

zött) a BAF-nek az akkor még üzemelő pécsi uránbányával határos részén létrehozott föld alatti laboratóriumban végzett vizsgálatok álltak. Az uránbánya bezárására vonatkozó kormányzati döntés következtében a bányából megközelíthető, 1100 m mélyen létesített föld alatti laboratóriumot 1998 végén bezárták. A zárójelentésben levő kutatások eredményeit illetően nem merült fel olyan körülmény, amely a nagy aktivitású radioaktív hulladékok BAF-ben történő végleges elhelyezése ellen szólna. A Radioaktív Hulladékkezelő Kft. 2000-ben az ország teljes területére kiterjedő földtani pásztázó kutatást végzett, újabb lehetséges lerakó potenciális feltérképezése érdekében. A vizsgálati eredmények továbbra is a BAF-et találta a nagy aktivitású hulladéktároló legígéretesebb befogadó kőzetének. Jelenleg a terület hidrogeológiai vizsgálata zajlik, valamint újabb furatok vizsgálata a terület kijelölése céljából. A kutatások eredményének függvényében kerül kijelölésére a föld alatti laboratórium és a hulladéktároló helye. A jelenlegi tervek szerint az első konténerek 2060-ban kerülnek lerakásra [13].

Irodalom

5. *Cementation of radioactive waste*. http://www.nukemgroup.com/fileadmin/pdf/Brochure_Cementation_Juni_2007.pdf NUKEM Technologies GmbH
6. L. Monte, V. Barreto, M. F. R. Guzella: Incorporation of radioactive waste in bitumen 10 years of R&D and cooperation between CDTN and Electronuclear. In *Proc. of Int. Nuclear Atlantic Conference*, Santos, 2007.
7. W. Ramsey, N. Bilber, T. K. Meaker: Composition and durabilities of glasses for immobilization of plutonium and uranium. *Conf. Waste Management '95*, Tucson, 1995.
8. L. R. Bunnell, G. D. Maupin, K. H. Oma: High-Temperature Glasses for Nuclear Waste Isolation. *Advances in Ceramics 20* "Nuclear waste management II" (1986) 167.
9. Fábíán M., Sváb E.: Boroszilikát üvegek szerkezetvizsgálata neutrondiffrakcióval. *Nukleon V*(2012) 119
10. M. Fábíán, Th. Proffen, U. Ruett, E. Veress, E. Sváb: Uranium surrounding in borosilicate glass from neutron- and X-ray diffraction and RMC modelling. *J. Phys.: Condens. Matter 22* (2010) 404206.
11. *Engineering Barrier Systems in the Safety Case: Design Confirmation and Demonstration*. Workshop Proceedings, Tokyo, OECD NEA 6257, 2007.
12. *SKB's mission*. Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co. 2014.
13. OECD/NEA, Nuclear Energy Data, 2006.

A FIZIKA TANÍTÁSA

MÉRÉSEKKEL A KOZMOSZ NYOMÁBAN

Fraller Csaba
Hévízi Bibó István Gimnázium,
Szakközépiskola és Kollégium

A számítógépes adatfeldolgozáson alapuló mérési eljárások az oktatásban

Nem lehet vitás, hogy napjainkban mind a hétköznapi tanítás-tanulás, mind pedig a közép- és emelt szintű fizikaérettségi folyamatában helyet kell szorítani a számítógépes adatfeldolgozásra épülő méréseknek, demonstrációknak. Erre az elmúlt években már történtek kísérletek (például évek óta szerepel az emelt szintű tételek között egy-egy ilyen mérés), de egységes hardver-, illetve szoftverkeret híján ezek a módszerek nem váltak általánossá. Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat és a National Instruments Hungary Kft. a 2014/2015-ös tanév végén közösen írt ki pályázatot fizikatanároknak. A pályázat a LabVIEW rendszertervező szoftverrel támogatott, kifejezetten oktatási célokra kifejlesztett myDAQ mérésadatgyűjtő eszközzel szabott mérési eljárások kidolgozását követelte meg.

A pályázat motivációját az alábbi közismert, szinte már közhelyszámba menő tény szolgáltatta: *világszer- te felismerték, hogy a fiatalok érdeklődése a műszaki- természettudományi tárgyak iránt csökken*. Ennek tükrében tudomásul kell vennünk, hogy versenyt kell futnunk diákjaink érdeklődéséért egy olyan világban, amelyet a digitális technika teljes egészében átszö. A pályázat kiírói szerint van rá esély, hogy a számítógé-

pes mérési eljárások bevezetése az iskolai kísérletezésbe a tanulók számára modernné és ez által érdekesebbé is teszi azt a tárgyat, amelyben alkalmazzák.

Jómagam ezen pályázat keretében kerültem kapcsolatba a digitális mérés technikával, különösebb programozói vagy elektronikai előképzettség nélkül. Az alábbiakban néhány általam fontosnak ítélt alapelv és konkrét mérési eljárás ismertetésén keresztül szeretném bemutatni a fent említett keretrendszer előnyeit és saját tapasztalataimat. Nem titkolt célom, hogy rámutassak: az elsősorban a modern fizika körébe tartozó mérések kidolgozása és alkalmazása erős eszközt ad a kezünkbe, hogy segítsük diákjaink természettudományos világképének fejlődését. Végezetül érvelni kívánok amellet, hogy előnyökkel járna, ha a fizikaoktatásban egységes digitális mérőrendszer kerülne bevezetésre.

Bevezető gondolatok

Szomorúan tapasztalom a klasszikus (ebben az értelemben 20. század előtti) fizika nyomasztó túlsúlyát az általam ismert közép- és emelt szintű kísérletlistákban. Csak elvétve lehet találkozni az elmúlt száz év eredményeire utaló kísérlettel, méréssel, demonstrációval. Általános gyakorlat, hogy a középszintű tétel-



1. ábra. A myDAQ mérésadatgyűjtő eszköz.

sorokban modern fizikai tételek mellett például hullámtani kísérletek, mérések szerepelnek, igaz, nem minden elvi alap nélkül, és sokszor a helyi szertár gyenge felszereltségének eredményeként. Még elkerülhetőbb a kép, ha a mindennapok tanórai gyakorlataira gondolok. Gyakran a kényszerű mellőzés sorsára jutnak az atomfizika, magfizika vagy csillagászat újabb, de érdeklődésre számot tartó eredményei is. Pedig a gyerekeket érdeklik ezek a kérdések. Odafigyelnek, ha a Föld korának mérési módszeréről, vagy éppen a csillagok távolságának meghatározásáról beszélünk. Előbb-utóbb minden fizikatanár választásra kényszerül. Mi fontosabb? Életet lehelni a száraz ismeretekbe, vagy felkészíteni diákjainkat a továbbtanulásra? Szomorú dilemma és szomorú, hogy ez a kérdés egyáltalán felmerülhet. A jelenlegi óraszámok, tantervi előírások és érettségi követelmények mellett csak kivételes helyzetben képzelhető el akár csak megnyugtató kompromisszum is. Ennek azonban ára van.

Sajnos tanulóinknak nincs kialakult képük a Világegyetemről, a Világegyetem megismerésének módszeréről még kevesebbet tudnak. Azt állítom, hogy a természettudományos megismerés *folyamatáról* nem beszélünk eleget. Állandóan panaszkodunk: tanítványaink nem képesek elsajátítani a természettudományos gondolkodás alapjait. Vajon megadjuk nekik az esélyt? Mondunk a tudománytörténetből elég és főként érdeklődésüknek megfelelő modern példát? Végre tudunk hajtani velük *tanórai keretek között* a tudományos módszertant is feltárni képes kísérleteket, méréseket a modellalkotás nehézkes folyamatától a tervezési fázison és a végrehajtáson át a mérés elemzéséig? A segítség, legalább átmeneti megoldásként szolgáló ötlet és motiváció formájában, néha onnan érkezik, ahonnan a legkevésbé számítunk rá. Például egy pályázati felhívásból vagy a televízióból.

Először gyermekként láttam *Carl Sagan* legendás tv-sorozatát, a *Kozmoszt*.¹ Hallgattam a Világegyetem titkait és néztem a fekete-fehér képernyőn is feleme-

lőnek bizonyuló képeket a Naprendszer bolygóiról. 2014-ben *Neil deGrasse Tyson* vállalkozott a majdnem lehetetlenre: Sagan nyomdokain 13 részben bemutatta saját, *Kozmosz: történetek a Világegyetemről* sorozatát. Ezek a filmek immár felnőttként szögeztek a képernyő elé. Tyson a legfrissebb tudományos eredmények bemutatásán túl lenyűgöző példákon keresztül tárja fel a természet vizsgálatának sokszor rögös útját, fejet hajtva a történelmi korok mesterei előtt, de velük egyenlőkként bemutatva a modern kor hőseit és munkájukat. Fizikatanárként is van mit tanulni ebből a sorozatból. Legalább annyit, hogy napjaink tudományos eredményeit érdemes a letűnt korok ismereteire építve, azokat *egységes egészként* kezelve, a felismeréséhez vezető *módszert* hangsúlyozva ismertetni.

A modern kor eredményeire a klasszikus diszciplínák tárgyalása során is sort lehet keríteni. Ha a gyerekeket érdeklik, mondjuk a távoli csillagok, akár a mechanika tárgyalásánál is le lehet azokat hozni a tantermekbe. A *Kepler űrtávcső* csillagok fénygörbéjét vizsgálva keres exobolygókat, és állapítja meg azok keringési adatait – egy jelenség, aminek vizsgálata a periódusidő mérésén alapul. Ha számítógépes adatfeldolgozással akarjuk vizsgálni ezt a jelenséget, akkor ennek előkészítése nem sokkal bonyolultabb, mint a rugóra akasztott test rezgésidejének mérése esetén lenne, csak sokkal érdekesebb és inspirálóbb.

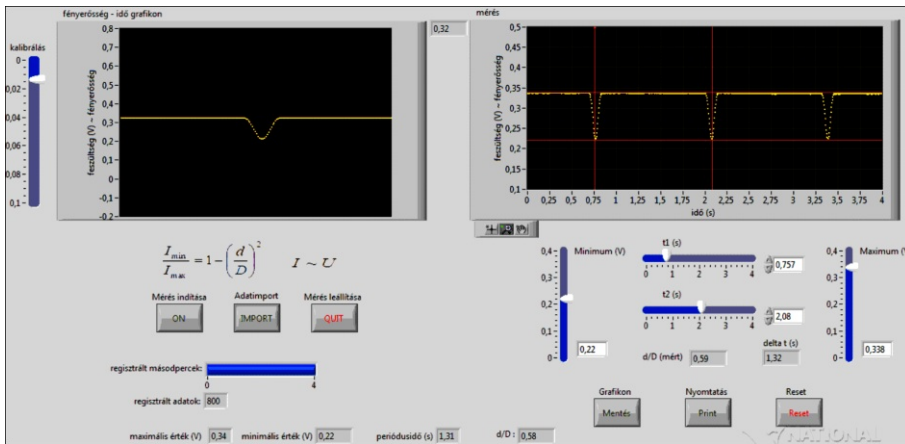
A modern természettudomány számos módszere használható a közoktatás szintjén is. Ennek nyilván nem kizárólagos módja a digitális mérés technika. Amennyiben mégis ezt választjuk, akkor egy kicsit programozóvá kell válnunk, elő kell ásni érte egyetemi elektronika-jegyzeteinket – ez nem nagy ár célunk eléréséért. Meggyőződésem szerint érdemes belevágni, felidézve a Kozmosz-sorozatok szellemiségét.

Röviden a myDAQ – LabVIEW rendszerről

Ideje szót ejteni a jel- és adatfeldolgozást lehetővé tevő rendszerről. Maga a mérőeszköz egy tenyérnyi, lapos, téglatest alakú, különböző kimeneti és bemeneti analóg és digitális csatornákkal ellátott jelátalakító (1. ábra). A számítógéppel USB porton át kommunikál, működéséhez szükséges tápfeszültséget is azon keresztül kapja. Kompakt eszköz, egyfajta hordozható digitális laboratórium.

A LabVIEW a National Instruments által fejlesztett, grafikus felületű, rendszertervező szoftver, egyebek között a myDAQ-kal tervezett mérések támogatására (2. ábra). A kiválasztott mérés megvalósításához az eszközhöz csatlakoztatható szenzorra, magára a jelátalakítóra és speciálisan az adott méréshez megírt programra, egy virtuális mérőeszközre (*virtual instrument*, azaz VI) van szükség (3. ábra). Nincsenek előre megírt sablonok: a program struktúrája és a hozzá tartozó kezelőfelület kialakítása kizárólag a mérést tervező akaratán és fantáziáján múlik. Leegyszerűsítve: ahány mérés, annyi VI.

¹ A sorozat magyarul fent van a YouTube-on, illetve az Individeón.



2. ábra. Példa a kezelőfelületre – a front panel.

Megítélésem szerint éppen ebben rejlik a rendszer legnagyobb előnye, egyúttal a legnagyobb hátránya is. A programnyelv kifinomult, óriási rugalmasságot biztosít. A legegyszerűbb mérési feladat programozása – némi gyakorlattal – legfeljebb pár perceret vesz igénybe; ez a mindennapi tanórai alkalmazáshoz bővegesen elegendő. Az igényesebb felületű, például záróvizsgákra szánt „okosabb” programok fejlesztése a programozást szakmájában nem gyakorló fizikatanárnak igazi kihívást jelenthet.

Nem kisebb kihívás a szükséges szenzorok megépítése, ezek ugyanis nem részei a csomagnak, róluk külön kell gondoskodni. A szoba jöhető érzékelők zöme analóg feszültségelet ad, ezek feldolgozása a myDAQ számára megoldott. A szükséges alkatrészek beszerzése, a szenzor kivitelezése, a helyes konfiguráció kikísérletezése, a VI megírása (szabad) idő- és esetleg költségigényes. Ezek egyenként is alkalmasak lehetnek, hogy még az érdeklődő kollégákat is eltántorítsák a továbblépéstől. Az ellentmondás megszűnik, amint a módszer és a rendszer széles körben elterjed, és a motivált, kreatív kollégák tudáskincse mássok számára is hozzáférhetővé válik.

Alapelvek

A pályázat kidolgozása közben, az eszköz és a szoftver képességeit nagyjából megismerve az alábbi általános célokat, elveket fogalmaztam meg magamnak. Ezek természetesen nincsenek kőbe vésve, de tapasztalatom szerint jól szolgálták a kitűzött célokat.

Olyan mérést kell kidolgozni, amelynek már a vizsgálati tárgy is segíti a modern természettudományos világgép kialakítását.

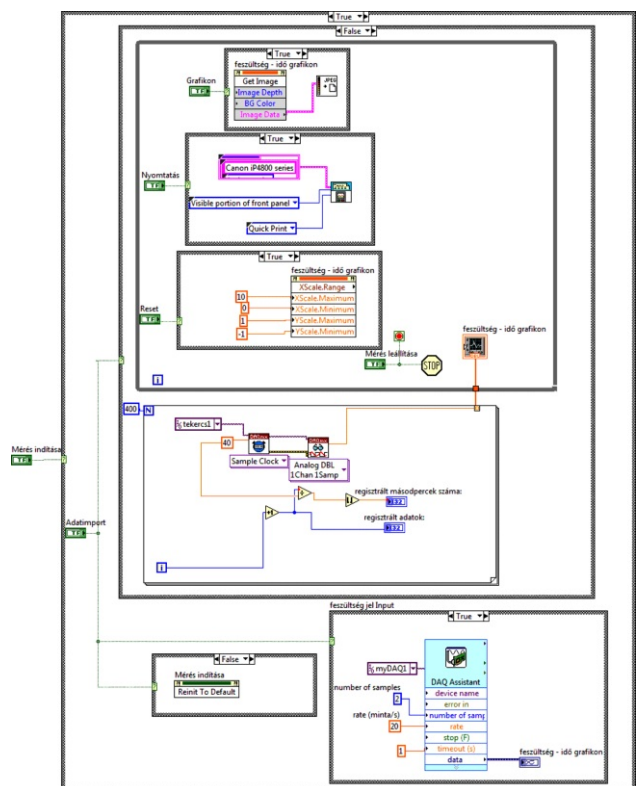
Ha ezt elfogadjuk, értelemszerűen adódik, hogy a mérések egy része kényszerűen csak modellezés, esetleg szimuláció lehet. A modellezés vagy szimuláció csak egyik oldalról szorító kompromisszum – a másik oldalról a lehetőségek tárházát nyitja meg előttünk. Modern, akár csak egy-két évtizedes kutatási eredmények módszertanával ismertethetjük meg diákjainkat. Gyakorlati oldalról megközelítve ez sok esetben nem

csak fogadott jelek feldolgozását jelenti; esetenként gondoskodnunk kell kimenő jelek generálásáról is. Ehhez a myDAQ és a LabVIEW lehetőségeit jobban ki kell aknázni.

A méréseknek ötvözniük kell a számítógépes adatfeldolgozás jelentette előnyöket a pedagógiai szempontból fontos, a diákok által kedvelt (tőlük elvart) manuális aktivitással. A mérést végző személy aktív résztvevője kell, hogy legyen a mérésnek.

Elismerem, hogy egy egyetemi műhely vagy egy kutatólaboratórium számára a pontosság a legfontosabb szempont, és emiatt minimálisra kell csökkenteni az emberihiba-tényezőt. A megfelelően beállított mérőeszköz és a jól megírt szoftver együtt elvégzik a munka nehezét, sokszor elég megnyomni egyetlen gombot, és az eredmény pillanatok alatt nyomtatható és elemezhető. A közoktatásban erre nem törekedhetünk, még akkor sem, ha adott esetben a mérés pontosságát kockáztatjuk. Például a gyerekeknek nem unalmas felvenni a Mikola-csőben haladó buborék mozgását jellemző út-idő grafikon, sőt motivációs erővel bír. Ez kiváltható például a mérési adatokra illeszthető görbék paramétereinek beállításával – a milliméterpapírra rajzolt, szabadkézzel illesztett görbék korszerű megfelelőjével.

3. ábra. Példa a grafikus kódra – a block diagram.



Célszerű olyan mérést kidolgozni, ami két szempontnak is megfelel: minden iskola számára legyen elérhető, azaz olcsón és kevés szerelési, elektronikai gyakorlattal is megépíthetők legyenek a mérés végrehajtásához szükséges segédeszközök, valamint – lehetőleg szerint – több célra is alkalmasak legyenek.

Utóbbi az esetek többségében szinte automatikusan teljesül. Egy fényérzékelő szenzor nem csak egyetlen fényforrás jeleinek feldolgozására alkalmas. Ezt a célkitűzést a programok fejlesztése közben kiegészítettem egy újabbal is. Nem árt, ha az adatfeldolgozást lehetővé tevő VI-k könnyen módosíthatók és kezelőfelületeik azonos felépítésűek. Első hallásra ez furcsának tűnhet, hiszen látszólag a sokszínűség, egyediség ellen dolgozik. Ugyanakkor egy átlagos fizikatanár munkaideje nagy részében tanít, a myDAQ programozása valószínűleg nem lesz rutinszerű feladata. Könnyen kezelhető, egyszerűen módosítható, gyorsan áttekinthető alkalmazásokra van szükség. Másrészről az egységes megjelenésű kezelőfelületek megkönnyítik diákjaink feladatát is. Újabb mérési eljárások során figyelmüket a lényeges tartalmi elemek felé fordíthatják; a már ismerős panelek között könnyedén eligazodnak.

A méréseknek alkalmasnak kell lenniük arra, hogy kis módosítással több szinten is alkalmazhatók legyenek.

Ha csak az érettségi vizsgákra gondolunk, belátható, hogy a két vizsgaszint közötti különbség leegyszerűbben nem a programkód szintjén szabályozható. Ennek elsődleges eszköze a konkrét mérési leírás, a mérési utasítás. Ha emellett szükség lenne arra, hogy az emelt szintre előkészített kezelőfelületen megjelenő adatok, kijelzők közül néhányat elrejtünk, vagy egyik-másik szabályozó értékét a könnyebb végrehajtás érdekében rögzítsük, az a programnyelv mélyebb ismerete nélkül is könnyen megtehető.

A kidolgozott mérések

A fenti gondolatok, elvek használhatóságát illusztrálandó, röviden ismertetem azoknak a méréseknek a tárgyát, amelyek a pályázatomban is szerepeltek – és amelyeket nem elhanyagolható mértékben éppen az új Kozmosz-sorozat inspirált.²

Exobolygó átvonulása okozta fedési változócsillagok fénygörbéjének modellszerű vizsgálata, keringési idő mérése, relatív átmérő becslése.

1999 óta a csillag előtt átvonuló bolygó fedése okozta fényességsökkenés alapján ezernél is több exobolygó létezését igazolták ezzel (ma már nem egyedüli) módszerrel. Földi és világűrbe telepített távcsőrendszerek napjainkban is kutatnak Naprendszeren kívüli bolygók után. Ma már nem lehetetlen Föld-méretű bolygók felfedezése sem, akár az úgyne-

² A mérések részletes ismertetésére jelen keretek között nincs lehetőség. A mérések kezelőfelületeiről készített felvételekre mutató link az irodalomjegyzékben elérhető.

vezett lakhatási zónán belül. A 2011. májusi rendes érettségi vizsgaidőszakban a középszintű fizika érettségi feladatsor 3/A feladata is feldolgozta a jelenséget. E példa kitűzése erős érv volt amellett, hogy kidolgozzak egy mérési eljárást. A tervezésen túl a mérés gyakorlati kivitelezése kihívást jelentett, elsősorban az alkalmas fényérzékelő szenzor megépítése miatt.

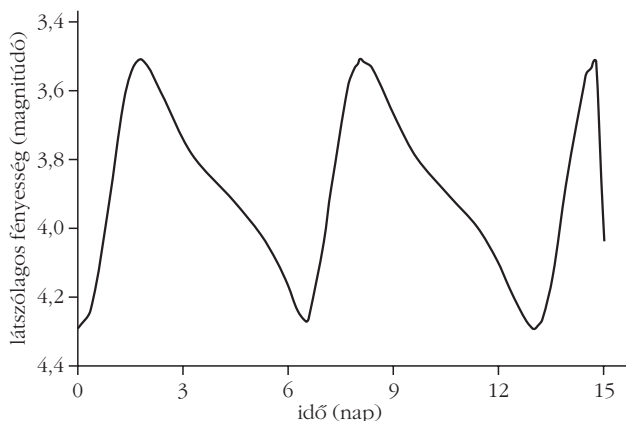
Ellenálláson keresztül kisütött kondenzátor tranziens feszültségének vizsgálata, felezési idő mérése – a radioaktív bomlási törvény modellezése. Ugyanezzel az eszközzel: LED nyitóirányú karakterisztikájának vizsgálata, küszöbfeszültség mérése.

Keves olyan gimnáziumi szertár létezik, amelyik fel van szerelve számlálócsővel, még kevesebb rendelkezhet radioaktív mintával. A 2007. májusi rendes érettségi vizsgaidőszak emelt szintű szóbeli mérései között egymás utáni sorszámmal szerepelt két mérés, amelyeket pályázatomban össze tudtam kapcsolni. A 16. sörhab „bomlása” felezési idejének mérést írtá elő – ezt kissé átalakítva azóta is nagy sikerrel alkalmazom középszinten. A 17. mérés LED nyitó karakterisztikájának vizsgálatát tűzte ki célul egy nagy kapacitású elektrolit kondenzátor, k Ω -os nagyságrendű ellenállás és LED alkalmazásával. Eredeti formájában mindkét mérés nagyon nagy odafigyelést és jelentős figyelemmegosztást igényel, egyiket sem könnyű jól végrehajtani. Az annak idején a 17. méréshez épített dobozt átalakítva alkalmassá tettem arra, hogy a myDAQ eszköz segítségével felezési időt és LED-jellemzőket egyformán vizsgálni lehessen vele.

A pulzáló változócsillagok egyik alaptípusát képező klasszikus cefeidák fénygörbéjének vizsgálata, periódusidő mérése, a csillag távolságának meghatározása.

Henrietta Swan Leavitt, a Harvard College csillagásza kisebb megszakításokkal 1904 és 1912 között a Kis Magellán-felhőben 25 cefeidát azonosított és rájött, hogy összefüggés van a csillag abszolút fényességé, valamint a változás periódusa között. 1912-ben megjelent cikkében közölte felfedezését: a csillag távolsága a periódushossz logaritmusának lineáris függvénye. Ez a felfedezés tette lehetővé extrém nagy távolságok mérését a csillagászatban. Módszert adott

4. ábra. A generált analóg feszültségjel mint fénygörbe.



és teret engedett *Edwin Hubble* korszakalkotó vizsgálatainak, ami végül a világegyetem tágulásának felismeréséhez vezetett. Leavitt munkássága jelentősen hozzájárult ahhoz, hogy a világegyetem méretét ma sokkal nagyobbak ismerjük.

A mérendő mennyiség ismét a periódusidő – ezt két matematikai lépésben lehet csillagközi távolsággá alakítani. Ez a mérés különösen kedves nekem. Sokat foglalkoztatott, mert az egyik verziójában a δ Cephei fénygörbéjéhez hasonló analóg feszültségelet kellett előállítani (*4. ábra*), majd az azzal arányos árammal egy asztali csillagképmo­dell LED-csillagának fényességét vezérelni – működő példája a rendszer sokoldalúságának.

Öveges-módszer versus digitális technika?

A nyilvánvalóan provokatív alcím sejteti az egyetlen lehetséges választ. A magyar fizikatanítás legszebb hagyományai közé tartozik az *Öveges* professzor úr által képviselt vonal, aminek egyik lényeges eleme, hogy az új jelenségeket a legegyszerűbb eszközökön, a lehető leginkább letisztult módszerekkel kell megközelíteni és bemutatni. Ennek komoly kultúrája alakult ki hazánkban; a filléres alkatrészeket használó „sufnituning” eszközöknek ma is helye van a tanórákon és a fizikaszer­tarakban. A kérdés helytelen szembeállítás sugall. A mai modern fizikatanítás egyszerűen nem kerülheti meg a 21. század technológiai fejlettségét. De miért is tenné? Ha egy mérési eljárás, egy jelenség megértéséhez másodpercenként akár több száz jel vételére és valós idejű feldolgozására van szükség, akkor értelem­szerűen számítógépet kell igénybe venni. A gyerekek érthetően rácsodálkoznak a rézcsőben eső neodímium mágnes váratlanul lassú mozgására, de nemkülönben felszisszennek, ha Lenz-törvényét egy, a másodperc töredéke alatt lezajló tranziens kikapcsolási jelenség feszültség-idő grafikonján szemléltetjük. Különösen, ha a bemutatáshoz szükséges programot ők írhatják! Ezek az eszközök békésen elférnek egymás mellett ugyanazon a tanári asztalon.

Tapasztalataim összegzése

Nem álltam volna neki a munkának, ha nem láttam volna esélyét, hogy az eljárások használhatók a tanítás során is. Kezdetben voltak ezzel kapcsolatos féltéseim: vajon mennyire alkalmazható ez a bonyolultnak tűnő rendszer a hétköznapi iskolai gyakorlatban vagy legalább a középszintű érettségien? Bíz­tam a pozitív válaszban, de nem voltam meggyőződve róla.

A mérések kidolgozása során, elsősorban a már félig-meddig megírt programok tesztelési időszakában szerzett tapasztalatok szerencsére oszlatták kétségeimet. Egyrészt a myDAQ pontossága és adatvételi sebessége olyan gyors lefolyású jelenségek elemző bemutatását teszi lehetővé, amelyekre korábban esélyünk sem volt. Rövid, akár 5-10 milliszekundumos és kicsiny, akár csak néhány ezrelékes változások is mér-

hetővé válnak. Másrészt óriási lehetőséget látok a modern fizikai eredmények feldolgozásában akár modell szintű, akár generált jelekkel szimulált mérések révén. Harmadrészt biztos vagyok abban, hogy a mérések bevet­hetőek középszintű érettségi vizsgán is. A Hévízi Bibó Gimnázium idei fizika szóbeli tételsorának mérési feladatai között már szerepelt négy myDAQ-mérés. A felkészülési időszakban tanítványaim könnyedén, gyorsan és szívesen mértek ezzel az eszközzel. Én magam sokat tanultam a munkafolyamatból, sok örömet szer­zett, minden kollégámnak bátran merem ajánlani.

Digitális mérés­technikai rendszer a közoktatásban

Az alaptézis az volt: szükség van a számítógépes adatfeldolgozásra épülő mérésekre mind a tanórákon, mind az érettségi vizsgákon. Nyilván más is létezik az általam ismertetett myDAQ – LabVIEW rendszeren kívül. Nem vagyok hivatott arra, hogy eldöntsem, melyik lenne a legjobb választás, egyáltalán, hogy szükség van-e egységes rendszerre, de abban biztos vagyok, hogy ez a rendszer alkalmas a közoktatásba való bevezetésre. Nem létezik olyan kerettantervi témakör, amelyikre ne lenne alkalmazható. Meggyőződésem, hogy a magyar fizikaoktatás csak nyerne azzal, ha a lehető legszélesebb körben elterjedne ez vagy egy ehhez hasonló, megfelelő rugalmasságot biztosító, kreativitást igénylő rendszer. Egy ilyen eszközzel és némi munkával mérések, demonstrációk tucatjai lennének *helyi fejlesztéssel* megvalósíthatók. Egységes hardver és szoftver esetén a helyben kidolgozott eljárások mások számára is hozzáférhetővé válhatnak. Tanulóinknak szinte egyedülálló lehetőséget kínál a tudományos kutatások módszertanának megismeréséhez: a *modellalkotás, tervezés, programozás, mérés kivitelezése, elemzés* fázisai, számtalan visszacsatolási lehetőséggel mind-mind szerves részei egy új mérési eljárás kidolgozásának. Az elinduláshoz szükséges ismeretek gyakorlati továbbképzésekkel egyetlen hétvége alatt is megszerezhetők. Megfelelő motivációval egyformán lehetne mozgósítani tanárt, diákot, hogy éljenek a fejlesztés lehetőségével. Tisztában vagyok azzal, hogy ehhez jól átgondolt döntések sorára, széleskörű egyetértésre és összefogásra van szükség a fizikatanároknak, a fenntartók és a támogatók részéről egyaránt. De a feladat sürgető. A mérések terén is utol kell ér­nünk évszázadunkat, ha úgy tetszik, most nekünk, fizikatanároknak kell felnőnünk a Z generációban nevelkedő tanítványainkhoz.

Irodalom

1. Fraller Cs.: *Mérésekkel a Cosmos nyomában*. Pályázati anyag, 2015.
2. <http://kepler.nasa.gov/Mission/discoveries/>
3. http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/AGalaxisok_Vilaga/ch02s09.html
4. A mérések kezelőfelületéről készített videók lejátszási listája: <http://www.youtube.com/playlist?list=PLjUAAW-uFTB5mxZOV-BnsE12GpItZ4-Yf>