elektromosságtani hasonlaltal, hogy „sorba van kötve” a két Torricelli-cső. Kezdetben csak a jobb oldali „függőleges” szárban van higany az ismert 76 cm magasságban, valamint a bal oldali rész U-csővének alsó részén (a lokális minimum környékén) megfelelően sok (ellentétben a korabeli, de nyilván nem Pascal által vázolt ábrával). Természetesen az U-cső mindkét szárban egyenlő magasan áll a higany. (Érdeemes átgondolni, hogy hogyan lehet ezt a kiindulási állapotot elérni.) Mindenütt másutt vákuum van a „harmadfokú” csőben. Ezek után kinyitjuk a jobb oldalon felül, a lokális maximumnál levő csapot (arról eddig nem szóltunk, hogy ilyet is beépí-

tett Pascal). A jobb oldali hosszú szárban teljesen lesüllyed a higany, a bal oldali hosszú szárban azonban emelkedik: most veszi csak fel a szokásos Torricelli-csőves 76 cm-es magasságot. Ha elég ügyesek vagyunk, s csak kevés levegőt engedünk a rendszerbe, akkor elérhetjük, hogy a szint nem megy le telje-

sen a jobb oldali szárban, s nem lesz egészen 76 centiméteres a szintkülönbség a bal oldalon. A lényeg az, hogy nem történt emberi munkavégzés, például szivattyúzás. A levegő beengedése miatt ment *fel* a higany a bal oldali szárban. Kiváló tudós, kiváló tanár zseniális kísérlete.

AZ ORSZÁGOS SZILÁRD LEÓ FIZIKAVERSENY MEGHIRDETÉSE A 2009/2010. TANÉVRE

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, a Szilárd Leó Tehetséggondozó Alapítvány és a paksi Energetikai Szakközépiskola és Kollégium a 2009/2010. tanévre meghirdeti az Országos Szilárd Leó Fizikaversenyt az általános és a középiskolák tanulói számára.

A verseny résztvevői

I. kategóriában a versenykiírás tanévében a rendes érettségi vizsgát tevő évfolyam, vagy az azt közvetlenül megelőző évfolyam tanulói,

II. kategóriában az általános és középiskolák 7–10. osztályos tanulói vagy a 13. évfolyammal befejeződő középiskolai képzésben a 11. évfolyamos tanulók nevezhetnek.

A versenyre a hazai és határon túli iskolák nevezését egyaránt várjuk. Nevezési díj nincs, a versenyen a részvétel ingyenes.

Az iskolák a versenyre 2010. január 15-ig jelentkezhetnek a www.szilardverseny.hu honlapon vagy levélben a Szilárd Leó Tehetséggondozó Alapítványnál (7030 Paks, Dózsa György út 95. Tel.: 75-519-326) a versenyzők kategóriánkénti létszámának, valamint az iskolai kapcsolattartó fizikatanár elérhetőségeinek (név, postai cím, telefonszám, e-mailcím) megadásával.

A verseny kétfordulós. Az első forduló időpontja 2010. március 1. 14–17 óráig.

A feladatlapokat a javítókulccsal együtt a Versenybizottság küldi meg a benevező iskoláknak a jelentkezések számának megfelelően.

A versenyen való részvétel kizáró okai

A versenyfeltételek be nem tartása a versenyből való kizárást eredményezheti. Például:

- A versenykiírásban kiírt kategóriától eltérő kategóriában való indulás.
- Nem megengedett segédeszköz használata.

A verseny témája, ismeretanyaga, felkészüléshez felhasználható irodalom

A verseny a középiskolás tananyag modern fizikai – elsősorban magfizikai és sugárvédelmi – fejezeteinek

alkalmazás szintű tudását és környezetvédelmi alapismereteket kér számon.

A kijelölt témakörök a következők:

Mikrorészecskék leírásának alapjai, az anyag kettős természet.

Hőmérsékleti sugárzás törvényei, fotonok, fényelektromos jelenség, Compton-jelenség.

De Broglie-összefüggés, elektronok interferenciája.

Heisenberg-féle határozatlansági összefüggés.

A hidrogénatom hullámmoddellje.

A kvantumszámok szemléletes jelentése: 's', 'p', és 'd' állapotok.

Az elemek periódusos rendszerének atomszerkezeti magyarázata.

Az atommag és szerkezete: proton, neutron. Rendszám és tömegszám. Magerók és kötési energia. Radioaktivitás: felezési idő, gamma-, béta- és alfa-bomlás.

Maghasadás, neutron-láncreakció. Atombomba. Atomreaktor, atomerőmű. Atomenergia felhasználásának lehetőségei, szükségessége és kockázata. Sugárvédelmi alapismeretek. Magfúzió, a Nap energiatermelése.

Hevesy György (radioaktív nyomjelzés), Szilárd Leó, Wigner Jenő (atomreaktor) munkássága.

Részecskegyorsítók működési elvei.

Környezetvédelmi alapismeretek: például CO₂ és az üvegházhatás, ózonlyuk, radonprobléma, radioaktív hulladék elhelyezése.

A felkészülésre javasolt segédanyagok

Országos Szilárd Leó Fizikaverseny feladatai és megoldásai 1998–2004.

Marx György: *Atommagközelben*. MOZAIK Oktatási Stúdió, Szeged, 1996.

Marx György: *Éltrevaló atomok (Atomfizika biológusoknak)*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1978.

Tóth Eszter, Holics László, Marx György: *Atomközelben*. Gondolat Kiadó, Budapest, 1981.

Radnóti Katalin (szerk.): *Így oldunk meg atomfizikai feladatokat*. MOZAIK Oktatási Stúdió, Szeged, 1995.

Radnóti Katalin (szerk.): *Modern fizika emberközelben*. Feladatok és megoldások CD-n.