

2001. június 18-án adtak ki először hivatalos közleményt a tudományos eredményekről: megvan a neutrínóoszilláció!

2003 szeptemberében eltávolították a sót, hogy behelyezhessék a semlegesáram-detektorokat.

2004. február 12-én felszerelték a ^3He tartalmú semlegesáram-detektorokat (proporcionális számlálókat).

2006 novemberében leállították az SNO-t.

Az SNO képes volt érzékelni a Napból jövő viszonylag kis energiájú neutrínókat, mégpedig azok mindegyik típusát. Képes volt megmutatni, hogy a Napból származó neutrínók száma megfelel a napmodelljeinknek, csak az elektron-neutrínók egy része átalakul („eloszcillál”) más típusúakká, amelyeket a korábbi detektorok képtelenek voltak érzékelni. A detektor kimutatta, hogy a neutrínóoszilláció a nap-neutrínók esetén is létezik. (Ezt korábban a Super-Kamiokande csak a légkörben keletkező neutrínókra igazolta.)

A neutrínóoszilláció egyik következménye, hogy legalább az egyik neutrínónak (nyugalmi) tömeggel kell rendelkeznie. A kísérletről felső értéket kaptak a háromféle neutrínó össztömegére.⁴

Az első perdöntő eredményeket 2001-ben tették közzé [3]. Az ezeket közlő két cikk 2001-ben és 2002-ben jelent meg a *Physical Review Letters*-ben [4, 5]. 2002-ben – külön-külön is – ezek voltak a legtöbbet idézett cikkek a fizikai szakfolyóiratokban.

⁴ Az össztömeg kozmológiai jelentősége abban rejlik, hogy bár nagyon sok neutrínó létezhet a Világegyetemben, de teljes tömegük akkor sem elegendő az összes sötét anyag mennyiségének magyarázatára.

A kísérlet befejezése után a nehézvizet megtisztítva visszazállították a kanadai Atomenergia Ügynökségnek. Minden cseppjét, az utolsókat például szemcseppentővel szedték fel! Csak ez körülbelül fél évet vett igénybe, mivel itt a bányába kell le-, majd a végén felvinni mindent, köztük a nehézvizet is kisebb tartályokban, azt átpumpálni stb. – közben a bánya működik és a bányászok is ugyanazt a liftet használják.

Ezen feladatának elvégzésével az SNO-kísérlet lezárult. Jöhet a következő!

A föld alatti labort kibővítették, ott egyszerre már több projekten is dolgozhatnak. Közben 2005-re a felszínen is felépült egy nagy épület, az irodáknak és a felszíni tisztalabornak biztosítva helyet. Az intézet új neve / vagy az új intézet neve SNOLAB lett.

Az SNOLAB-nál folyamatban levő és tervezett kísérletek közül a legnagyobb az SNO+, amely szintén a neutrínó kutatást célozza, de ez már egy másik történet.

Irodalom

1. Király P.: Kvantumjelenségek kozmikus méretekben: a 2015. évi fizikai Nobel-díj és háttere. *Fizikai Szemle* 65/12 (2015) 420–424.
2. Pázsit I.: Atomerőművek az alap kutatás szolgálatában. *Fizikai Szemle* 66/2 (2016) 42–45.
3. http://www.sno.phy.queensu.ca/sno/first_results
4. Q. R. Ahmad et al. (SNO Collaboration): Measurement of the Rate of $\nu_e + d \rightarrow p + p + e$ – Interactions Produced by ^8B Solar Neutrinos at the Sudbury Neutrino Observatory. *Physical Review Letters* 87/7 (2001) 071301. arXiv: nucl-ex/0106015. Bibcode: 2001PhRvL..87g1301A. DOI: <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.87.071301>
5. Q. R. Ahmad et al. (SNO Collaboration): Direct Evidence for Neutrino Flavor Transformation from Neutral-Current Interactions in the Sudbury Neutrino Observatory. *Phys. Rev. Lett.* 89/1 (2002), 011302; DOI: <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.89.011302>

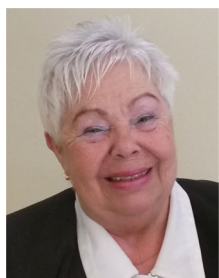
»A HARANG NEHÉZ JÁRÁSÁNAK MEGVIZSGÁLÁSA«

Bolyai Farkas tanulmánya a harangszó fizikájáról

Oláh Anna

Bolyai Pedagógiai Alapítvány, Budapest

A marosvásárhelyi Teleki–Bolyai Könyvtár Bolyai-gyűjteményében a Bolyai Farkas-iratok közt találtunk egy hiányos, szinte olvashatatlan, vázlatos iratot:¹ „Vener. Consis.” „A harang nehéz járása okának megvizsgálása iránt tenni méltóztatott parancsolatját alázatos tisztelettel vévén...” Megállapítottuk, hogy ez az irat egy hivatalos levél piszkozata és kíváncsiak voltunk az eredeti bead-



Oláh Anna Kolozsváron, a Babeş–Bolyai Tudományegyetem Fizika Karán végzett 1969-ben, majd az ELTE-n számítástechnika-tanári képesítést szerzett. Több mint három évtizede foglalkozik Bolyai-kutatással, ezért a tevékenységéért 2016 márciusában Magyar Arany Érdemkereszt kitüntetést kapott.

ványra. Szinte biztosra vettük, hogy a vártemplom harangjáról van szó, így a Református Egyházi Levéltárban folytattuk a kutatást. Megtaláltuk a piszkozat eredetijét, amit alább közreadunk. Ez egy 1822. február 20-án kelt jelentés, amiben Bolyai arról tájékoztatja a „Venerabile Consistorium”-ot, hogy teljesítette a felkérést, és minden feltételezhető ok-okozati összefüggést elemezve leírja a „nehéz járás” vélhető okait, valamint a javítás lehetőségeit. De lássuk, mi az irat és a munkálat jelentősége!

A harangszó jelentősége a közösségek életében

A harangszó szerepe őseink életében a múlt homályába vész. Minél régebbre tekintünk vissza, a harangszó

¹ Teleki–Bolyai Könyvtár, Marosvásárhely, Bolyai Farkas iratok, 340. sz. irat.

jelentősége annál sokrétűbb volt. Jelezte az idő múlását, megadta a mindennapi élet ritmusát. A hajnali, déli, esti harangszó nemcsak templomban hívta az embereket, de jelezte például a tehéncsorda indulását, érkezését. Figyelmetetett tűzre, árvízre, ellenségre, veszett kutya garázdálkodására, járványra. A mindennapi élet, a közösségi tevékenység eseményei során különféle hangon, ritmusban szólaltatták meg a harangot. Veszély esetén félreverték, halálesetkor a lélekharang szólt. Erős vihar, égiháború, villámlás esetén a félrevert haragnak olyan haszna is volt, hogy a hangerő eloszlatta a felhőket.

„Hívom az élőket, elsíratom a megholtakat, megtörom a villámok erejét” szól a régi, latin harangfelirat. Esküvő, keresztelő, temetés közben mind-mind más típusú harangszó jelzett. Olyan vidékeken, ahol gyakori volt a köd vagy a hóvihar, gyakran a tájékozódást is segítette a harangszó. Hihetetlen, hogy a harangszónak hány féle ritmusát, erejét, hangszínét lehetett létrehozni, amit szinte azonnal, bárki, az éppen hirdett üzenettel együtt felismert. Egy kis túlzással a harangszó olyan volt, mint az emberi szívverés. Erdélyben, ahol a népvándorlás idején a településeket évszázadokon át pusztították a tatár, török hordák, a harangszótól egész közösségek túlélése függött.

Hunyadi János várvédő vitézei és *Kapisztrán János* kereszties seregei 1456. július 22-én győzedelmeskedtek a Nándorfehérvárt ostromló *II. Mehmed* szultán hadai felett. Ezáltal hét évtizedre megállították a törökök európai terjeszkedését. A déli harangszó immáron 560 éve e diadalra emlékezteti a keresztény világot.

A marosvásárhelyi vártemplomot – ahol a Bolyai által vizsgált harang állt – a 14. században a ferencesek kezdték építeni. A reformáció elterjedése idején 1557–1559 között a templom a reformátusok tulajdonába került. 1602-ben *Basta* csapatai felégették, 1658-ban, a *II. Rákóczi György* ellen vonuló törökök támadásakor a templomhajó mennyezete beomlott, az ablakok üvegfestményei és az orgona is elpusztult. A templom éveken át fedetlenül állt. A levéltári dokumentumok szerint 1673-ban harang került a toronyba, ezt 1727-ben egy másikra cserélték, majd 1834 óta *Andrássófszki János* és *Dániel* által Kolozsvárott öntött 16,16 mázsás nagyharang lakik a toronyban. Ezzel harangoznak ma is. A toronyba vezető lépcsőket a székely ezermester, *Bodor Péter*² készítette. Az elmúlt



A Vártemplom egy 1908-as képeslapon.

évszázadok során a templom fontos politikai események színhelye volt, számos történelmi személy fordult meg falai között: 37 országgyűlést tartottak, megfordult itt *Nagy Lajos* király, Hunyadi János, *János Zsigmond*. Ez utóbbi, mint Erdély első fejedelme, 1568. január 6–13-i tordai országgyűlésen meghirdetett vallásszabadságot itt erősítette meg 1571. január 6-án. 1707. április 8-án itt választották fejedelemmé *II. Rákóczi Ferencet*.

A történelmi eseményeket mindenkor a harangszó tette ünnepélyesebbé.



Az 1980-as években az eredeti Bolyai-kézirat után kutatva az egyházi levéltárban rátaláltunk egy *Harangok* című iratkötegre, ahol további – Bolyai jelentése előtt és után kelt – igen fontos iratokat találtunk a harangok történetével, az időnkénti karbantartásokkal, mesterekkel, munkálatokkal kapcsolatban. Ezek alapján időrendi sorrendben tekintsük át a fontosabb harangtörténelmi dokumentumokat, eseményeket.

1. 1821. december 9-én kelt egy jegyzőkönyv a vártemplomi egyházkerület gyűléséről, ahol megbeszéltek, hogy a „Templom mellett lévő Toronyban mostanában készült új harangszék-ülés, s azokra visszatett harangoknak nehezen való járások” érdekében sürgősen intézkedni kell.

2. 1822. január 13-án a tanácsstagok egy temetés közben – amikor mind a négy harangot húzták – megvizsgálták, hogy a harang húzása miért vált nehézkessé. A vizsgálatra Bodor Pétert, az akkor már közismert székely ezermestert kérték fel. A tapasztalatról jelentést küldtek az egyházi előjáróknak.

Íme a tanácsstagok által benyújtott levél:³

„A Marosvásárhelyi Nemes Reform, Domest. Szent Consistorium eleibe beadott alázatos Relátiojuk [jelen-

² Bodor Péter (1788–1849) – székely ezermester, mechanikus, akinek leghíresebb alkotása az a zenélő kút volt Marosvásárhely főterén, amelynek mása a Margitszigeten áll.

³ Református Egyházi Levéltár, Marosvásárhely, 1099/1822. A számozást az áttekinthetőség végett a szerző végezte.

tés] a bennírt személyeknek a várbeli Nagy Templom mellett lévő Toronyban mind a négy harangok ütőinek megváltoztatásuk aránt.

A Hellybéli Nemes Reformatus Domest. Consistoriumnak gyűlése tartatván a folyó 1821.-ik esztendő december 9-ik napján a Tiszteletes Székely Márton úr lakóházánál, mely gyűlésben előfordulván a Vár-béli Nagy Templom mellett lévő Toronyban mostanában készült új harangszék ülés, s azokra visszatett harangoknak nehezen való járások, melly szerint azon napon költ comissio [kötelezettség] következésül mi, kik alább subscribált [aláíró] személyek, magunk mellé vévén Mechanikus Bodor Péter Urat és az írt esztendő december 11-én dél után, akkor, mikoris az Lengyel Gáspárnét temették, s amíg felvitték a temetőbe mind jelen voltunk a toronyban, és mind a négy harangoknak járásait amint húzták, jómóddal megvizsgáltuk, s úgy találtuk:

1. Hogy a tisztelt Nemes Eklésia megnyerhesse azt, hogy a harangok ollyan szerfelett való nagymértékben ne járjanak fenn a húzás által, mind ezelőtt jártatták, és az harangokban s épületben is az erős fennvaló jártatás miatt nevezetes kár ne essék, szükségesnek látjuk:

2. A nagy harang ütője helyébe a hámorban egy új ütőt kell tsináltatni, mivel igen kitsi, annyira, hogy előttünk a harangot a húzás által tsaknem a régi szokás szerint felvették, mégis az ütője helyben állott addig, amég kézzel el nem vetették, egyszóval, ezen ütővel lehetetlen használni.

3. A második harang ütője is kitsi, ehhez kell tenni a Nagy harang ütőjét annyi igazítással, hogy ütő szárát kell megvékonyítani.

4. A harmadik harangba kell tenni a második harangban lévő ütőt.

5. A negyedik harang ütője is kitsi, ehhez kell tenni a harmadok harang ütőjét.

6. Ill[endő] tisztelettel azt is feljelentjük, hogy Bodor Péter Úr ígérte nekünk, hogy amikor a Tisztelt Consistorium ezen harangok ütőiben változtatást fog tétetni, majd fog fából a nagy harang nagyságához képest egy ütőt faragtatni és azt kell elküldeni, a többi három ütőnek is a harangokhoz való aplicálásában is ügyelettel fog lenni.

Melly alázatos Relationk mellett a vener. Domest. Sz. Consistoriumnak vagyunk alázatos szolgálói

Erszéynyes Márton mtk consistorialis személy
Medgyesfalvi László consistorialis személy
Hints Sámuel bíró és consistor 1822”

A Consistorium ezek dacára Bolyait is felkérte a vizsgálatra. A felkérés időpontját, a Bolyaihoz intézett kérdéseket nem találtuk meg sem Bolyai, sem az egyházi levéltár kéziratai között, csupán Bolyai jelentését. A Bolyai-jelentés első mondata azonban utal a felkérés lényegére, nevezetesen arra, hogy egy harang „nehéz járásának okát” kellett megvizsgálnia. A fenti beadvány értelmében a *mostanában készült új harangszék ülés s azokra visszatett harangoknak* lett nehéz a járása. Ennek okát volt hivatott Bolyai megvizsgálni. Azt se tudjuk, hogy Bolyai ismerte-e Bodor szakvéleményét.

1822. február 20-án kelt tehát Bolyai jelentése, amelyben összefoglalta észrevételeit, e levél piszkozata található Bolyai kézirat hagyatékában. Íme a jelentés:⁴

„Venerabile Consistorium!

A harang nehéz járása okának megvizsgálása iránt tenni méltóztatott parancsolatját alázatos tisztelettel vévén, ezen tárgyban való járatlanságomban s keskenyhatáru tehetségemhez képest, relatiómat a következőkben megtenni alázatos kötelességemnek ismerem.

A mostani igazítással a harangnak széke megkeményült, szólása kinyíltabb lett, s a hozzájárás megkönnyült (az építő mestert megdicsérő munka)

I.-ben [húzás módján való könnyítésről.] A harang széke jól s keményen van építve, s a harang is mostani helyéről kinyíltabban szól a torony ablakáról le a világosra; koronája húzási módja s húzója pedig csak a régi. Tehát valami egyébben kell keresni okát, ha most nehezebben jár. Ezeket gondoltam:

1. Úgy tetszik, noha azt nem értem, hogy dél felé lévő csap alábbacska fekszik, abban se vagyok bizonyos, hogy a 2 csap is egyenesen áll-e?

2. A két csap újon van verve, de pallérozatlan maradt, s tulajdonképpen sárgaréz perselyben kellene faolajkenettel járniok, megvásik ugyan az is, de együtt a húzókkal, az ő zsíjokkal jár.

3. A fatengelyek, melyben a két csap van, végei igen súrlódnak azon két gerendához, melyeken a csapok vannak. Ezen favégekből le lehetne venni, mivel úgyis a csapok végeinél vastartalék [van] téve.

4. Azon fa, melynél fogva húzzák, nagyon rúg, azt kellene szorítani. Eddig a mostani húzás módján való könnyítésről.

II. Egyszersmind a lehető jobbításra nézve talán nem egészen helytelen ide adnom a következőket:

1. Az ütő igen könnyű; a regula az, hogy minden mázsájára a harangnak mintegy harmadfél fontnyi vas legyen az ütőben.

2. Felette lassú az ütő járása. Lehetne ugyan a koronát egy kevésbé a két végénél lefele nyújtani s odabocsátani a csapokat; akkor a harang szája annyival feljebb emelődnék, könnyebben járna, s a mostani ütővel megegyezőbben. Az ütközések ismétlődése függ az inga hosszáról. Mivel itt a koronát mozgatjuk, a korona magasságától.

3. A harangok veszedelmére vagy az, hogy kicsi helyt éri a harangot, nagy helyt és simán kell érnie, ettől sok függ, valamint az ütés helyétől (felsőbb mathésis tanítja azon hely megtalálását) p.o. ha egy mindenütt egyforma pálcának a vége fogódik, hosszának $\frac{2}{3}$ -adánál van az a hely (a kéztől számlálva), ahol legjobb az ütés, különben megfájul az ütő [személy] karja s könnyen képzelhetni hasonló okból, hogy a harang is elhasadhat.

4. A harangnak mostani ütése helye megkopott s levelezik, meg kellene az ütés helyét változtatni. Ha egy kis, igen könnyű masinával az ütő húzzattatnék, s a harang nyugodnék, nem szenvedne az épület, s kevés gyakorlással éppen olyan szépen, hangosan, s

⁴ Uo. A számozást és kiemeléseket a szerző végezte.

taktusra lehetne húzni, s egy s más könnyű masinával fordítani kereken, hogy mind más-más helyt érje;

5. meg is lehetne könnyen dőíteni a harangot minden állásban, hogy a szájával leszóljon a torony ablakáról.

6. Lehetne még fából faragott parabolai formákkal, okosan rendelve, a harangot erősíteni a város felé, hogy messzebb is elhallják.

7. Az ütőt mind azon esetben, mind a mostaniban lehetne alkalmasabban tenni, ahelyett hogy a sok nehéz kötözést próbálgassák.

A *mostani húzás módját* is igazítani kellene következőképpen:

1. Ahelyett hogy most az egyik csapra nyom az egyik húzó, majd a másikra túl a másik húzó, s nem együtt a kettő, jobb volna a közepéből bocsátani által egy gerendácskát jól megerősítve, úgy, hogy mind a kétfelől nyúlják ki öt- vagy hatodfél lábnyira vízirányulag állva (a harangnak nyílásakor) – a mostani húzófák ötödfél lábra nyúlnak ki – kétfelől a tengelynek két végéről.

2. Mikor megindult egyszer a harang, s mintegy gradust írva száját kifelé tájtja, akkor kell a meghúzással esése erejéhez hozzáadni: akkor az imént írt gerendácska függően állna, s csak ezt kellene (a húzás helyett) a harang szája felől taszítani. Ott nagy volna az erő hatalma. S még könnyű volna növelni is sokképpen p.o. egy alól lefelé függően álló tengely körül forduló [?]. Függősen állva, az alól lévő hosszabbik karja végénél fogva, a harang alatt lévő padlást kivágva, a kurtább karja végével könnyen lehetne – mikor a horizontális gerendácska végei rendre leérkeznek – a harang szája felől taszítani s aztán meg vissza; modellában könnyen meg lehetne mutatni.

3. Ha a hely tágasabb volna, sokképpen lehetne húzni is. Könnyebben járna így is egy tengely közepére tett kerékforma nagy csigával, mely csakugyan a harang szája alatt nem volna miért egybekötődjék, anélkül is meg lehetne erősíteni.

4. Nem kellene a kerek egészen a harang szájáig levinni, meg lehetne azét is erősíteni.

5. Lehetne feljül két rózátja a két húzóra nézve, amely esetben a kötelek egymás ellenében tevődnek. Ezzel a korona is neheződne s az ütővel meg egyezőbbben járna, de az előbb írt gerendácska sokkal könnyebben jár s olcsóbb.

6. A húzó jármát hallottam, hogy némely helyt (u.m. Debrecenben) nem vízirányulag teszik, t.i. a harangnak nyugvó állásában, hanem lefele csappanólag, mely annyiban jobb, hogy ámbár a megindítás későbbi, de azután, mikor a harang felhág, hatalmasabb az erő. Ugyancsak ezen esetben is jobb volna fennebbi okból középhe tenni.

Ezeknek alázatos jelentése mellett, méltóztatott bizodalmit a Venerabile Consistoriumnak alázatosan köszönnvén, maradok alázatos tisztelettel a Venerabile Consistoriumnak

alázatos szolgája

Bolyai Farkas

M. Vásárhely, 1822. 20. Febr”

Bolyai jelentését követően 1822 júniusában „igazítás” történt a harangon. Nem tudjuk ki végezte, és ki irányította. Ami bizonyos, hogy *Székely Márton*, az akkori lelkész, részt vett a munkálatok felügyeletében, és a harmadik harang koronájának egyik nyílásában egy iratot talált. A gyolcsba foglalt, nagy gonddal egy évszázaddal korábban odahelyezett iratban az akkori prédikátor, *Kapronczai György* lejegyezte a harang történetét. Megtudjuk, hogy az első harangot 1673-ban öntötték, majd 1727-ben újat öntöttek. Székely Márton másolatot készített a talált okmányról, amit elhelyezett az egyházhivatal levéltárában. (Jelen tanulmány szerzője az 1980-as évek végén még ott találta.) Az eredeti iratot, mielőtt a harangot visszatették volna a toronyba, a rátalálás állapotában visszahelyezte a harangba „mellé még egy más magyarázatot, vagy világosítást ragasztva, a mostani időhöz képest”. Íme Székely tiszteletes másolata Kapronczai György lelkész († 1747) feljegyzéséről:⁵

„Memoriale:

Ez harangot önt[t]ette A. 1673. esztendőben istenes indulatjából az M. Vásárhelyi Ecclesiának néhai nemes Nemzetes Kovács Ferentz Uram, Maros-Vásárhelynek akkori bírása. Az után elromolván, ujabban önt[t]etett még isten dicsőségéhez való indulatjából maga költségével nemes Nemzetes Kolo’svári Szócs Dániel uram A. 1727. esztendőben Nemes Nemzetes Nagy Sziójyártó György uram bíróságában. Akkori T. Praedicatorok voltak T. De’só Mihály és T. Kapronczai Uraimék; egyházfiak Zilahi Csizmadia János és Hajdu Szócs István Uramék. Ezeket tettem fel ez kis írásomban pro futura /cantala, cautala?/”

Székely Márton kiegészítése a harangban talált irathoz:⁶

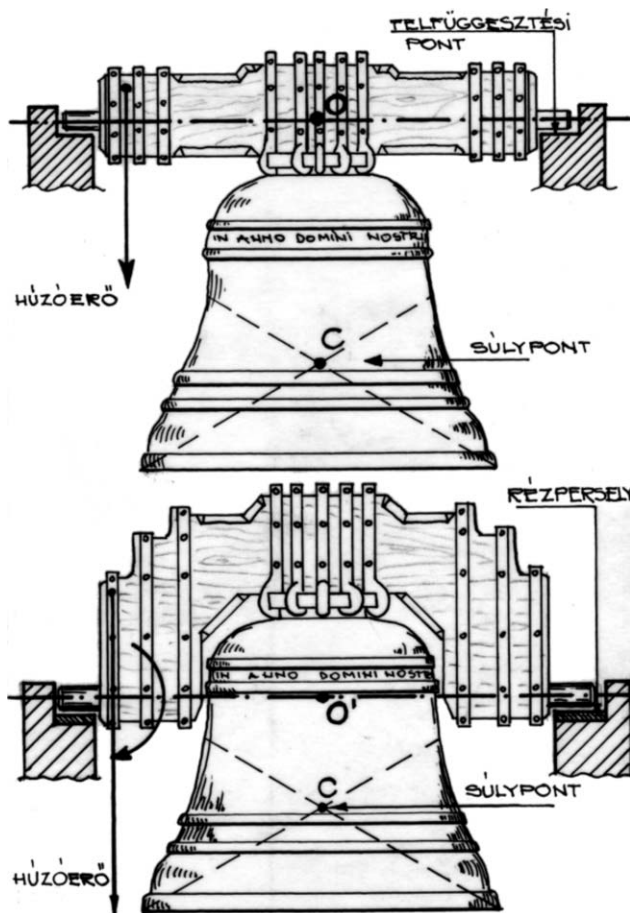
„A fentebbi írás találtatott a maros-vásárhelyi reform. Eccl. Nagy (Várbéli) templomához ragasztott toronybéli harmadik harang koronájának egyik lyukában bétakarva egy darabocskára fehér ronggyal, midőn 1822-ik esztendőben, június hónapban az említett harmadik harangon igazítás tétetnék. Épen azt az írást más papírosra írva és a mellé még egy más magyarázatot, vagy világosítást ragasztva, a mostani időhöz képest ugyan azon lyukba visszatétette a domesticum consistorium emlékezet okáért, maga pedig az a régi és szép jegyzés az eredeti írásban a darab ronggyal együtt ezen csomóba alkotva behelyezettetik az Eccl. Levél-tárjába, ahol láthassa a maradék nemzetiség is a régen élteknek szorgalmatosságát, s hasonlót cselekedni tanuljon. Azon kívül is az elmúltaknak tudása nagyon illeti az embert és attól vagyon felfüggesztve számtalan hasznunk, szerencsénk, gyönyörűségünk. Míg bévégezném a felette rossz tentámmal ezen előadásomat, megjegyzem, hogy az a Kapronczai nevű pap hivatott keresztnevéről Györgynek. A régi matriculából ennek végére menni könnyű.

Irtam M.Vásárhelyt, 1822-dik esztendőben, július 22-dik napján, délután 7 óraker.

Székely Márton mvásárhelyi ref. pap”

⁵ Uo.

⁶ Uo.



Kali Ellák (1946–2013) grafikája a Bolyai Farkas szövege alapján rekonstruált harangfelfüggesztésekről.

Bolyai Farkas tanulmánya a harangszó fizikájáról

Székely Márton feljegyzései szerint 1822. júniusban elkezdődtek a harangokkal kapcsolatos munkálatok. Míg az 1821-es Bodor-féle jelentés mindössze az ütők nagyságára vonatkozó javításokat javasolja, addig Bolyai egy egész tanulmányt ír, amelyben rávilágít a harang ingamozgásának, hang keletkezésének, tulajdonságainak, terjedésének mechanikai törvényeire, valamint számos ok-okozati összefüggésre. Olyan mélységű tényezőkre hívja fel a figyelmet, amelyeket csak a fizikában magas szintű ismeretekkel rendelkező tudós ismerhet.

A harang sajátos mechanikai lengőrendszer, lényegét tekintve egy úgynevezett kettős inga, amelyek mozgásuk közben ütköznek. Méretük, tömegük, sebességük és felfüggesztésük módja, az ütközés helye, ereje nagymértékben befolyásolja működésüket, azaz a keletkezett hang tulajdonságait: magasság, erősség, színezet, ritmus stb. A harangozó fontos szerepet tölt be a harangozás folyamatában. Befolyásolja a harangozás „eredményét” – a harangszó összes fizikai jellemzőjét: hangmagasság, hangerő, hangszín, időtartam, időbeli lefolyás stb. Azt is tudni kell, hogy nyugalmi helyzetből a harangozó személy a koronát len-

díti ki, nem az ütőt. Ezért oly fontos számára a „harang nehéz járásának” könnyítése, amiben Bolyai Farkas közreműködését kérte a templom vezetősege.

Bolyai komoly fizikai ismeretek birtokában próbálta közérthetően megmagyarázni az esetleges okokat és a megoldási lehetőségeket.

A felsorolt fizikai értékek (harangtest-, ütő-, ingahosszméret, -arányok, tömegösszefüggések, anyagminőség, a kölcsönhatások időpillanata) közre játszanak abban, hogy a hang periodikusan, adott hangmagasságokban szólaljon meg és a „taktus” – azaz ütészám állandó maradjon.

Bolyai javaslatait két csoportra osztja. Az azonnali és a távlati megoldások. Leginkább az egymáson elmozduló testek közötti mozgást gátló tényezőre – a súrlódásra – koncentrál. Az egymással érintkező harangrészek – tengelyek, csapok – súrlódását, a mozgástengely ferdeségét tartja felelősnek a nehézségekért, de úgy tűnik, hogy számít egyéb kiváltó okokra is. Erre az esetre – *a lehető jobbításra* alcím alatt – felsorol megoldási lehetőségeket.

A harang számára szükséges a „kemény szék” többek között a *rezonancia*, azaz a gerjesztett rezgések elkerülése végett. Ellenkező esetben az állványzat is ingamozgásba lendül és össze is dőlhet.

A *harangláb magassága* növeli a hanghullámok terjedési sugarát. Ütéskor az ütő és harang között lendületátadás (impulzus) történik. A lendületet az ütköző testek tömege és sebessége befolyásolja. A lendület nagysága meghatározza a hang erősségét, ez pedig a hanghullám mozgási energiáját, egyszerűen azt, hogy a harangforrástól számítva milyen távolsáig jut el a harangszó. Ezért kell az ütőben megfelelő *tömegű* vasmennyiségnek lennie.

Az ütő periódusa ugyanazon húzóerő hatására egyenes arányban áll az ütőinga hosszával. „Lassú járás” esetén tehát rövidíteni kell azért, hogy a periódus kisebb, ennek fordítottja – a „taktusa”, vagyis rezgésszáma – pedig nagyobb, tehát a járása gyorsabb legyen.

Amikor a harang „hallgat”, az ingarendszer nyugalmi, vagyis egyensúlyi helyzetben áll. Húzáskor kibillentjük egyensúlyi helyzetéből. A nehéz járást a kilmozdító *erő* nagysága mutatja.

Ez az erő attól is számottevően függ, hogy a harang súlypontjához viszonyítva hol található a harang felfüggesztési pontja. Amint azt a mechanika törvényei igazolják, a felfüggesztett test egyensúlya akkor biztos, ha a felfüggesztési pont a súlypont fölött van. Ilyenkor igen nehéz a testet kibillenteni egyensúlyából, vagyis az ingának ekkor is „nehéz a járása”. E célból javasolja Bolyai a „csapok alábocsátását”, vagyis a felfüggesztési pont közelítését a súlyponthoz, ezáltal „könnyítve” a harang járását.

A fizikában közömbös egyensúlynak nevezzük azt a helyzetet, amikor a két pont, a felfüggesztési és a súlypont egybeesik, de ilyenkor fennáll annak kockázata, hogy egy erősebb szélfújás is meglendíti a harangot.

Ha a csapok más-más vízszintesen fekszenek, vagyis a harang függőleges szimmetriatengelye nem merőleges a csapokat összekötő egyenesre, az erővektorok össze-

tevédése folytán a mozgásokra újabb fékezőerők hatnak.

Bolyai lényeges nehezítő tényezőnek tekinti az egymással érintkező „pallérozatlan” – faragatlan, alkatrészeket, amelyek növelik a súrlódást, akadályozva a mozgást.

A csapok súrlódásának csökkentésére a jól zsírozott rézperselyek használatát javasolja.

Kitér az anyagfáradás tüneteire is, amire szintén van javaslata. Ha ugyanazt a helyet hosszú ideig érik az ütések, lassanként megváltozik a harangérc kristályszerkezete, ennek jele a „levelezés”. Ha változtatni lehetne az ütés helyét, akkor a harangfelület más-más pontját érnék az ütések, ugyanaz a hely ritkábban szenvedne ütest, így egy adott harangterület „levelezése” késleltethető lenne.

Bolyai tanulmánya a mechanika szinte minden területére kitér. Egyetlen hiányossága, hogy nem ad mesteremberek számára használható, gyakorlatilag könnyedén kivitelezhető ötleteket egy már meglévő hibás harang kijavítására. Bizonyára ő is érezte ezt, nem véletlenül írta egyik kéziratában, hogy bármiféle meghibásodás esetén „a legnagyobb rossz – elrontani a rosszat”. Azok számára lett volna Bolyai tanulmánya hasznos, akik újonnan öntött harangot készülnek felállítani.

Vajon a tanulmányt követő júniusi munkálatok mit tudtak megvalósítani Bolyai javaslataiból? Valószínűleg nem sokat, mert az egyházi levéltárban a következő – harangra vonatkozó – dokumentumot hét évvel az első beadvány után keltezték. Ez egy újabb kérelem volt, ezúttal a vártemplom harangozói fordultak a Consistoriumhoz:⁷

„Venerabile Főconsistorium

Alázatosan engedelmet kérünk, hogy bátorkodunk jelenteni, hogy nagyharangunk megterhesedett járásában, úgyhogy teljességgel sem lehet húzni. Kérjük alázatosan a tekintetes Főcurator urat és a venerabile főconsistoriumot, hogy méltóztassanak megtekinteni és megnézni, és igazítást tenni. Különben minket megvon. Most közelebb lévő temetésen is a két háztól kiállottunk [...] mégis alig győztük vala.

Alázatos szolgálja a tekintetes főcurator uraknak, a venerabile főconsistoriumnak két harangozója

Csillag Mihály és Tolnai Mihály 1828”

A levél hátoldalán a megtaláljuk a Consistoriumi jegyző írásos intézkedését.⁸



A Vártemplom 1834-ben öntött nagyharangja, a szerző felvételei.

„Válasz.

Ajánlatik Tiszteletes Péterfi József, úgy consistor Vég István és Kun Mihály atyánkfiaiinak, hogy megtalálván mechanikus Bodor Péter urat is, a nagyharangnak bémentett megnehezédését vizsgálják meg, s a húzásban lehető megkönnyebbítést eszközöltessék ki sietőleg.

A Marosvásárhelyi Evang. Reform. Ekklesia Dom. Consistorium Gyűléséből

Augusztus 3-án 1828.”

Itt kiapadtak a levéltári források, de a véletlen kegyelme folytán – egyéb kutatásokat folytatva – egy korabeli feljegyzésre bukkantunk, amely így szólt:

„1830-ban Csillag István [Mihály?] harangozó neje a tűzzeli gondatlan bánása miatt csaknem áldozatul ejtette a Bodor Péter által célszerűen épített toronyba vezető lépcsőzetet.”

A dokumentumok tehát azt igazolják, hogy a gyakorlati megoldást Bodor Péter találta. Elkészült a harangszék, a toronyba vezető lépcsőzettel együtt. *Debreczeni László* (1903–1986) – Erdély híres templomépítője – azt állította, hogy a mai műszaki ismeretekkel és eszközökkel sem lehetne ennél tökéletesebb szerkezetet építeni.

Bolyai Farkas és Bodor Péter – az elmélet és a gyakorlat párbaja

Bodor Péterről tudjuk, hogy amikor 200 évvel ezelőtt, 1816-ban végleg Marosvásárhelyre költözött már Európa-szerte ismert, keresett ezermester hírében állt. Olyan találmányok fűződtek hozzá, amelyekkel nevét beírta a technikatörténet nagyjai közé. Feljegyzések szerint városi földmérőként, 1818-ban felépítette a régi marosvásárhelyi Maros-hidat (az úgynevezett

⁷ Református Egyházi Levéltár, Marosvásárhely, 1828. augusztus 3.

⁸ Uo.

Bodor-hidat), amelyben egyetlen szeg sem volt. Épített templomokat (bicskával szárnyas oltárt faragott, festett freskókat), szerkesztett gazdasági gépeket, díszkertet alakított ki szélhárítással, barlanggal. Házának udvarán, a mai vidámparkokhoz hasonlító szórakozóhelyet rendezett be hajó- és körhintával, csúszdával és más, saját kezűleg gyártott, elmés szerkezetekkel. Bodor gyakran látogatta Bolyait. Bizonyára szóba került közöttük a harang kérdése. A kutatót érdekelte, hogy Bodor ismerte-e Bolyai vizsgálatait, javaslatait, ha igen felhasználta-e ötleteit, személyesen is megbeszélték-e ezen kérdéseket?

A tudóstársadalmat mindmáig megosztja az elmélet-gyakorlat elsőbbsége, fontossági sorrendje. Bolyai és Bodor külön-külön világhírnévre tettek szert. Ugyanazon kis néhány ezer fős közösség problémamegoldói voltak. Bolyai volt a „geniális fő”, Bodor pedig a „mechanikus művész” – ahogyan *Kőváry László* (1819–1907) történész nevezi őket *Székelyhonról* című munkájában. A harang kérdésében – úgy tűnik – Bolyai volt az elméleti szakértő, Bodor Péter pedig a mester, a kivitelező.

Kiért nem szólt a harang?

Néhány évvel később Bolyainak a harang „levelezés”-sel kapcsolatos aggályai beigazolódtak. A nagyharang öntvénye annyira megrongálódott, hogy végül elrepedt. 1834-ban Kolozsváron újat öntöttek, ez szólal meg ma is valahányszor szükség van rá.

A rajta lévő körirat csodálatosan foglalja össze a harang rendeltetését:

„Függjön itt számtalan évekig,
Isten védje ellenségtől,
Hívja az élőket buzgóságra,
Kísérje nyugalomra,
Veszély hirdetője ne legyen.”

Csak egyetlen református halottat nem kísért Marosvásárhelyen nyugalomra a vártemplomi harangszó – 160 évvel ezelőtt, 1856-ban Bolyai Farkast.

Az ő végakarata ugyanis az volt, hogy:

„*Meghagyás...* se pap... sem egyéb cérémonia, még harang se legyen; az iskola csengettyűje szólhatna.”

Így halálát mindössze a kollégiumi csengők adták a vásárhelyi emberek tudtára.

A FIZIKA TANÍTÁSA

MILYEN GÖRBÉT ÍR LE A GNÓMÓN CSÚCSÁNAK ÁRNYÉKA?

Szferikus csillagászat Geogebrával

Nyirati László

Széchenyi István Műsz. Szakközépiskola, Székesfehérvár

A szferikus csillagászat foglalkozik azzal, hogy az egyes égitestek adott időpontban, az adott földrajzi helyen éppen merre találhatók. Ezen belül a Nap aktuális helyzete is érdekes megfigyelési téma, ugyanis az idő mérésének egyik definíciója éppen ehhez kapcsolódik. Az alapegység, a középnapi hossza csillagászatilag meghatározandó fogalom.

Egy földrajzi helymeghatározási elv is kapcsolódik a témához. A vízszintes talajba, arra éppen merőlegesen tűzzünk le egy pálcát: ez a gnómón. Dél környékén rövid időközönként megjelöljük a pálcá csúcsának árnyékát, feljegyezve az óránk által mutatott időt. Megke-

ressük a legrövidebb árnyékot. Az árnyék hossza, a pálcá hossza, valamint a legrövidebb árnyékhoz tartozó időpont (dátummal együtt) a mérési adat. Néhány táblázat és a zónaidő, valamint a helyi dél és világidő fogalmának ismeretében a földrajzi szélesség és hosszúság elég pontosan meghatározható.

Ezt a mérést a CERN-beli tanulmányút kapcsán több helyszínen, különböző időpontokban elvégeztük. Arra lettünk figyelmesek, ha a mérést a helyi dél előtt egy-két órával kezdjük és ugyancsak a helyi dél után egy-két óráig folytatjuk, akkor a gnómón árnyékának végpontja különböző pályákon halad végig. Vajon mitől függ, hogy a pálya milyen alakú?

Három mérésről készítettünk felvételt (*1. ábra*). A helyszínek: Siófok, Schaffhausen és Székesfehérvár. A dátumok: 2014-ben rendre július 25., augusztus 17. és december 27. A helyszín vagy az időpont miatt más a görbe?

A napórák sokszor művészi kialakításúak. Különböző helyzetű mérőpálcát használnak, és emiatt sokféle, nagyon érdekes felületre eső árnyékokat láthatunk. Sok tapasztalat gyűlt össze az ilyen szerkezetek készítésekor.



Nyirati László matematika-fizika szakos tanár 1972-ben végzett az ELTE-n. Később a BME Villamosmérnöki karán is szerzett diplomát, majd a Kossuth Lajos Tudományegyetemen informatika tanári végzettséget. Székesfehérváron tanít, többnyire középiskolában, de 1995-től 2007-ig a Kodolányi János Főiskola Informatika tanszékén dolgozott. 2008 óta nyugdíjas, jelenleg óraadó tanár.