

REZONANCIAKÍSÉRLET myDAQ ESZKÖZZEL

– a számítógéppel segített fizikatanítás lehetőségei a középiskolai tehetséggondozásban

Fábián Erik – ELTE, fizika–történelem tanárszakos hallgató
 Kékesi Attila – ELTE, biológia–fizika tanárszakos hallgató
 Rajkai Tamás – ELTE, matematika–fizika tanárszakos hallgató

Tanárszakos hallgatókként fontosnak tartjuk, hogy a tanulók a fizikai jelenségekkel ne csak a tankönyvek lapjain, videókban vagy szimulációkban találkozzanak, hanem a valóságban is végezzenek kísérleteket és méréseket, ugyanis – véleményünk szerint – ez segíti legjobban a megértést. Sok jelenség van, amelyek vizsgálata az iskolában hagyományosan megtalálható eszközökkel nem lehetséges, nehézkes vagy pontatlan. E problémára jelenthet egy megoldást a számítógéppel támogatott fizikatanítás, olyan eszközökkel kiegészítve, mint például a myDAQ, amely segítségével bonyolultabb és pontosabb mérések is lehetővé válnak, miközben az eszköz grafikus progra-

mozási felülete (LabView) nem teszi szükségessé a programozási nyelvek elsajátítását. A következőkben bemutatott kísérletet az ELFT–NI 2019/20-as myDAQ pályázatára készítettük. Célunk az volt, hogy bemutassuk egy ilyen eszköz létjogosultságát a középiskolai fizikaoktatásban, példánkban elsősorban a tehetséggondozás területén.

A pályamunkánk alapjául szolgáló kísérletet az Ifjú Fizikusok Nemzetközi Versenye (International Young Physicists' Tournament, IYPT) magyar versenyéhez kapcsolódva készítettük el. Pályázatunk során az egyik kiadott problémafeladatot (*Éneklő ferrit*) adaptáltuk myDAQ eszközre, illetve LabView környezetbe. A feladat szövege a következő: „Helyezz egy ferritrudat egy jelgenerátor által táplált tekercsbe. Bizonyos frekvenciákon a rúd hangot ad. Vizsgáld meg a jelenséget!” [2].

A cikk a 2019–2020 évi ELFT–NI myDAQ pályázata „Újak” kategóriájában második díjat elért pályamű [1] folyóiratunknak átdolgozott változata.

A szerzők köszönik az Eötvös Loránd Fizikai Társulatnak és az NI Hungary Kft.-nek, hogy a pályázat elkészítéséhez biztosították az NI myDAQ eszközt és az NI LabView programot. Köszönetüket fejezik ki az ELTE TTK Fizikai Intézet Anyagfizikai Tanszékének, különösen *Jenei Péternek* és *Ispánovity Péternek*, hogy támogatták a pályázat elkészítését, és lehetővé tették a mérés elvégzését a demonstrációs laboratóriumban a szükséges extra eszközök biztosításával és szakmai támogatásukkal.

Elméleti háttér

Bizonyos anyagoknál – amilyen a ferrit is – megfigyelhető a magnetostrikció jelensége, azaz a belőle készült test változó mágneses tér hatására rugalmas alakváltozást szenved, amelynek oka a mágneses domének átrendeződése. A mágneses mező periodikus változtatásával az anyagban rezgést gerjesztünk, amely természetesen a levegőt is megrezgeti, ezt pedig hang formájában érzékelhetjük. A magnetostrikció jelenségének gyakorlati alkalmazása például az ultrahangkeltés.

Kísérletünkben a rezgés során a rúdban állóhullám alakul ki. A ferritrúdnak – mint általában a rezgő



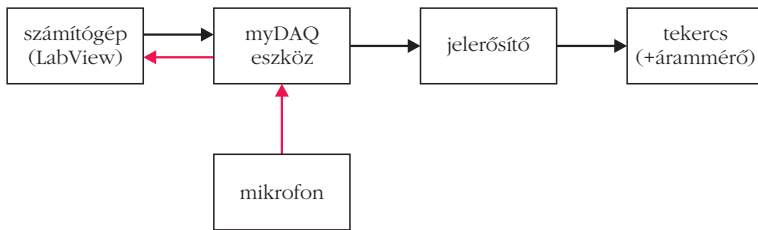
Fábián Erik a szolnoki Verseggy Ferenc Gimnáziumban végezte középiskolai tanulmányait. Jelenleg az Eötvös Loránd Tudományegyetem negyedéves fizika–történelem osztatlan tanárszakos hallgatója. Leendő tanárként keresi azokat a módszereket, amivel majd megszeretheti a fizikát diákjaival, közelebb hozhatja hozzájuk e tudományterület szépségeit.



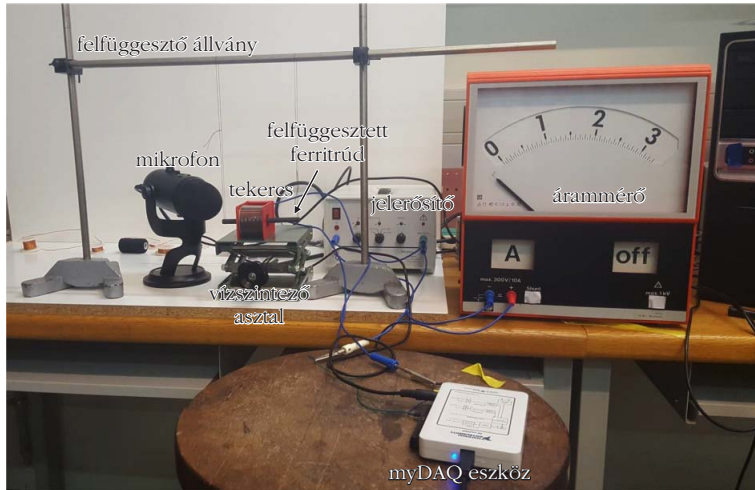
Kékesi Attila jelenleg az Eötvös Loránd Tudományegyetem negyedéves biológia–fizika tanárszakos hallgatója. Középiskolai tanulmányait a veszprémi Lovassy László Gimnáziumban végezte. Különösen érdeklik a szakjaihoz kapcsolódó interdiszciplináris témák és ezek oktatási lehetőségei. Szívesen próbál ki olyan új módszereket, amelyek által a fizika tanítása hatékonyabb és érdekesebbé tehető.



Rajkai Tamás az Eötvös Loránd Tudományegyetem negyedéves matematika–fizika tanárszakos hallgatója. Középiskolai tanulmányait a budapesti Szerb Antal Gimnáziumban végezte. Szívesen foglalkozik fizikával, különösen érdeklődik a fizika középiskolai tanításának lehetőségei iránt. Örömmel tervez és épít olyan fizikaórán használható kísérleti eszközöket, amelyekkel színesebbé és érdekesebbé tehető a tananyag.



1. ábra. A mérési összeállítás elvi vázlata.



2. ábra. A mérési összeállítás áttekintő fényképe.

rendszereknek – van sajátfrekvenciája (ezt hallhatjuk, amikor egy fémtárggyal megpendítjük), amely frekvencián gerjesztve fellép a rezonancia jelensége, azaz a rezgés amplitúdója kiugróan megnő, és a hang is sokkal erősebbé válik.

Mérésünk célja az volt, hogy megállapítsuk, a rúd mely gerjesztési frekvenciák esetén mutatja a rezonancia jelenségét, és milyen frekvenciával rezeg ezen esetekben. Ezt úgy vizsgáltuk, hogy egy adott tartományon belül változtatva a gerjesztési frekvenciát mikrofon segítségével detektáltuk a kiadott hangot és néztük annak erősségét.

3. ábra. A vizsgálandó ferritrúd a vízszintes asztalon fekvő tekercs belsejében közlelő, mellette a hangot érzékelő mikrofon.



A mérési összeállítás

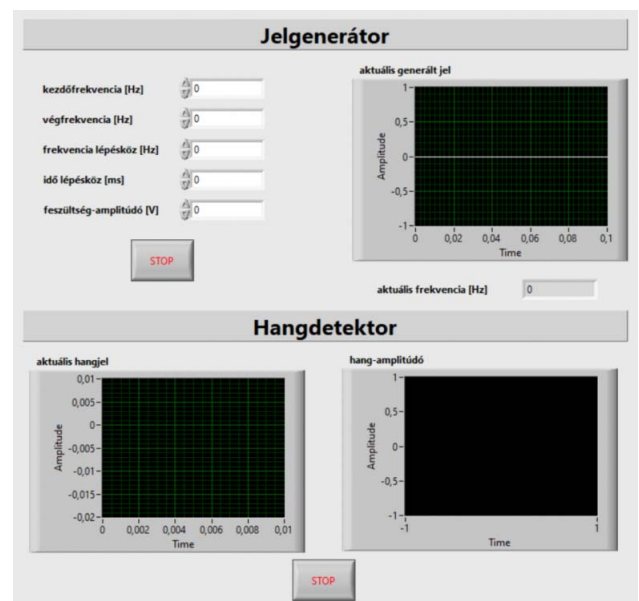
A mérés elvi vázlata az 1. ábrán, a tényleges mérési összeállítás a 2. és 3. ábrán látható [3]. A mérés során a myDAQ eszközzel generáltuk a megfelelő frekvenciájú váltakozó feszültséget. A feszültséggel paramétereit (különös tekintettel a frekvenciájára) a LabView programon keresztül vezéreltük. Jelerősítőt használtunk, hogy megfelelő nagyságú áramot hozzunk létre a tekercsben. A keltett hangot mikrofonon keresztül szintén a myDAQ eszközzel detektáltuk.

A mérés vezérlése

A mérést vezérlő programot (virtual instrument, VI) az NI LabView programban készítettük el. A mérés számítógépes vezérlőfelülete két részből áll: a jelgenerátorból és a hangdetektorból. A vezérlő felület a 4. ábrán látható. A jelgenerátor funkciója, hogy a myDAQ eszköz analóg kimenetén fokozatosan növekvő frekvenciával szinuszos feszültséget adjon ki (a határok, a lépésközök és az amplitúdó beállítható). A

jelgenerátor blokkdiagramja a 5. ábrán látható. A hangdetektor vezérlő felületén egyrészt megjelenik az aktuális hangjel a bal oldali grafikonon, valamint kijelzésre kerül a detektált hang amplitúdója az idő függvényében a jobb oldali grafikonon. Az amplitúdót a LabView programba beépített jelfeldolgozó eszköz felhasználásával állapítjuk meg. Az említett két kijelző valójában inkább csak tájékoztató célt szolgál, a jel érdemi feldolgozása a mérés elvégzése után történik. Ehhez a hangdetektor virtuális eszköze szövegfájlok-

4. ábra. A mérést vezérlő virtuális eszköz vezérlő felülete.



ba menti a hangjelet (feszültség-idő függvény értéke a mintavételezett pontokban), valamint az amplitúdó-idő függvény meghatározott értékeit. A hangdetektor blokkdiagramja az 6. ábrán látható.

A mérés és a kiértékelés menete

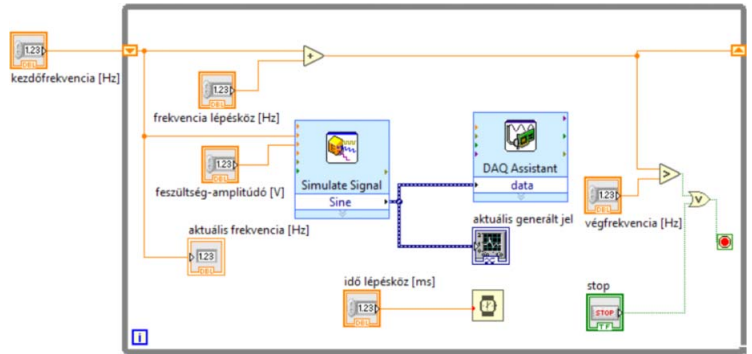
A mérés kezdetkor – a rúd megpendítéskor hallott hangja alapján – megbecsültük a rezonanciafrekvenciáját, amely körülbelül 2000–3000 Hz közé adódott. Ezután először az 1 Hz és 6000 Hz közötti tartományt pásztáztuk végig 1 Hz és 100 ms lépésközzel. A kísérletnél hallottuk, valamint az amplitúdóadatokon is látszott, hogy a csúc 2350 Hz körül volt, ezért ennek környezetét részletesebben is megvizsgáltuk (2300–2400 Hz között, 0,1 Hz és 10 ms lépésköz). Mivel a kimeneti adatok eredetileg az idő függvényében mutatják a mért értékeket, ezeket át kellett számolnunk, hogy a frekvencia függvényében tudjuk megadni őket. Ezt az alábbi összefüggés alapján tudtuk megtenni:

$$v(t) = v_0 + \frac{\Delta v}{\Delta t} t,$$

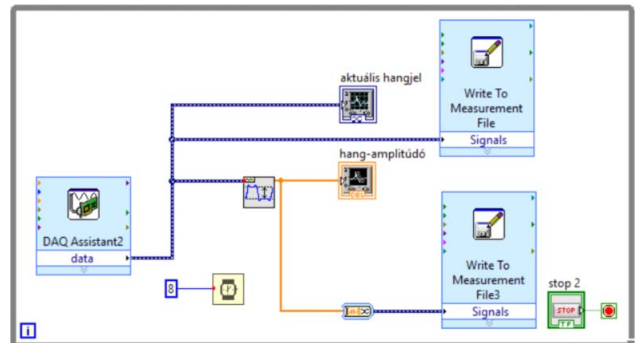
ahol v a frekvencia, v_0 a kezdeti frekvencia, Δv a frekvencialépés nagysága, Δt a frekvencialépés idejének hossza, t pedig az eltelt idő, a frekvenciák Hz-ben, az idők s-ben mérve.

Az amplitúdót a frekvencia függvényében ábrázolva a csúc helyzete 1 Hz lépésköznél néhány Hz, 0,1 Hz lépésköznél körülbelül 1 Hz pontossággal állapítható meg. A kapott grafikonok az 7. és az 8. ábrán láthatók. (Az ábrák Gnuplotban készültek, de középiskolában Excelben is hasonlókat lehet készíteni, ami a diákok számára lehetővé teszi a csúc helyének egyszerű meghatározását is.) A 7. ábrán látható négy legnagyobb csúc, valamint néhány kisebb csúc nem a rúd gerjesztéséből származott, azokat más alkatrész gerjedése, illetve háttérzörej okozta, így azokkal a továbbiakban nem foglalkoztunk. A mérések alapján a rúd rezonanciafrekvenciája 2343 Hz-nek adódott, itt érzékeltük a legnagyobb intenzitású (amplitúdójú) hangot.

A 2343 Hz rezonanciafrekvenciánál azt várjuk, hogy a rúd közelítőleg ezen a frekvencián fog rezegni, tehát a hang (legerősebb) frekvenciája is ennyi lesz. Ezt Audacity programmal állapítottuk meg. Állandó frekvenciájú gerjesztést alkalmaztunk a meghatározott rezonanciafrekvencián,



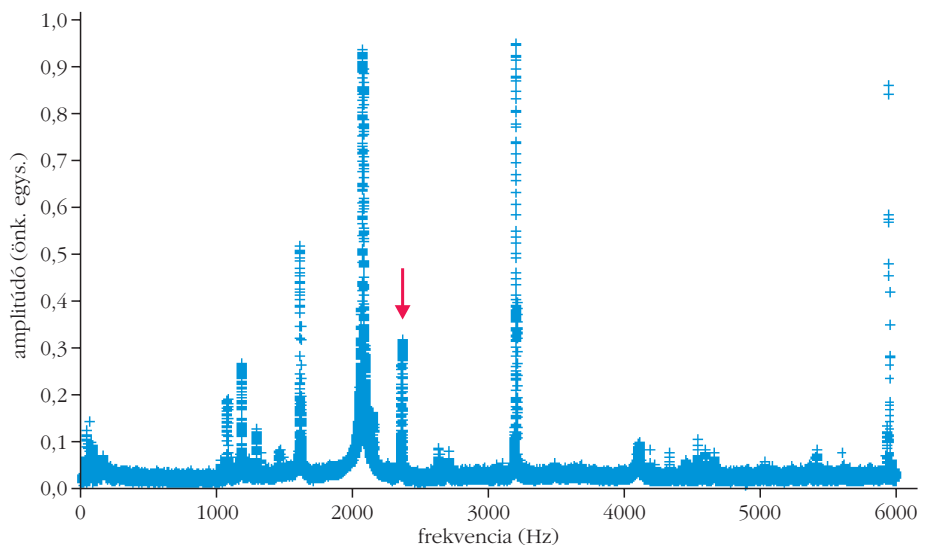
5. ábra. A jelgenerátor blokkdiagramja.



6. ábra. A hangdetektor blokkdiagramja.

ezzel párhuzamosan Audacity programmal rögzítettünk egy rövid felvételt, aminek egy viszonylag tiszta szakaszán felvettük a frekvenciaeloszlást (*Elemzés* → *Spektrum ábrázolása...*). Az eredmény a 9. ábrán látható. A csúc 2344 Hz-nél mérhető, ami hibahatáron belül valóban megegyezik a gerjesztési frekvenciával. A kísérlet során érdekes volt megfigyelni, hogy a rúd sajátrezgése a rezonanciafrekvencia 1/2, 1/4, 1/6, 1/8 részének megfelelő nagyságú frekvenciával is gerjeszhető, egyre kisebb mértékben.

7. ábra. Az amplitúdó – gerjesztési frekvencia függvény 0–6000 Hz tartományban. A legerősebb rezonancia a 2350 Hz környéki csúcsnál következett be (lásd a nyilat). A csúcsok magassága kevésbé informatív, mivel a kísérlet során az áramerősség sem volt teljesen állandó (fokozatosan csökkent) és háttérzajok is zavarták a mérést.



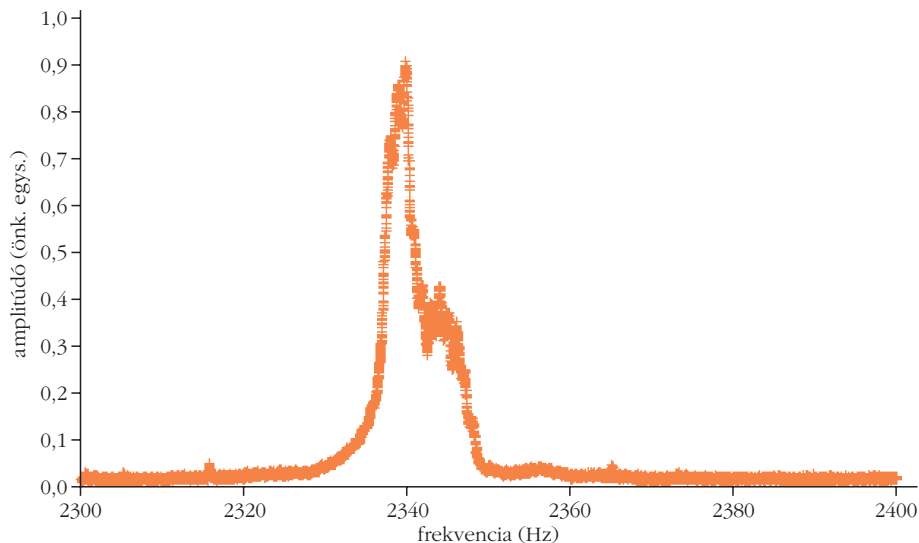
Összegzés

Összefoglalásként elmondhatjuk, hogy a kísérlet fizikai szempontból sikeres volt: sikerült előidézni és megvizsgálni a megfelelő frekvenciával váltakozó mágneses tér hatására kialakuló rezonanciát a ferritrúdban. Szakmódszertani szempontból is eredményesnek gondoljuk a projektet: sikerült kidolgoznunk egy olyan kísérletet-mérést, amely fakultációs csoportban vagy szakkörön tanulói mérés-ként alkalmazható, alapórán pedig tanári kísérletként bemutatható. Azt gondoljuk, hogy némi időráfordítással a

középiskolás tanuló is könnyedén megbarátkozhat az eszközzel és a programmal. Úgy igyekeztünk integrálni az eszközt a kísérleti összeállításba, hogy ne pusztán egy amúgy is elérhető laboreszközt helyettesítsünk vele, hanem általa valóban funkcionális többletet vigyünk a mérési összeállításba.

Irodalom

1. <http://sukjaro.eu/ELFT-NI-palyazat/2019-20/PMunkak/index.html>
2. 2020. évi IYPT feladatok (nem hivatalos magyar fordítás), <http://hypt.elte.hu/wp-content/uploads/2019/10/IYPT-probl%C3%A9m%C3%A1k-2020.pdf> (letöltve: 2020.01.25.)
3. A felhasznált fényképek saját készítésűek, illetve a LabView és az Audacity programban készült képernyőképek.

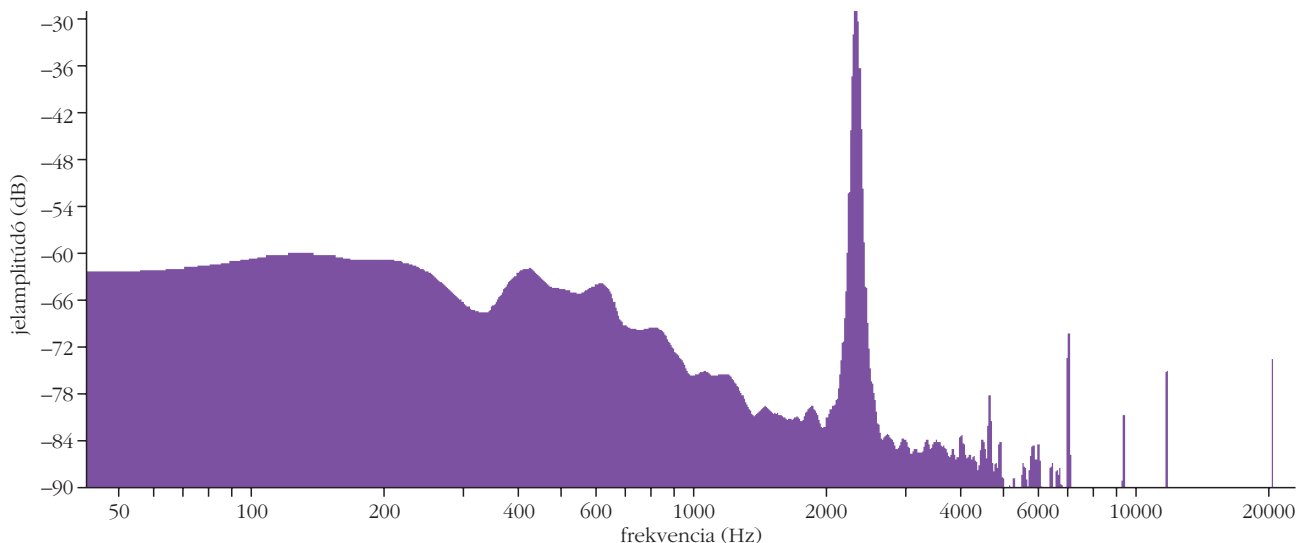


8. ábra. Az amplitúdó – gerjesztési frekvencia függvény 2300–2400 Hz tartományban, a rezonanciacsúcs körül (0,1 Hz, illetve 10 ms lépésköz).

Továbbfejlesztési lehetőségek

A kísérlet kidolgozásánál arra törekedtünk, hogy a technikai háttér ne szorítsa háttérbe a fizikai tartalmat. Éppen ezért több fejlesztési út maradt nyitva a mérésel kapcsolatban, amely az érdeklődő diákok számára további lehetőségeket nyújthat. Ilyen lehet a mérés minél teljesebb automatizálása a VI-n belül, a segédberendezések (például jelerősítő) helyettesítése az eszköz segítségével, vagy a mérés elvének adaptálása hasonló jellegű fizikai problémákra (például impedancia alakulása összetett áramkörben különböző körfrekvenciák esetén).

9. ábra. A mikrofonnal vett hang frekvenciaeloszlása rezonanciafrekvenciával (2343 Hz) történt gerjesztéskor. A csúcs 2344 Hz-nél mérhető.



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 őrünk 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 Társulatnál vagy postautalványon a 10200830-32310274-00000000 számú egyszerűsített.

Megjelenik havonta (nyáron duplaszámmal), egyes szám ára: 1000.- Ft (duplaszámú 2000.- Ft) + postaköltség.

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