

A PLANCK-ÁLLANDÓ SZÁMÍTÓGÉPPEL SEGÍTETT MÉRÉSE KÖZÉPISKOLÁS TANULÓK KÖRÉBEN

BALOG KATALIN IDA, BALOGKATICAIDA@GMAIL.COM
KOVÁCS KORNÉL, KOVACSKORNEL7@GMAIL.COM
SOMOGYI ANIKÓ, SOMOGYI.ANIKO1@GMAIL.COM
SZEGEDI RADNÓTI MIKLÓS KÍSÉRLETI GIMNÁZIUM

ABSZTRAKT

A Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnáziumban 2017-ben valósítottuk meg projektünket, melyben LED-ek optikai és elektromos tulajdonságainak vizsgálata alapján a Planck-állandót mértük meg. A tanulók betekintést nyertek a félvezetők fizikájába, a spektroszkópiába, a fotonelméletbe. Elsajátították a LabVIEW-programozás, az NI myDAQ-hoz csatlakoztatott szenzorok, áramkörök működésének, a mérések tervezésének, hibaelemzésének az alapjait. A klasszikus tanár-diák viszonyra jellemző szakértő-laikus, valamint közlő-befogadó szerepek átalakultak: a közös ötletelést önálló és csoportos részfeladatok megvalósítása követte. A tanulók készségei fejlődtek, a közös cél kreativitásukra is ösztönzőleg hatott. Legmeghatározóbb hozadéka a tanulók számára a közös problémamegoldás és a kitartás elsajátítása volt, a tanár számára pedig egy új pedagógiai szerep megismerése.

KULCSSZAVAK: *fizikai informatika, optikai, modern fizikai kísérlet, műhelymunka*

BEVEZETŐ

Szent-Györgyi Alberttől származik az alábbi gondolat: „Az iskola dolga, hogy megtaníttassa velünk, hogyan kell tanulni, hogy felkeltse a tudás iránti étvágyunkat, hogy megtanítsa bennünket a jól végzett munka örömeire és az alkotás izgalmára...” Ezt a fajta alkotó tanulást, tanítást a modern projektszemléletű pedagógia is képviseli, és hatása a közoktatásban is kezd megmutatkozni.

A fizika szakos tanárok és diákjaik számára a 20-21. század technikai vívmányai számos lehetőségeket rejtenek magukban e téren: több olyan adatgyűjtő eszköz került piacra (Edaq530, Arduino, NI myDAQ, BBC micro:bit, Raspberry Pi, stb.), amelyek osztálytermi környezetben számítógéppel vezérelhető mérőkísérletezést tesznek lehetővé.

1. A PROJEKT LÉTREJÖTTÉNEK HÁTTERE

A nemzetközi sikereknek örvendő NI myDAQ – egy számítógéphez csatlakoztatható mérőcsatoló eszköz – egyre népszerűbb a hazai és külföldi középiskolai fizika- illetve természettudományos oktatásban. A „házi laboratórium”, amelyet azért fejlesztettek, hogy segítségével a középiskolás diákok belekóstolhassanak a mérnöktudományokba, analóg és digitális szenzorok jelének nagyfrekvenciájú mintavételezésére, folyamatos és egyidejű kiértékelésére és jelgenerálásra is használható.

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat a National Instruments Hungary Kft. támogatásával évek óta pályázatot ír ki általános- és középfokú oktatásban részt vevő fizikatanárok részére. Az egy

tanár és két diák alkotta csapatok pályamunkájukban a tananyaghoz kötődő, myDAQ-kal végezhető mérőkísérleteket fejlesztenek ki. A díjazottak iskolái megtarthatják a pályázat idejére rendelkezésükre bocsátott eszközöket (myDAQ, LabVIEW szoftver és szenzorkészlet).

A Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnáziumban 2017-ben, a pályázat apropóján valósítottuk meg az első myDAQ-projektet. A csapatba akkor 10. osztályos tanulók (Balog Katalin, Kovács Kornél) kerültek bevonásra, akik szorgalommal párosuló érdeklődése túlmutatott az iskolai tananyagon.

2. A PROJEKT TERVEZÉSE ÉS MEGVALÓSÍTÁSA VEZÉRELVEK MENTÉN

Célunk – a pályázati követelményekkel összhangban –, hogy a

1. kerettantervhez kapcsolódó,
2. sokszínű fizikát alkalmazó,
3. a myDAQ és a LabVIEW kezdő szintű használatával megoldható,
4. „csinálj magad” műhelymunkával megvalósítható,
5. komplex, egymással is összefüggő méréseket tartalmazó,
6. hiánypótló, később osztályteremben alkalmazható,
7. más tanárok, tanulócsoportok számára publikálható

projektet valósítsunk meg. Ezeknek a vezérelveknek mentén mutatjuk be a projektünket.

2.1. A kerettantervi elemek a projektben

Iskolánk tanulói a NAT B típusú és az emelt óraszámú fizika kerettanterveinek megfelelően tanulnak fizikát, és számosan érettségiznek közülük közép-, illetve emelt szinten, ezért fontosnak tartottuk, hogy olyan témakört dolgozzunk fel, amely közvetlenül kapcsolható be a tanulási folyamatukba. Fénykibocsátó diódák (LED-ek) optikai és elektromos tulajdonságainak vizsgálata alapján a modern fizika egyik legjelentősebb állandóját, a Planck-állandót mértük ki a myDAQ segítségével.

Három főbb témakört érintettünk a pályázat készítése közben. A kerettanterv előírja, hogy a tanulók ismerjék meg a félvezetők szerkezetét és vezetési tulajdonságait. A kovalens kötésű kristályok szerkezete alapján értelmezzék a szabad töltéshordozók keltését tiszta félvezetőkben, továbbá ismerjék a szennyezett félvezetők elektromos tulajdonságait. Külön kiemelik a félvezetők mikroelektronikai alkalmazásai között a hétköznapi életben is komoly szerepet betöltő LED-eket.

A második téma a fény kettős természete. A diákok 11. osztályban megismerik a fény hullámtermészetét bizonyító legfontosabb kísérleti jelenségeket. Ugyancsak meg kell ismerniük Einstein-féle foton elméletet (a foton fogalmának, energiájának ismerete elvárt.) Ezek nyilván feltételezik a Planck-féle kvantumhipotézis ismeretét is.

A fotonelmélethez kapcsolódóan a gázok vonalas színekének kísérleti úton történő megismerése (spektroszkópia), a Bohr-féle atommodellben azok értelmezése is megjelenik harmadik témánk, az atomfizika követelményei között (NAT, 2012)

2.2. A „sokszínű fizika” a projektben

A 10. osztályos tanulók a közös kísérletezés során együtt „fedezték fel” a fényinterferenciát, és tanulták meg az optikai rácson történő fényelhajlás elméletét, a ráccsal történő hullámhossz mérésének lehetőségét, ami jelenleg emelt szintű érettségien mérési kísérlet. Az optikai rács fehér fény bontására is alkalmas, amely lehetővé teszi különböző fényforrások spektrumának kísérleti úton történő vizsgálatát.

A fényforrások közül a választásunk a mindennapi életben is egyre szélesebb körben alkalmazott félvezető eszközt, a LED-et választottuk. A LED (Light Emitting Diode) mozaikszó fénykibocsátó diódát jelent. A félvezető rétegekből felépülő nyitóirányban előfeszített dióda p-n átmenetében a p-típusú rétegben az elektronok rekombinációja során felszabadul az adott félvezetőre jellemző vezetési és vegyérték sáv közötti energiaszint-különbségnek megfelelő energia, amelyet elektromágneses sugárzás (foton) formájában kibocsát.

A LED-ek ún. nyitófeszültségéből (elektromos tulajdonság) egyértelműen lehet következtetni a kibocsátott fotonok energiájára (ε), míg a színük, pontosabban a mért hullámhosszuk (optikai tulajdonság) alapján meghatározható a kibocsátott fotonok frekvenciája (f). A két tulajdonság kombinált vizsgálata lehetővé teszi a Planck-állandó mérését a Planck-hipotézis, az $\varepsilon = h \cdot f$ egyenlet alapján.

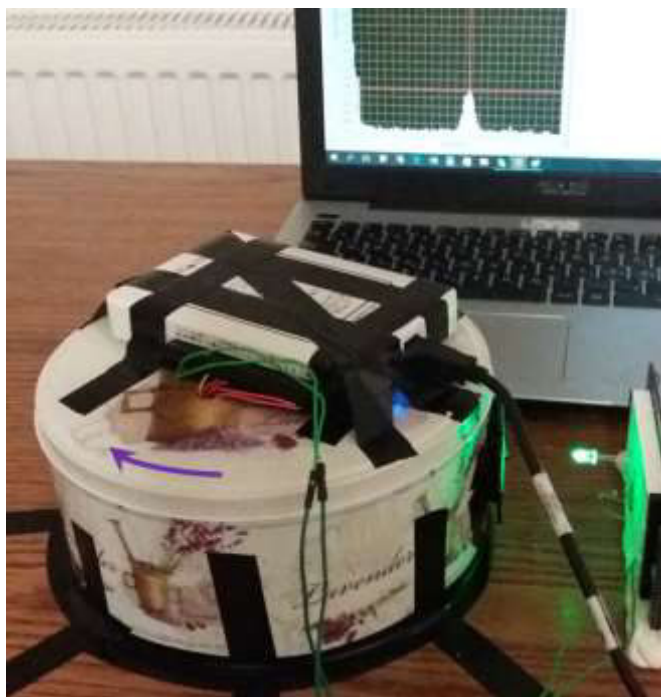
2.3. A myDAQ és a LabVIEW használata a projektben

A pályázat lehetőséget nyújtott, hogy egy kezdő szintű képzésen részt vegyünk, ahol megtanultuk az eszköz- és szoftverhasználat alapjait. A projekt kezdetén a csapat egyetlen tagjának (a tanárnak sem) volt előzetes tapasztalata sem a hobbielektronika, sem a programozás területén. A myDAQ használatának önálló tanulásához a képzésen javasolt tankönyvek és használati utasítások elegendő ismeretforrásnak bizonyultak. Az eszközzel kompatibilis LabVIEW egy könnyen tanulható grafikus programozási nyelv, ráadásul a forgalmazó számos oktatóvideót biztosít a felhasználónak.

A myDAQ és a LabVIEW hatékonyságát támasztja alá, hogy egy mérésen belül egyidejűleg a kísérlet akár automatizált vezérlését, az áramkörök szabályozását, a nagyfrekvenciájú mintavételezést, a folyamatos kiértékelést, és kimenő jelek generálását is megvalósítottuk, ráadásul viszonylag rövid időn belül sikerült elsajátítani az ehhez szükséges jártasságot.

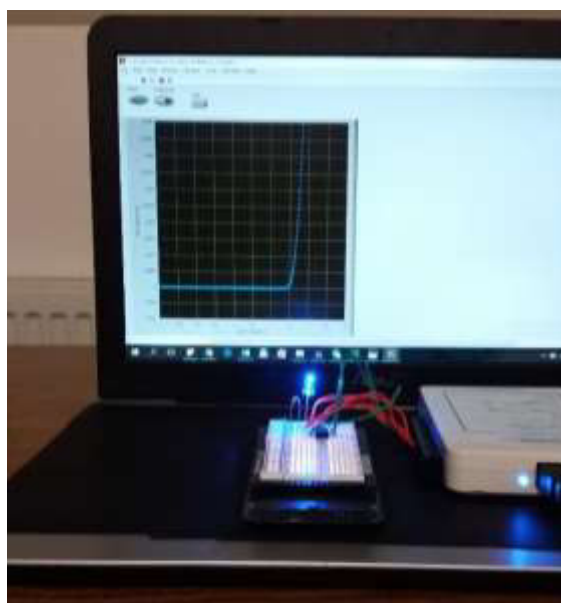
2.4. A „csináld magad” műhelymunka

A hullámhosszméréséhez egy myDAQ-hoz csatlakoztatható rácson spektroszkópot (Piláth, 2012) építettünk egy fekete kartonnal kibélelt henger alakú fém díszdobozból. Az eszköz aljában rögzítettük az optikai rácst, a tetején pedig belül a szenzorokat tartalmazó áramkört, kívül a myDAQ-ot (3. ábra). A LED fényének elhajlási képét a rács körül körbeforgatott fotoellenállás segítségével detektáltuk, a forgatás szögének mérését egy potenciométerrel végeztük.



3. ábra: A spektroszkóp és a hozzá rögzített myDAQ működés közben

A LED elektromos tulajdonságainak vizsgálatához egy olyan áramkört építettünk, amelyben a LED-re kapcsolt feszültség változtatását a számítógépről tudtuk vezérelni, és közben egyidejűleg tudtuk mérni a LED-en átfolyó áram erősségét (4. ábra).



4. ábra: A LED-ek áramerősség-feszültség karakterisztikájának felvétele a myDAQ-kal

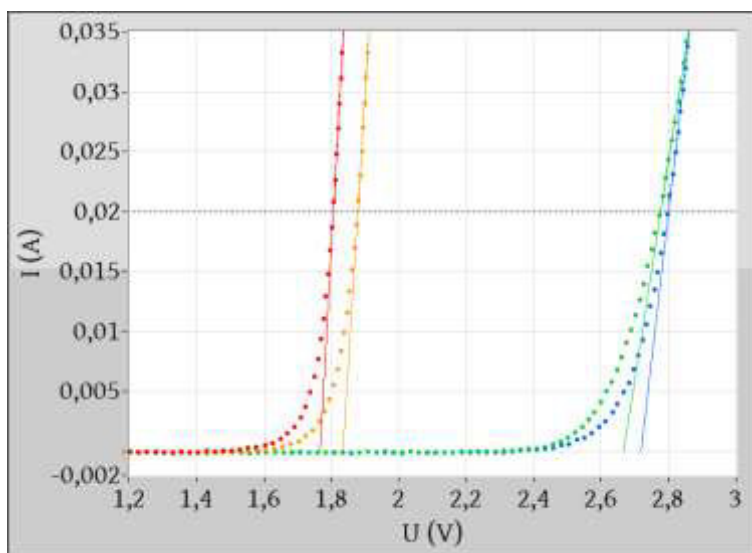
A 2,5 hónapos projekt műhelyalkalma kezdetben hetente egyszer, másfél órán át tartott, később rendszeresebbé vált. Megtanultunk fűrészelni, fűrőgépet használni, forrasztani, „dugaszolós” próbapanelban, illetve maratással áramkört készíteni. Számos foglalkozás végződött úgy, hogy nyitott kérdések, és újabb megoldásra váró problémák merültek fel, ami adott pillanatban a végét is jelenthette volna a közös munkának. A közös célokban megragadható belső motiváció nagyban hozzájárult, hogy az akadályok végül elhárultak. Elégedettséggel és örömmel töltött el minket, amikor hosszú hetek előkészületei, próbálkozásai, kudarcai után a kitartó munka

gyümölcsként sikeressé váltak a kísérleteink, és a mért eredmények összhangban álltak a szakirodalomban leírt jelenségekkel. A kísérletezés közben a tanulók számos – eddig nem ismert – képességére fény derült.

2.5. A komplex, összefüggő mérések eredménye

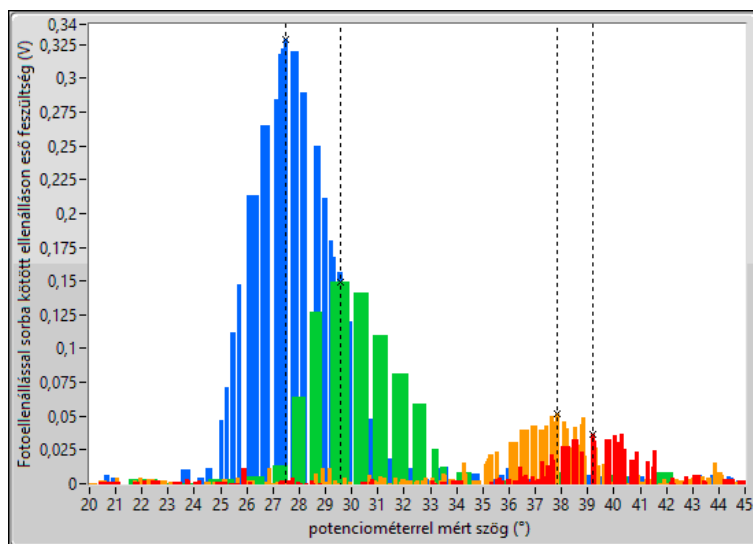
A mérőkísérlet hagyományos eszközökkel történő elvégzését korábban az emelt szintű fizika érettségi egyik kísérleteként javasolták (Juhász, Görbe, 2007), de több külföldi, fizika tanításával kapcsolatos folyóiratban is megtalálható (Checchetti, Fantini, 2015).

A mérés két fő részből állt: az elsőben különböző színű LED-ek elektromos tulajdonságait vizsgáltuk. Megmértük, hogy a LED-re kapcsolt feszültség növelésével hogyan változik a LED-en átfolyó áram erőssége, azaz felvettük a LED ún. áramerősség-feszültség karakterisztikáját. Diódák esetében nyitóirányban az áram zérusról történő növekedése kezdetben exponenciális jellegű, később lineárisra válik. E lineáris szakasz zérushelyét tekintjük az U_0 nyitófeszültségnek (5. ábra).



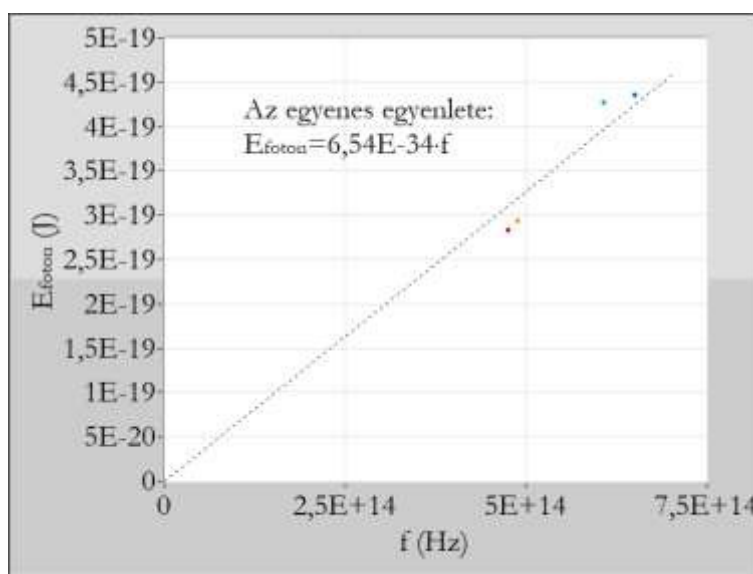
5. ábra: Különböző (piros, sárga, zöld, kék) színű LED-ek áramerősség-feszültség karakterisztikája

A második mérési kísérletben a LED-ek optikai tulajdonságait vizsgáltuk. A LED-ek jó közelítéssel monokromatikus (egyszínű) fényt bocsátanak ki. Az általunk készített rácsos spektroszkóppal felvettük a LED-ek spektrumát, és a maximumhelyek alapján meghatároztuk a hullámhosszukat (6. ábra).



6. ábra: Különböző (piros, sárga, zöld, kék) LED-ek elhajlási képének intenzitásdiagramja

Az eredmények alapján 1,33%-os relatív hibával meghatároztuk a Planck-állandót ($h_{\text{mért}} = 6,54 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$, $h_{\text{irod}} = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$), sőt igazoltuk a Planck-hipotézist, miszerint a kibocsátott fotonok energiája és frekvenciája között egyenes arányosság áll fenn (7. ábra).



7. ábra: A LED-fotonok energiája a nyitófeszültség függvényében

2.6. Hiánypótló osztálytermi kísérletezés

A modern fizika tanításakor meglehetősen kevés demonstrációs, még kevesebb tanulói kísérletet tudunk megvalósítani osztálytermi keretek között, melynek oka gyakran a szertárakat országszerte jellemző eszközhiány. A tapasztalatunk az, hogy a myDAQ valóban egy házi laboratórium lehetőségeinek tárházát nyitja meg a fizikatanítás számára. Az általunk hozzáépített mérőeszköz (spektroszkóp) filléres, könnyen beszerezhető eszközöket, áramköri elemeket tartalmazott. A szenzoroknak a variálásával szinte bármit megmérhetünk, így az igazán nagy összegű beruházás tulajdonképpen a myDAQ beszerzésére korlátozódik. Saját tapasztalatunk azonban az, hogy a fent megnevezett fizikatanári verseny és más, taneszköz beszerzésére irányuló pályázatok (NTP, Út a tudományhoz) révén viszonylag rövid időn belül

összeállítható egy olyan eszközpark, amivel már nagyobb létszámú csoportban is megkezdhető a kísérletezés, a diákprojektek megvalósítása – legalábbis szakköri keretek között biztosan.

2.7. Eredményeink ismertetése a fizikatanár-közösséggel

A 44 nevező közül a zsűri 2017-ben iskolánk csapatának ítélte a pénz- és tárgyjutalommal járó I. díjat. Eredményeinket bemutattuk a Science on Stage fesztivál díjátadóval egybekötött workshopján, és a nyáron összefoglaltuk a Fizikai Szemle számára írt ismeretterjesztő cikkben, amely a Fizikai Szemle 2017. novemberi számában jelent meg. A cikket később Kovács Kornél angol nyelvre is lefordította, amely szintén elérhető a folyóirat honlapján (Balog, Kovács, Somogyi, 2017).

ÖSSZEFOGLALÁS

A bevont tanulók aktívan tanulták meg ez idő alatt a természettudományos mérés alapjait, a myDAQ használatát, a programozás alapjait, de az ismeret forrása ez esetben nem a tanár volt. Igen gyakran felcserélődött közöttünk a szakértő és a laikus szerep. A tanár maga is rengeteget tanult a tanulóktól, a tanulókról műhelymunka során.

A tanulók a projekt végeztével kiemelték, hogy számukra a kitartás megtanulása jelentette a legnagyobb eredményt. A projekt lezárulta után még 2 myDAQ-pályázatot nyújtottunk be közösen. Ezek a projektek jelentősen befolyásolták a bevont tanulók továbbtanulási szándékát: Katalin a BME gépészmérnök szakán, míg Kornél a UCL – Electronic and Electrical Engineering szakán folytatja felsőfokú tanulmányait.

IRODALOMJEGYZÉK

NAT 2012. *Kerettanterv a gimnáziumok 9-12. évfolyama számára*

Piláth, K. (2012) *Rácsos spektroszkóp illesztése webkamerához*, Fizikai Szemle 62/4 126–128.

Juhász, A. Görbe, L. (2007) *A 2007. évi emelt szintű fizika érettségi új kísérleti feladatai*, Öveges József Tanáregylet, Budapest

Checchetti, A. – Fantini, A. (2015): *Experimental Determination of Planck's constant using Light Emitting Diodes (LEDs) and Photoelectric Effect*, World Journal of Chemical Education, 3/4 87–92.

Balog, K. I. – Kovács, K. – Somogyi, A. (2017): *A Planck-állandó számítógéppel segített mérése. A myDAQ és a LabVIEW alkalmazása a modern fizika tanításában*

<http://fizikaiszemle.hu/szemle/tartalom/32> (Utolsó megtekintés dátuma: 2019. 05. 02.)



In English: