

fizikai szemle



2019/12

Tájékoztató az Eötvös Loránd Fizikai Társulat 2020. évi tagdíjairól

Tisztelt Társulati Tagjaink!

Mindenekelőtt szeretném tolmácsolni a **Társulat Elnökségének üdvözlétét, karácsonyi és újévi jókívánságait** a Társulat tagjainak, a fizika barátainak és a **Fizikai Szemle** valamennyi olvasójának. A Társulat és a **Fizikai Szemle** 2020. évben is változatlan erővel kívánja megvalósítani mindazokat a feladatokat, amelyek betöltésére Alapszabályában vállalkozott.

Kérem, hogy **a 2020. évre vonatkozó tagdíj**ukat, melynek összege **a 2019. évihez képest nem változott**,¹ az alábbiak figyelembevételével szíveskedjenek befizetni.

Ha Ön a Társulatunk **rendes tagja** és

- a **Fizikai Szemle** számaait **elektronikus formában** kéri, akkor a 2020. évi tagdíja **8400 Ft.**
- a **Fizikai Szemle** számaait **papíralapú terjesztéssel** kéri, akkor a 2020. évi tagdíja **9000 Ft.**

Ha Ön a Társulat **rendes tagjaként általános vagy középiskolai tanár** és

- a **Fizikai Szemle** számaait **elektronikus formában** kéri, akkor 2020. évi tagdíja **800 Ft** alaptagdíj + **4600 Ft** kiegészítő tagdíj, azaz összesen **5400 Ft.**
- a **Fizikai Szemle** számaait **papíralapú terjesztéssel** kéri, akkor 2020. évi tagdíja **800 Ft** alaptagdíj + **5200 Ft** kiegészítő tagdíj, azaz összesen **6000 Ft.**

Az alap- és kiegészítő tagdíjat együtt kérjük befizetni.

Ha Ön **nyugdíjas**ként **rendes tagja** a Társulatnak és

- a **Fizikai Szemle** számaait **elektronikus formában** kéri, akkor 2020. évi tagdíja **3400 Ft.**
- a **Fizikai Szemle** számaait **papíralapú terjesztéssel** kéri, akkor 2020. évi tagdíja **4000 Ft.**

Ezúttal is tisztelettel kérem azokat a nyugdíjas korú tagjainkat, akik nyugdíjuk mellett teljes munkaviszonnyal vagy közalkalmazotti jogviszonnyal rendelkeznek, hogy a tagdíjfizetés szempontjából ne tekintsek magukat nyugdíjasnak.

Ha Ön **rendes tagként az Ijúsági Tagozatnak is tagja** vagy a Társulat **ifjúsági tagja**, azaz felsőoktatási intézmény munkaviszonnyal nem rendelkező hallgatója vagy középiskolai tanuló és

- a **Fizikai Szemle** számaait **elektronikus formában** kéri, akkor **nem kell tagdíjat fizetnie**,
- a **Fizikai Szemle** számaait **papíralapú terjesztéssel** kéri, akkor kedvezményes tagdíja **4000 Ft.**

A fiataloknak szóló **kedvezmény érvényesítéséhez** szükség van arra, hogy a tag **felsőoktatási hallgatói jogviszonyáról** minden évben **nyilatkozatot adjon le** a Társulat titkárságának (elft@elft.hu).

¹ 2020 januárjától a **Fizikai Szemle** egyes számainak ára 1000 Ft-ra, míg a nyári duplaszámé 2000 Ft-ra változik.

Kérem, hogy bármilyen adatváltoztatást (például lakcím, e-mailcím megváltozása) e-mailben legyenek szívesek megírni az elft@elft.hu címre.

Kérem, hogy tagdíjukat mielőbb szíveskedjenek rendezni. A tagjainknak tagsági jogon járó **Fizikai Szemle** folyamatos küldését csak azok számára tudjuk biztosítani, akik 2020. évi tagdíjukat rendezték. Felhívom ugyanakkor szíves figyelmüket arra a lehetőségre, hogy tagdíjuk megfizetését esetleg munkahelyük is átvállalhatja. Továbbá felhívom szíves figyelmüket az **önkéntes többletfizetés** lehetőségére. Kérem, hogy a leírtakra – különösen az utóbbira – külföldön élő ismerőseiknek is hívják fel a figyelmét. Nekik a **Fizikai Szemlét** elektronikus formában, e-mailen küldjük el; ha nyomtatott Szemlét kérnének, akkor kérjük, a lényegesen magasabb postázási költséget vegyék figyelembe.

Az újonnan belépni kívánók a Társulat honlapján – <http://elft.hu/jelentkezes-a-tarsulatba> – jelentkezhetnek társulati tagnak.

Amennyiben lehetőségük van rá, kérem, hogy a **tagdíj befizetését átutalással** szíveskedjenek rendezni a **K&H Banknál vezetett 10200830-32310274-00000000** számu folyószámlánkra. A közlemény rovatba a befizető nevét, városát kérjük feltüntetni. A Titkárságon (1092 Budapest, Ráday utca 18. földszint 3.) lehetőség van készpénzes befizetésre is, illetve csekk is kérhető.

Az Európai Fizikai Társulatba (EPS) a továbbiakban csak egyéni tagként lehet belépni. **Kérem a kollégákat, hogy a hazai fizika megfelelő képviselője érdekében az EPS-be minél nagyobb számban lépjenek be.** Az EPS-be annak weblapján, a www.eps.org címen lehet belépni; ugyanott fizetheti be az EPS-tagdíjat is. Mivel az ELFT az EPS tageszervelete, az ELFT tagjai az EPS legkedvezőbb egyéni tagdíját fizetik.

Felhívás tagjainkhoz és a fizika minden barátjához

Tájékoztatom a Társulat tagjait és a **Fizikai Szemle** olvasóit, hogy a 2017. évről szóló jövedelemadó-bevalláshoz kapcsolódó felajánlások révén az Eötvös Társulat 2019-ben **916 346 Ft** bevételhez jutott, amit a korábbi évekhez hasonlóan teljes egészében a **Fizikai Szemle** megjelenítési költségeinek részbeni fedezeteként használtunk fel. Ez a támogatás tette lehetővé többek között azt is, hogy tagjaink folyamatosan megkaphatták társulatunk folyóiratát, amiért köszönetünket fejezzük ki a Társulat javára rendelkezőknek. Kérem a fizika minden barátját, hogy ha teheti, az idén is rendelkezzen **személyi jövedelemadója 1%-ának** a Társulat céljaira való felajánlásáról és buzdítsa erre barátait, ismerőseit is. Az Eötvös Loránd Fizikai Társulatnak a nyilatkozaton feltüntetendő adószáma **19815644-2-43.**

Tisztelettel:
Groma István
az ELFT főtitkára



FIZIKAI SZEMLE 2019

Ezzel a számmal zárul a *Fizikai Szemle* LXIX. évfolyama. Reméljük, hogy ez évben is tudtunk minden kedves Olvasónknak érdekes és hasznos cikkeket nyújtani. Így az év végén talán nem haszontalan visszatekinteni azokra az aktuális és fontos eseményekre, amelyekkel lapunkban is foglalkoztunk.

2019 a mi számunkra elsősorban – halálának 100. évfordulója alkalmából a nagy fizikus előtt tisztelgő – Eötvös 100 emlékévként marad emlékezetes. Az évfolyam valamennyi lapszámában közöltünk legalább egy, *Eötvös Lorándra* emlékező cikket. Ezek az írások reményeink szerint jól tükrözik Eötvös tudományos, közéleti és professzori tevékenységének kiemelkedő színvonalát és máig ható időszerűségét. Eötvösről számos hazai intézményünk kapta nevét, így – a teljesség igénye nélkül – az általa alapított Matematikai és Fizikai Társulat egyik szellemi jogutódja, a lapunkért is felelős Eötvös Loránd Fizikai Társulat; az ország első egyeteme, az Eötvös Loránd Tudományegyetem; vagy a magyar kormány által 1907-ben Eötvös kutatásainak támogatására alapított (és 2012-ben megszüntetett, lásd *Bodoky Tamás* és szerzőtársai jelen számunkban megjelenő írását) Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet. 2019 eseménye volt az ugyancsak Eötvösről elnevezett Eötvös Loránd Kutatási Hálózat (ELKH) felállítása, ami hivatalosan augusztus 1-jén történt a 2019. évi LXVIII. törvény alapján, amelyet az Országgyűlés július 2-án fogadott el a Magyar Tudományos Akadémia és a kormányt ebben a kérdésben képviselő Innovációs és Technológiai Minisztérium közötti – finoman szólva is – éles viták után. Társulatunk elnökségének e kérdéssel kapcsolatos nyilatkozatát lapunk júniusi számában közöltük.

2019-nek a hazai fizika szempontjából legfontosabb rendezvénye a XXX. Magyar Fizikus Vándorgyűlés volt, amelynek a Soproni Egyetem kampusza adott otthont augusztus 21. és 24. között. A sikeres tudományos összejövetelről októberi számunkban közöltünk beszámolót. A Vándorgyűlés előadói közül – felkérésünknek eleget téve – sokan vállalták, hogy az ott tartott előadásuk anyagát a *Szemle* számára írt cikk formájában is publikálják. A már beérkezett és az ígéreteknek megfelelően remélhetőleg a közeljövőben megszülető cikkek közlését lapunk következő számában kezdjük meg.

Októberben évről évre mindannyian kíváncsian várjuk a Nobel-díjak odaítéléséről szóló közleményeket. Az idei fizikai díjak területét jól tájékozott kollégáim közül sem sikerült senkinek megjósolnia, ami természetesen nem reprezentatív felmérés, de jelzi, hogy nem olyan feltűnő eredményekért adták, mint a gravitációs hullámokkal vagy a Higgs-bozonnal kapcsolatos díjakat. Ettől függetlenül gondolom, senki nem vonja kétségbe, hogy *James Peebles*, illetve *Michel Mayor* és *Didier Queloz* megérdemelten kapták a kitüntetést. A díj odaítélését megalapozó munkásságuk hatásait novemberi számunkban közölt két kitűnő cikk világítja meg.

A fizika és a *Fizikai Szemle* számára különösen szomorú, hogy az év folyamán elvesztettük lapunk két korábbi főszerkesztőjét, *Németh Juditot* és *Pál Lénárdot*, továbbá szerkesztőbizottságunk egyik kitűnő és lapunkat aktív tevékenységével támogató tagját, *Bencze Gyulát*.

Végezetül, minden kedves Olvasónknak a *Fizikai Szemle* szerkesztői és a magam nevében sikeres és boldog újévet kívánok.

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat havonta megjelenő folyóirata.

Támogatók: a Magyar Tudományos Akadémia Fizikai Tudományok Osztálya, az Emberi Erőforrások Minisztériuma, a Magyar Biofizikai Társaság, a Magyar Nukleáris Társaság és a Magyar Fizikushallgatók Egyesülete

Főszerkesztő:
Lendvai János

Szerkesztőbizottság:

Bencze Gyula, **Bíró László Péter**,
Czitrovsky Aladár, **Füstöss László**,
Gyürky György, **Hebling János**,
Horváth Dezső, **Horváth Gábor**,
Iglói Ferenc, **Kiss Ádám**, **Koppa Pál**,
Ormos Pál, **Papp Katalin**, **Simon Ferenc**,
Simon Péter, **Sükösd Csaba**,
Szabados László, **Szabó Gábor**,
Takács Gábor, **Trócsányi Zoltán**,
Ujvári Sándor

Műszaki szerkesztő:
Kármán Tamás

A folyóirat e-mailcíme:

szerkesztok@fizikaiszemle.hu

A lapba szánt írásokat erre a címre kérjük.

A beküldött tudományos, ismeretterjesztő és fizikatanítási cikkek a Szerkesztőbizottság, illetve az általa felkért, a témában elismert szakértő jóváhagyó véleménye után jelenhetnek meg.

A folyóirat honlapja:

<http://www.fizikaiszemle.hu>



www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

www.fizikaiszemle.hu

Lendvai János: Fizikai Szemle 2019	401
Bodoky Tamás, Szabó Zoltán, Baráth István: Az Eötvös Loránd Emlékgyűjtemény története	403
<i>Hogyan jött létre, és hogy került mai helyére, a XIV. kerületi Tbököly út – Columbus utca sarkára az emlékgűjtemény.</i>	
Groma István: Az Eötvös-mérleg	408
<i>Ma Eötvös-effektusnak nevezzük azt a jelenséget, hogy a testek súlya csekély mértékben magasabb, illetve alacsonyabb, ha a test a Földön kelet, illetve nyugat felé mozog. Az effektus pontos mérésére konstruált Eötvös-mérleg egy modern elektronika felhasználásával akár iskolákban is megvalósítható változatának konstrukcióját, és a mérési eredmények fizikai magyarázatát ismerteti az írás.</i>	
Olvasás közben... (R. Gy.)	414
<i>A novemberi számunkban megjelent egyik cikk recenziója.</i>	
Ézsöl György: Nyomottvízes atomreaktorok zónaolvadék-kikerülésének megakadályozása	415
<i>A cikk egy reaktorbiztonságot növelő kutatást ír le, ami még egy feltételezett zónaolvadás esetén is megakadályozná az olvadék kikerülését a reaktortartályból.</i>	
A FIZIKA TANÍTÁSA	
Koczka Vencel, Lipták Zoltán, Piláth Károly: Ultrahangos kísérletek	418
<i>Az ELFT és a National Instruments pályázatán II. helyezést elért pályamű bemutatása.</i>	
Bartos-Elekes István: Számítógépes időköz-mérés a nagyváradi	422
Ady Endre Líceum Fizikumában	
<i>Nagypontosságú időköz-mérés megvalósítása szertári körülmények között.</i>	
Mándy Tibamér, Pethő Zatureczky Tünde: A fizika tantárgy	430
alapozása az alsó tagozatos környezetismeret-órákon	
<i>A természettudományos gondolkodásmód kialakításában nélkülözhetetlen környezetismeret tantárgy anyaga a NAT változásaival egyre csökkenő fizikát alapozó ismeretet tartalmaz.</i>	
HÍREK – ESEMÉNYEK	
Tájékoztató az Eötvös Loránd Fizikai Társulat 2020. évi tagdíjairól	401
Ericsson-díj 2020 – felhívás díjazandó tanárok ajánlására	436

www.fizikaiszemle.hu/mellekletek

Kármán Tamás: A Fizikai Szemle 2020. évi falinaptára

J. Lendvai: Hungarian Physical Review 2019

T. Bodoky, Z. Szabó, I. Baráth: History of the Roland Eötvös Memorial Collection

I. Groma: Eötvös Balance

Reading... (G. R.)

G. Ézsöl: Preventing spilling of zone melt from pressurized water nuclear reactors

TEACHING PHYSICS

V. Koczka, Z. Lipták, K. Piláth: Experiments with ultra sound

I. Bartos-Elekes: Computerized time interval measurement

T. Mándy, T. Pethő-Zatureczky: Foundation of physics in the lower grade environmental study courses

EVENTS

www.fizikaiszemle.hu/mellekletek

AZ EÖTVÖS LORÁND EMLÉKGYŰJTEMÉNY TÖRTÉNETE

Bodoky Tamás,^{1,2} Szabó Zoltán,^{1,3} Baráth István^{1,3}

¹Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (2012-ben megszűnt)

²Miskolci Egyetem, Geofizikai Tanszék

³Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány

A Thököly úton a városból kifelé haladva, a XIV. kerületi Columbus utca sarkán egy egyszerű, ma már erősen sérült, fehér tábla jelzi, hogy a mögötte álló szürke betonépületben található báró *Eötvös Loránd*, az egyik legnagyobb magyar fizikus emlékkiállítás [1]. Joggal vetődik fel a kérdés, hogy az Akadémia, az Egyetem vagy valamelyik múzeum helyett miért pont egy ilyen félreeső helyen fekvő, jellegtelen épületben kapott helyet ez a kiállítás. A válasz, persze, egyszerű, ez a hatvanas évek végén épült irodaház volt az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet utolsó otthona. Annak az intézetnek, amelyet a nemzetközi tudományos világ javaslatára *Apponyi Albert* kultuszminiszter közvetlenül Eötvös számára alapított, és amelyet a magyar kormány szüntetett meg 2012-ben. Az intézet létrehozása után Eötvös munkássága és élete is szorosan kapcsolódott ehhez az intézethez, így történhetett, hogy nem csak tudományos, de személyes hagyatékának jelentős részét is ez az intézet őrizte meg [2–7].

A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) által megőrzött Eötvös-hagyaték fennmaradása, amint ezt az Intézet történetében [8] is leírtuk, két tényezőnek köszönhető. Egyrészt a közvetlen munkatársak, elsősorban *Pekár Dezső* gondosságának, másrészt Eötvös lányainak, akik utód nélkül hunytak el és ezért személyes hagyatékuk nagy része is az Intézetre maradt.

Eötvös műszerei az Egyetem fizikai intézetének laboratóriumában a világháborúig folyamatos használatban voltak, csak 1946-ban az Eötvös Loránd Geofizikai



1. ábra. Eötvös dolgozószobájának bútorai a Tihanyi Apátság épületében rendezett kiállításon, 1970.

ikai Intézetnek az egyetemről a Magyar Állami Földtani Intézet épületébe történő átköltöztetésekor kerültek ládába. A hagyatékot 1952-től az ELGI gravitációs osztálya őrizte, majd az ELGI Homonna utcai műszaki telephelyének elkészülte után, a műszerek oda kerültek. 1954-ben Eötvös műszereit műszaki emlékké nyilvánították.

A hagyaték családi vonatkozású része *Eötvös Roland* és *Pekár Dezső* 1953-ban bekövetkezett halála után került az Intézetbe, illetve 1955-ben az Intézethez tartozó, újonnan alapított Tihanyi Földmágneses Observatórium úgynevezett Eötvös-szobájába. A hagyaték 1971-ben *Marx György* fizikus professzor jóvoltából Eötvös íróasztalával bővült, majd az oldalági Eötvös-leszármazott, *Návay György* halála után, kívánságának megfelelően, néhány levél és hivatalos dokumentum, valamint *Keleti Gusztáv* tizenkét éves Eötvös Lorándot ábrázoló nagyméretű olajfestménye szintén a Geofizikai Intézetbe került.

A hagyaték első jelentősebb bemutatására az ELGI legendás igazgatója, *Müller Pál* igazgatósága idején, az első torziós inga elkészültének 80. évfordulója alkalmából, 1970-ben a Tihanyi Apátság épületében került sor (1. ábra).



Bodoky Tamás 1964-ben végzett az ELTE TTK geofizikus szakán. 1963-tól 2004-ig dolgozott az ELGI-ben, amelynek 1994-től nyugalmába vonulásáig igazgatója volt. Igazgatósága idején, 1998-ban rendezte be az Intézet a budapesti Eötvös Loránd Emlékkiállítását. 1974-ben kandidátusi fokozatot szerzett, 2005-ben habilitált a Miskolci Egyetemen. 1992 óta tagja az MTA Geofizikai Tudományos Bizottságának. 1992 óta a *Magyar Geofizika* című szaklap főszerkesztője.



Szabó Zoltán 1955-ben végzet az ELTE TTK geofizikus szakán. Munkáját az ELGI Gravitációs Osztályán kezdte. 1959-től az Eötvös-inga fejlesztő laboratórium tagja, majd 1967-től nyugdíjazásáig a Gravitációs és Földmágneses (később Földfizikai) Osztály vezetője. 1968-tól 1971-ig Nigériában dolgozott. Az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány megalakulásakor a kuratórium elnöke, majd tagja. A mai napig az Eötvös-hagyaték feldolgozásával foglalkozik.



Baráth István a miskolci NME geofizikus mérnök szakán végzett 1960-ban. Egyetlen munkahelye az ELGI volt. A mélyfúrás geofizika elektromos, radioaktív, akusztikus módszereinek fejlesztője, méréseinek értelmezője. 1977-ben kandidátusa címet szerez és több cikluson át az MTA Geofizikai Tudományos Bizottságának tagja. 1964-től 1969-ig KGST szakértő, majd az ELGI főosztályvezetője. Nyugdíjasként az ELGA kurátora és az Eötvös Loránd Emlékgyűjtemény meghatározó személye.

1971-ben, a Ság-hegyi mérések 80. évfordulóján, Celldömölkön, a mérések helyszínén bazalt emlékoszlopot állítottak fel. Az emlékmű felavatása 1971. október 17-én történt, az avatóünnepséghez kapcsolódva egy egyhetes Eötvös kamara-kiállítás volt a celldömölki Berzsényi Dániel Gimnáziumban.

A következő kiállítás 1984. szeptember 22-én nyílt meg, ismét a Tihanyi Apátság épületében, amely abban az időben a Veszprém megyei Múzeumi Igazgatóság alá tartozott. Az állandóra tervezett kiállítást azonban néhány év után az egyik tihanyi tájházba telepítették át.

Külön említésre érdemes, hogy amikor 1985-ben a nyersanyagkutató geofizikusok nemzetközi szervezete, a European Association of Exploration Geophysicists (EAEG) Budapesten tartotta éves kongresszusát, akkor a budapesti Vigadó épületében nagy sikerű műszerkiállítás mutatta be a konferencia negyvenöt országból megjelent 2294 résztvevőjének Eötvös egyedülálló, *Süss Nándor* közreműködésével készült műszereit (2. ábra). A konferencia emlékére valamennyi résztvevő kapott egy Eötvös-ingát ábrázoló plakettet és Eötvös életét és munkásságát bemutató minikönyv díszdobozos példányát.

1990–91-ben az Eötvös-kiállítás anyagát a tihanyi tájházból az obszervatórium 4 helyiségének összenyitásával kialakított terembe telepítették át. Erre a kiállításra alapozva – 1997-ben pályázat útján nyert pénzből – készült el *Sörös László*, *Körmenyi Alpár* és *Szabó Zoltán* közreműködésével egy, az ELGI honlapjára feltett virtuális Eötvös-múzeum (amit az Intézet megszűnése óta, sajnos nem találunk).

Az asztali számítógépek gyors térhódítása következtében azonban a Tihanyi Obszervatórium munkatársainak száma sajnos nagyon lecsökkent, így egyrészt a kiállítás felügyelete nem volt már megoldható, másrészt a kiállító helyiséggel kapcsolatban is biztonsági problémák merültek fel. Ugyanakkor, ezzel párhuzamosan az intézet nagyméretű számítógépei elavultak és az ELGI központi épületében felszabadult a két teremből álló számítógépközpont, ami lehetőséget kínál arra, hogy a kiállítás Tihanyból Budapestre költözzön.

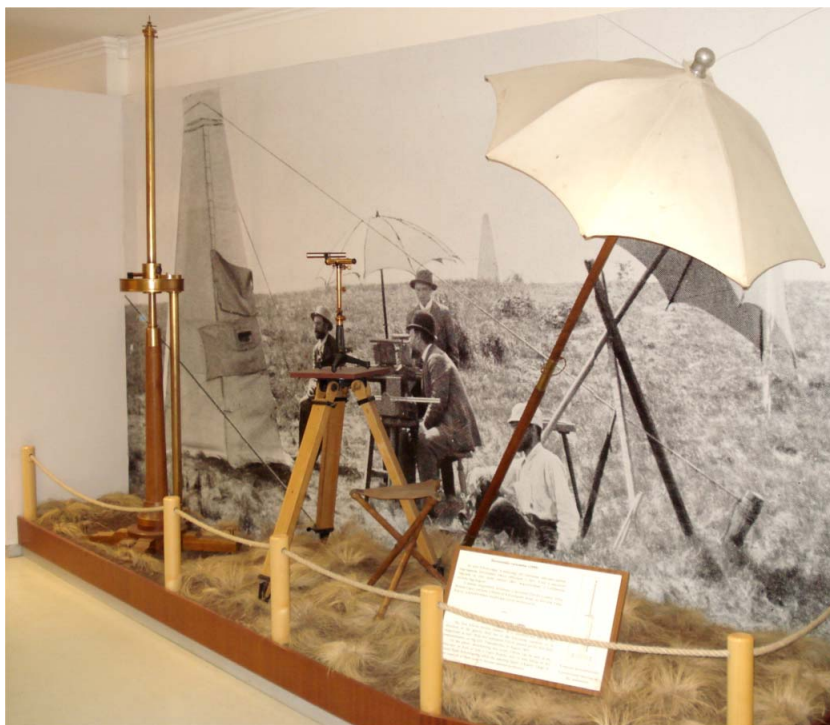
1998-ban, Eötvös Loránd születésének 150. évfordulója alkalmából –



2. ábra. Eötvös műszereinek kiállítása az EAEG konferencia alkalmából (Pesti Vigadó, 1985).

Bodoky Tamás igazgató kezdeményezésére és folyamatos támogatásával – a korábbi számítógépközpont helyén két kiállítótermet és egy raktárhelyiséget alakítottunk ki az állandó Eötvös-kiállítás céljára. Így – a kulturális kormányzat, valamint az érdekelt Fővárosi és Kerületi Önkormányzat, a társadalmi szervezetek és geofizikával foglalkozó cégek támogatásának köszönhetően – megfelelő körülményeket tudunk biztosítani az Eötvös-hagyaték Budapesten történő, állandó bemutatásához. A hagyaték teljes anyagát Tihanyból Budapestre szállítottuk, és – kel-

3. ábra. A rekonstruált ős inga, háttérben a Ság-hegyi mérés képe (Eötvös Loránd Emlékiállítás, 1998).





4. ábra. A kettős Eötvös-inga eredeti, első példánya a Miskolci Egyetemen, 2010.

lő felújítás után – valamennyi Magyarországon kifejlesztett Eötvös-ingát be tudjuk mutatni az érdeklődőknek. A kiállítás szervezése *Baráth István*, a szakmai anyag összeállítása *Szabó Zoltán*, a kivitelezés *Szőke Imre* (Természettudományi Múzeum) munkájának köszönhető.

Külön ki kell emelnünk, hogy a költözés során a Tihanyban tárolt sok maradék műszeralkatrész között *Körmendi Alpár*, az obszervatórium akkori vezetője,

5. ábra. Eötvös dolgozószobájának bútorai az Eötvös Loránd Emlékiállításán, 1998.



felismerte Eötvös legelső – sokáig elveszettnek hitt – ingájának néhány lényeges alkatrészét, amelyek felhasználásával *Holló Ferenc*, a Geofizikai Intézet egykori technikusa szakavatott munkával rekonstruálta a módosított laboratóriumi eszközökből kialakított „ős ingát” (3. ábra).

A kiállítás berendezését megelőzően különböző kiállításokra többször igényelték az Intézet Eötvös-ingáinak valamelyikét. 1979-ben, például *Albert Einstein* születésének centenáriumán a Washingtonban rendezett Einstein-kiállításon bemutatták a Geofizikai Intézetben őrzött „kettős nagy eszközt”, azt az Eötvös-ingát, amellyel Eötvös híres, a súlyos és tehetetlen tömeg arányosságával kapcsolatos kísérleteit végezte. Ez a kettős Eötvös-ingák második példánya, az elsőt, a prototípust a Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszéke, a harmadik példányt az Akadémia soproni Geodéziai és Geofizikai Intézete őrzi.

Az Emlékiállítás előkészítése során, igazgatója javaslatára úgy döntött az Intézet, hogy eredeti Eötvös-ingát többé nem adunk ki az Intézet épületéből. Miután igény viszont mindig újra volt erre, másolatokat kellett készíteni. Az „ős inga” restaurálásának sikerén felbuzdulva az intézet felkérte *Holló Ferencet* a Balatoni inga [2–4, 7, 8] másolatának elkészítésére. A másolat remekül sikerült, később ezt vittük különböző kiállításokra, mint például 2001-ben a European Association of Geoscientists & Engineers (EAGE) nevű nemzetközi szervezet Amszterdamban rendezett kongresszusához kapcsolódó geofizikai műszertörténeti kiállítására. Később az ELGI saját költségén restauráltatta még a miskolci és a soproni kettős ingákat is – ezek közül a soproni már nagyon rossz és hiányos állapotban volt – azzal a feltétellel, hogy a restaurált ingák védőüveg mögé kell kerüljenek. A miskolci inga (4. ábra) restaurálása során az ELGI erről az ingáról is csináltatott egy másolatot.

A kiállítás vitrinjeiben és tárlóiban bemutattuk Eötvös Loránd családi vonatkozású, ifjúkori, személyes és tudományos tevékenységéhez tartozó tárgyait és dokumentumait (5. ábra). A kiállítás igazi szenzációja, hogy a világon egyedül itt látható a Magyarországon kifejlesztett Eötvös-féle torziós inga valamennyi változata (6. ábra), az 1890–91-ben készült ős ingától kezdve az 1950-es években kifejlesztett változatokig. Az ingákon kívül feltétlenül megemlítendő még a világ első, mechanikai elven működő gravimétere, az 1901-ben készült Eötvös-féle bifiláris graviméter és mágneses Eötvös-ingák, a mágneses transzlatométerek is [7–10].

A kiállítást 1998. szeptember 22-én a kulturális kormányzat, az Önkormányzat és a magyar tudományos élet jeles képviselőinek jelenlétében nyitottuk meg [11]. A megnyi-

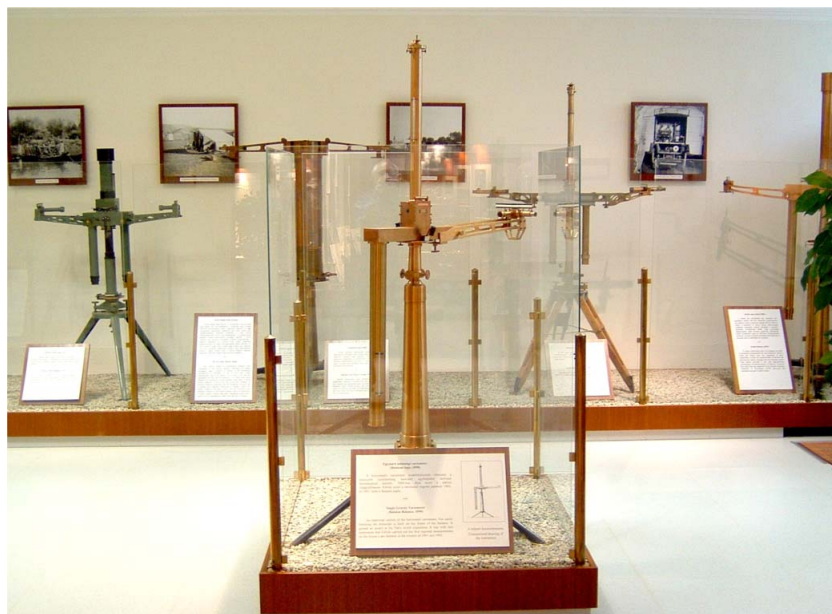
tóhoz kapcsolódva reprint formában és angol fordításban, egy bővebb angol életrajzi bevezetéssel 1000 példányban megjelentettük Eötvös három legfontosabb cikkét [3], valamint a Tájak–Korok–Múzeumok Kis-könyvtár sorozatban az Eötvös Loránd emlékkiállítás magyarázóját magyar, majd valamivel később angol nyelven is [9, 10]. Ezekben, természetesen a későbbi bővítések még nem szerepelnek.

Az Eötvös-kiállítás sikere vezetett arra az elhatározásra, hogy bemutassuk az Eötvös utáni korszak immár muzeális értékű műszereit is, amelyeket az ELGI munkatársai őriztek meg és gyűjtöttek össze a korábbi évtizedek során.

Magyarországon az 1930-as évek második felében honosodtak meg a szeizmikus, geoelektromos és mélyfúrás-geofizikai módszerek. A hazai gyakorlatban kezdetben külföldi beszerzésű műszereket alkalmaztak, majd az 1950-es évektől, de különösen a '60-as évek második felétől kezdve intenzív intézeti műszerfejlesztés kezdődött. Ennek fennmaradt és megőrzött példányai alkotják a gyűjtemény újabb kori részét (7. ábra). A gyűjtemény bemutatását további két számítógépterem felszabadulása tette lehetővé. A kiállítást a szakmai közönség részére 2001 decemberében nyitottuk meg, végleges kialakítása azonban csak 2008 végére készült el. Az Eötvös utáni korszak geofizikai műszereinek ismertetésére Baráth István 2012-ben tárlatvezető füzetet adott közre [12], ezzel egészítve ki az emlékkiállítás korábban elkészült magyarázóját.

Baráth István kitarító erőfeszítésének eredményeképpen az emlékkiállítást – egy éves ideiglenes működési engedély és a megfelelő feltételek és követelmények teljesítése után – az Oktatási és Kulturális Minisztérium 2007. március 2-án kelt MGy/673/2007 számú működési engedélye „Eötvös Loránd Emlékgyűjtemény” néven véglegesen múzeumi intézménnyé nyilvánította.

2012-ben váratlanul egy nagyon értékes dokumentummal gyarapodott a gyűjtemény. Szabó Zoltán, az ELGI Földfizikai Osztályának nyugalmazott osztályvezetője megtalálta Eötvös Loránd Beneke-pályázatra benyújtott dolgozatának német nyelvű, gót betűs, kéziratos fogalmazványát. A rossz körülmények közé került kézirat szennyezett és penészes állapota miatt az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány (ELGA)



6. ábra. Előtérben a „Balatoni” egy lengős Eötvös-inga (1900) mögötte a „kettős” Eötvös-ingák sorozata az Eötvös Loránd Emlékkiállításon, 1998.

az Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) és a Magyar Geofizikusok Egyesülete (MGE) támogatásával restauráltatta a kéziratot az Országos Széchenyi könyvtár szakértőivel. A kézirat a múzeumban megtekinthető (8. ábra).

Unger Zoltán javaslata alapján ezután fogalmazódott meg a kézirat UNESCO Világemlékezet listára való vételének szándéka, amelyet az Eötvös Loránd életművéhez szorosan kötődő hét szervezet (ELGA, ELTE, MGE, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Magyar Tudományos Akadémia, Eötvös Loránd Fizikai Társulat és Magyarhoni Földtani Társulat) egyhangúan támogatott.

7. ábra. Az Eötvös utáni korszak geofizikai műszereinek gyűjteménye (Eötvös Loránd Emlékkiállítás, 2008).



2013-ban Késmárky István geofizikus, mint a Magyar Geofizikusok Egyesületének akkori elnöke az MTA kéziratárában bukkant rá a Süss Nándor Precíziós-Mechanikai és Optikai Intézet Rt. eredeti Eötvös féle kis torziós inga című prospektusára. A másik hasonló, Gravitációs torziós inga című, a néhai Szilárd Józseftől megőrzésre kapott füzetet Szabó Zoltán bocsátotta a pályázat rendelkezésére. Mindkét füzetet az 1920-as évek második felében Pekár Dezső, az ELGI első igazgatójának útmutatása alapján állították össze, az utóbbi kifejezetten az amerikai kontinensen kizárólagos terjesztési joggal rendelkező, houstoni illetőségű George Steiner részére.

A pályázatot Szabó Zoltán és Késmárky István együtt készítették el, a támogató szervezetek együttműködését az MGE szervezte. A felterjesztést az UNESCO 2015. évi konferenciája hagyta jóvá [13, 14].

A felterjesztés előkészítésében kiemelt szerepet vállaló szervezetek képviselői az UNESCO Magyar Nemzeti Bizottság oklevelét vehették át.

A gyűjtemény gondozása és üzemeltetése a kezdetektől 2012-ig az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány feladata volt. A kiállítás hétfőn, szerdán és szombaton volt látogatható. Az üzemeltetésben, jelképes tiszteletdíjért, az ELGI nyugdíjas munkatársai vettek részt. 2012-ben az Eötvös Loránd Emlékgűjteményt létrehozó Eötvös Loránd Geofizikai Intézetet megszüntették, szerepkörét és ezzel együtt az Emlékgűjtemény gondozását is az akkor alakult Magyar Földtani és Geofizikai Intézetnek adták át. A nyugdíjas munkatársak közreműködését beszüntették, ennek következtében a szombati látogatási idő péntekre helyeződött át, következésképpen a gyűjtemény látogatása jelenleg csak munkaidőben lehetséges.

Am rövidezen, 2017-ben ez az intézet is megszűnt és az Emlékgűjtemény egy kormányhivatalhoz, a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálathoz került. 2018-ban a kormányhivatal nagymértékű (40%-os) leépítése során az Emlékkiállítás mögött álló szakemberek jelentős része eltűnt [7]. Így ma, Eötvös Loránd halálának centenáriumán egykori létrehozói némi aggodalommal tekinthetnek az Eötvös-hagyaték, illetve az Emlékkiállítás jövőjére.

Irodalom:

1. Plósz Katalin: Eötvös Loránd Emlékkiállítás az Eötvös Loránd Geofizikai Intézetben. *Fizikai Szemle* 48/12 (1998) 404.
2. Pekár Dezső: *Báró Eötvös Loránd – az ötven éves torziós inga*. Kis Akadémia, Budapest, 1941.

von der Richtung der Schwere des Wassers um einen Winkel φ_k nach ^{dem Pol} ~~dem~~ Abweichen des Lichtes zu berechnen ist. Betrachten wir nämlich die Gleichgewichtsbedingungen eines solchen Gehänges um eine West-Ostlich gerichtete horizontale Achse ^(Fig. 3) ~~des~~ ^{zu erhalten} ~~erhalten~~ für das Drehungsmoment der Schwere eines homogenen Mäßenkeiles m , die Größe:

$$-m_k g_k \sin(\varphi_k - \varphi_0)$$

und die Gleichgewichtsbedingung:

$$\sum m_k g_k \sin(\varphi_k - \varphi_0) = 0$$

wobei g_k den Drehungshalbmesser des Schwerkraftes der Masse m_k und φ_k den Winkel bedeutet den g_k mit der Richtung der Wasserschwere einschließt, g_k ist die Schwere der Masseninheit von m_k und φ_k die Abweichung ihrer Richtung von der der Wasserschwere.



8. ábra. Ízelítő minta Eötvös kéziratából (Eötvös Loránd Emlékkiállítás, 2012).

3. Szabó Zoltán: Eötvös the man, the scientist, the organizer. In *Three fundamental papers of Loránd Eötvös*. (É. Kilényi, Zs. Hegybíró eds.) Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Budapest, 1998.
4. Kovács László: *Eötvös Loránd a tudós-tanár*. Berzsenyi Dániel Főiskola Fizikai Tanszék, Szombathely, 2001.
5. Polcz Iván: *Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet története I. – 1907–1964*. Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Budapest, 2003.
6. Baráth István és társai: *A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet helyzete, szervezeti felépítése, tevékenysége és finanszírozása 1965-től 2012-ig*. In *Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet története II. – 1965–2012*. (szerk. Bodoky T., Polcz I.) Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Budapest, 2016.
7. Szabó Zoltán, Bodoky Tamás: Eötvös Loránd a geofizikus, a műszeres geofizikai kutatások „atyja”. In *Eötvös Loránd Emlékialbum*. (szerk. Dobszay T., Estók J., Gyáni G., Patkós A.) Kosuth Kiadó, Budapest, 2019.
8. Baráth István, Szabó Zoltán: *Báró Eötvös Loránd Emlékgűjtemény*. In *Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet története II. – 1965–2012*. (szerk. Bodoky T., Polcz I.) Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Budapest, 2016.
9. Baráth István, Szabó Zoltán: *Eötvös Loránd Emlékkiállítás*. Tájékok–Korok–Múzeumok Kiskönyvtára, 584A, TKM Egyesület, Budapest, 1999.
10. Baráth István, Szabó Zoltán: *Loránd Eötvös Memorial Exhibition*. Tájékok–Korok–Múzeumok Kiskönyvtára, 584, TKM Egyesület, Budapest, 1999.
11. Tóth Lajos: Eötvös Loránd Emlékkiállítás nyílt az ELGI-ben. *Magyar Geofizika* 39/3 (1998) 106–108.
12. Baráth István: *Eötvös Loránd Emlékgűjtemény – Tárlatvezető*. Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Budapest, 2012.
13. Szabó Zoltán, Késmárky István: Eötvös Loránd életműve két kiemelkedő eredményével kapcsolatos dokumentum. In *Az UNESCO Világemlékezet lista magyarországi elemei*. Az UNESCO Magyar Nemzeti Bizottsága, Budapest (2016) 35–44., http://realeod.mtak.hu/2366/1/Ms_5890_67.pdf
14. Szabó Zoltán, Késmárky István: Az Eötvös Loránd-féle torziós ingához fűződő dokumentumokkal bővült az UNESCO világemlékezet-listája. *Magyar Geofizika* 56/3 (2015) 179–181.

Az 1900-as évek elején *Oskar Hecker* professzor vezetésével német tudósok hajón gravitációs méréseket végeztek az Atlanti-, az Indiai- és a Csendes-óceánon. Eredményeikben egy, a mérési pontosságot meghaladó szórás jelent meg. Mivel a mérési körülményeket pontosan dokumentálva adták közre az adatokat tanulmányozva vette észre *Eötvös Loránd*, hogy a hajó mozgásának iránya és a mért gravitációs-tér-erősség értékeinek szisztematikus eltérései között kapcsolat van. Az értékek alacsonyabbak, illetve magasabbak voltak, amikor a hajó közben kelet, illetve nyugat felé mozgott. A ma Eötvös-effektusnak nevezett jelenség oka a forgó koordináta-rendszerben fellépő

$$\mathbf{F}^{Cor} = 2 m \mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega}_f \quad (1)$$

Coriolis-erő, ahol $\boldsymbol{\omega}_f$ a Föld szögsebességvektora, \mathbf{v} a test sebessége, m pedig a test tömege. A Coriolis-erő a tehetetlenségi erők egyike, amelyeket azért vezetünk be, hogy a gyorsuló koordináta-rendszerekben is formálisan érvényes maradjon Newton II., $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$ törvénye.

Eötvös egész munkásságát alapvetően meghatározó hihetetlen pontosságra való törekvését jól mutatja, hogy az Egyenlítő mentén 100 km/h sebességgel mozogva a Coriolis- és a nehézségi erő aránya

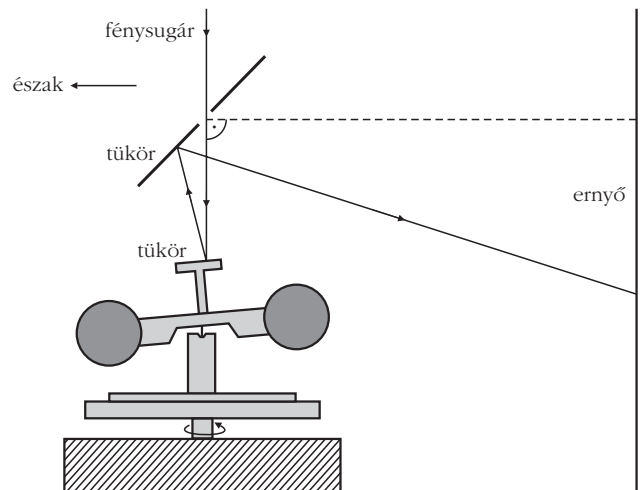
$$\frac{2 v \omega_f}{g} \approx 0,04\%. \quad (2)$$

Tehát a mozgó hajón való mérés „hibája” a 4., illetve inkább csak az 5. jegyben jelenik meg. Fontos megjegyezni, hogy Eötvös javaslatára Hecker a Fekete-tengeren megismételte a méréseket, és azok Eötvös számításait egyértelműen igazolták.

A jelenség demonstrálására Eötvös 1915-ben készítette el a ma Eötvös-mérlegnek nevezett berendezést. Az eszközt több előadásban személyesen is bemutatta, de a róla szóló publikáció csak halála után jelent meg [1, 2]. Ennek egy modern elektronika felhasználásával megvalósított változatán végeztek méréseket a 2019-es Fizika OKTV I. kategória III. kísérleti fordulójába bejutott tanulók. A cikkben először bemutatjuk a megépített berendezést, ezután részletesen



Groma István fizikus, egyetemi tanár, az ELTE Anyagfizikai Tanszékének vezetője. Kutatási területe a diszlokációszerkezet változásainak kísérleti vizsgálata és elméleti értelmezése. Az ELFT főtitkára, a fizika OKTV zsűri volt elnöke.



1. ábra. Az Eötvös-mérleg sematikus rajza.

levezetjük a forgó mérleg mozgását leíró mozgásegyenletet, majd meghatározzuk a rendszer rezonanciagörbéjét. Végül bemutatjuk és elemezzük a kapott kísérleti eredményeket.

A megvalósított Eötvös-mérleg

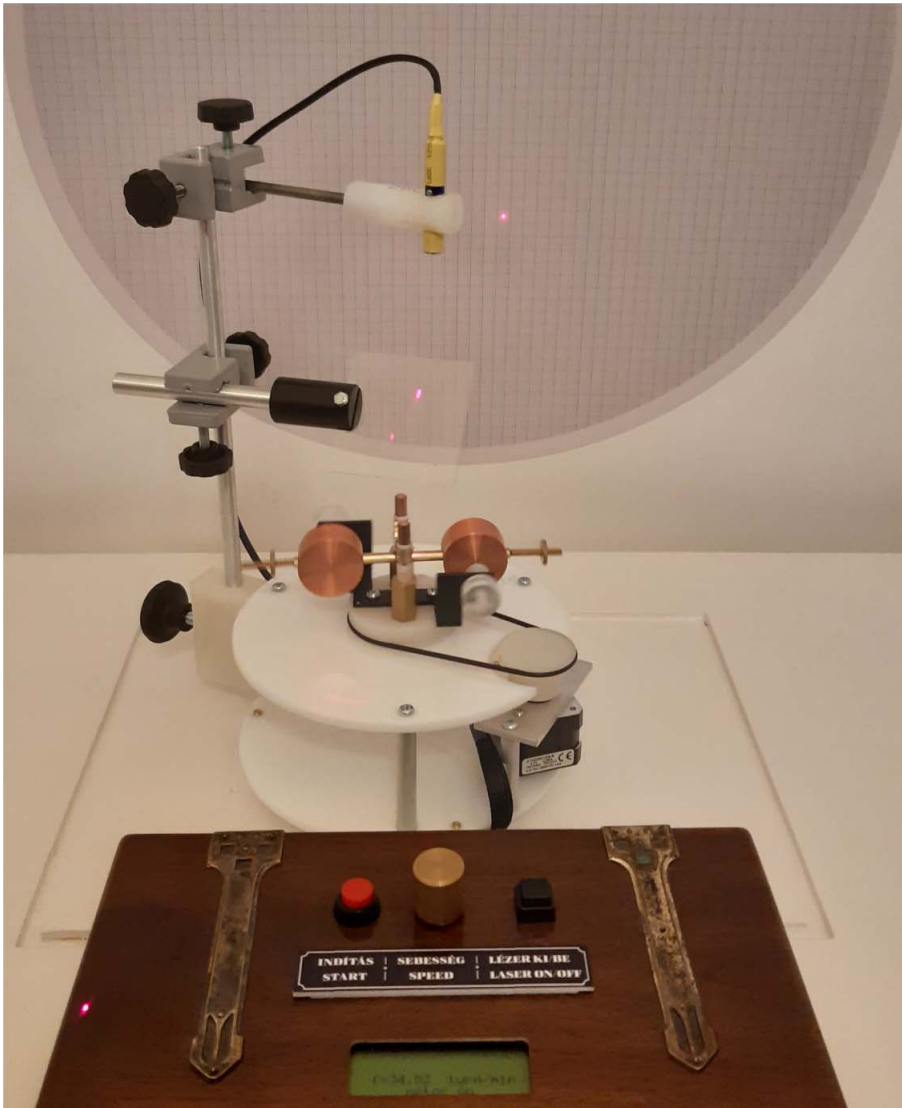
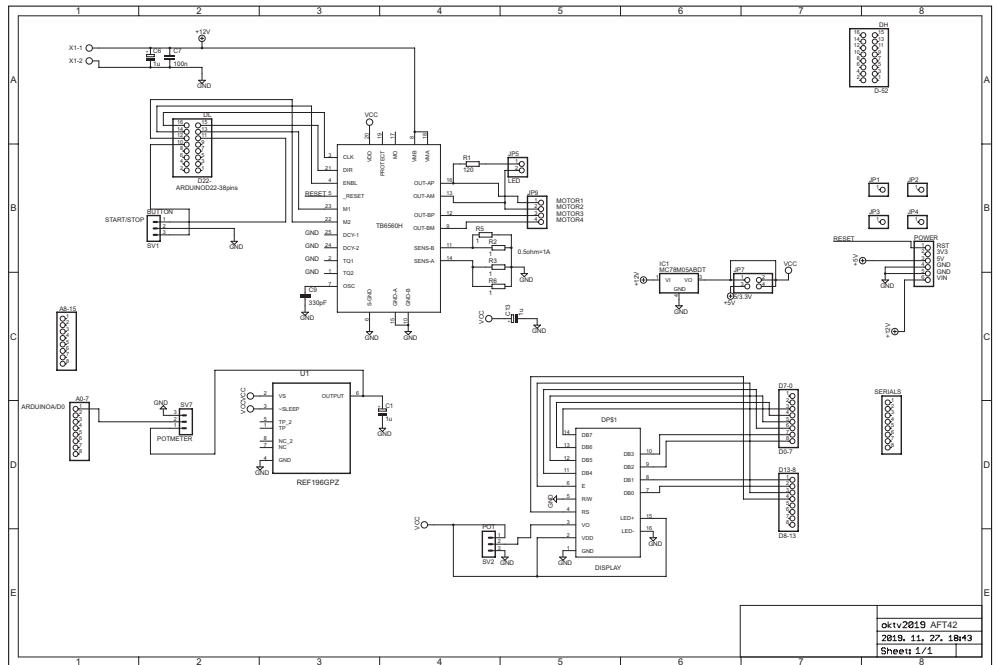
Az Eötvös által készített eszköz sematikus rajza az 1. ábrán, az Eötvös Loránd Emlékgyűjteményben található eredeti eszközről készült fénykép a címlapon látható.

A berendezés alapja a két tűsapágyon billegni képes rúd két végén elhelyezett két nagyobb, henger alakú tömeg. Az így kialakított „mérleget” a billegési tengelyre merőleges tengely körül meghatározott szögsebességgel forgatjuk. Ekkor a Coriolis-erő következtében a mérlegre egy periodikus, gerjesztő forgatónyomaték hat. Ennek következtében – egy átmeneti transziens szakasz után – a forgatás szögsebességétől függő állandó amplitúdójú rezgés jön létre (a részletes elméletet a következő fejezetben ismertetjük). A mérleg mozgását a rúdra helyezett tükrőről visszaverődő fénysugár elmozdulásával detektáljuk.

Az eredeti berendezésben Eötvös a forgatást precíziós óraszerkezettel oldotta meg. Az általunk épített eszközben a forgatást – gumigyűrűs áttétlen keresztül – egy léptetőmotorral valósítottuk meg. Ennek vezérlését egy TB6560-H típusú léptetőmotor meghajtó IC biztosítja, amelyet egy Arduino Due mikrokontroller vezérel. A pontos forgatási sebesség eléréséhez a mikrokontroller „Timer Interrupt”-ját használjuk. Az 50 és 140 fordulat/perc között változtatható fordulatszám potencióméterrel állítható, aktuális értékét pedig a mikrokontroller méri és egy általa meghajtott LED-es kijelzőn jeleníti meg. A forgatás egy nyomógombbal indítható, illetve állítható meg. Az mikrokontrollerre épített áramkör sematikus rajza a 2. ábrán látható.

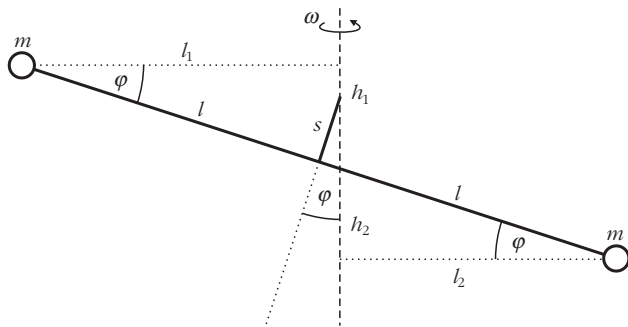
2. ábra. Az Arduino Due mikrokontrollerre épített áramkör.

A berendezés kritikus része a tücsapágy. A célból, hogy a mérleg lengésének amplitúdója nagy legyen, a csapágyat úgy kell kialakítani, hogy az itt fellépő súrlódás a lehető legkisebb legyen. Ezért a tücsapágyat igen kemény csapágyacélből, köszörléssel készítettük el. A tű hegye egy körülbelül 0,1 mm rádiuszú félgömb, amely egy 1 mm sugarú, szintén csapágyacélből készült fészkekben tud forogni.



Eszközünket – az eredeti, Eötvös-féle berendezéshez képest – a két henger közelében elhelyezett erős mágnessel egészítettük ki úgy, hogy a mágnesek hengerektől való távolsága változtatható legyen. Ez a mozgó hengerekben fellépő örvényáram hatására a henger sebességével arányos csillapítást eredményez. Erre a szabályozható mértékű csillapításra azért van szükség, mert – a tapasztalat szerint – ennek hiányában a mérleg igen nagy amplitúdójú (körülbelül 30°) rezgésbe jön. Ekkor azonban a mérleg mozgásában, a szögelfordulásban a nemlineáris tagok már jelentőssé válnak. Ennek következtében a nemlineáris kényszerrezgések elméletében ismert jelenségek lépnek fel, amelyek a mérések egyszerű kiértékelését nagyban megnehezítik. A mágnesek távolságának megfelelő beállításával a rezgést a lineáris tartományban tudjuk tartani. A megvalósított eszköz a 3. ábrán látható.

3. ábra. Az OKTV-re megépített mérleg. A <http://fizikaiszemle.hu/extra/groma1912> webhelyen, vagy a képre kattintva videó mutatja működését.



4. ábra. A mérleg geometriája.

A mérleg mozgásának elméleti leírása

A mérleg geometriája

Az egyszerűség kedvéért először tételezzük fel, hogy a mérleg egy $2l$ hosszúságú, elhanyagolható tömegű rúd két végén elhelyezett két, pontszerű, m tömegből áll (4. ábra). A rúd és a „billegési” tengely közötti távolság legyen s .

Vegyük fel egy, a mérleghez rögzített K koordináta-rendszert, úgy hogy annak z tengelye legyen a forgástengely, míg y tengelye legyen a két tűcsapágy által meghatározott „billegési” tengely. Ekkor a mérleget a vízszinteshez képest φ szöggel kitérítve az alábbi alakban adhatjuk meg a tömegek koordinátáit (lásd 4. ábrán bevezetett jelöléseket):

$$\mathbf{r}_1 = (-l_1, 0, h_1), \quad (3)$$

$$\mathbf{r}_2 = (l_2, 0, -h_2). \quad (4)$$

Az ábra alapján

$$l_1 = (l + s \operatorname{tg} \varphi) \cos \varphi, \quad (5)$$

$$h_1 = (l + s \operatorname{tg} \varphi) \sin \varphi - \frac{s}{\cos \varphi}, \quad (6)$$

$$l_2 = 2l \cos \varphi - l_1, \quad (7)$$

$$h_2 = 2l \sin \varphi - h_1 \quad (8)$$

adódik. A továbbiakban csak a kis elfordulások esetével foglalkozunk, ezért φ -ben lineáris tagokig sorfejtéssel azt kapjuk, hogy

$$l_1 \approx l + s \varphi, \quad (9)$$

$$h_1 \approx l \varphi - s, \quad (10)$$

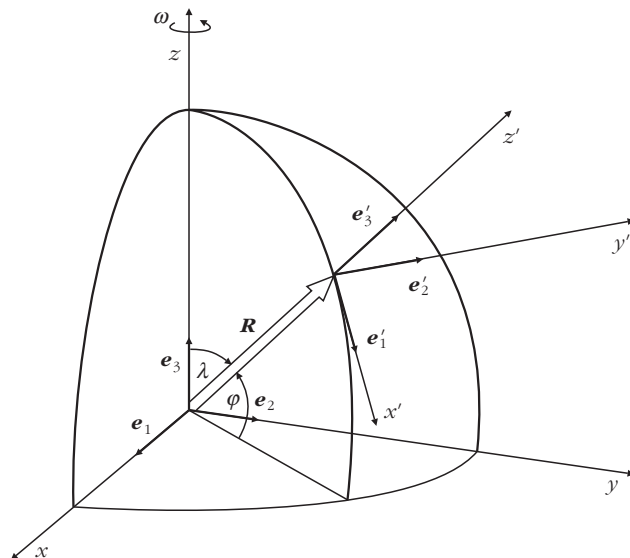
$$l_2 \approx l - s \varphi, \quad (11)$$

$$h_2 \approx l \varphi + s. \quad (12)$$

Tehát

$$\mathbf{r}_1 = (-l - s \varphi, 0, l \varphi - s), \quad (13)$$

$$\mathbf{r}_2 = (l - s \varphi, 0, -l \varphi - s).$$



5. ábra. A Földhöz rögzített koordináta-rendszer.

A mérlegre ható Coriolis-erő

A Coriolis-erő forgatónyomatékának meghatározásához tekintsük az 5. ábrán látható, Földhöz rögzített K' koordináta-rendszert. A z' tengely mutasson a Föld középpontjából kifelé. Az y' tengely essen a kísérlet helyének megfelelő hosszúsági kör érintőjébe, irányítása a Föld forgásának irányába mutasson. Az x' tengelyt pedig úgy vegyük fel, hogy jobbsodrású koordináta-rendszert kapjunk. A z' tengely Föld forgástengelyével bezárt szögét jelöljük λ -val.

A forgó Földön a forgatott mérleg egyik tömegére ható Coriolis-erő

$$\mathbf{F}_{1,2}^{\text{Cor}} = 2m\mathbf{v}'_{1,2} \times \boldsymbol{\omega}_f, \quad (14)$$

ahol $\boldsymbol{\omega}_f$ a Föld szögsebességvektora, $\mathbf{v}'_{1,2}$ pedig ebben a koordináta-rendszerben az 1-es, illetve a 2-es test sebessége. Mivel a test koordinátáit a K testhez rögzített rendszerben a (13) kifejezés adja meg, a K' rendszerben a megfelelő koordinátákat a

$$\hat{\mathbf{O}} = \begin{pmatrix} \cos(\omega t) & \sin(\omega t) & 0 \\ -\sin(\omega t) & \cos(\omega t) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (15)$$

elforgatási operátorral való szorzással kapjuk meg, ahol ω a forgatás szögsebessége. Ezzel

$$\mathbf{r}'_{1,2} = \begin{pmatrix} x'_{1,2} \\ y'_{1,2} \\ z'_{1,2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (\mp l - s \varphi) \cos(\omega t) \\ -(\mp l - s \varphi) \sin(\omega t) \\ \pm l \varphi - s \end{pmatrix}. \quad (16)$$

Innen az idő szerinti deriválás után a sebesség

$$\mathbf{v}'_{1,2} = (\pm l \omega \sin(\omega t), \pm l \omega \cos(\omega t), 0), \quad (17)$$

ahol az egyszerűség kedvéért csak a vezető, φ -tól független tagokat, tartottuk meg.

A Coriolis-erő kiszámításához szükségünk van még az ω_f komponenseire a K' rendszerben. Az 5. ábra alapján

$$\omega_f = \omega_f(-\sin\lambda, 0, \cos\lambda). \quad (18)$$

Ezt felhasználva az $\mathbf{F}'_{1,2}{}^{Cor} = 2m\mathbf{v}'_{1,2} \times \omega_f$ Coriolis-erő:

$$\mathbf{F}'_{1,2}{}^{Cor} = 2ml\omega_f \begin{pmatrix} \pm\cos(\lambda)\cos(\omega t) \\ +\cos(\lambda)\sin(\omega t) \\ \pm\sin(\lambda)\cos(\omega t) \end{pmatrix}. \quad (19)$$

Mivel nekünk a Coriolis-erőre a K koordináta-rendszerben van szükségünk $\mathbf{F}'_{1,2}{}^{Cor}$ -t meg kell szorozni $\hat{\mathbf{O}}$ transzponáltjával, amely K' -ből K -ba transzformál egy vektort:

$$\mathbf{F}_{1,2}{}^{Cor} = 2ml\omega_f \begin{pmatrix} \pm\cos(\lambda)(\cos^2(\omega t) - \sin^2(\omega t)) \\ 0 \\ \pm\sin(\lambda)\cos(\omega t) \end{pmatrix}. \quad (20)$$

A mérleg mozgásegyenletében (lásd alább) ezen erő forgatónyomatékának y komponensére van szükség, amely a (13) és (20) egyenletek felhasználásával:

$$M_{1,2,y}{}^{Cor} = -2ml\omega_f \sin(\lambda)(l\pm s\varphi)\cos(\omega t) + 2m\omega_f \cos(\lambda)(l\varphi + s)(\cos^2(\omega t) - \sin^2(\omega t)). \quad (21)$$

A mérlegre ható két forgatónyomaték összege:

$$M_{Cor} = -4ml^2\omega_f \sin(\lambda)\cos(\omega t), \quad (22)$$

ahol a φ -vel arányos tagot ismét elhanyagoltuk. Bevezetve az $\omega_f^* = \omega_f \sin(\lambda)$ jelölést

$$M_{Cor} = -4ml^2\omega_f^* \cos(\omega t). \quad (23)$$

A mérleg mozgásegyenlete

A forgatott mérleg mozgásegyenletének felírásához a mérleghez rögzített forgó koordináta-rendszerben vizsgáljuk a mozgást! E rendszerben a mérleg csak a két tűcsapágy által meghatározott tengely körül végez billegő mozgást. Így a probléma egy rögzített tengely körüli forgásnak felel meg. Ekkor a mérleg elbillenését megadó φ szögre a

$$\Theta_{22}\ddot{\varphi} = M_2 \quad (24)$$

mozgásegyenletet írhatjuk fel, ahol M_2 a testre ható külső erők forgatónyomatékának y komponense és Θ_{ij} a Θ tehetetlenségnyomaték-tenzor ij -ik komponense.

A Coriolis-erőn kívül még a nehézségi erő és a K mérleghez rögzített rendszerben a centrifugális erő, valamint a levegő sűrűlódása és a beépített mágnesek

miatt megjelenő örvényáramok következtében fellépő fékező erő hat a rendszerre. Ez jó közelítéssel a test sebességével, így $\dot{\varphi}$ -tal arányos. Tehát a mérleg mozgásegyenlete

$$\Theta_{22}\ddot{\varphi} = M_{grav} + M_{centrifugális} + M_{Cor} + M_{sűrűlódás}. \quad (25)$$

A mérleg geometriájából látható, hogy a tehetetlenségi nyomaték

$$\Theta_{22} = 2m(l^2 + s^2), \quad (26)$$

a gravitációs erő forgatónyomatéka

$$M_{grav} = -mg(l_1 - l_2) \approx -2mgs\varphi, \quad (27)$$

a centrifugális erő forgatónyomatéka

$$M_{centrifugális} = -m\omega^2(l_1 h_1 + l_2 h_2) \approx -2m\omega^2(l^2 - s^2)\varphi \quad (28)$$

és a sebességgel arányos sűrűlódási erő forgatónyomatéka

$$M_{sűrűlódás} = -2\lambda l^2 \dot{\varphi}. \quad (29)$$

A fentiek alapján a mozgásegyenlet komplex alakban

$$(l^2 + s^2)\ddot{\varphi} = -gs\varphi - \omega^2(l^2 - s^2)\varphi - 2\beta l^2 \dot{\varphi} - 2l^2\omega\omega_f^* e^{i\omega t}, \quad (30)$$

ahol

$$2\beta = \frac{\lambda}{m}. \quad (31)$$

Abban az esetben, ha a mérleg végére elhelyezett testek nem pontszerűek, a (30) egyenletet kell általánosítani. A kiterjedt testet felfoghatjuk mint sok, megfelelő s_i és l_i távolságokkal megadott, 1. ábra szerinti m_i tömeggel rendelkező konfiguráció összességét, amelyekre egyenként igaz az

$$m_i(l_i^2 + s_i^2)\ddot{\varphi} = -m_i g s_i \varphi - m_i \omega^2(l_i^2 - s_i^2)\varphi - 2m_i \beta l_i^2 \dot{\varphi} - 2m_i l_i^2 \omega \omega_f^* e^{i\omega t} + M_i^b \quad (32)$$

egyenlet, ahol M_i^b a merev testben fellépő belső kényszererők forgatónyomatéka. Ezek biztosítják, hogy mindegyik részrendszer ugyanannyit forduljon el. A fenti egyenlet azt fejezi ki, hogy az i -edik alrendszer impulzusmomentuma forgástengely irányú vetületének idő szerint deriváltja egyenlő a rá ható erők forgatónyomatékának ugyanilyen irányú vetületével.

A teljes rendszer mozgásegyenletét a fenti egyenletek összegezésével kapjuk. A belső erők forgatónyo-

matékának összege nulla, mivel a kényszererők virtuális munkája

$$\delta W = \sum_{i=1}^N M_i \delta \varphi = 0. \quad (33)$$

Ezek alapján a mozgásegyenlet

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^N m_i (l_i^2 + s_i^2) \ddot{\varphi} = \sum_{i=1}^N m_i [-g s_i \varphi - \\ - \omega^2 (l_i^2 - s_i^2) \varphi - \\ - 2 \beta' l_i^2 \dot{\varphi} - \\ - 2 l_i^2 \omega \omega_f^* e^{i\omega t}]. \end{aligned} \quad (34)$$

Fontos megjegyezni, hogy a φ -tal arányos teljes súrlódási erőt, mint az egyes pontokra ható súrlódási erők összegét nem lehet megadni. Ezt egy β' bevezetésével vettük figyelembe.

Célszerű bevezetni a következő mennyiségeket:

$$l = \frac{\sum_{i=1}^N m_i l_i}{M} \quad (35)$$

és

$$s = \frac{\sum_{i=1}^N m_i s_i}{M}, \quad (36)$$

valamint

$$\Delta l^2 = \frac{\sum_{i=1}^N m_i (l_i - l)^2}{M} \quad (37)$$

és

$$\Delta s^2 = \frac{\sum_{i=1}^N m_i (s_i - s)^2}{M}, \quad (38)$$

ahol

$$M = \sum_{i=1}^N m_i. \quad (39)$$

Érdeemes megjegyezni, hogy s és l a szimmetriasík egyik felére eső rész súlypontjának két koordinátája $\varphi = 0$ esetén. Ezzel a (34) egyenlet az alábbi alakú:

$$\begin{aligned} (l^2 + \Delta l^2 + s^2 + \Delta s^2) \ddot{\varphi} = g s \varphi - \\ - \omega^2 (l^2 + \Delta l^2 - s^2 - \Delta s^2) \varphi - \\ - 2 \beta' (l^2 + \Delta l^2) \dot{\varphi} - \\ - 2 (l^2 + \Delta l^2) \omega \omega_f^* e^{i\omega t}. \end{aligned} \quad (40)$$

A megoldást

$$\varphi(t) = A e^{i\omega t} \quad (41)$$

alakban keressük. Behelyettesítés után adódik, hogy

$$\begin{aligned} -\omega^2 (l^2 + \Delta l^2 + s^2 + \Delta s^2) A = -g s A - \\ - \omega^2 (l^2 + \Delta l^2 - s^2 - \Delta s^2) A - \\ - 2 i \omega \beta' (l^2 + \Delta l^2) A + \\ + 2 (l^2 + \Delta l^2) \omega \omega_f^*. \end{aligned} \quad (42)$$

Ahonnán

$$A = \frac{-2 l^2 \omega \omega_f^*}{-2 \omega^2 (s^2 + \Delta s^2) + g s + 2 i \omega \beta' l^2}, \quad (43)$$

ahol – az egyszerűség kedvéért – feltételeztük, hogy $l^2 \gg \Delta l^2$, amely a valódi megvalósításnál jó közelítésnek tekinthető. Minket a rezgés amplitúdója érdekel, ami

$$|A| = \frac{2 \omega \omega_f^* l^2}{\sqrt{(g s - 2 \omega^2 (s^2 + \Delta s^2))^2 + 4 \omega^2 (\beta' l^2)^2}}. \quad (44)$$

Könnyen látható, hogy a rezonanciafrekvencia (ahol $|A(\omega)|$ -nak maximuma van)

$$\omega_r = \sqrt{\frac{g s}{2 (s^2 + \Delta s^2)}}. \quad (45)$$

Míg az amplitúdó a rezonancián

$$A_r = \frac{\omega_f}{\beta'}. \quad (46)$$

Ezzel a rezonanciagörbe az alábbi alakra rendezhető:

$$|A| = \frac{A_r \alpha \omega}{\sqrt{(\omega_r^2 - \omega^2)^2 + \omega^2 \alpha^2}}, \quad (47)$$

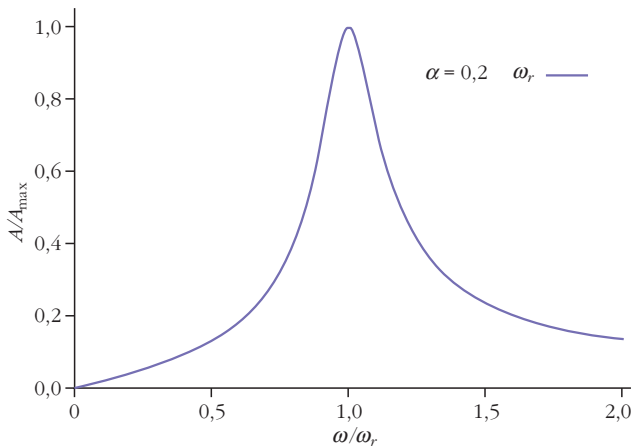
ahol $\alpha = 2\beta' l^2$. A görbe a 6. ábrán látható. Megjegyezzük, hogy a rezonanciafrekvenciában fellépő

$$2 (s^2 + \Delta s^2) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^N m_i l_i^2 \quad (48)$$

mennyiség megadható a rendszer Θ tehetetlenségi nyomaték-tenzorának diagonális komponenseivel. A K rendszerben a korábban bevezetett jelölésekkel

$$\Theta_{11} = \sum_{i=1}^N m_i (s_i^2 + y_i^2), \quad (49)$$

$$\Theta_{22} = \sum_{i=1}^N m_i (l_i^2 + s_i^2), \quad (50)$$



6. ábra. A rezonanciagörbe.

$$\Theta_{33} = \sum_{i=1}^N m_i (l_i^2 + y_i^2), \quad (51)$$

ahol y_i a kérdéses pont y koordinátája. Látható, hogy

$$2(s^2 + \Delta s^2) = \frac{1}{M} (\Theta_{22} + \Theta_{11} - \Theta_{33}). \quad (52)$$

A gyakorlatban megvalósuló esetre érvényes még, hogy $s^2 \ll \Delta s^2$, így

$$\omega_r = \sqrt{\frac{g s}{2 \Delta s^2}}. \quad (53)$$

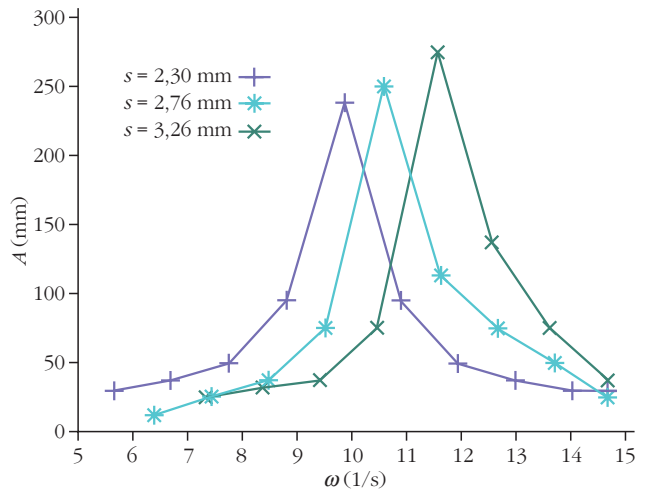
Megjegyezzük, hogy forgatás nélkül a rezgés frekvenciája

$$\omega_{\text{rezgés}} = \sqrt{\frac{M g s}{\Theta_{22}}} = \sqrt{\frac{g s}{l^2 + \Delta l^2 + s^2 + \Delta s^2}}, \quad (54)$$

ami kis s/l aránynál jelentősen eltér, (még kicsi Δs^2 , tehát közel pontszerű, tömegek esetén is) ω_r -tól. Azaz a rezonanciafrekvencia nem a forgatás nélküli eset rezgési frekvenciájánál van. A mozgásegyenletet analizálva megállapítható, hogy az eltérés oka a forgó rendszerben fellépő centrifugális erő.

Mérési eredmények

Amikor a forgatás elindítása után körülbelül 1 perc elteltével beáll a fentiekben tárgyalt, állandó amplitúdójú, ω frekvenciájú rezgés, a mérlegre szerelt tükörről visszaverődött fénysugár egy kört ír le. Jól megfigyelhető, hogy a kör sugara a forgatás szögsebességének függvényében változik. A kör sugarának mérésével elvben fel lehet venni a rezgés amplitúdójának szögsebességfüggését, de a mérés könnyebben kivitelezhető úgy, hogy a stacionárius állapot elérése után hirtelen megállítjuk a forgatást. Ekkor a mérleg lengésének amplitúdóját megmérve fel tudjuk venni a rezonanciagörbét. A berendezés úgy van kialakítva, hogy a súlypont-forgástengely távolság változtatható, így a rezonanciafrekvencia ettől való függése kimérhető.



7. ábra. Rezonanciagörbe 3 különböző s mellett.

Három különböző súlyponttávolságnál a fordulatszám függvényében mért fordulatszám-rezgési amplitúdó görbék láthatók a 7. ábrán.

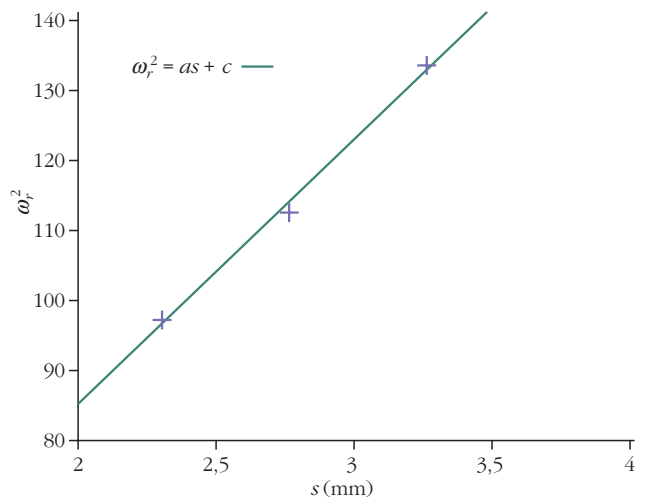
Az elméleti várakozásnak megfelelően éles rezonanciagörbe alakul ki. A három mérésből kapott $\omega_r^2 - s$ összefüggés a 8. ábrán látható. Megállapítható, hogy a mért adatok megfelelnek az elméleti várakozásnak, ω_r^2 arányos s -sel.

A 2019-es Fizika OKTV III., kísérleti fordulójában kitűzött feladatok és a hivatalos megoldási útmutató megtalálható a https://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/kozoktatas/tanulmanyi_versenyek/oktv/oktv2018_2019_donto/fiz1_javut_d_oktv_1819.pdf weblapon.

Összefoglalás

1851-ben *Foucault* híres ingakísérletével bizonyította a Föld forgását. Az inga lengési síkjának elfordulását ugyanúgy a Coriolis-erő okozza, mint az Eötvös-mérleg esetében a lengést. Ugyanakkor a Foucault-inga a mi szélességi körünkön 11,5°-ot fordul el óránként. Tehát ahhoz, hogy a jelenség megfigyelhető legyen

8. ábra. A mért $\omega_r^2 - s$ összefüggés.



minimum 10 percre van szükség. Ezenkívül, azért, hogy az inga minimum több 10 percig lengeni tudjon egy 10 métert meghaladó hosszúságú ingára van szükség. Ugyan az elfordulás mértéke független az inga hosszától, de hosszú inga esetén a végén elhelyezett golyó lassan mozog, így a levegő sebességgel arányos fékezése kisebb. Mindez azt eredményezi, hogy az inga felállítása és a jelenség megfigyelése igen speciális feltételeket igényel. Ugyanakkor az Eötvös-féle mérleg könnyedén elfér egy asztalon és a jelenség megfigyelése pillanatok alatt lehetséges. Így ez egy igen hatékony, könnyen bemutatható eszköz a Föld forgásának bizonyítására. Érdemes megjegyezni, hogy a Foucault- és az Eötvös-féle mérés között alap-

vető különbség, hogy Eötvös rezonancián alapuló mérést alkalmaz, amely képes arra, hogy „statikusan” mérve kis effektusokat „felerősítsen”. Nem véletlen, hogy a fizikatörténet számos meghatározó kísérletében is rezonanciamódszert használtak.

Irodalom

1. Eötvös, R.: Experimenteller Nachweis der Schwereänderung die ein auf normal geformter Erdoberfläche in östlicher oder westlicher Richtung bewegter Körper durch diese Bewegung erleidet. *Annalen der Physik* 59 (1919) 743–752.
2. Eötvös Loránd: Kísérleti kimutatása annak a nehézségi változásnak, amelyet valamely, a szabályos alakúnak felvett földfelületen keleti vagy nyugati irányban mozgó test e mozgás által szenved. *Matematikai és Természettudományi Értesítő* XXXVII/1 (1920) 1–28.

OLVASÁS KÖZBEN...

A *Fizikai Szemle* 2019-ben igazán dicséretesen emlékezett meg Eötvös Loránd halálának centenáriumáról. Már a 2018/11 szám címlapjára felkerült a Ság-hegyen végzett mérésről készült, azóta híressé vált fotó egy részlete, belül pedig tudósítás a D épület előtti emléktábla leleplezéséről, majd az Eötvös Loránd Fizikai Társulat elnökének avató beszéde. Az Európai Fizikai Társulat fizikatörténeti emlékhelyé nyilvánította azt az épületet, amelyben Eötvös a súlyos és tehetetlen tömeg arányosságát nagy pontossággal igazoló kísérleteit végezte.

2019. januártól kezdve minden számban megjelent legalább egy, Eötvös Loránd munkásságával kapcsolatos írás. Szó volt Eötvös időszerűségéről, akadémiai elnöki tevékenységéről, a fiatal Eötvös egyetemi előadásairól egy nemrég felbukkant előadási jegyzet nyomán, előadási kísérleteinek gyöngyszemeiről, magáról az Eötvös-ingáról és az ekvivalenciamekéresek megismétléséről.

A 2019. novemberi számban *Egy magyar tudós két háború között* címmel az ELTE egyik vegyész professzora adott áttekintést Eötvös Loránd életéről és munkásságáról. A cikk legértékesebb és legszínvonalasabb része Eötvös felületi feszültséggel kapcsolatos kutatásairól szól. Közli az azóta már Eötvös-állandónak elnevezett folyadékjellemző Eötvös által mért értékeit különböző folyadékok esetén, s meg is adja az eltérések mai magyarázatát. „Érdemes itt azt is megjegyezni, hogy Eötvös fénysugarak reflexióján, illetve ezen keresztül a görbület mérésén alapuló felületfeszültség-meghatározási módszerét a róla elnevezett egyetem Fizikai Kémiai Tanszékén manapság is alkalmazzák” – olvashatjuk e rész záró szakaszában.

Csak sajnálhatjuk, hogy cikke elején és vége felé a szerző több olyan területre téved, ahol már nem mozog ilyen biztonsággal. „Érdekes megemlíteni a fiú születésekor anyakönyvezett nevét is: Báró Vásárosnaményi Eötvös Lóránd Ágoston Ignác Albert József” – írja, majd így folytatja: „Ennek azóta több változata is ismeretes. Maga Eötvös a Lórándot követő neveket nem használta, a Vásárosnaményi előtagot is ritkán; külföldön megjelent publikációiban pedig Roland Eötvös néven szerepelt. A Lóránd hosszú ó-ja nem elírás: Eötvös egész életében így használta, aláírásaiban is így szerepel.” Ez sajnos tévedés.

A most megjelent *Eötvös Loránd Emlékalbum*¹ Devescovi Balázs tanulmányának illusztrációjaként látható a szüle-

tési anyakönyvi bejegyzés kinagyítása, amelyben teljesen világosan kitűnik a Loránd (nem Lóránd) szó. Ugyanezen cikkhez társul később a halálozási anyakönyvi bejegyzés, amelyben Loránd szerepel.

Eötvös aláírásaiból az *Emlékalbum* 24. oldalán, az általa kézírással *Kosztolányi Árpádnak* (Dezső apjának) adott bizonyítvány fényképe alatt világos az aláírásban szereplő „Lóránd”. Ez 1881-es. Van még fénykép a 27. oldalon a III. tanulmányversenyre általa kitűzött feladat kézírásos szövegéről 1896-ból, szintén „Lóránd” alakkal. Fiatalabb éveiből csak az öt megnevező dokumentumok fényképei láthatók az albumban: *Petzval Ottó* 1871-es tanúsítványa arról, hogy Eötvös Lorándot megismertette 1864/65-ben a felsőbb mennyiség-tan alapelveivel, továbbá a Természettudományi Társulat 1873-as díszoklevele pártoló taggá válása alkalmából. Mindkettőn „Lóránd”-ként említik, csak úgy mint a Matematikai és Fizikai Társulat 1894-es tagsági jegyén.

Mondhatnánk: nem nagy ügy, miért kellene ezt felfújni? De ha újra elolvassuk a cikkből fent idézett sorokat, rá kell jönnünk, hogy ezt az ügyet maga a szerző fújta fel. Ha szó nélkül maradna most a hamis állítás, az bizony elbizonytalaníthatná a *Fizikai Szemle* olvasóit – fizikusokat, tanárokat egyaránt. És ugyanilyen okból kell megemlítenünk a cikkben az Eötvös-effektus ismertetésében szereplő hibás állításokat is, például a következőt:

„... olyan körfrekvenciával forgatjuk, ami éppen meg egyezik a mérleg lengési idejével...” Itt a legnagyobb jóindulattal is csak azt mondhatjuk, hogy a szerző jóra gondol, csak rosszul fejezi ki magát. Mint amikor valaki -suk-sukölve beszél, vagy írásban helyesírási hibát vét: értjük, mit akar mondani. Amikor azonban valaki következetesen centripetálist mond centrifugális helyett, ez már a fizikában nem vehető bocsánatos bűnnek. Az oldal alján ez áll: „...a gravitációs gyorsulás mérhető értéke a Föld vonzása és a centripetális gyorsulás eredőjeként áll elő”. A szerző ragaszkodik is ehhez a téves állításhoz, amikor azt írja, hogy a centripetális erő csökkent a Föld vonzását. Nyilván centrifugális erőt kellene mondania még ebben a pontyolán megfogalmazott állításában is, amellyel az Eötvös-effektust próbálja magyarázni.

Csak sajnálni lehet ezeket a hibákat, mert egy olyan cikkben fordulnak elő, amely legnagyobb részében érdekes, olvasmányos és igaz állításokat közöl.

R. Gy.

¹ Dobszay Tamás, Estók János, Gyáni Gábor, Patkós András (szerk.): *Eötvös Loránd emlékalbum*. Kossuth Kiadó, Budapest, 2019.

NYOMOTTVIZES ATOMREAKTOROK ZÓNAOLVADÉK-KIKERÜLÉSÉNEK MEGAKADÁLYOZÁSA

Ézsöl György

Atomenergia Mérnöki Iroda

Az Energiatudományi Kutatóközpont Atomenergia-kutató Intézetének (EK AEKI) több évtizedes kutató munkája az 1982-ben elindult Paksi Atomerőmű biztonságának folyamatos növelésére irányult. A fukushimai reaktorbaleset tapasztalatai nyomán balesetkezelési vizsgálatainkat az erőművel egyeztetve kiterjesztettük a feltételezett zónaolvadás utáni reaktortartály-sérülés megakadályozására. Az igazsághoz hozzátartozik, hogy Fukushima előtt már majdnem egy évvel, az atomerőmű szakembereivel folytatott konzultációnkon felmerült a súlyos balesetek vizsgálatának szükségessége.

A „tervezésen túli üzemzavarok” egyik következménye lehet az aktív zóna egészének vagy egy részének – a hűtés hiánya miatti – megolvadása. A számítások szerint a reaktortartály alján összegyűlt olvadék hőmérséklete elég magas ahhoz, hogy a tartályfal is megsérüljön, és az olvadék kikerüljön a tartályból. Vastag falú tartályok esetében az olvadék-visszatartás egyik módja lehet a tartályfal külső hűtése. A PA Zrt. által kezdeményezve és a szlovák szakértőket (IVS Trnava) is bevonva kialakult egy koncepció a tartály külső hűtésének műszaki megvalósítására. A koncepció több elemében található bizonytalanság miatt kísérleti igazolással kellett alátámasztani a rendszer működőképességét.

Első lépésként egy tanulmányt készítettünk [1], amelynek legfőbb célja a koncepciót megalapozó dokumentumok értékelése, valamint az AEKI különböző – paksi erőmű specifikus – kísérleti berendezésin szerzett tapasztalatai és a nemzetközi gyakorlat alapján javaslattevé volt egy minimálisan elégséges léptékű berendezés létrehozására, amely alkalmas lesz a kiépítendő rendszer működőképességének igazolására.

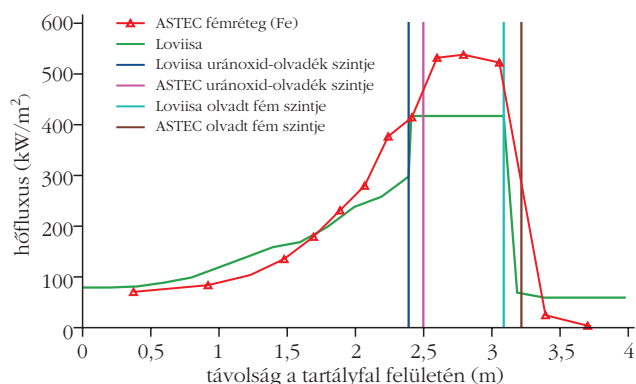
A legvalószínűbbnek tűnő zónaolvadási folyamat elején az olvadék az aktív zóna alatti acél tartóle-



1. ábra. Az olvadék elhelyezkedése a tartályban.

mezt egyes helyeken átolvasztja, majd a tartály alja felé továbbhaladva összegyűlik a tartály alján. A 1. ábra a tartály egy metszeti nézetét mutatja az olvadékkal. Az alsó oxid-medencében a nagyobb olvadásmentű UO_2 és az oxidálódott cirkónium, valamint az azt körülvevő – a lehűlés következtében megszilárdult – oxid-kéreg található. Az alacsonyabb olvadásmentű komponensek – a rozsdamentes acél és a cirkónium – az olvadék tetején, a fémrétben találhatók. A maradványhő jelentős része az oxid-medencében koncentrálódik, aminek hőmérséklete jóval magasabb, mint a környezeté, tehát e komplex rendszer hőforrásként viselkedik. A hőleadás a

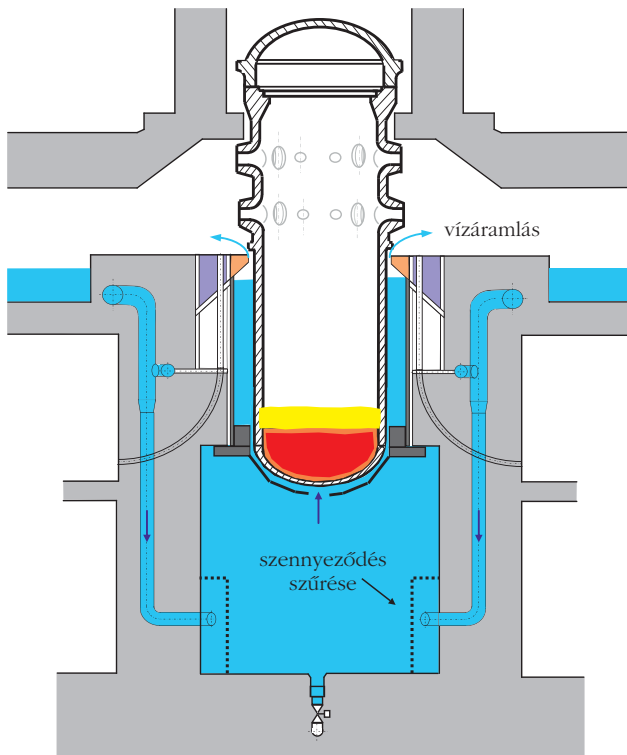
2. ábra. A VVER 440 zónaolvadék-visszatartása: különböző modellekkel számított felületi hőfluxus a tartály külső felületén.



A szerző köszönetet mond mindenkinek, akik a kísérletek sikeres végrehajtását számításokkal vagy adatszolgáltatással és tanácsaikkal segítették, ezek a Paksi Atomerőmű Zrt., a NUBIKI Kft., az EK Fűtőelem Laboratórium és az IVS Szlovákia.



Ézsöl György 1973-ban végzett az ELTE fizikus szakán, azóta a többször nevet változtató KFKI Termohidraulikai Laboratóriumában dolgozott, ahonnan laborvezetőként vonult nyugdíjba. Részt vett a Paksi Atomerőmű 1. blokkjának indításában és a folyamatos biztonságnövelő intézkedések kidolgozásában, illetve feltételezett üzemzavarok kísérleti és elméleti modellezésében. Jelenleg az Atomenergia Mérnöki Iroda nukleáris szakértőjeként az új paksi blokkok műszaki tervét véleményezi.



3. ábra. A paksi erőműre kialakított koncepció.

rendszert határoló felületeken, vagyis a tartályfalon keresztül, valamint a legfelső fémréteg felületéről felfelé hőszugárzás útján lehetséges. Az oxid-medenyben és az olvadt fémrétegben belső természetes cirkuláció alakul ki, amely elősegíti a jobb hőátadást. A modellezésben 10 MW maradványhővel számoltunk. Ez a baleset kezdete után négy órával – feltételezve, hogy az illékony hasadási termékek távoztak az olvadékból – meglévő zónateljesítménynek felel meg [2].

Olvadékkal végzett kísérletre nem volt lehetőség, így a 2. ábrán az ASTEC-kóddal a loviisai erőműre készült számítás felhasználásával mutatjuk meg, hogy milyen hőfluxus alakul ki a reaktortartály alsó részén. Az ábrán a „0” pont a tartályfenék külső geometriai középpontja, ahonnan kifelé haladva egy egyenes mentén tüntettük fel a felületi hőfluxus értékeit. A későbbiekben részletezett adatokból tudni lehet, hogy a maximális hőterhelés – az olvadék elhelyezkedésének megfelelően – már a tartály oldalfalán jelentkezik. A reaktortartály falán keresztül kialakuló hőfluxuseloszlás alapvetően attól függ, hogy a tartályon belül milyen geometriai elrendezésben található a sérült és megolvadt zóna.

Az eddig leírtak az olvadék, mint hőforrás modellezéséről szóltak, most pedig összefoglaljuk a reaktortartály külső hűtésére kialakított teljes koncepciót, amelynek alapján a felületére nézve 1:40, axiálisan 1:1 méretarányú modell (CERES – Cooling Effectiveness on Reactor External Surface) terveit készítettük el. Az erőművi műszaki megoldást a 3. ábra mutatja, ahol jól látható a hűtőközeg áramlásának kialakítandó útvonala.

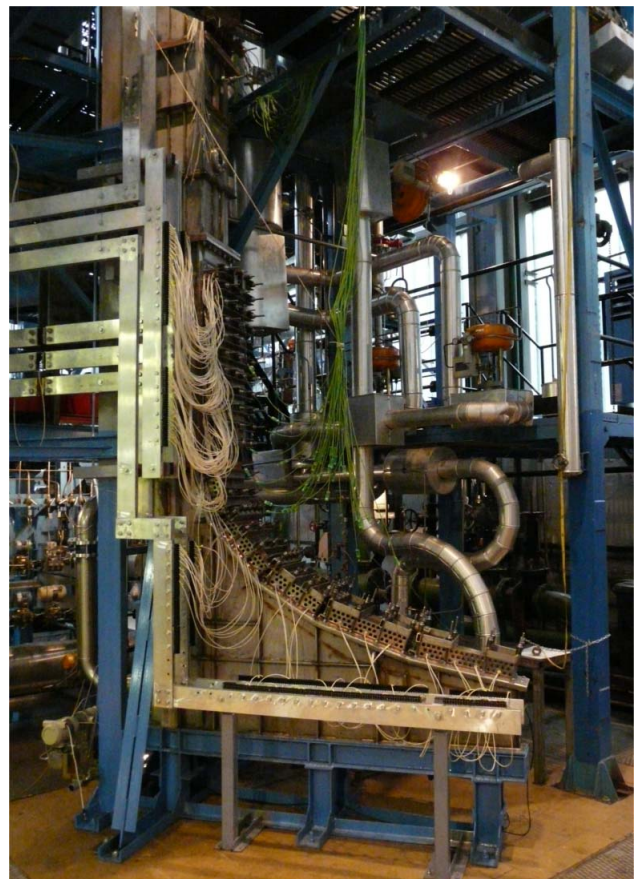
A rendszernek teljesítenie kell (kék térfogatok):

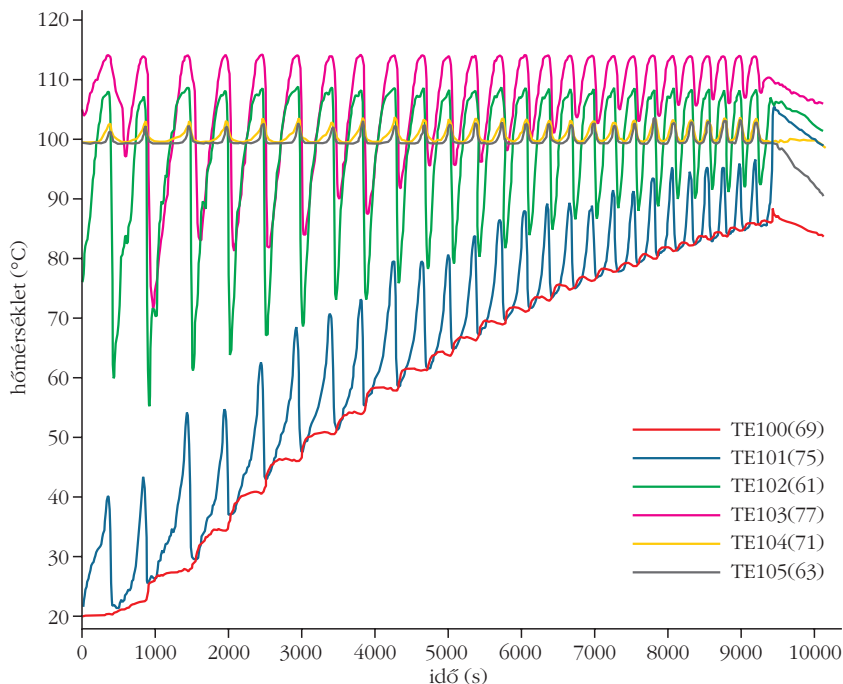
- A vizsgált üzemzavarok mindegyikében a megfelelő mennyiségű hűtőközeg biztosítása a GF (gőzfejlesztő) box padlózatán.
- A reaktorakna elárasztása a szellőztető rendszeren keresztül.
- Hűtőközeg-szállítás – kellően nagy nyílásokon keresztül – a szellőztető rendszerhez.
- A szellőztető rendszerben a hűtőközeg ne folyhasson a szellőztető központ felé.
- A reaktoraknában lévő hűtőközeg összes lehetséges szivárgásának megakadályozása.
- A reaktortartály körüli hűtőközeg természetes cirkulációjának lehetővé tétele.
- A reaktortartály körüli szűk keresztmetszetek eldugulásának megakadályozása.

Ezek alapján az elkészült CERES berendezés a reaktortartály egy „tortaszelet” alakú részét modellelte, hűtőközeg-áramlási csatornájának geometriai kialakítása pontosan követte a PA Zrt. által megadott méreteket, hogy – még a kritikus szűkületekben is, amelyek szélessége néhány helyen alig érte el a 10 mm-t – igazolni tudja az áramlás létrejöttét.

A 4. ábrán látható fénykép a CERES berendezést mutatja, amelyen az elektromos fűtőttestek biztosítják a tetőszögletes felületi hőfluxus modellezését, és a fűtőttestek alatti áramlási csatornában elhelyezett sokcsatornás mérőrendszer a teljes fűtött felület mentén lehetővé teszi a hűtőközeg és a tartályfal hőmérsékletének mérését.

4. ábra. A megépített CERES berendezés.





5. ábra. Víz hőmérsékletek változása a rendszeren különböző (TE) mérési pontokban.

Egy jellemző mérés eredményeinek bemutatásával demonstráljuk a rendszer fizikai működését és a sikeres hosszú idejű hűtés eredményességét.

Az 5. ábrán látható az elárasztó víz hőmérséklet-változása a folyamat során (TE100 mérési pont). A rendszerben a gőzfeljődés kezdetéig folyamatos hőmérséklet-emelkedés figyelhető meg. A legnagyobb teljesítményű szakaszban a elárasztó víz hőmérséklet 86 °C volt. A kritikus szűkület közepén a hűtőközeg hőmérséklete (TE102) 60–108 °C tartományban, 150–400 s-os periódusidővel változik. Ez a periódusidő a belépő hőmérséklet emelkedésével folyamatosan csökken.

Az eredmény jól mutatja a kritikus szűkületben, vagyis az elliptikus tartályfenék feletti 90 cm hosszú és 10 mm széles csatornarészben kialakuló „gőzdugó” periodikus felépülését és összeomlását. Ez azt jelenti, hogy a kritikus csatornarészt teljesen kitölti a gőz, majd ez a gőzdugó omlik össze, és a vízszint visszabilen az egyfázisú állapotnak közel megfelelő értékre.

Végül az az ábra látható, ami a kísérleti erőfeszítések legfontosabb eredménye és az erőművi megvalósítás feltétele, vagyis a tartályfal hőmérsékletének alakulása.

A 6. ábra mutatja, hogy a tartályfal hőmérséklete követi a rendszer periodikus viselkedését, de sehol sem haladja meg a 220 °C-ot. Ekkora hőmérséklet mellett a tartályfal

nem veszíti el integritását és a radioaktív olvadék nem kerülhet a reaktortartály alatti térbe.

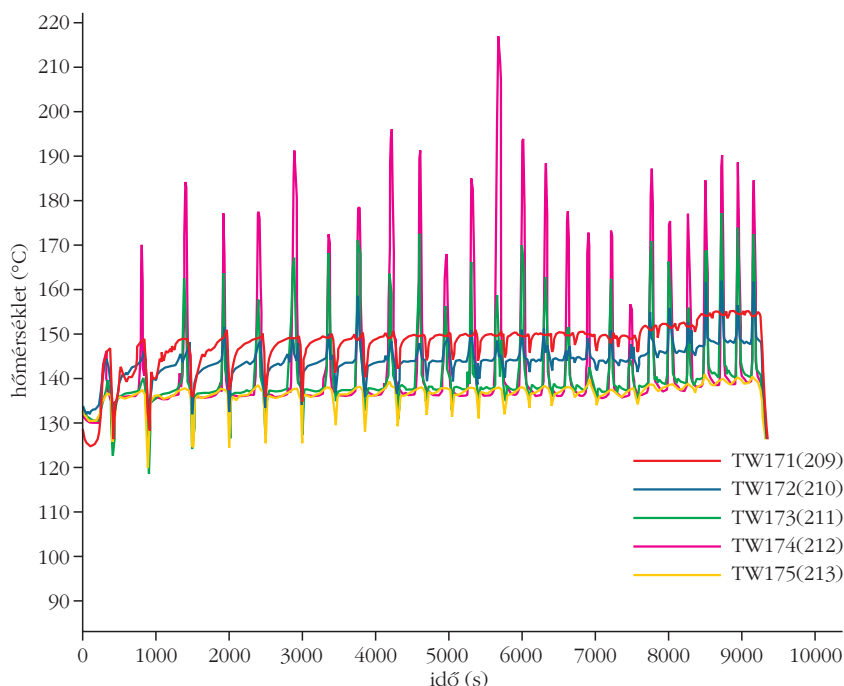
A CERES berendezésen számos további kísérletet hajtottunk végre, többek között aszimmetrikus szűkületekkel, vagy bóros hűtőközeg alkalmazásával, de a hűtési folyamat minden esetben működött, és a tartályfal sértetlen maradt.

Ezek alapján az erőmű négy blokkján a fenti koncepció szerint megvalósították az átalakítást, és ezzel az atomerőmű biztonságát továbberősítették.

A két új, Pakszon épülő VVER-1200 típusú 3+ generációs blokk esetében számos passzív biztonsági rendszerről beszélhetünk, ezek egyike az úgynevezett olvadékcspada. A zónaolvadás következményeinek csökkentésére egy olyan speciális tartályt alakítanak ki, amit a reaktorköna aljában, a reaktortartály alatt helyeznek el, és amennyiben a zóna megolvadása után a reaktortartály is megsérülne, akkor a zónaolvadék ebbe jut.

Ahogy arról a Paks II. társaság honlapja is ír, a tartályban alumínium- és vas-oxid tartalmú kerámia van, ami alkalmas arra, hogy keveredjen a zónaolvadékkal. A keveredés eredményeként az olvadék anyagi jellemzői megváltoznak, az olvadék felhígul, csökken az egysejnyi térfogatban fejlődő maradványhő. A kerámiába gadolíniumot is adagolnak, ami elnyeli a neutronokat és ezzel növeli az olvadék szubkritikusságát. Az olva-

6. ábra. Tartályfal-hőmérsékletek a modellen különböző (TW) mérési pontokban.



dékcspada acéltartályát kívülről vízzel hűtik. Ezzel az úgynevezett szárazcsapda-megoldással megakadályozható, hogy az olvadék kölcsönhatásba lépjen az alaplemez betonjával. Az olvadékcspada alkalmazásával csökkenthető a hidrogénfejlődés és a radioaktív hasadási termékek kikerülése a zóna törmelékéből.

A FIZIKA TANÍTÁSA

ULTRAHANGOS KÍSÉRLETEK

Motiváció: egyrészt a 2017. évi sikeres pályázatunk után úgy éreztük, hogy az ott szerzett tapasztalatainkat 2018-ban akár újra hasznosíthatnánk, másrészt, ha valaki már elkezdett játszódzni a myDAQ – LabVIEW párossal, az tudja, hogy ez a játék függőséget okozhat, így – egy sikeres pályázati évet követően – nehéz abbahagyni a kísérletezést. Elhatároztuk, hogy 2018-ban is pályázunk.

A témakiválasztást az adta, hogy a 40 kHz-es ultrahangok tartományában már alapvető tapasztalatokat szereztünk és kíváncsiak voltunk, hogy miként kapcsolható össze ez a terület a myDAQ kínálta hardveres lehetőségekkel. Aki ultrahangokkal szeretne alapvető hullámtani kísérleteket folytatni, az tudja, hogy szükség van valamilyen jelforrásra, adóra és egy olyan érzékelőre, amely a hullámtér egyes helyein képes

Az írás alapjául szolgáló munka II. helyezést nyert az ELFT és National Instruments 2018-19. évi Tanári myDAQ pályázatán.



Koczka Vencel 12.A osztályos tanuló az ELTE Trefort Ágoston Gyakorló Gimnázium diákja.



Lipták Zoltán 12.A osztályos tanuló az ELTE Trefort Ágoston Gyakorló Gimnázium diákja.

Irodalom

1. Ézsöl György, Hózer Zoltán: *Szaktelemény a reaktortartály külső hűtésének kísérleti modellezéséről*. Nyt. szám: AEKI-SZV-2008-741-06/M0
2. Zs. Téchy, P. Kostka, R. Taubner: *In-vessel coolability and core melt retention for a VVER-440/213 reactor*. MASCA2 Seminar 2007, Cadarache, France, 11–12. October 2007.

Koczka Vencel, Lipták Zoltán, Piláth Károly
ELTE Trefort Ágoston Gyakorló Gimnázium



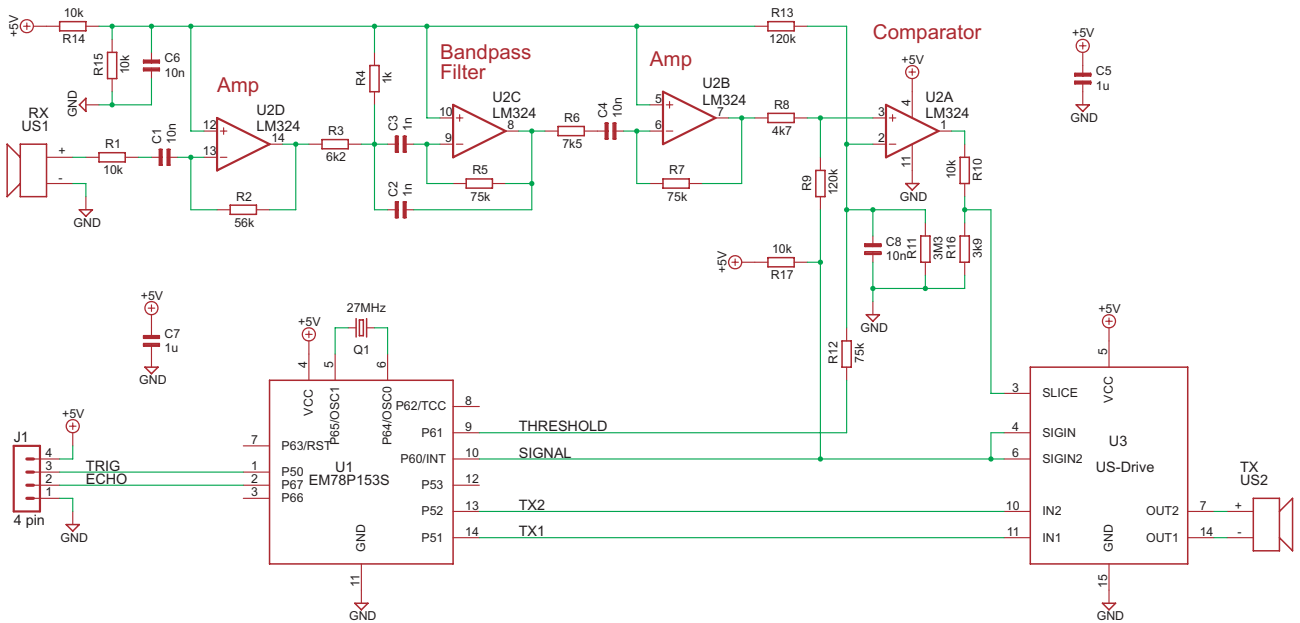
1. ábra. A HC-SR04 áramkör fényképe.

mérni a hullámok intenzitását. E célra – anyagi megfontolásból – az egyik legelérhetőbb tartomány a 40 kHz-es, mivel e frekvenciához – a gépjárművekhez, robotokhoz fejlesztett távolságmérők tömegtermékké válása miatt – fillérékért vásárolhatunk „hangszórót” és „mikrofont”. Ezeket a könnyen beszerezhető hardverelemeket használva látványos méréseket és kísérleteket hajthatunk végre kihasználva a myDAQ adta hardverlehetőségeinket.

Összefoglalónkat kezdjük az adóegység ismertetésével. Első kísérletünkben azt vizsgáltuk, hogy egyáltalán létrehozható-e a myDAQ segítségével olyan 40 kHz vivőfrekvenciára ültetett modulált szinuszfeszültség, amely hardverkiegészítők nélkül is képes meghajtani azt az ultrahangsugárzót, amelyet például egy, az 1. ábrán látható HC-SR04 távolságmérő paneljéből forraszthatunk ki. Mielőtt a modulá-



Piláth Károly fizika-kémia szakos tanár 1979-ben végzett az ELTE-n. Ezt 2005-ben informatikatanári végzettséggel egészítette ki a Veszprémi Egyetem Informatika Karán. Korábban a Balassi Bálint Nyolcévfolyamos Gimnáziumban tanított, majd 2005 óta a Trefort Ágoston Gyakorló Gimnázium tanára. 2013-tól a Trefort fizika-informatika munkaközösségének vezetője.



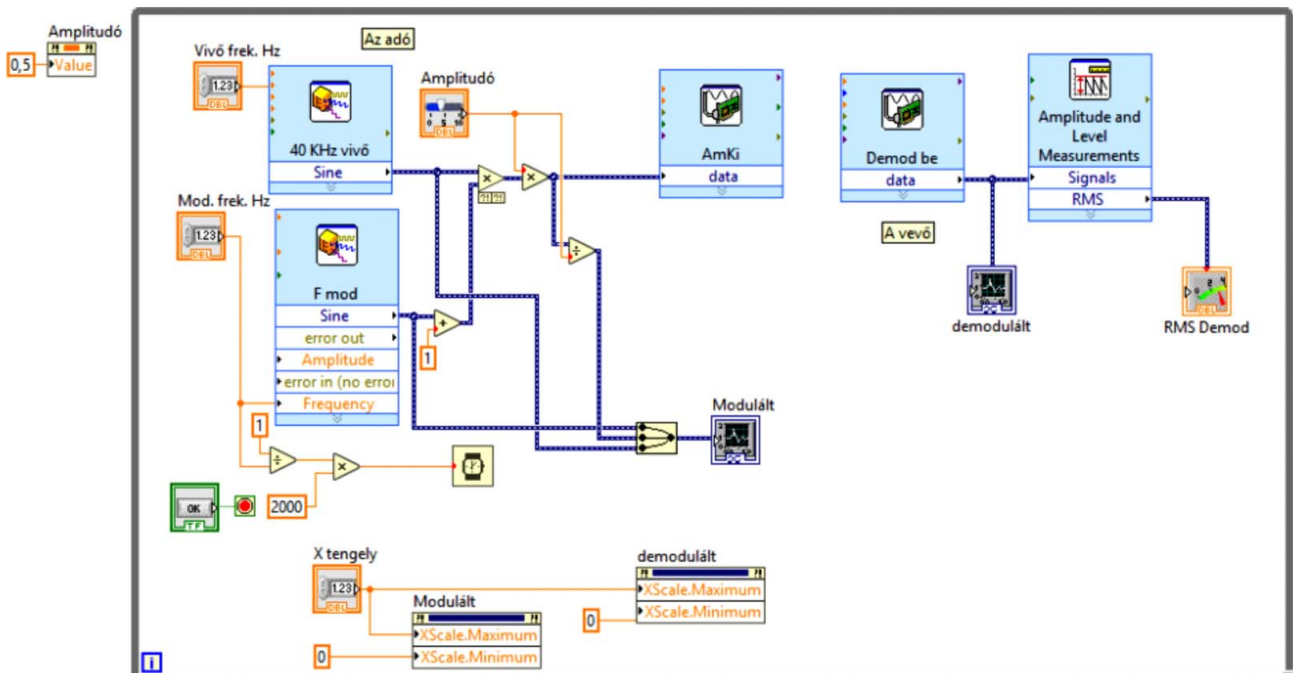
2. ábra. A HC-SR04 kapcsolási rajza [2].

tor VI-t és demodulátor működését bemutatnánk, ismerkedjünk meg röviden a fent már említett alapvető alkatrészforrásnak tekinthető HC-SR04 áramkör működésével [1]. A járművek parkolását segítő mérőeszközökben, a robotikában gyakori feladat az úgynevezett érintés nélküli távolságmérés. Erre több technikai lehetőség kínálkozik (radar, lézer) de most nézzük csak a HC-SR04-ben alkalmazott, az állatvilágtól elesett ultrahangos technológiát. Ez az érzékelő a 40 kHz tartományba eső ultrahangokkal, a szonár-elv alapján méri a tárgyak távolságát. A módszer nagyon egyszerű elven működik: van egy adó egység, amely egy 40 kHz-es többnyire 8 impulzus-

ból álló hullámcsoportot sugároz ki, és ha a hullámok útjába valamilyen tárgy, akadály kerül, akkor arról a kisugárzott ultrahang egy része visszaverődik, majd ezt a visszavert hullámot a vevő egység érzékelheti. A kisugárzás és a vétel között eltelt idő pontos mérésével (Time of Flight, TOF), figyelembe véve a hanghullámok terjedési sebességét az adott közegben, kiszámítható az objektum távolsága. A HC-SR04 szenzor fényképe az 1. ábrán, kapcsolási vázlat a 2. ábrán látható.

A kapcsolási rajzról leolvashatjuk, hogy a 4 műveleti erősítőt tartalmazó LM324 IC U2D áramkörre erősíti fel 5,6-szorosára ($A = R2/R1$) a piezomikrofonból

3. ábra. A modulátoregység blokkdiagramja.



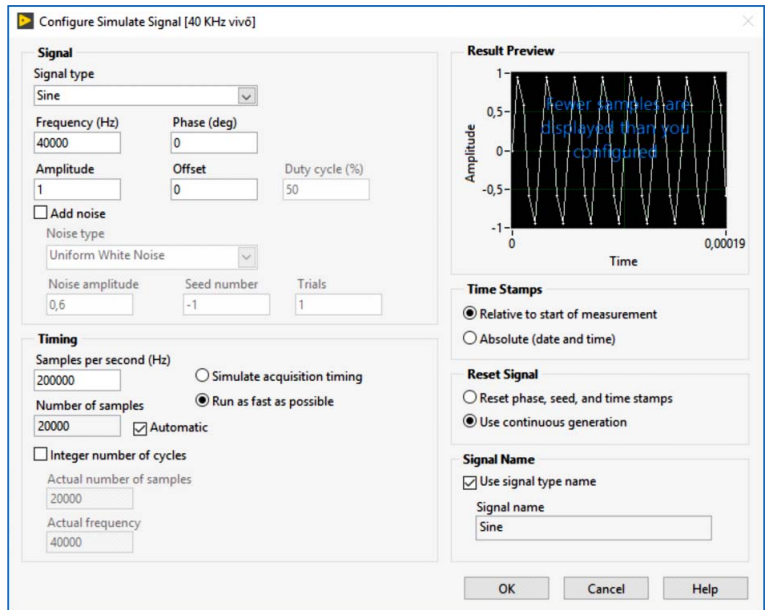
érkező jeleket. Ez a jel kerül a második, az U2C részből kialakított 40 kHz-re hangolt sávszűrőre. A sávszűrőt egy újabb 10-szeres erősítésű fokozat követi, amely az IC U2B eleméből lett kialakítva. (Az IC U2A része egy komparátor, méréseinkhez mi ezt nem használtuk.) A fent elemzett kapcsolási rajz és a kereskedelemből beszerezhető panelek némelyike ugyan mutatnak némi eltérést, de mindegyik áramkör közös tulajdonsága, hogy a számunkra hasznosítható felerősített analóg jel az LM324 integrált áramkör 7. lábáról (U2B kimenete) érhető el. A hullámcsomagot kibocsátó US2 jelű – a későbbiekben kiforrasztandó – hangszórót egy digitális céláramkör hajtja meg. Mivel a mérőeszköz ezen részegységét sem használjuk a jövőben, ezért működésének részleteire sem térünk ki. Miután megismerkedtünk a legfontosabb alkatrészforrásunkkal, elsőként beszéljünk a myDAQ alapú adóegységről. Az amplitúdómodulált jelet előállító adó célja, hogy megfelelő vezérlőfeszültséggel lássa el a HC-SR04-ből kiforrasztott hangszórót.

A hangszórót meghajtó jel feszültségét az 1.1 egyenlet segítségével írhatjuk le. Ezt a jelet állítjuk elő a vezérlést végző VI-ban.

$$U_{mod}(t) = (1 + \sin(2\pi f_{mod}t)) \sin(2\pi f_{vivő}t), \quad (1)$$

ahol $f_{vivő}$ a vivő jel, f_{mod} pedig a moduláló jel frekvenciája.

A jel előállítása a myDAQ-val nem okozott különösebb nehézséget. A LabVIEW program segítségével kényelmesen előállíthatók szinuszos jelek a Simulate Signal VI Express használatával. A jelek összeszorzására és összeadására szolgáló elemek pedig megtalálhatók a LabVIEW Numeric blokkjában. A vivőfrekvenciát alapértelmezetten 40 kHz-re állítottuk be, hiszen a távolságmérőben alkalmazott hangszóró is e frekvenciára van optimalizálva. A mintául szolgáló blokk-

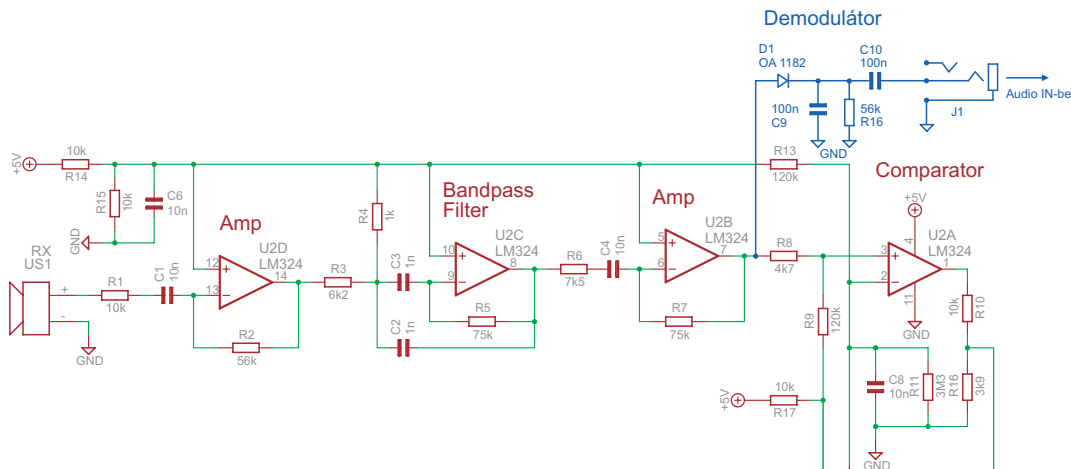


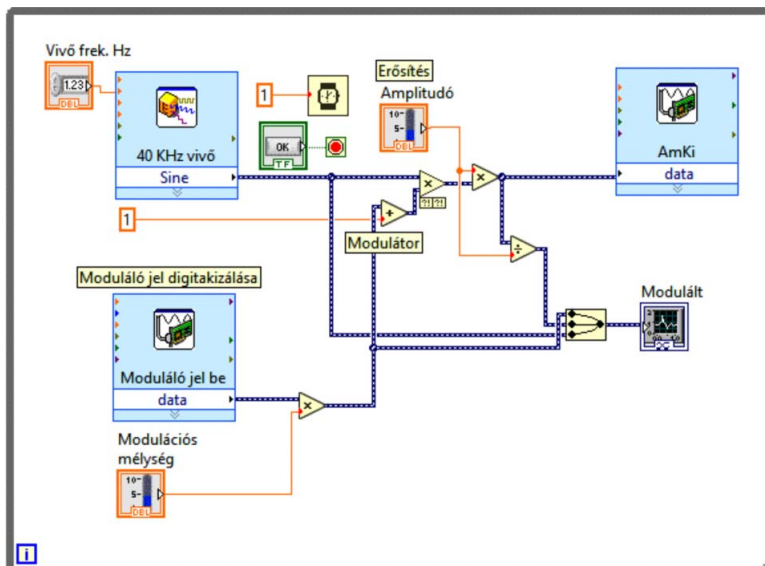
4. ábra. A Simulate signal beállítása.

ban a modulációs frekvencia értékei 100 Hz és 2 kHz között szabályozhatók. Az így előállított jelet egy DAQ Assistant segítségével vezethető ki a myDAQ digitálisan analóg átalakítójának Analóg Output 0 portjára. A távolságmérőből kiépített hangszórót e porthoz és az analóg GND ponthoz kell hozzákapcsolni. A modulált jelet előállító elemek, a modulációs frekvenciát, a modulációs mélységet, az amplitúdót szabályozó elemek egy Loop ciklusban vannak elhelyezve, így ezen értékek a modulált jelek sugárzása közben, valós időben is szabályozhatók. A modulátor VI blokkdiagramja az 3. ábrán látható.

A blokkdiagramról leolvasható, hogy a modulátor pontosan az (1) összefüggésnek megfelelő jelet állítja elő két, változtatható frekvenciájú „simulate signal” blokk és egy összeadó segítségével. A viszonylag magas, 40 kHz frekvenciájú vivőfrekvencia előállításához használjuk a lehetséges legmagasabb 200 kHz-es mintavételi frekvenciát. Ennek beállítása a 4. ábrán látható.

5. ábra. A demodulátorral alakított HC-SR04 kapcsolási rajza.





6. ábra. Digitalizált hang modulációját előállító blokkdiagram.

te) vezethető ki. Ezt a jelet egyenirányítjuk a D1 dióddával az Am rádióvevőkben alkalmazott egyenirányítás analógiájára. A már csak a modulációs jelet hordozó váltófeszültség a J1 csatlakozóról vezethető ki. Az eredeti áramkör 5 V tápfeszültségről üzemel, így két vezetékkel egy olyan tuskékban végződő csatlakozót készítsünk, amellyel a myDAQ GND –5 V csatlakozópárjához csatlakoztathatjuk módosított áramkörünket. Az így elkészített adó-vevő párossal többféle látványos kísérletet is bemutatunk a letölthető [4] közel 40 oldalas pályázatunkban (Lloyd kísérlete az ultrahangok tartományában,

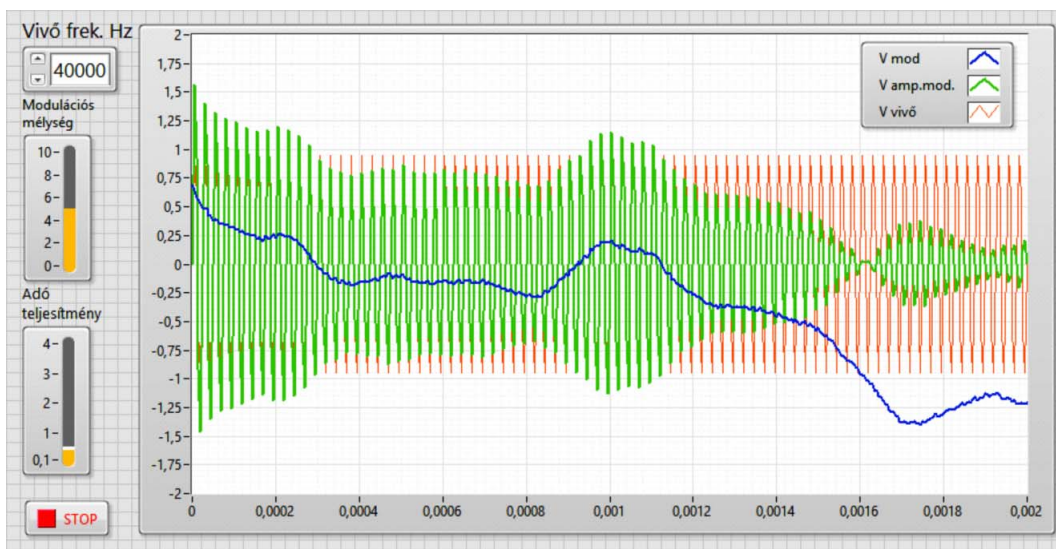
A modulációs frekvencia (100–2000 Hz) előállítása nem igényelne ilyen nagy mintavételi frekvenciát, de a két jel szorzatának szinkronja miatt itt is be kell állítanunk a fent megadott 200 000 minta/s mintavételi értéket. A modulált jel alakjának szemléltetéséhez közös panelen jeleztük ki a vivőt, a moduláló és a modulált jelet. Ezek közül a modulált jel vezérli D/A átalakító közbeiktatásával az AO 0 pontja és a GND pontokra közvetlenül bekötött, a távolságmérőből korábban kiforrasztott piezo „hangszórót”.

Az adó megépítése után a vevő elkészítése következett. A vevőt a hangszórójától már megfosztott – alkatrészbázisként szolgáló – HC-SR04 áramkörből alakítottuk ki. A vevő lelke a demodulátor, így a maradék áramkört néhány új elemmel kellett kiegészítenünk. A kiegészítésekkel bővített áramkör kapcsolási rajza az 5. ábrán látható.

A módosított hardver NYÁK-lapját akár újra is tervezhetnénk, de az eredeti NYÁK átépítése csak néhány forrasztást igényel, így annyira egyszerű, hogy kis példányszám esetén nem éri meg egy új NYÁK tervezése és beültetése. Az eredeti áramkör átalakításának lépéseit megtekinthetjük a Youtube videómegosztón [3]. A vevő működése a következő: a mikrofon felerősített jele az LM324 integrált áramkör 7. lábáról (U2B kimene-

Young kétréses kísérlete, elhajlás akadályon, hangtani lebegés és Doppler-effektus), de hely hiányában e cikkben részletesen csak azon kísérlet leírásával szolgálhatunk, amely a későbbi bemutatók során a legnagyobb meglepetést okozta a nézőközönségnek. E kísérletben egy olyan zene és beszéd átvitelére alkalmas amplitúdómodulált átviteli csatornát hoztunk létre, amelyben a vivőhullámok szerepét 40 kHz frekvenciájú ultrahang töltötte be. A rádiózás hajnalán a rádióadók az amplitúdómoduláció elvét alkalmazták az információ továbbítására. Az adás gyakran a hosszúhullámú sávban történt. Ezek olyan elektromágneses hullámok, amelyek frekvenciája a 30–300 kHz. Az amerikai légi-erő még ma is üzemeltet egy FSK-módú kommunikációs rendszert a 29,5 és a 37,2 kHz (<40 kHz) frekvenciákon. E rendszert azért hozták létre, hogy nukleáris csapás esetén tartalékként szolgáljon, ha a robbanások következtében az ionoszférában való hullámterjedés használhatatlanná válna. Különböző FSK állomások

7. ábra. Jelalakok adás közben.



találhatók a tengeralattjárókkal és a hajókkal való közvetlen kommunikáció céljára is. Vajon a 40 kHz frekvenciájú ultrahang modulációja lehetővé teszi-e a zenei hangok megfelelő minőségű átvitelét? Már az egyszerű szinuszelekkel modulált adó megtervezésekor felmerült, hogy a myDAQ sávszélessége lehetővé tenné-e, hogy ezt a moduláció céljára használt szinuszfüggvényt egy olyan jelsorozatra cseréljük le, amelyet a myDAQ A/D konvertere állít elő, miközben az AUDIO IN bemenetén valamilyen zene vagy beszéd analóg jelét digitalizálja. A kísérlet meglepően jó eredményt szolgáltatott. Bár a mintavételi törvény értelmében a kísérlet sikerének elvi lehetősége fennállt, de hogy ez a gyakorlatban is ilyen szépen működik, azért okozott némi kellemes meglepetést. A kísérlethez kidolgozott VI blokkdiagramja a 6. ábrán látható.

A modulátor működése a következő: az átvinni kívánt jelforrás (például egy mp3 lejátszó vagy egy mobiltelefon) fülhallgató-csatlakozójáról egy 3,5 Jack kábellel vezessük a jelet a myDAQ Audio In bemenetéhez. Ezt a jelet egy DAQ assistant segítségével konfigurált A/D konverterrel digitalizáljuk. A digitalizálás

hoz használt mintavételi frekvenciát a vivővel történő szinkronizálás miatt állítsuk szintén 200 kHz-re, a bemenő feszültség szintjét pedig ± 100 mV-ra. Adás közben a modulált jel elnevezésű kijelző ablakában – a jelenség szemléletesebb bemutatása érdekében – valós időben jelenik meg a bemenő jel, a vivőfrekvencia és a modulált jel alakja. A vevő oldalon HCSR04 átalakításával nyert demodulátor-egységet egy kisebb erősítővel is rendelkező PC hangfalhoz kötve kifejezetten élvezhető minőségben hallgathatjuk az „adó” által sugárzott jeleket. Egy adás közbeni modulált jelről készült pillanatfelvétel látható a 7. ábrán. A kísérletet bemutató videó megtekinthető a Youtube videómeosztón [5].

Irodalom

1. www.malnasuli.hu/oktatas/tavolsagmeres-hc-sr04-ultrahang-szenzorral
2. www.pcserviceselectronics.co.uk/arduino/Ultrasonic/electronics.php
3. <https://www.youtube.com/watch?v=yJnoDXV5SGc>
4. https://mega.nz/#!xkkAWKjBlvLxSuiUq39RwZpvY5s4Iq9LOstf-vkq_2nq_ocffe4
5. <https://www.youtube.com/watch?v=3AW1vxxNpDs>

SZÁMÍTÓGÉPES IDŐKÖZMÉRÉS A NAGYVÁRADI ADY ENDRE LÍCEUM FIZIKUMÁBAN

Bartos-Elekes István
Nagyvárad, Románia

Mottó: Pontosan mérni nagyon nehéz, talán nem is lehet, de egykönnyen nem adom fel!
(az utóbbi hatvan évem tapasztalataiból)

A tanári és a „maszek” kutatói pályafutásom alatt mindig érdekelt a nehézségi gyorsulás meghatározása, valamint az ebből eredő feladat: az időközök minél pontosabb megmérése. A '70-es évek közepén Marokkóban voltam vendégtanár. Hazafelé jövet a pisai ferde torony tövében fogadtam meg, hogy otthon én is meghatározom a nehézségi gyorsulást. Oly egyszerűnek tűnt a $h = gt^2/2$, hogy szinte helyben nyomkodni kezdtem a virtuális stopperemet. Otthon kísérlet kísérletet követett, de az időköz-méréssel kapcsolat-

ban egyre több és egyre nehezebben megoldható mérési feladat merült fel. Már régen nem csak a nehézségi gyorsulás meghatározása volt a probléma. Bajban voltam a nehezen beszerezhető kvarcokkal, a diszkrét elemekből sok munkával megépíthető számlálókkal, az eredmény kijelzésével és a mért adatok feljegyzésével. Olyasmire nem is gondolhattam, hogy két évtized múltán, az éjszakára magára hagyott kísérletben a mérőrendszerem rendkívüli pontossággal és μ s alatti felbontással mérje az uránérc statisztikus bomlásának időközzeit, reggel pedig három és félmilliónál is több mérési adat várjon. A számítógépek elterjedésekor „ingyen” kínálkozott egy túlcsoportosulás nélküli számláló és több kvarcalapú időzítő, így a kor szokásait elhagyva, nem egy külső mérőeszközzel, hanem egyenesen a számítógéppel (ZX81) kezdtem mérni. Az adatok valós időben kerülhettek azonnali feldolgozásra és „megválaszolásra”, azaz létrejött a számítógéppel való mérés-vezérlés. A számítógépek fejlődésével egy addig elérhetetlen lehetőség tűnt fel, a korábbiaknál több ezerszer finomabb felbontású



Bartos-Elekes István a nagyváradai Ady Endre Líceum nyugalmazott fizika- és informatikatanára, kísérleti berendezéseket tervező és építő fizikus-elektronikus. A kolozsvári Babeş-Bolyai Tudományegyetem Fizika Karán végzett 1968-ban. 1974–76 között vendégtanár Marokkóban. 1987-ben tudományok doktora címet szerzett. Egy szabadalma alapján (1989) számítógép-vezérelt Fizikumot épített a Líceumban saját fejlesztésű mérőkészülékeiből. 1991 óta szervezi a Schwartz-versenyt.



1. ábra. Analóg kronométerek – 1980 és 1981.

időegység, a mikroprocesszor órajele. Nemsokára megfejttem az Atomórával közvetlen kapcsolatban levő szimultán mérés-kalibrálással. Az elért ppm majd ppb és a hihetetlen ppt szintű mérési pontosság bőven megfelelt a Fizikum igényeinek. Már-már elbizonytalanodtam mottóm igazában. Ezekről a megoldásokról, kínládásokról és örömekről szól ez a kis bemutató, valamint a jóval bővebb prezentáció¹ a *Fizikai Szemle* webhelyén.

Analóg elektronikus kronométer

A pisai fogadalmamnak megfelelően, a valódi stopperórát is elhagyva, időközmérőt próbáltam építeni. A napórán kívül a startjel és a stopjel közötti időintervallum mérését (az ingaórától az atomóráig) valamilyen időfüggő periodikus jelenség ismétlődéseinek megszámlálása jelenti. A homokóra az alsó tartályba érkező homokszemeket „számlálja”. Én is hasonló módon számláltam meg a kondenzátorba jutott elektronokat. A töltés állandó árammal történt, a start- és a stopjelet fotodiódás fénySOROMPÓKKAL oldottam meg. A kondenzátor feszültsége arányos a töltőárammal és az idővel. Ha az I_0 töltőáram állandó, akkor az eltelt időt a

$$\Delta T = \frac{C}{I_0} U_{\max}$$

képlet adja meg. A stopjel után egy FET-es voltmérővel megmértem a kondenzátor feszültségét, ebből kiszámíthattam a töltéssel eltelt időt. A legkisebb mérhető időköz 1 ms (a teljes skálán), a legnagyobb 30 s,

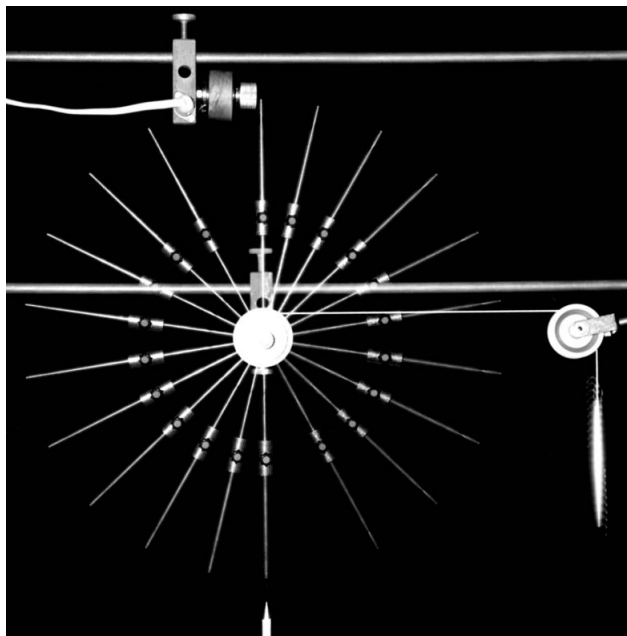
¹ Megtekinthető a <http://fizikaiszemle.hu/extra/bartos1912> helyen.

szabványos 1-3-10 lépésekben. A leolvasási pontosság növelésére egy külső műszercsatlakozó is van, ide csatlakoztathattam a Vielfachmesser, nagyskálás, hajszálvékony üvegtűs voltmérőmet. Az eredmény leolvasására körülbelül tíz másodperc állt rendelkezésre. Két fénySOROMPÓS analóg kronométert építettem (1. ábra, 1980), amely szabadalmat² is kapott, kilenc országban publikálták. A gyártásra előkészített prototípus érkezési fénySOROMPÓJÁT VOX vezérlésre is cserélhettem (1. ábra, 1981), és így koppanással is megállíthattam a kronométert. Mivel a kalibrálás fizikai alapokon történt, nagyon bíztam a kronométer használhatóságában. A rendelkezésre álló kvarcetalonjaim leosztott frekvenciájú időközzeit igen jól mérte, de a szabadesés magasságának csökkenésével egyre jobban hibázott. A kronométer jól mért, de az első fénySOROMPÓT nem tehettem nulla távolságra a golyó alá, a kimaradt útnak megfelelő időt pedig nem mérhette meg a kronométer, ez okozta az egyre nagyobb hibát. Egy próbaszámításban legyen a $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, az elhelyezési hiba a megvalósíthatatlan $\Delta h = 100 \text{ } \mu\text{m}$. Ezt a Δh távolságot a golyó $\Delta t = 4,52 \text{ ms}$ alatt teszi meg. A hátralevő $h = 0,4 \text{ m}$ utat a már elért $v_0 = 44,3 \text{ mm/s}$ kezdősebességgel, $t = 281,05 \text{ ms}$ alatt teszi meg, de mi csak 281 ms-nak olvassuk le. Az elkerülhetetlen, beépített mérési hibák miatt a g kiszámított értéke $10,13 \text{ m/s}^2$! Kiderült, hogy két fénySOROMPÓVAL lehetetlen meghatározni a g -t! Ezután „kikerültem” az első fénySOROMPÓT, és az elektromágnes tápfeszültsége megszüntetése pillanatát vettem a golyó biztosan pontos indulási időpontjának, ez a jel került az első fénySOROMPÓ jele helyére. A hiba még nagyobb lett, a nehézségi gyorsulás pedig sokkal kisebb! Kisebb, vagyis a golyó nem indult el azonnal, az elektromágnes remanenciája (és a Lenz-hatás) visszatartotta! Az elvileg helyes, de mérési hibalehetőségekkel teli megoldást az egész osztállyal (nyolc mérőhely) elvégzett stroboszkópos szabadesési mérési kísérlet jelentette (lásd alább).

Számítógép-vezérelt stroboszkóp

Szintén Marokkóból jövet, Altamira sok ezer éves barlangfestményeit csodálva egy nyolclábú vaddisznóra lettem figyelmes. Kiderült, hogy az állat mozgását akarták ábrázolni. Rögtön beugrott a stroboszkópos képek alkalmazásának lehetősége a fizikatanításban. Itthon elkészült a klasszikus elektronikus stroboszkóp, amely a '80-as évek végére számítógép-vezérlést is kapott. Az addig elterjedt állandó időközű stroboszkópos fényképezés mellé, 1992-ben bevezettem az állandó térközű stroboszkópos fényképezést. Kihasználva a számítógép lehetőségeit, a mozgásfüggvény inverz függvénye szerinti időközökkel villantattam. Ha minden rendben van, akkor a pálya egyenletes mozgást mutat, ha nem, akkor

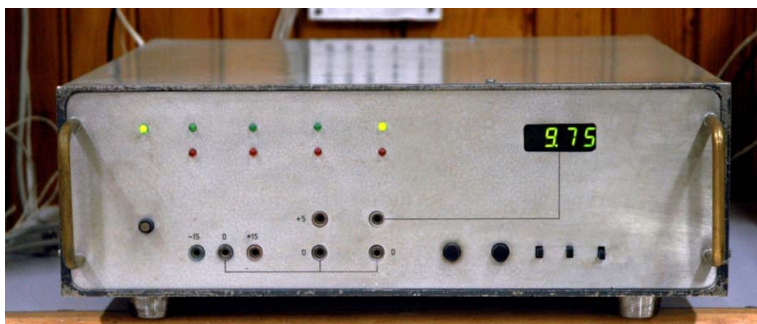
² Bartos-Elekes István: *Analóg kijelzésű elektronikus kronométer a kis időintervallumok mérésére*. OSIM – 79672 számú szabadalmi leírás, 1981.04.20. – OSIM: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci – a román szabadalmi hivatal rövidített neve.



2. ábra. Az elektromágnes remanenciája visszatartja a rudat. A térközők nem egyenlők!

meg lehet, meg kell keresni a hiba okát. Megtaláltam! A 2. ábrán a merevtest tehetetlenségének bizonyítására készült fényképsorozat egyik képe látható. A jobb oldali nehezék forgatónyomatéka hatására az elektromágnes által addig megfogott rúd az elektromágnes tápfeszültségének kikapcsolásakor forgásba kezd. A villantási időközöket úgy számítottam a géppel, hogy a szögterközők egyenlők legyenek. Nagyon nem egyenlők! Az elektromágnes remanenciája 8–15 ms-ig visszatartja a rudat. Ezt a jelenséget használtam fel a nehézségi gyorsulás szabadesésből való közvetlen meghatározásakor. Az egész osztállyal nyolc mérőhelyen kísérleteztünk. A vaksötét teremben egy acélgolyót a számítógép-vezérelt elektromágnes fog meg az 1300 mm magas állvány tetején. A terem végéből – a diákok háta mögül – két villantás következik. Az első villantással szinkronban a PC kikapcsolja az összes elektromágnes tápját, a második villantáskor (például 475 ms múlva) a diákok az előre megadott helyen levő referenciánál figyelik a golyót. A szem „lefényképezi”, még percek múltán is meg tudják mutatni a golyó helyét. Több próbálkozás után megegyeznek, és feljegyzik a villantási időközt meg a megtett utat. Csökkentjük a villantási

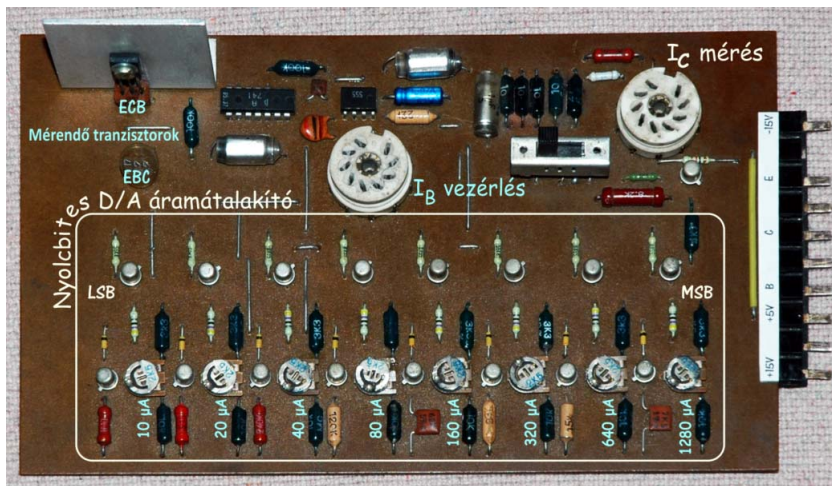
3. ábra. Szám- és számítógép-vezérelt tápforrás – 1985.



időközt, és lassan kiderül, hogy ugyanannyi idő alatt a golyó más-más távolságokat is megtehet. Az „okos” ötletemre, hogy alattad biztosan egy nagy aranyrög van, szinte mindig rájönnek, hogy az elektromágnes tartja vissza a golyót. *Ezt az időt nem ismerjük, vagyis az eddigi méréseink nem jók!* Megint tudják, hogy némi csalás van a dologban, felfedem titkot, és ügyes adatfeldolgozással, egymástól függetlenül meghatározhatjuk az elektromágnes visszatartási idejét és a nehézségi gyorsulást is. A *Fizikai Szemle* 2010. júniusi számában bemutattam a megoldást, a *Fizikumban* százával végzett egyik kísérlet fényképes bemutatója elérhető a *Mellékletek* 2018. novemberi számában.

Számítógépes mérési és vezérlési próbálkozások

A számítógéppel támogatott vezérlés-mérés a '80-as évek közepén – a beszerezhetetlen kvarcok miatt – a számomra nem volt járható út. Annak idején (még ma is) a mérések elvégzése után a külső, gyári mérőeszköz „bediktálta” a mérési eredményeket a számítógépnek, az feldolgozta, esetleg a program függvényében válaszolt is, továbbléptette a fizikai jelenséget. Létrejött a *nem valósidejű*, számítógéppel támogatott vezérlés-mérés. A külső mérőeszköz megépítését feleslegesnek tartottam és tartom ma is, mert a mérés értelmezéséhez szükséges eszközök (kvarcok, számlálók, byte-os ki- és bemeneti csatornák) sokszorosan jobb minőségben vannak meg a számítógépben. Meg kellett azonban oldanom a külső eszközök, az A/D (analóg-digitális) és a D/A (digitális-analóg) átalakítók összekapcsolását a számítógéppel. Amennyiben az A/D átalakító TTL jelei bekerülhetnének a számítógépbe, akkor nem a nagyon komplikált külső eszköznek kellene megoldania az értelmezésüket, hanem azt rábízhattam a szinte mindentudó számítógépre. A D/A átalakítók Assembly vezérlése is a számítógépen belül jön létre, ezt egy külső hardver szinte meg se oldhatná (például a felharmonikusok bemutatására szolgáló komplex jelsorozat). Az átalakítók kívül maradnak, azok nagy, elektronikai egységek (3. ábra), csak a többcsatornás, byte-os vezérlőjeleket kapják a számítógéptől. Egy jellegzetes példa a tranzisztorok kimeneti karakterisztikáját megrajzoló kétszer nyolcbites vezérlésű D/A és egybites A/D átalakító. A kollektorfeszültséget a számítógép-vezérelt tápforrástól kapja, a bázisáram-vezérlést egy másik, byte-os csatornán érkezett információ alapján a készülék saját maga állítja elő a nyolcbites, kettes számrendszer szerint súlyozott áramok összegéből (4. ábra). A kollektoráram A/D konvertere helyben van, az egybites időköz-információt és az áramfigyelő ellenállást váltó állapotait egy nyolcbites csatlakozó juttatja a számítógépbe. *De hogyan jut a számítógépbe az A/D konverter jele, hogyan történik az egy byte-os vezérlés?*



4. ábra. Számítógép-vezérelt tranzisztor-karakterográf – 1987.

mítógép konzoljához való közvetlen elektronikai hozzáférést, a próbainterfész sikerén felbuzdulva, 1987-ben hétportosra bővítettem (5. ábra) és PIO – Parallel Input Output néven 1989-ben szabadalmat³ is kaptam rá. Az addigi mérőkészülékeim jeleit immár be tudtam vinni a számítógépbe. A fizikai jelenséget mérő analóg-digitális átalakítót (A/D) egyszerű érzékelővé szűkítettem, az addigi külső értelmező és számító részt egy Assembly rutin formájában hoztam létre a számítógép belsejében. *Létrejött az Electronics + Assembly képletű számítógépes, újfajta mérőrendszer.* Nem igényelt precíziós kvarcokat, komplex számlálókat, tárolókat, különleges kommunikációs feltételeket, ez mind benne volt a PC-ben. A számítógépes jelző itt nem a már megmért adatok fogadását-feldolgozását, hanem a mérés folyamatában való effektív részvételt jelenti. Ez lényeges különbség a mai, szokásos USB-s mérőrendszerekhez képest. A mérési adatok a számítógépben keletkeznek, valós idejű mérés jön létre, ez óriási előny! Az első, valós idejű mérések örömét nem lehet leírni! Egy teljesen új világ nyílt meg előttem!

Univerzális, hétportos kétirányú interfész

1985-ben jobban „belenéztem” a nemrég vásárolt ZX81-be, megtaláltam a konzol bekötéseit, majd megállapítottam, hogy lehetséges az egy byte-os kommunikáció létrehozása. Egy héten belül egy kétirányú, egyportos próbainterfészt építettem, ennek birtokában, a számítógép + mérés fogalomkörében a kor szokásaihoz képest egy teljesen más úton indultam el. Az akkori (és a mostani) mérésbediktálás helyett magát a számítógépet „kértem fel”, hogy felügyelje és értelmezze a mérést. Ez valós időben történik. A komplett, külső mérőeszközt logikailag „kettévágtam”, az egyszerűbb, a fizikai mennyiséget érzékelő elektronikai rész kívül maradt, az alkatrészigényes (kvarcok) értelmező és számító részt pedig Assemblyben a számítógépre bízta, hiszen abban minden rendelkezésre állt. Addig az első rész jeleit nem sikerült egyből bevennem a számítógépbe, mert a személyi számítógépek elterjedésének kezdetén – a '80-as évek közepén – az akkori számítógépeket csak soros kommunikációra tervezték, így nem rendelkeztek párhuzamos portokkal. Mivel már az első elterjedt személyi számítógép, a ZX81 is támogatta a szá-

mlézőket, tárolókat, különleges kommunikációs feltételeket, ez mind benne volt a PC-ben. A számítógépes jelző itt nem a már megmért adatok fogadását-feldolgozását, hanem a mérés folyamatában való effektív részvételt jelenti. Ez lényeges különbség a mai, szokásos USB-s mérőrendszerekhez képest. A mérési adatok a számítógépben keletkeznek, valós idejű mérés jön létre, ez óriási előny! Az első, valós idejű mérések örömét nem lehet leírni! Egy teljesen új világ nyílt meg előttem!

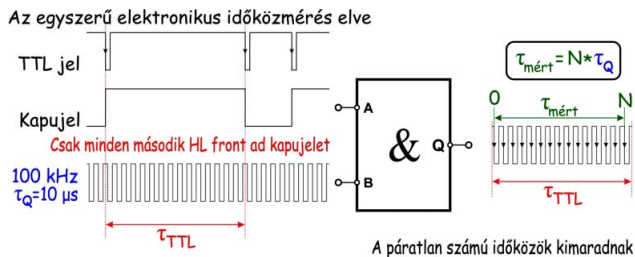
Az elektronikus időközmérés elve

Ahhoz, hogy értékelni tudjuk a számítógépes időközmérés előnyeit, először lássuk, mi módon mérnek az elektronikai eszközök. Az elektronikus időközmérők a mérendő jelek közötti időt egy kvarcetalonból származó órajelsorozattal töltik ki, ezután megszámlálják, hogy hány teljes periódus fért el a mérendő időközben. A mérendő jel minden második HL (High → Low) frontjával egy-egy kapujelét hoznak létre (6. ábra), amelynek magas szintje megnyitja, az alacsony szintje pedig lezárja a logikai AND kaput. A kapu másik bemenetére kerül a mérés órajele (kvarcetalon), a kimenetén pedig megjelenik a kapujel által engedélyezett impulzussorozat. Az $N+1$ számú HL front között N egész periódus van, így a τ_{TTL} időköz mért értéke $\tau_{mért} = N\tau_Q$, ahol a τ_Q az órajel periódusa. A mérés során majdnem kétszer két teljes órajelet is elveszíthetünk-nyerhetünk, ezért a legnagyobb felbontási hiba $\pm 2/N$ lesz. A kísérletezőknek a képlet

5. ábra. PIO (Parallel Input Output) – Hétportos, kétirányú interfész – 1987.



³ Bartos-Elekes István, Bartos-Elekes Zsolt: 7 portos, 8 bites párhuzamos interfész olyan, Z80-as mikroprocesszorral megépített számítógépek számára, amelyekenél létezik a külső buszhozzáférés. OSIM – 104852 számú szabadalmi leírás, 1989.01.26



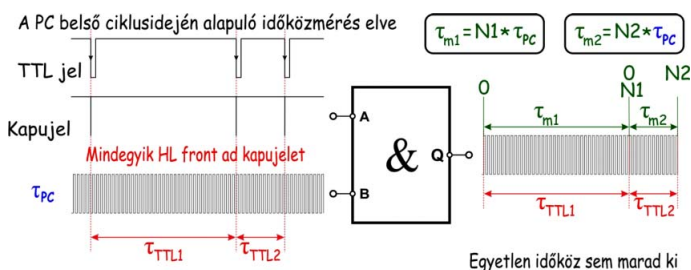
6. ábra. Az egyszerű elektronikus időközmérés elve.

rögtön mutatja, hogy minél nagyobb az N , annál kisebb az elkerülhetetlen felbontási hiba. A kapuidő lejártakor a készülék kijelzi a mért időköz értékét, majd a következő HL front megjelenésekor újból indul a mérés. Az elektronikus eredetű jelsorozatok időközmérésekor nincs fontossága a kimaradt időköznek, hiszen úgyis átlagolunk, de a változó időközök egyedi mérésére (szabadesés, radioaktív bomlások) ez a módszer nem alkalmas, mert minden második időközmérési lehetőséget elveszítünk. A vesztés oka a kijelzés és az értéktadás elkerülhetetlen időigénye, mert az értékeket nincs hol tárolni. A számítógépes mérésnél nincs kijelzés, az érték a PC-ben keletkezik, az átadás ns-ok alatt megy végbe, vagyis a mentést biztosan befejezi a következő logikai kapujel megjelenéséig.

A számítógépes időközmérés elve

A számítógépes időközmérés elve (7. ábra) hasonló az időköz elektronikus mérési elvéhez, de van néhány lényeges, nagyon előnyös különbség is (lásd alább). Az AND kapu csak szimbolikus, szoftveresen megoldott logikai egység. A virtuális kapujel a mérendő TTL jel HL frontja megjelenésekor kezdődik, és a következő HL front megjelenéséig tart, eközben a PC egy szoftveres ciklusban „ragadva” várja a TTL jel újabb HL frontját. A kapujel alatt a PC egy τ_{PC} periódusú ciklikus folyamat jeleit számlálja, vagy a végén leolvassa az eltelt ciklusok számát. Minél kisebb a τ_{PC} , annál több periódus fér el a két HL front között, és annál pontosabb a mérés. A ciklikus folyamat periódusainak számlálását a PC végzi, esetleg a HL front megjelenésekor lekérdezheti valamilyen külső vagy belső óra időpontjait. A buszsebesség nem engedi meg a 100 kHz-nél jóval nagyobb órajeleket, ezért a belső órajelekre hagytam. A számítógépnek három belső órája van: a processzor

7. ábra. A PC belső ciklusidején alapuló időközmérés elve.



órajelforrása, az operációs rendszer órája (Operating System Clock). Az OS Clock a gép bekapcsolásakor átveszi az elemes, örökjáró CMOS-óra⁴ időpontját, azonnal átalakítja az OS Clock rendszerének megfelelő időpontformába. A CMOS óra másodperc felbontású, az OS Clock felbontása alapértelmezésben 55 ms körüli, de hétszámjegyes pontossággal kiszámítható (lásd a prezentációt). A CMOS óra hozzáférhető időegysége a másodperc, az OS Clock egy kis gépismert segítségével felgyorsítható 100 μ s-ig (lásd a prezentációt). Mindkettő lekérdezhető az esemény (HL front) megjelenésekor, de a nagy periódusuk miatt inkább csak frekvenciamérésre használjuk. A felgyorsított OS Clock az alapja a stroboszkópműködésének is, ezt használom a villanólámpa időzített vezérlésére, és a mozgásfüggvény inverz függvénye szerinti villantások időközének előállítására. Az i486-os mikroprocesszor megjelenésekor hozzáférhető lett a processzor órajele, ennek periódusa ns nagyságrendű, így igen pontos mérésekre alkalmas. *Ez lényegében változtatva meg az időközmérést, mert az elért felbontás minden addigi elképzelést felülmúlt.*

Kimaradt a PC saját számlálója alapján működő mérés. Még 1987-ben dolgoztam ki a PC belső mérőportja figyelési ciklusideje alapján működő időmérőforrást. E figyelési ciklus ideje csak processzor órajelet előállító kvarcoszcillátor stabilitásától függ (főleg a hőmérséklet befolyásolja). A HL front figyelési ciklusában elhelyezünk egy önfeltöltődő számlálót, amely a program ottjártakor egyet-egyet lép. Amikor program megtalálta a HL frontot, kilép, és azonnal elmentődik a számlálóból kiolvasott figyelési ciklusok száma. Így könnyen elértem a μ s-os τ_{PC} -t. Először a már kapható kvarcórák századmásodperces stoppere segítségével kalibráltunk, de hamarosan kiderült, hogy az egykori atlétikai bírói tapasztalatom ellenére sem ad ± 30 ms-nál jobb pontosságot. Ezért egy komplex időközöket szolgáltató kvarcetalont építettem, amely a szabadesés három fényosrompójának sorrendi jeleit adta a három BNC csatlakozóban.

A kvarcetalon segítségével még 2006-ban mértem ezt az időegységet (8. ábra), vagyis megszámláltam a sorrendi jelek közötti figyelési ciklusok számát. Az akkori lehetőségekhez képest a 953 ns rendkívülien kicsinek tűnt. A μ s nagyságrendű és kvarceredetű időmérőforrással már komolyabb mérésekbe is foghattam. Ez a figyelési ciklus manapság, a Sunix 4018T printerport esetében 552 ns-ra csökkent.

⁴ CMOS: Complementary Metal-Oxide Semiconductor, integráltáramkör-építési technológia. CMOS óra: Saját, 32768 Hz-es ($2^{15} = 32768$) kvarcoszcillátora van, a 15 bináris osztóval ebből állítja elő az 1 Hz-et, majd a teljes naptárt is. Mindent BCD-ben tárol, az ezredvégi hisztériával ellentétben még az évszázadot, sőt az évezredet is tárolta-tárolja, csak egy pár byte-tal arrébb. A régebbi gépek CMOS órája igen pontos volt, a maiaknál erre már nincs feltétlen szükség, úgyis mindent az internetszolgáltató órájához, esetleg az Atomórához igazítunk.



8. ábra. A komplex időközöket szolgáltató kvarcetalon ellenőrzése.

A mikroprocesszor órajelén alapuló időközmérő elve

Fontossága miatt ezt külön tárgyalom. Csak a cikk címe kedvéért adtam ezt a nevet, mert egyáltalán nem időközmérőről van szó, hanem egy nagyon gyorsan járó, valóságos óráról, amely a toronyórához hasonlóan mindig leolvasható (9. ábra). Nincs kapujel, nincs kimaradás, nem számlálom az eltelt kettyenéseket, kérésre mindezt készen kapjuk a processzortól. Ez a TSC (Time Stamp Counter) szolgáltatás, időbélyegnek is nevezhetjük. Szerepe nagyon egyszerű, a benne tárolt időpontok alapján léptetődik a processzor, vagyis egy olyan időpontjelző órához jutottunk, amely a processzortól független, külső eszköz, egy 64 bites, bináris számláló, amely másodpercenként több milliárd (nem millió!) léptetést kap. A számlálókat építők rémálma a telítődés, a „mindent kezdünk újból”. Ezen óra telítődése elvileg csak évszázadok múlva jöhet létre (a 3520 MHz-es gépemnél, ez 166 év). A naptáros óráktól eltérően, a gép újraindításakor kinullázódik a 64 bites bináris számláló, és az újbóli bekapcsolástól eltelt időt méri. Ez a számláló gyakorlatilag sohasem telítődhet!

Időközmérésről volt szó, tehát egy megfigyelt esemény kezdetekor leolvassuk a StartTSC időpontot, majd minden esemény megjelenésekor az ActualTSC időpontot. A leolvasás és az adatkimentés együttesen 88 óra-



10. ábra. GPS-vezérelt időközetalon.

jelbe kerül, vagyis a leolvasás időigénye (ez 3520 MHz-nél körülbelül 25 ns) nem befolyásolja a dTSC-t (ami az ActualTSC és StartTSC különbsége), az eltelt időt. Ez igen egyszerűnek tűnik, de nagyon nem így van, „hibázhatunk” a kivonásnál (lásd a prezentációmát)!

GPS-vezérelt atomóra-kapcsolat

A mikroprocesszor órajelén alapuló időközmérőm a 3520 MHz-es gép esetén 284,091 ps-os felbontással mér, de a számítógép hőmérséklete befolyásolhatja az órajelét. A számítógép működése szempontjából ez egyáltalán nem gond, de az órajel néhány ppm-es változása nagyban csökkenti a mérések pontosságát. A 10. ábrán látható GPSDO (GPS Disciplined Oscilla-

9. ábra. A mikroprocesszor órajelén alapuló időközmérő rutin legújabb változata.

Legújabb változat: 64 bites számláló és 284.091 ps-os felbontás

Az Atomórához kalibrált órajelét időbélyegként használjuk; a rendszer ppb szintű pontosságot és stabilitást biztosít

1. @SetCounter: → **Címke:** a frontszámláló beállítása. Az első HL frontot már detektáltuk, és MaxDW számú HL frontra várunk. A Start HL front nulla indexű lesz.
2. mov cx, word ptr [MaxDW]
3. @Get&SaveStartTSC: → **Címke:** Leolvassuk a PC Time Stamp Counter (TSC) időbélyegét, ez valójában a PC órajele. A 64 bites StartTSC időpontértéket tároljuk az erre előkészített QWord-ös tárolóban, majd a byte-os es:[di] pointer által mutatott cél helyértékét 8-cal növeljük.
4. db 0Fh, 031h
5. db 66h; mov es:[di+0], ax
6. db 66h; mov es:[di+4], dx
7. add di, 8
8. mov dx, word ptr [MPort]
9. @MeasurementHL: → **Címke:** a cx-ben tárolt MaxDW számú HL frontot figyeli loop ciklusban. A Mask tartalmazza a megfigyelendő bitet, a dx a jelet adó portot.
10. mov ah, byte ptr [Mask]
11. @WhileALEqualLow: → **Címke:** addig vár, ameddig a jel magas szintűvé válik (LH front). Beolvassuk a dx port által címzett byte-ot (jel), és teszteljük a Mask által meghatározott bitet.
12. in al, dx
13. test al, ah
14. jz @WhileALEqualLow
15. @WhileALEqualHigh: → **Címke:** addig vár, ameddig a jel alacsony szintűvé válik (HL front). Beolvassuk a dx port által címzett byte-ot (jel), és teszteljük a Mask által meghatározott bitet. Ha továbbra is magas, akkor visszalép. A HL frontok közötti időt az ActualTSC időpontok különbségéből kapjuk meg.
16. in al, dx
17. test al, ah
18. jnz @WhileALEqualHigh
19. @Get&SaveActualTSC: → **Címke:** Leolvassuk a PC Time Stamp Counter (TSC) időbélyegét. A 64 bites ActualTSC időpontértéket tároljuk az erre előkészített QWord-ös tárolóban, majd 8-cal növeljük a byte-os es:[di] pointer által mutatott cél helyértékét.
20. db 0Fh, 031h
21. db 66h; mov es:[di+0], ax
22. db 66h; mov es:[di+4], dx
23. add di, 8
24. mov dx, word ptr [MPort]
25. @LoopHL: → **Címke:** Ameddig nem találjuk meg a MaxDW számú HL frontot, újrakezdjük a méréseket, egyúttal az ActualTSC időpontok leolvasását is.
26. loop @MeasurementHL
27. @Exit: → **Címke:** a MaxDW indexű HL front megtalálása után kilép!

βsoft

tor) időközetalonnak van saját, állandó hőmérsékleten tartott, 10 MHz-es, ± 10 ppb pontosságú kvarcoszcillátora, és leosztott frekvenciájú 1PPS (1 Pulse Per Second) TTL szabványú kimenete. A bemelegedés és az Atomórával való GPS-kapcsolat létrejötte után az 1PPS kimeneten $T = 1,000\,000\,000\,0$ s periódusú etalonjelet kapunk, amelynek stabilitása ± 10 ps. Az így kialakult új mérőrendszerben a mérés előtt és után is ezzel a jellel kalibrálom a PC órajelét. Egy régóta bekapcsolt, zárt dobozban levő számítógép órajelkvarcának a hőmérséklete a néhány másodperces mérés alatt alig változik. A fonálingás kísérletnél ezt sok méréssel igazoltam, a „tanúm” az 1PPS volt.

A számítógépes időközésmérés előnyei

A virtuális kapujel nem egy elektronikus engedélyező jel, hanem a TTL jel két HL frontja közötti belső ciklusszámlálás kezdetének, végének és a következő mérés megkezdésének szoftveres feltétele. Három előny: a kapujel folytonossága; az, hogy a számlálás magától történik, alig költünk rá gépidőt; a legfontosabb, hogy nem történhet jelvesztés, mert a port állandóan figyel a mérendő jelet. A negyedik, a fenti három előny fölötti kategóriába tartozik, ugyanis a ciklusok számának átadása csak néhány ns-ig tart, ráadásul a mért érték a számítógépben keletkezik és a további felhasználásra is ott marad. A prezentációmban két Assembly rutin elemzése közben bemutatom a 32 bites számlálók használatának két módját is. A 32 bites számlálókkal μ s-osnál is jobb felbontásban félórányi időközöket is mérhetünk. Nekem ez se volt elég, nem találtam elég finomnak a μ s-os felbontást! A nagyságrendekkel jobb, néhány tized ns-os felbontást a mikroprocesszor léptetését biztosító órajel elérése hozta.

Rendszerkövetelmények

• *Operációs rendszer.* A mérési elvből kiindulva könnyen meghatározhatjuk a rendszerkövetelményeket. Az elv minden esetben saját számlálót feltételez, vagyis mérés közben a PC-nek nem adhatunk más munkát, különben hibázna. Műszaki kifejezéssel szólva, le kell tiltanunk a megszakításokat, a mérés néhány tizedmásodperce alatt (szabadesés) a gép csak a méréssel kapcsolatos dolgokkal foglalkozhat. Ezt csak a DOS (Disk Operating System) operációs rendszer engedélyezi. Ha nem tiltjuk le a megszakításokat, a mérés igencsak pontatlan lesz. Ezt a prezentációmban egy könnyen érthető grafikonpárral szemléletesen bizonyítottam. Itt csak annyit, hogy a két kétórás mérési kísérlet pontossága a DOS-os gép esetében 11-szer jobb a Linuxosénál, ahol nem lehet letiltani a megszakításokat. A DOS-ban igen gyengék a grafikus lehetőségek, ezt megoldottam a saját szabványú VESA kompatibilis grafikusrendszer létrehozásával. Ezekről és sok másról bővebben szólok a prezentációmban.

• *Processzor.* Szintén a mérési elvből indulunk ki. Legfontosabb az órajel nagysága. Egy 3 GHz-es processzorral már igen jól lehet mérni. A szuperpontossághoz szükséges az Atomóra-kapcsolat⁵ alapján létrejött kalibrálás.

• *Mérőport.* A hozzáférési idő minél kisebb legyen, ezt átviteli sebességként határozzák meg. A leggyorsabbak átviteli sebessége 2,7 MBps körül van. Az alaplap portok általában igen lassúak.

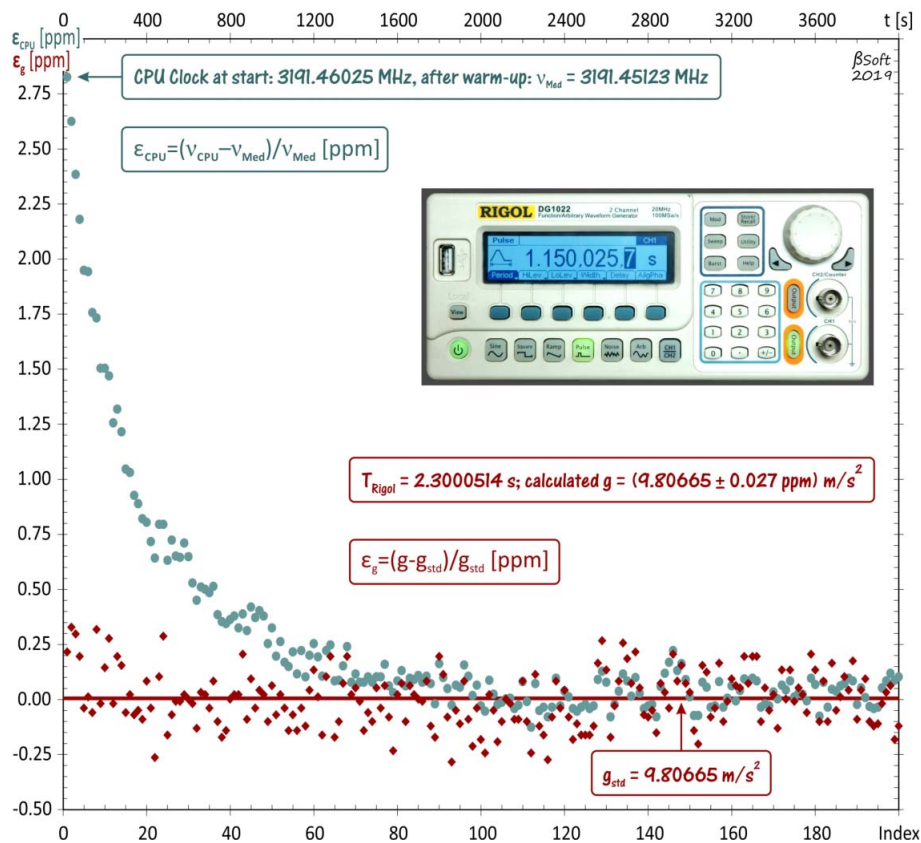
• *Monitor.* Ma már nem gond, de 2005-ben az ilyen irányú fejlesztéseim kezdetén kevés VESA monitor ismerte az 1280×1024-es módot, ezért a VESA unitomat 320×200, 640×480, 800×600, 1024×768 formátumra is megírtam, illetve paramétereztem. A mai monitorok ismerik ezeket a módokat, de a felbontástól függetlenül olyat kell választani, amelyik a ma elterjedt 16:9 mód mellett ismeri az 5:4 módot is.

Egy érdekes mérési eredmény

Az Atomórához igazított 1PPS etalonjel birtokában számtalan mérési kísérletet végeztem, élveztem az újdonsült pontosságot. A most bemutatandó kísérletben felrúgtam a méréstechnika legegyszerűbb alapszabályait, és egy bemelegedés alatt álló számítógéppel mértem meg a gép melegező processzorának pillanatnyi órajel-frekvenciáját, majd ezzel az órajellel (3200 MHz) mértem meg az ingajelet szimuláló, egész éjjel bekapcsolva hagyott, professzionális függvénygenerátorom által szolgáltatott „ingajelek” időközzeit. Minden úgy folyt le, mint a valós ingamérésben, csak az inga lengésekor keletkezett fényesorompójeleket a nyolcdigites, precíziós függvénygenerátorral állítottam elő. Úgy választottam meg a Fizikum ingájának a periódusát (2,3000514 s) és az inga hosszát, hogy éppen a standard nehézségi gyorsulás ($9,80665$ m/s²) értékét „mérje”. A periódus „páros” kell, hogy legyen, különben nem lehet beállítani a félperiódust. Mivel az inga egy teljes periódus alatt kétszer metszi a fényesorompót, ezért a félperiódus-időkből (1,1500257 s) építettem fel a standard g-t mérő inga fonalhossza periódusának megfelelő „mérési” összeállítást. Az előre beállítható öt teljes periódus (tizenegy takarás) indítása előtt és után lekértem a TSC időpontokat, majd az ismert ingahossz alapján, a matematikai inga képletével kiszámoltam a g értékét. A valós fonálinga csak abban különbözne ettől, hogy a fonálinga tehetetlenségi nyomatékával, és a szögamplitúdóval is számolnom kellene. A számítógép órajelkvarcának a szükséges, legalább $\pm 0,01$ °C pontosságú hőmérséklet-stabilizálása helyett, minden mérés előtt és után az Atomórához szinkronizált GPSDO 1PPS jelével megmértem a processzor órajelének frekvenciáját, majd e két frekvencia átlagát vettem. Még rátettem egy lapáttal, ugyanis közvetlenül a bekapcsolás után, mintegy órán át mértem a bemelegedő számítógép órajelét, és a megmért órajellel az inga lengéseit szimuláló „ingajeleket”.

⁵ *Sükösd Csaba* (BME) ötlete.

TSC alapú, a PC bemelegedése alatti szimulált g mérés - ingajel: Rigol DG1022



11. ábra. A melegedés dacára a PC a hosszú idő alatt ± 27 ppb pontossággal mérte az „ingajelel” szimuláló Rigol DG1022 függvénygenerátor által biztosított TTL jeleket.

Az eredmény magáért beszél (11. ábra): a bemelegedés alatt álló mérőrendszeremre nem hatott a melegedés miatti órajelváltozás (a frekvencia mintegy 3 ppm-et csökkent), ezért továbbra is ugyanazzal a pontossággal ($\pm 0,027$ ppm) határozta meg a virtuális inga periódusát. A valóságban a szimuláció helyett az inga valódi jelei adják majd a periódusokat, tehát a mérés pontossága csak a megépített mérőrendszer mechanikai elemeitől függ (tehetetlenségi nyomaték). Ez a kísérlet – még változó körülmények között is – egyértelműen bizonyítja mérőrendszerem pontosságát. A prezentációmban a kísérlettel kapcsolatban további részletek is találhatóak.

Összefoglaló

Az időköz-méréssel kapcsolatos, mintegy három évtizedes fejlesztéseimből a mérési elveket és néhány megvalósítást villantottam fel. Talán az egyetlen itt bemutatott mérési eredmény is elég ahhoz, hogy értékelni lehessen az újfajta mérés pontosságát. A rendszer alapértelmezésben egyszerre öt (vagy nyolc) biten mérhet, ez lehetővé tette az Atomóra-kapcsolat mérés előtti és mérés utáni, esetleg a mérés alatti szimultán alkalmazását a kalibrálásra. Itt csak a mérés előtti és utáni kalibrálást láttuk, de ez is két nagyságrenddel növelte a pontosságot. Sajnos, az egy bites USB-s rend-

szerek nem teszik lehetővé a kalibrálást-mérést, ez egy biten lehetetlen. Lehet ugyan egyszerre két adatgyűjtőt használni, de a két különálló kvarcoszcillátor „egyekalibrálásának” nincs értelme.

Az évek során nem mindig volt ilyen sikeres az ingakísérletem. A printerport belső ciklusának használata után még a lassúbb gépeknél is a néhány periódusra tízmilliós ciklusszámot kaptam, vagyis a felbontás igen jó volt, a sok stopperórás kalibrálás se volt nagyon rossz, mégse jött ki a g helyi értéke. *Mi nem ismerjük a g értékét, mi szeretnénk meghatározni* szövegem mármár a Fizikum ingás kísérleteinek mottójává vált. Mint mindig, most is a véletlen oldotta meg a problémát. A mérőprogramot úgy írtam meg, hogy a mérés elején hagyjon ki néhány fénysorompó-takarást, így ellenőriztem a kúp-inga elkerülhetőségét. Megadtam a két számot 3 és 11, azaz 3 kihagyott takarás és 5 periódus. Egyszer fordítva írtam be,

ekkor a g értéke nagyot nőtt! Kiderült, hogy az elektromágnesz remanenciája egy ideig még fékezi a visszatérő golyót. A csökkenő amplitúdó miatt gyengült a visszatartó erő is. Az új, ferromágneses anyagok nélküli elektromágnesemmel ezután tökéletesen mért! A csak kvarcetalonhoz kalibrált rendszerrel $g_{\text{Fizikum}} = 9,805 \pm 0,0032$ m/s²-et mértem, addig 9,78-at! A Fizikumra (47°03'29,17"N; 21°55'56,26"E; h = 135 m) kiszámított érték: $g = 9,8076451$ m/s² (H. Moritz: *Geodetic Reference System* – 1980, forrás: ftp://athena.fsv.cvut.cz/ZFG/grs80-Moritz.pdf).

Mérőrendszerem minden elemét magam terveztem és hoztam létre az elképzeléstől a bedobozolásig. A kapcsolási rajzaim az „okos-füzetemben” vannak, ha valami érdekel, azokat ritkán nézem meg, inkább a mellettük levő elvi leírást tanulmányozom át. Talán meglepő, hogy nem mutattam be kapcsolási rajzokat, nem csatoltam programokat, úgy lett volna teljes ez a kis leírás. Szerintem csakis az elv átadása a fontos, annak ismerete nélkül nem lehet sikeresen összeszerelni egy komplexebb kapcsolást, vagy megszerkeszteni egy jól működő mérőprogramot. Szinte szó sem esett az A/D konverterek, fénysorompók belső világáról, pedig ezek talán a legfontosabbak a pontos méréshez. Úgy érzetem, hogy mélyebb elektronikai ismereteket igényelnek, ezek nem férnének be a *Fizikai Szemle* profiljába, ezért bárkinek szívesen segítek, ha megépítené az itt vagy a prezentációmban megemlített mérőeszközöket.

A FIZIKA TANTÁRGY ALAPOZÁSA AZ ALSÓ TAGOZATOS KÖRNYEZETISMERET-ÓRÁKON

Mándy Tihamér – Nyíregyházi Egyetem, Óvó- és Tanítóképző Intézet

Pethőné Zatureczky Tünde – Nyíregyházi Egyetem, Eötvös József Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium

A környezetismeret az alsós kisdiákok egyik kedvenc tantárgya, mert a kisiskolás gyerekek egyre erősebb az igény, hogy a szűkebb-tágabb környezetét megismerje, és a benne felmerülő kérdésekre választ találjon. A környezetismeret olyan komplex tantárgy, amelynek – többek közt – feladata a természettudományos gondolkodásmód megalapozása, ennek érdekében a megismerési képességek fejlesztése. Ezek szükségesek ahhoz, hogy a későbbiekben, a természettudományos tantárgyak tanulásakor a tanulók sikeresen sajátítsák el a tananyagot. A környezetismeret tananyagát több műveltségi terület határozza meg, a legnagyobb részterülete a természetismeret témakör.

A legutóbbi évtizedekben jelentősen átalakult a környezetismeret tantárgy óraszám, tananyagának mennyisége és a tartalma (1. táblázat). A tananyagstruktúra változása következtében a fizika tantárgy alapozását szolgáló tananyagok egy része kikerült a tanítandó tananyagok közül.

E tanulmányban a Mozaik Kiadó tanmenetjavaslatait és a *Környezetünk titkai* tankönyvcsalád tankönyveit (2. táblázat) tekintjük át évfolyamonként, és azt vizsgáljuk, hol és hogyan jelennek meg a fizika tantárgy alapozásául szolgáló tananyagok. Tisztában vagyunk azzal, hogy a NAT és a Kerettanterv központilag meghatározzák azokat a határokat, amelyeken belül egy kiadó alkothat, de azt a kis mozgásteret is különböző célokra lehet felhasználni. Választásunkat

1. táblázat

A környezetismeret tantárgy néhány változása az elmúlt 25 évben

tanterv	a tantárgy neve	heti óraszám	
		1–2. év	3–4. év
NAT 1995	Természetismeret	2	2
Kerettanterv 2000	Környezetismeret	2	2
NAT – Kerettanterv 2007	Környezetismeret	1	2
NAT – Kerettanterv 2012	Környezetismeret	1	1

kizárólag az indokolta, hogy ez a tankönyvcsalád foglalkozik nagyobb terjedelemben és óraszámában a fizika tantárgyat megalapozó témákkal.

Az alsó tagozatban a környezetismeret óraszám 128 (kivéve az összefoglaló és számonkérő órákat), ebből tehát 16 százalék a fizikai ismereteket feldolgozó órák aránya.

A környezetismeret fizika tananyagának áttekintése alapján kimondható, hogy a fizika tudomány négy fundamentális fejezete közül három jelen van a tantárgyban. Ezek a mechanika, hőtan, elektromosság és mágnesség. Csak az atom- és magfizika elemei nem kerültek be a tantárgyba. De figyelembe véve az általános iskola alsó tagozatos tanulóinak életkori sajátosságait ez érthető is.

Amint a 2. táblázat alapján megállapítható, a fizika alapozására elég szerény (szűkös) időkeretet fordít a tanterv. Ez annál is inkább szomorú, mert nem tűkröződik a fizika helye, súlya a tudományok sorában, szerepe és jelentősége a gazdasági fejlődésben. Ezt a hiányosságot egy felkészült és elkötelezett tanító nagymértékben tudja tompítani. Az első lehetőség erre már az 1. osztályban, a tanév elején – az időjárás megfigyelése, leírása során – adódik. E kérdés egyik legfontosabb jellemzője a hőmérséklet. A tanulók már ismerik a hőmérőt, tisztában vannak a hőmérséklet mértékegységével (természetesen Celsius fokról beszélünk), mértek, illetve leolvastak hőmérsékleti adatokat. Itt a tanítónak mindenképp ajánlatos kihangsúlyoznia, hogy a hőmérséklet mérésének alapja a hőmérő és a vizsgált test vagy környezet érintkezése, kontaktusa. Ezzel nem vezetjük be a termikus kölcsönhatás fogalmát, de már megalapozzuk legfontosabb feltételét.

Hasonlóképpen célszerű megragadni az alkalmat a téli évszak tanításakor. A tél jellemzője az alacsony hőmérséklet, a hó, a jég. A tankönyv megemlíti az olvadás folyamatát, amely során jégből víz lesz, de



Mándy Tihamér fizikus, fizika szakos tanár, a neveléstudomány kandidátusa, a Nyíregyházi Egyetem Óvó- és Tanítóképző Intézet főiskolai docense. Fő kutatási területe a fizika szakmódszertana, fizikai ismeretek alapozása az általános iskola alsó tagozatán. A Jedlik Ányos Országos Fizikaverseny zsűribizottságának elnöke. Számos publikáció szerzője, illetve társszerzője.



Pethőné Zatureczky Tünde a Nyíregyházi Egyetem Eötvös József Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium szakvezető pedagógusa. Mestertanár, minősítési és tanfelügyeleti szakértő. Több mint húsz éve vezeti a hallgatók szakmai gyakorlatát. Számos publikáció szerzője és konferencia előadója.

2. táblázat				
Mozaik Kiadó Környezetünk titkai tankönyvcsaládjának főbb jellemzői				
év	témakör		a fizika tantárgyat alapozó tananyagok	
	címe	óra-száma	óra-száma	címe
1.	Ismerkedés az élettelen környezettel	7	3	Környezetünk tárgyai és anyagai Légnemű anyag: a levegő Folyékony anyag: a víz
2.	Tájékozódás az iskolában és környékén	8	4	Tájékozódás A hosszúság mérése Energiafelhasználás Energiatakarékosság
	Anyagok körülöttünk	8	8	Az érzékelhető tulajdonságok Miből készül? Halmazállapotok A folyadékok és a gázok Jég, víz, gőz Oldódás A tömeg mérése Az űrtartalom mérése
3.	Környezetünkben történő változások	11	3	Halmazállapotok Halmazállapot-változások I Halmazállapot-változások II
	Tájékozódás	7	2	Tájékozódás a Nap segítségével Tájékozódás mágnesekkel
4.	Tájékozódás	12	1	A Föld a Világegyetemben
			Összesen: 21 (16%)	

mű anyaggal, ami első ismerkedési körben csakis a levegő lehet, egy roppant egyszerű és szemléltető kísérlet útján ismerkednek meg a tanulók: levegőt fűznek szívószálon keresztül egy pohár vízbe, megfigyelve a keletkező buborékokat. Arra már, sajnos, nem tér ki a tananyag, hogy a puha falú, magukban levegőt tartalmazó tárgyak – labda, lufi, műanyag flakon stb. – összenyomhatók. Pedig a levegő (a lég-nemű anyagok) ezen fontos tulajdonságait az elsősök már a mindennapokból is ismerik.

A folyékony halmazállapotú anyag jellemzését a víz tulajdonságainak vizsgálatával alapozzák. A tanulókat rávezetik arra a megállapításra, hogy a folyadékoknak nincs saját alakjuk, hanem felveszik az edény alakját. De itt meg is állnak. Pedig, ha említettük a levegő összenyomhatóságát, akkor egy egyszerű kísérlettel (vagy hétköznapi tapasztalatok alapján) igazolható a folyadékok térfogatának állandósága: üres, azaz levegővel telített műanyag flakon összenyomható, míg vízzel töltött flakon nem.

megragadva az alkalmat, célszerű elmagyarázni a tanulóknak, hogy a fagyás és az olvadás egymással ellentétes folyamatok, és azonos hőmérsékleten játszódhatnak le. A gyerekek zöme egyébként tisztában van azzal, hogy a két halmazállapot-változás $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on megy végbe.

A fizikához kapcsolódó első osztályos tananyag a tanteremben található tárgyak csoportosításával kezdődik. Különböző szempontok szerint végezzük a csoportosítást: érzékszervekkel vizsgálható tulajdonságok, anyag, méret, felhasználás alapján. Fizikai ismeretek alapozása szempontjából kiemelkedő fontosságú az anyagok tulajdonságainak meghatározása. A tanulók tapasztalás útján megállapítják, hogy a szilárd anyagok alakja állandó. Innen már csak egy lépés lenne a következő tény rögzítése: a kemény (szilárd) anyagú testek nem nyomhatók össze, nagyságuk állandó. De ez a lépés a tanítóra vár, a könyv nem tesz erre utalást. Pedig a térfogat fogalmának bevezetése nélkül, hétköznapi tapasztalatokra utalva igen egyszerűen határozható meg a szilárd anyagok e másik fő tulajdonsága.

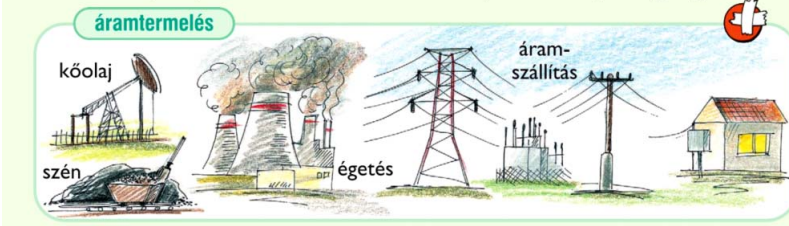
A tankönyv felépítését követve az anyag következő megjelenési formája a megszokottól eltérően a lég-nemű halmazállapotú anyag. Itt említik először a halmazállapot fogalmát is. Igaz, a későbbiekben ezen az évfolyamon nem használják. Helyette az anyag megjelenési formáiról van szó. Érthető is, hiszen egy első gyerek számára az utóbbi megnevezés kézenfekvőbb, mint a szigorú tudományos fogalom. Viszont a lég-nemű

A víz hőtani tulajdonságainak tanulmányozását megkönnyíti az a tény, hogy mindhárom halmazállapotával találkozhatunk hétköznapi körülmények közepette. A tankönyv szerzői ezt eredményesen ki is használják: kísérleti úton megtapasztaltatják a tanulókkal, hogy jégből melegítés során vizet, majd gőzt kapunk. Igaz, magát a halmazállapot-változásokat nem nevezik meg. Pedig az olvadásról már volt szó! A tanulók zöme a forrás jelenségét is ismeri. Azt is megtapasztaltatják a tanulókkal, hogy hűtés következtében a vízből jég lesz, de a fagyás fogalmát nem vezetik be. Holott a gyerekek többsége szeret csúszkálni a jégen, és tudja azt is, hogyan keletkezik. Itt megint a tanítónak kell kiegészíteni a tananyagot.

A 2. osztályban a *Tájékozódás az iskolában és környékén* témakör tananyaga a legegyszerűbb mérés, a hosszúságmérés. Feltehetően második korára nagyon sok iskolás mért már hosszúságot alkalmi mérőeszközzel: arasszal, rúddal, lépéshosszal. Ezeket a tapasztalatokat összesítik, kibővítik és egységesítik azzal, hogy megnevezik a hosszúságmérésre alkalmazott hivatalos mérőeszközöket és a mértékegységeket. A tankönyv a hosszúság mértékegységének a métert definiálja (itt akár az SI rendszerre gondolhatunk), míg a deciméter és a centiméter kisebb egységként jelenik meg, meghatározva a közöttük fennálló arányokat.

Ebből a fejezetből részletesebben szeretnénk kitérni egy nagyon szimpatikus és logikusan felépített lecke, a helymeghatározás anyagára. A tanulókkal tudá-

4. Az áramot erőművekben állítják elő, főként szén, kőolaj, földgáz elégetésével. Ezután vezetékeken juttatják el a házakhoz. Meséld el a folyamatot a képek segítségével!



1. ábra. Környezetünk titkai, 2. osztály. 37. oldal.

tosítják, hogy bármely test helyét a következő algoritmus alapján határozhatjuk meg:

1. viszonyítás (mihez képest – általában a tanulóhoz képest),
2. irány,
3. távolság.

Nem kell mondanunk, máris egy helyvektort látunk magunk előtt. De, ha a tanuló meghatározza a világtájakat is (a lecke része), akkor a képzeletbeli helyvektorunkat egy Descartes-féle koordináta-rendszerbe helyeztük.

E fejezetben szó esik még az energiafelhasználás és az energiatakarékosság fogalmáról is. Az energiaforrások elemzése során egyértelműen kirajzolódik a két fő csoport: a fosszilis, illetve a megújuló energiahordozók. A tanulók azt is megértik, hogy egy adott energiahordozó miért és melyik csoportba kerül. Az energiafelhasználást a mozgás vagy változás (elsősorban hűteni – melegíteni) feltételeként jeleníti meg a tankönyv. De ami a legfontosabb: az egész leckét az energia megmaradásának gondolata szövi át. Igaz, nincs megfogalmazva, ezt – játékos formában, egyszerű hétköznapi példákkal illusztrálva – a tanító teheti meg. Egy másodikos tanuló is megérti, hogy a semmiből nem lesz energia, viszont ha energiát használunk, annak valamilyen változás a következménye. A fent elmondottakat nagyon szemléletesen illusztrálja az 1. ábra, amelyen átalakulások során követhető az energia útja a termelésről a felhasználásig.

Ismeretszerzés, illetve készségfejlesztés szempontjából igen fontos fejezet az *Anyagok körülöttünk* című témakör, amely már az alapvető fizikai fogalmak tárgyalásával foglalkozik. Így a tanulók elemi szinten értelmezik a kölcsönhatás, erő, energia definícióját. Fontos tapasztalatokra tesznek szert a térfogat, tömeg mérésében. A diákok ebben a témakörben végeznek először olyan méréssel egybekötött kísérleteket, amelyek alapján kvantitatív következtetéseket vonnak le.

A hosszúságmérés továbbfejlesztése a térfogatmérés. A térfogat (űrtartalom) meghatározása az egységnek választott mérőedény segítségével történik: hány pohár víz fér az adott edénybe. Ezt megelőzően célszerű lenne kitérni egy szabályos téglatest térfogatának elemzésére. Hiszen hosszúságot már tudnak mérni a tanulók, így különböző méretű téglatestek térfogatainak összehasonlí-

tása már nem okozna problémát. A következő lépés a vízkiszorításon alapuló mérés lehetne, ami már egy magasabb, univerzálisabb méréstechnikát tartalmaz, hiszen szabálytalan alakú testeknél is alkalmazható. A térfogat mértékegységét, a litert célszerű lenne azon folyadék mennyisége alapján meghatározni, ami egy 1 dm élű kockába fér.

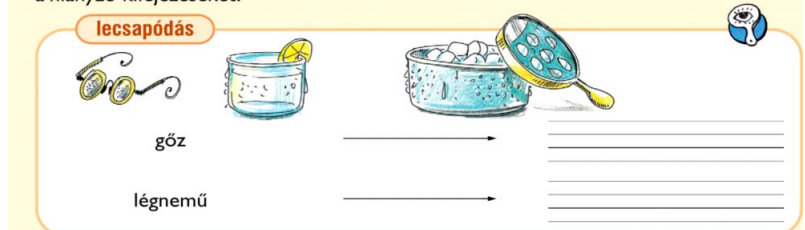
A tömeget a testben található anyag mennyiségeként célszerű meghatározni. Természetesen 2. osztályban csakis gravitációs tömegről beszélhetünk, amit a test súlya alapján határozhatunk meg. Nagyon jó eszköz erre a kétkarú mérleg. A tömeg mértékegysége is bevezetésre kerül: ez a kilogramm. A korábbi logikát követve, célszerű lenne tudatosítani a tanulókkal, hogy a kilogramm 1 liter víz tömegével egyezik meg. A kisebb tömegek mérésére a dekagrammot használjuk. A tömeg mérése során a tanulók igen fontos megállapításra tehetnek szert: a test tömege függ az anyagától és a méretétől. Még hozzá az azonos anyagú testek tömege egyenes arányban van a térfogattal. Így el is juthatunk a sűrűség fogalmáig. Természetesen maga a fogalom nem kerül bevezetésre (ez később, a fizika keretein belül történik meg), de az összefüggés megfogalmazása fontos mérőföldkő a definíció irányába.

A tanulók tovább tanulmányozzák az anyagok szilárd, folyékony és légnemű halmazállapotát – ez a fogalom itt kerül bevezetésre és folyamatos használatra is. A diákok már tudják, a szilárd anyagoknak meghatározott alakjuk van. Ezt kiegészítik azzal a megállapítással, hogy alakjuk csak erős külső hatásra változhat meg. A folyadékok és gázok (levegő) esetében nem történik előrelépés: a tananyag leragad ezen halmazállapotok edényfüggő alakjánál. Nincs említés a folyadékok és gázok összenyomhatósága kapcsán. Itt ismételt felértékelődik a tanító szerepe: személyiségén, hozzáállásán múlik, mennyi ismeretet tud hozzátenni a tananyaghoz.

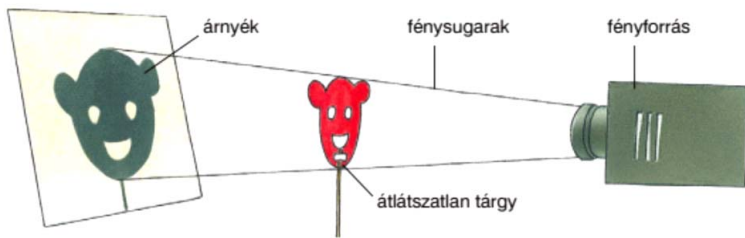
A hétköznapi tapasztalataikra építve és a víz tulajdonságait vizsgálva a tanulók megállapítják, hogy a víz, a jég, a gőz azonos anyag különböző halmazállapotú formái. Egyszerű kísérleteket végezve (lásd a 2. ábrát) megfigyelik a víz halmazállapot-változásait (olvadás, fagyás, párolgás, lecsapódás), és ezek kapcsolatát a hőmérséklet változásával. Az említett három

2. ábra. Környezetünk titkai, 2. osztály. 51. oldal.

6. Miért jelennek meg vízcseppek a pohár külsőjén, ha hideg italt töltünk bele? A hideg pohár lehűti a levegőt. A levegőben lévő vízgőz folyékonyvá válik. Töltsétek meg poharat jégkockával! Néhány perc múlva figyeljétek meg a pohár külsőjét! Pótold a hiányzó kifejezéseket!



6. Sötétítsétek be a termet, és világítsatok a falra diavetítővel vagy zseblámpával! Helyeztetek a fény útjába átlátszatlan tárgyat! Mit tapasztaltok? Mi lehet a jelenség oka?



3. ábra. Környezetünk titkai, 3. osztály, második félév. 7. oldal.

megjelenési formát itt már szakszerűen „halmazállapot”-nak nevezik. Sőt, megvizsgálják, milyen feltételek mellett megy át az anyag egyik halmazállapotból a másikba. Így a tanulók megtanulják a különböző halmazállapot-változások definícióit. Sajnos a forrás fogalma nem jelenik meg a tananyagban. Általában a tanítók ezt a halmazállapot-változást is megbeszélik a tanulókkal, valamint azt is, hogy mi a különbség a forrás és a párolgás között. De azon tény tudatosítása is a pedagógusra van bízva, hogy az olvadás és fagyás, valamint a forrás, párolgás és a lecsapódás egymással ellentétes irányú folyamatok.

A *Környezetünk titkai* 3. osztályos tananyaga két fejezetben, a *Tájékozódás* és *A környezetünkben történő változások* címűben foglalkozik a fizikai jelenségek vizsgálatával. Az első témakör feldolgozása során a fizikai ismeretek a földrajzi tudás alapozását szolgálják. Mondhatnánk, itt szembesülünk a fizika fundamentális jellegével. Csakhogy a megtárgyalt jelenségek tartalma és terjedelme igen szűkös. Nagyon jó, hogy a tanulók megtanulják meghatározni a Nap segítségével az égtájakat. Az is jó, hogy megkülönböztetik a természetes és mesterséges, valamint az elsődleges és másodlagos fényforrásokat. Az viszont már elgondolkodtató, hogy a fény egyenes vonalú terjedése és az árnyék keletkezése vizsgálatával be is fejeződik a fénytani jelenségek megismerése (3. ábra). Pedig minden kisiskolás rendszeresen használja a tükröt, ismeri a nagyítót és látott már fénytörést (például kanalat vízben). Nem beszélve a szivárvány jelenségéről, esetleg egy CD-lemezről visszaverődő és színeire bontott napfényről. Ezen eszközök, jelen-

ségek lényegét meg lehet magyarázni egy 9–10 éves gyerekeknek.

A mágneses jelenségeket leíró tananyag is a tájékozódási ismereteket – iránytű használata – hivatott támogatni. Nem is kell meglepődni, hogy a tanulók csak a legelemibb mágneses tulajdonságokkal ismerkednek meg: a rúd mágnesnek két pólusa van, amelyek között taszítás vagy vonzás jön létre, valamint a Földnek is van mágneses hatása. De azt a tanulók is észreveszik, hogy a mágnesnek van egy sajátos környezete, amely továbbítja a mágneses hatást. Nagyon jó lenne ezt tudatosítani. És itt még nem is kell a mágneses mezőről, mint fogalomról beszélni.

Egészen más benyomást kelt a fizika szempontjából a halmazállapotokról és a halmazállapot-változásokról tanultakat összefoglaló tananyag. A szilárd, folyékony és légnemű halmazállapotú anyagok makroszkopikus tulajdonságai molekuláris értelmezést kapnak. Természetesen itt még nem molekulákról beszélünk, hanem apró részecskékről. Ehhez nem is kell sokat hozzáfűzni: a 4. ábra képei magukért beszélnek.

Hasonlóan magas tudományos szinten, de természetesen a tanulók életkori sajátosságaihoz igazodva foglalja össze a tankönyv a halmazállapot-változásokról tanultakat. A tanulók kísérleti úton nem csak meghatározzák a víz olvadás- és fagyáspontját. Táblázatba foglalva az olvadáskor mért hőmérsékleti adatokat, meggyőződnek arról, hogy a jég olvadása során a hőmérséklet végig 0 °C marad. Emellett megtanulnak különbséget tenni forrás és párolgás között. Sőt, meghatározzák, mitől függ a párolgás sebessége. Az már a tanító felkészültségén múlik, hogy elmagyarázza a tanulóknak, miként befolyásolja a párolgás az anyag hőmérsékletét. Hiszen minden gyerek fújta már a forró ételt hűtés céljából, és bizonyosan tapasztalta azt is, hogy forró nyári napon fürdés után fázunk, míg meg nem száradunk.

A 4. évfolyam tananyaga kevés fizikai elemet tartalmaz, ebben az évben inkább a földrajzra és a biológiára kerül a hangsúly. Egy, a szemléletformálásban fontos szerepet betöltő leckét, *A Föld a Világegyetemben* címűt azonban tartalmaz a tankönyv. A tanulók megismerik az Univerzum szerkezetét: Világegyetem > Tejútrendszer > Naprendszer > Föld. Konstatálják, hogy az égitestek és a csillagrendszerek állandó mozgásban vannak. A Naprendszer megismerése egy modellalkotás segítségével arányos képet alkot a bolygók nagyságáról és Naptól való távolságukról. Sőt, a tanulók információt kapnak a bolygók színéről is. Természetesen a Föld forgásának és keringésé-

4. ábra. Környezetünk titkai, 3. osztály, első félév. 40–41. oldalak.



nek periódusidejéről is kapnak tájékoztatást. És mind ez egy leckében! Ekkora ismeretanyagra több időt kellene szánni! Főként akkor, ha a 4. feladat alapján akarjuk megépíttetni a tanulókkal a Naprendszer kicsinyített mását az iskola udvarán. Ez pedig hatásos és didaktikailag is megalapozott lenne!

Összesen 21 órányi tananyaggal közvetíti a fizikai ismereteket a Mozaik Kiadó *Környezetünk titkai* tankönyvcsaládja az általános iskola alsó tagozatán. Feltehetjük a kérdést: sok ez vagy kevés? A válaszhoz azt is figyelembe kell vennünk, hogy a tantárgy komplex jellege miatt több tananyagba is becsempészhető a fizikai ismeretek. De itt sok múlik a tanító személyiségén, felkészültségén, rátermettségén. Meg kell jegyezni, hogy a tanítóképzésben erősíteni kellene a természettudományi oktatást. A leendő és a gyakorló tanítóknak alaposabb fizikaismereti felkészültségre lenne szükségük. Ez a szakmai továbbképzés rendszerén belül is megoldható lenne. Nagymértékben segítené a tanítók munkáját, ha környezetismeret (ebbe a fizikai ismeretek is beletartoznak) tananyagát kiegészítve létrejönne egy oktatófilmbank, amely többek között fizikai kísérleteket és jelenségeket mutatna be kisiskolások részére.

A tankönyvek szerkesztésénél is nagyobb figyelmet lehetne szentelni egyszerű fizikai kísérletek bemutatásának, leírásának. Ilyen kísérleteket a tanító könnyen bemutatathatna, vagy a tanulókkal közösen elvégezhetné. Mindemellett igen fontos feladat lenne a tananyagot a tanulók hétköznapi tapasztalataira építeni, mint ahogy erre többször is utaltunk. Sok fizikai jelenséget a 6–10 éves korosztályú gyerekek megtapasztalnak, de megalapozott magyarázathoz nem mindig jutnak hozzá. Erre lenne hivatott a környezetismeret tantárgy.

E feladatban komolyabb szerep jutna azon fizika szakos tanároknak, akik a tananyag szerkesztésében vennének részt, vagy konzultatív jelleggel hozzájárulnának a tankönyv megírásához. Ebben az esetben a fizikai jelenségek tanítása felzárkózna a biológiai és a földrajzi

ismeretek szintjéhez. Mert jelenleg egyértelműen ez a két tantárgy dominál a környezetismeretben.

Összességében elmondható, hogy a fizika jellegű ismeretanyag tartalmi részére, valamint a képesség- és készségfejlesztésre célszerű lenne több időt szánni, mert így tudnánk eredményesebben a természettudományok, a műszaki szakmák irányába terelni a gyerekek érdeklődését.

Irodalom

- Egri Sándor, Mándy Tihamér, Varga Klára: *Fizikát tanítók – fizikát tanulók*. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 2015.
- Árvainé Libor Ildikó, Horváth Andrásné, Szabados Anikó: *Tanmenetjavaslat. Környezetünk titkai, 1. osztály*. Mozaik Kiadó, Szeged, 2013., <http://www.mozaik.info.hu/Homepage/Mozaportal/MPmttsa.php?type=TM#1> Letöltve: 2018. 03. 17.
- Árvainé Libor Ildikó, Horváth Andrásné, Szabados Anikó: *Tanmenetjavaslat. Környezetünk titkai, 2. osztály*. Mozaik Kiadó, Szeged, 2017., <http://www.mozaik.info.hu/Homepage/Mozaportal/MPmttsa.php?type=TM#1> Letöltve: 2018. 03. 17.
- Csókási Andrásné, Horváth Andrásné, Mészárosné Balogh Ágnes: *Tanmenetjavaslat. Környezetünk titkai, 3. osztály*. Mozaik Kiadó, Szeged, 2018., <http://www.mozaik.info.hu/Homepage/Mozaportal/MPmttsa.php?type=TM#1> Letöltve: 2018. 03. 17.
- Csókási Andrásné, Horváth Andrásné, Jamrik Kiss Edit, Mészárosné Balogh Ágnes: *Tanmenetjavaslat. Környezetünk titkai, 4. osztály*. Mozaik Kiadó, Szeged, 2006., <http://www.mozaik.info.hu/Homepage/Mozaportal/MPmttsa.php?type=TM#1> Letöltve: 2018. 03. 17.
- Árvainé Libor Ildikó, Horváth Andrásné Szabó Emőke, Szabados Anikó: *Környezetünk titkai, 1. osztály*. Mozaik Kiadó, Szeged, 2017.
- Árvainé Libor Ildikó, Horváth Andrásné Szabó Emőke, Szabados Anikó: *Környezetünk titkai, 2. osztály*. Mozaik Kiadó, Szeged, 2017.
- Csókási Andrásné, Ceglédi Anna, Horváth Andrásné Szabó Emőke, Pécsi Ildikó: *Környezetünk titkai, 3. osztály, első félév*. Mozaik Kiadó, Szeged, 2016.
- Csókási Andrásné, Ceglédi Anna, Horváth Andrásné Szabó Emőke, Pécsi Ildikó: *Környezetünk titkai, 3. osztály, második félév*. Mozaik Kiadó, Szeged, 2016.
- Csókási Andrásné, Horváth Andrásné Szabó Emőke, Jamrik Kiss Edit, Mészárosné Balogh Ágnes: *Környezetünk titkai, 4. osztály, első félév*. Mozaik Kiadó, Szeged, 2009.
- Csókási Andrásné, Horváth Andrásné Szabó Emőke, Jamrik Kiss Edit, Mészárosné Balogh Ágnes: *Környezetünk titkai, 4. osztály, második félév*. Mozaik Kiadó, Szeged, 2009.

SZÁMÍTUNK RÁD, LÉGY A FIZIKA BARÁTJA!



**Támogasd jövedelemadód
EGY százalékkal
az Eötvös Loránd Fizikai Társulatot!**
Adószámunk: 19815644-2-43

A FIZIKAI SZEMLE LXIX. ÉVFOLYAMÁNAK TARTALOMJEGYZÉKE

<p>Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Elnökségének nyilatkozatai 181</p> <p><i>Biró Tamás Sándor</i>: A számtani és mértani közép karrierje a fizikában 189</p> <p><i>Bodoky Tamás, Szabó Zoltán, Baráth István</i>: Az Eötvös Loránd Emlékgyűjtemény története 403</p> <p><i>Boldog Ádám</i>: A Kepler-misszió 260</p> <p><i>Cserti József, Dávid Gyula</i>: Az Eötvös-inga képletei 219</p> <p><i>Cserti József</i>: Eötvös Loránd Műszerei az Emlékgyűjteményben – 5. rész 329</p> <p><i>Dávid Gyula, Cserti József, Király Andrea, Varga Dezső, Koltai János, Vigh Máté</i>: 50. Ortway Fizikaverseny Eötvös évében 145</p> <p><i>Ézsöl György</i>: Nyomottvizes atomreaktorok zónaolvadék-kikerülésének megakadályozása 415</p> <p><i>Faigel Gyula</i>: Szerkezetmeghatározás egyetlen, 100 fs-os röntgenimpulzusból 17</p> <p><i>Fényes Tibor</i>: Szupernehéz atommagok 300</p> <p><i>Gadó János</i>: A reaktorbeli fűtőelemek viselkedésének modellezése 243</p> <p><i>Garbai László, Hódos Rita, Kovács Zoltán</i>: Fenntartható energia, mellébeszélés nélkül 237</p> <p><i>Groma István</i>: Az Eötvös-mérleg 408</p> <p><i>Haris-Kiss András</i>: Fizikai Nobel-díj az első exobolygó felfedezéséért 378</p> <p><i>Holl András</i>: Fizikai és természettudományi periodikák az interneten 311</p> <p><i>Horváth Gábor, Pereszlényi Ádám, Száz Dénes, Barta András, Jánosi Imre Miklós, Gerics Balázs, Susanne Ákesson</i>: Zebracsíkok feltételezett hűtő hatásának kísérleti cáfolata – 1–2. rész 117, 147</p> <p><i>Kálmán Péter, Keszthelyi Tamás</i>: Tiltott magreakciók („hidegfúzió”) 388</p> <p><i>Kármán Tamás, Somogyi Gábor</i>: Az elemi részecskék és alapvető kölcsönhatások standard modellje 364</p> <p><i>Kármán Tamás</i>: Eötvös Loránd Műszerei az Emlékgyűjteményben – 1–6. rész 109, 145, 181, 293, 329, 365</p> <p><i>Keszei Ernő</i>: Egy magyar tudós két háború között 367</p> <p><i>Király Beáta, Angeli István</i>: Versailles-tól Versailles-ig – Debrecen érintésével. Az SI mértékrendszer reformja – 1. rész 160</p> <p><i>Kovács László</i>: Eötvös Loránd előadási kísérleteinek gyöngyszemei 183</p> <p><i>Kurgyis Bálint</i>: Relativisztikus hidrodinamika a nehézion-ütközésekben 80</p> <p><i>Lendvai János</i>: Ajánló 109</p> <p><i>Lendvai János</i>: Bevezető helyett 73</p> <p><i>Lendvai János</i>: Díjak 329</p> <p><i>Lendvai János</i>: Eötvös 100 37</p> <p><i>Lendvai János</i>: Fizikai Szemle 2019 401</p> <p><i>Lendvai János</i>: Január 1</p> <p><i>Lendvai János</i>: Két sikeres konferencia 293</p> <p><i>Molnár Andrea</i>: Eötvös Loránd, a Magyar Tudományos Akadémia elnöke 75</p>	<p><i>Ódor Géza, Hartmann Bálint</i>: A heterogenitások hatásai villamos hálózati modelleken 50</p> <p>Olvasás közben... (R. Gy.) 414</p> <p><i>Ormos Pál</i>: Optikai csipeszek 3</p> <p><i>Pálfalvi László, Fülöp József András, Tóth György, Almási Gábor, Hebling János</i>: Extrém nagy térerősségű terahertzes impulzusok előállítását lítium-niobátban 255</p> <p><i>Patkós András</i>: A Mindenség története 99,99999%-ának lenyűgöző rekonstrukciója 375</p> <p><i>Patkós András</i>: Eötvös Loránd időszerűsége – 1–2. rész 6, 39</p> <p><i>Péter Gábor, Deák László, Gróf Gyula, Kiss Bálint, Szondy György, Tóth Gyula, Ván Péter, Völgyesi Lajos</i>: Az Eötvös–Pekár–Fekete ekvivalenciaelv-mérések megismétlése 111</p> <p><i>Radnai Gyula</i>: Hogyan kezdte tanítani Eötvös Loránd a fizikát? – 1–2. rész 295, 331</p> <p><i>Révész Ádám, Gajdics Marcell</i>: Hidrogén szilárd fázisú tárolása 84</p> <p><i>Rosta László, Bajnok Katalin, Baranyai Rózsa, Belgya Tamás, Bottyán László, Fábíán Margit, Füzi János, Kis Zoltán, Len Adél, Szentmiklósi László</i>: Innováció és a 60 éves Budapesti Kutatóreaktor 381</p> <p>SiPM-teszteléssel a pontosabb mérésért – beszélgetés Ujvári Balázssal 348</p> <p><i>Slíz-Balogh Judit, Kovács Tamás, Süli Áron</i>: Tranziens káosz és káoszkontroll a Föld–Hold rendszer L5 Lagrange-pontja környezetében 247</p> <p><i>Szabados László</i>: 50 éve a Holdon 217</p> <p><i>Szentmiklósi László, Kis Zoltán, Maróti Boglárka, Szilágyi Veronika, Gméling Katalin, Len Adél, Rosta László, Kun Tibor, Baranyai Rózsa, Fábíán Margit, Bottyán László, Janik József</i>: Tudomány az innováció szolgálatában: neutronos anyagvizsgálati módszerek ipari alkalmazásai a Budapesti Neutron Centrumban 304</p> <p><i>Takács Gábor</i>: Van-e távolhatás a kvantumelméletben? .. 43</p> <p><i>Timár-Fülepp Csilla, Erdei Gábor, Kovács Illés, Kránitz Kinga</i>: Új lehetőségek a látóélesség-vizsgálati tesztek pontosságának növelésére 195</p> <p><i>Török János, Kertész János</i>: Mit tanulhatunk a big datából, avagy hogyan választunk kommunikációs csatornát? 13</p> <p><i>Tóth Gyula</i>: Az Eötvös–Pekár–Fekete ekvivalenciamérések szabályos hibája 155</p> <p><i>Tóth Miklós</i>: Az atomnál kisebb méretű részecskék összefoglaló rendszerezése 345</p> <p><i>Tóth Zoltán</i>: A nemzetközi napsugárzási referenciaskála és az új kriogén abszolút pirheliométer 228</p> <p><i>Trócsányi Zoltán</i>: Hol tart a részecskefizika? 232</p> <p><i>Trócsányi Zoltán</i>: Mit kezdünk az új nemzetközi mértékegységrendszerrel? 158</p> <p><i>Vásárhelyi Gábor, Nagy Máté, Zafeiris Anna</i>: Lars Onsager-díj – 2020 343</p> <p><i>Vidovszky István</i>: Az atomreaktorok fajtái 340</p>
--	--

VÉLEMÉNYEK

<i>Bognár Gergely</i> : Mit tegyünk, hogy ne neveljünk laposföld-hívőket?	72
<i>Loeb, Abraham</i> : A tudományban nem a lájkok számítanak	391
<i>Tóth Eszter</i> : Tanári hitvallásom	216
<i>Ván Péter</i> : Alvajárunk?	21

A FIZIKA TANÍTÁSA

Az Ortvay-verseny feladatmegoldásai elé	267
<i>Bartos-Elekes István</i> : Számítógépes időközmérés a nagyváradai Ady Endre Líceum Fizikumában	422
<i>Bokor Nándor</i> : A kifordított körhinta, amelyen élünk	121
<i>Bokor Nándor</i> : Miért tudja kimutatni a LIGO a gravitációs hullámot?	23
<i>Borbélyné Bacsó Viktória</i> : Értük, róluk, nekik... – a 62. Középiskolai Fizikatanári Ankét és Eszközbemutató	176
<i>Dávid Gyula</i> : A szuperszonikus mentőautó	268
<i>Fraller Csaba</i> : Pouillet nyomában – a barometrikus magasságformula, valamint a napneutrínó-fluxus mérése	393
<i>Fülöp László, Brázai Gergő</i> : Fogászati röntgenfilmek a fizikában – 2. rész	90
<i>Fülöp László, Brázai Gergő, Kocsonya András</i> : Fogászati röntgenfilmek a fizikában – 3. rész	322
<i>Garambegy Gábor</i> : Safecast-projekt megvalósítása az Isaszegi Gábor Dénes Gimnázium és Szakgimnáziumban	30
<i>Gyulai Márton, Kadlecsek Ádám, Vaurik Márton, Hömöstrei Mibály, Ispánovity Péter Dusán, Vincze Miklós, Jenei Péter</i> : Ifjú Fizikusok Nemzetközi Versenye 2018 – magyar szemmel – 2. rész	314
<i>Hasznosi Tamásné</i> : Sasszárnyakon a fizika népszerűsítéséért	361
<i>Holics László</i> : Egy téveszme felbukkanása oktatásunkban	174
<i>Horváth Gábor, Szferle Tamás Áron</i> : Milyen gyorsan haladjunk esőben, hogy minél kevésbé ázzunk el?	287
<i>Hudoba György</i> : A Hold távolságának és méretének közelítő meghatározása holdfogyatkozáskor készült felvételek segítségével	400
<i>Jendrék Miklós</i> : Muzsikáló fizika	55
<i>Kerekes Sándor</i> : Mai gyerekek legalább két életet kell élnie! – beszélgetés Szalayné Tahy Zsuzsannával	70
<i>Koczka Vencel, Lipták Zoltán, Piláth Károly</i> : Ultrahangos kísérletek	418
<i>Kovács Levente, Nagy Dániel, Szakály Marcell, Hömöstrei Mibály, Ispánovity Péter Dusán, Asbóth János, Tüzes Dániel, Jenei Péter</i> : Ifjú Fizikusok Nemzetközi Versenye 2018 – magyar szemmel – 1. rész	201
<i>Lendvai Dorotty, Czövek Márton, Forrás Bence</i> : Beteges kertecske	352
<i>Lévainé Kovács Róza, Tasi Zoltánné, Tóth Zsuzsanna</i> : XXVIII. Öveges József Kárpát-medencei Fizikaverseny	137
<i>Mándy Tibamér, Pethőné Zatureczky Tünde</i> : A fizika tantárgy alapozása az alsó tagozatos környezetismeret-órákon	430
<i>Nagy-Czirok Lászlóné Kiszi Magdolna, Horváth Gábor</i> : Tanulók fizikával kapcsolatos tévhitei	63

<i>Palotai Veronika, Sánta Botond</i> : A Wigner Jenő Szakkollégium Kísérleti Kör munkacsoportja bemutatja: diffúziós ködkamra	97
<i>Radnóti Katalin</i> : A nukleáris energia elfogadása a tanulóifjúság körében	280
<i>Radnóti Katalin</i> : Miért és hogyan lettem fizikatanár? – Beszélgetés Papp Katalinnal	107
<i>Radnóti Katalin, Nguyen Quang Chinh</i> : Tanulói tévképzetek vizsgálata az elektromosságban témakörében	169
<i>Simon Ferenc</i> : A 2018. évi Prométheusz-érem kitüntetettje	128
<i>Stonawski Tamás</i> : Mozgásszimulációk a légkörben – 1–2. rész	163, 212
<i>Szabó Róbert</i> : A Kalocsai Érseki Főgimnázium röntgenlaboratóriuma és első világháborús szerepvállalása	102
<i>Träger Magdolna, Buday Csaba, Sánta Botond</i> : A Wigner Jenő Szakkollégium Kísérleti Kör munkacsoportja bemutatja: a Tesla-tekerccs	208
<i>Vannay László, Fülöp Ferenc</i> : A 2012. évi Fizika Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny első kategóriájának harmadik fordulója	132
<i>Vannay László, Fülöp Ferenc</i> : A 2018. évi Fizika OKTV harmadik fordulója az első kategória részére	357
<i>Vörös Alpár István Vita</i> : Szabadulószobák a folyadékok fizikájának tanulmányozására	58

HÍREK – ESEMÉNYEK

12. Bródy Imre Országos Fizika Kísérletverseny – versenyfelhívás	73
62. Fizikatanári Ankét és Eszközbemutató	37
A Társulat 2019. évi kitüntetései és tudományos díjai	364
Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Küldöttgyűlése	180
Dombi József (1920–2019)	143
Ericsson-díj 2020 – felhívás díjazandó tanárok ajánlására	436
Fizika mindenkinek 2019–2020 – versenyfelhívás	364
Jelölési/pályázási felhívás az Eötvös Loránd Fizikai Társulat kitüntetettjeire, valamint felsőoktatási és tudományos díjaira	36
Kitüntetések március 15. alkalmából	144
Kutatók éjszakája – program	292
Magyar Fizikus Vándorgyűlés 2019 – meghirdetés	216
Magyar sikerek a 2019. évi ICYS-en	216
myDAQ-pályázat a 2019–2020. tanévre	292, 328
Pál Lénárd (1925–2019)	365
<i>Sólyom Jenő</i> : XXX. Magyar Fizikus Vándorgyűlés	363
Tájékoztató az Eötvös Loránd Fizikai Társulat 2019. évi tagdíjairól	1
Tájékoztató az Eötvös Loránd Fizikai Társulat 2020. évi tagdíjairól	401
<i>Theisz György</i> : Nyirati László (1948–2019)	328

SAJTÓKÖZLEMÉNY

Világszínvonalú kutatói környezet kialakítása az MTA Atomki új Tandetron Laboratóriumában	292
---	-----

www.fizikaiszemle.hu/mellekletek

<i>Bartos-Elekes István</i> : Fedezzük fel az elektromágneses indukciót!
<i>Cserti József</i> : Eötvös Loránd, a fizikus
<i>Kármán Tamás</i> : A Fizikai Szemle 2020. évi falinaptára

ERICSSON-DÍJ 2020

Felhívás díjazandó tanárok ajánlására

Beérkezési határidő: 2020. február 10. (éjfél)

Az Ericsson Magyarország 2020-ban ismét 8 kiváló pedagógust díjaz összesen 3 200 000 forinttal, így ebben az esztendőben is minden díjjal 400 000 forint jutalom jár. Az elmúlt 21 év során 226 tanító, matematika- vagy fizikatanár kapta meg az Ericsson-díjat.

Az Ericsson Magyarország Kutatás-Fejlesztési Igazgatósága által 1999-ben alapított díjat általános vagy középiskolákban fizikát vagy matematikát oktató pedagógusok nyerhetik el. Az elismerés azért jött létre, hogy támogassa, méltassa és erősítse a magyarországi, világviszonylatban is kiemelkedő matematikai és természettudományos alapképzést. Az Ericsson Magyarország elkötelezte magát a hazai oktatás fejlesztése mellett; vállalásának fontos része ez a díj. A közel kétezzer fős hazai vállalat nemcsak a telekommunikációs ipar egyik legnagyobb munkáltatója, hanem 1300 fős Kutatás-Fejlesztési Központjával a legjelentősebb telekommunikációs és informatikai kutatással, szoftverfejlesztéssel foglalkozó szellemi centrum Magyarországon. A díjra esélyes pedagógusok szakmai munkája és emberi hozzáállása teszi lehetővé, hogy a hazai műszaki és természettudományi diplomával rendelkezők tudása megfelelő szellemi értéket képviseljen, és vonzóvá tegye a beruházást infokommunikációs csúcstechnológiák kutatás-fejlesztésébe Magyarországon.

Az Ericsson-díjakat 2020-ban is két kategóriában ítélik oda

1. „Ericsson a matematika és fizika népszerűsítéséért” díj

Két matematikát és két fizikát tanító pedagógus (általános vagy középiskolai) részére egyenként 400 000 forinttal járó díj.

Azok kaphatják, akik iskolájukban és azon túl is évek óta a legtöbbet teszik a tantárgyuk iránti érdeklődés felkeltéséért és megszerettetéséért. Élén járnak az innovatív módszerek kidolgozásában és népszerűsítésében. A bírálók figyelembe veszik, ha az ajánlott pedagógus tanítványaival aktívan bekapcsolódott a *Középiskolai Matematikai és Fizikai Lapok* vagy az *ABACUS* folyóiratának pontversenyeibe, egyéb országos matematika- és fizikaversenyekbe, lendületes, kezdeményező egyéniségével vagy új technológiák bevezetésével vonzóvá teszi szaktárgyát.

2. „Ericsson a matematika és fizika tehetségeinek gondozásáért” díj

Két matematikát és két fizikát tanító pedagógus (általános vagy középiskolai) részére egyenként 400 000 forinttal járó díj.

Azok kaphatják, akiknek tanítványai 2010 óta szaktárgyuk legjelentősebb országos vagy nemzetközi versenyein (például: a *Középiskolai Matematikai és Fizikai Lapok* vagy az *ABACUS* folyóiratok versenyei; a Varga Tamás, Kalmár László, Zrínyi Ilona, Arany Dániel matematikaversenyek; matematika vagy fizika OKTV; Öveges József, Jedlik Ányos, Mikola Sándor, Szilárd Leó fizikaversenyek, Kürschák József matematikai tanulmányversenyek vagy Eötvös Loránd fizikaversenyek valamelyikén) elnyerték az első öt díj egyikét, illetve nemzetközi matematikai vagy fizikai diákolimpiákon arany-, ezüst-, bronzérmeket vagy dicséretet szereztek.

A díjakat a MATFUND Középiskolai Matematikai és Fizikai Alapítvány ítéli oda, a Bolyai János Matematikai Társulat és az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Ericsson-díj bizottságainak ajánlása alapján. A díjazandókra írásos javaslatot nyújthatnak be szakmai és társadalmi szervezetek, a javasolt tanár tevékenységét ismerő kollégák, tanítványok. Az ajánlásnak ki kell emelnie a javasolt személy szakmai és emberi jellemzését, különös tekintettel azokra a szempontokra, amelyek alapján a díjra érdemesnek tartják. Pályázatot csak a különböző kategóriák elektronikus Pályázati adatlapjain nyújthatnak be. Ha a korábbi években már javasolt tanár nem kapott díjat, a felterjesztést (aktualizálva) kérjük, ismételjék meg! Rátz Tanár Úr Életműdíjas pedagógust kérjük, ne jelöljenek! Ericsson-díjas tanár nyolc év elteltével újra felterjeszhetőd.

A pályázati adatlapok 2020. február 10-én éjfélig (23:59) lesznek elérhetők a <https://eth.org.hu/ericsson-dij-2020> weboldalon. A pályázatokat kizárólag online lehet benyújtani. Kérdés esetén a következő e-mail címre írhatnak: matfund@komal.hu. A szakmai bizottságok a benyújtott írásos javaslatok alapján részletes indoklást mellékelve javaslatot tesznek a jelöltek sorrendjére, amelynek alapján a MATFUND kuratóriuma 2020. március 13-ig dönt a díjazandók személyéről.

A díjkiosztó ünnepségre 2020. május végén kerül sor az Ericsson Magyarország székházában.

Szerkesztőség: 1092 Budapest, Ráday utca 18. földszint III., Eötvös Loránd Fizikai Társulat. Telefon/fax: (1) 201-8682

A Társulat Internet honlapja <http://www.elft.hu>, e-postacíme: elft@elft.hu

Kiadja az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, felelős kiadó Groma István főtktár, felelős szerkesztő Lendvai János főszerkesztő.

Kéziratokat nem örzünk meg és nem küldünk vissza. A szerzőknek tiszteletpéldányt küldünk.

Nyomdai előkészítés: Kármán Stúdió, nyomdai munkálatok: OOK-PRESS Kft., felelős vezető: Szathmáry Attila ügyvezető igazgató.

Terjeszti az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, előfizethető a Társulathoz vagy postautalványon a 10200830-32310274-00000000 számú egyzámlán.

Megjelenik havonta (nyáron duplaszámmal), egyes szám ára: 900.- Ft (duplaszámé 1800.- Ft) + postaköltség.

HU ISSN 0015–3257 (nyomtatott) és **HU ISSN 1588–0540** (online)



Országos Szilárd Leó Fizikaverseny



A XXIII. Országos Szilárd Leó Fizikaverseny meghirdetése



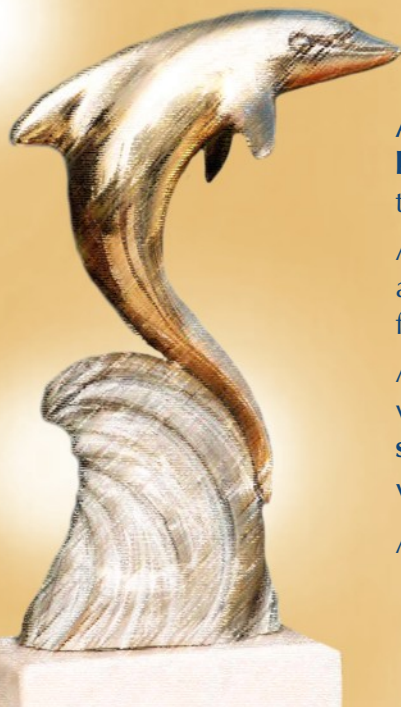
Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, a Magyar Nukleáris Társaság, a Szilárd Leó Tehetséggondozó Alapítvány, az Energetikai Szakgimnázium és Kollégium, Paks és a Paksi Vak Bottyán Gimnázium meghirdeti a XXIII. Országos Szilárd Leó Fizikaversenyt.

Nevezhetnek a határon innen és túl magyar nyelven fizikát tanuló, középfokú oktatásban résztvevő diákok iskolái a **Jelentkezési Lap** kitöltésével és e-mailen történő elküldésével a **sukosd@reak.bme.hu** címre. A Jelentkezési Lap és a versenyen történő részvétel részletes feltételei megtalálhatók a Verseny honlapján: <https://szilardverseny.hu/orszagos-verseny/verseny-meghirdetese>.

Nevezési díj nincs, a nevezés határideje: 2020. január 17.

Az első forduló időpontja: 2020. február 24., 14:00–17:00,
helyszíne: a benevezettek iskolája.

A második (döntő) forduló időpontja:
2020. április 24–26, (péntek déltől vasárnap délig),
helyszíne: Paks, Energetikai Szakgimnázium és Kollégium,
valamint a Paksi Vak Bottyán Gimnázium



A döntőbe az első fordulóban legjobb eredményt elért **húsz I. és tíz II. kategóriájú tanulót** hívja be a Versenybizottság. A Verseny honlapja tartalmazza a kategóriák meghatározását, lásd a fenti linket.

Az Országos Szilárd Leó Fizikaverseny célja a fizika – és ezen belül is a nukleáris és a modern fizika – iránt érdeklődő tehetséges tanulók felfedezése.

A verseny mindkét fordulójában **10-10 elméleti feladatot** kell a versenyzőknek megoldani. A döntőben ezen kívül még **kísérleti és számítógépes szimulációs feladatot** is kapnak a versenyzők.

Várjuk a kihívást vállaló, tehetséges fiatalok jelentkezését!

A Versenybizottság nevében

*Dr. Sükösd Csaba, c. egy. tanár,
a Versenybizottság vezetője*