

**Doktori értekezés tézisei**

**Számítógéppel segített kísérletek a középiskolában**

**Tóthné Juhász Tünde**

**Témavezető: Dr. Juhász András ny. egyetemi  
docens**

**ELTE TTK Fizika Doktori Iskola  
Vezető: Dr. Tél Tamás**

**Fizika Tanítása Doktori Program  
Vezető: Dr. Tél Tamás**



**Eötvös Loránd Tudományegyetem**

**Fizika tanítása doktori program**

**2018**

# I. Bevezetés

Tapasztalatom szerint a jelenlegi fizikatanítás problémáinak jelentős része az időhiányra vezethető vissza. Nagyon nehéz valamit jól és alaposan megtanítani, ha a tananyag méretéhez képest nagyon kevés idő áll rendelkezésünkre. Azokat a fogalmakat, amelyeket régebben kellő idő alatt, kellő mélységben tudtunk megtanítani, most csak felszínesen érintjük, és később ezekre a korántsem stabil alapokra próbáljuk ráépíteni a felsőbb éves tananyagot.

Az időhiánynak esnek áldozatául legtöbbször a kísérletek is. Néhány hagyományosan bemutatott kísérlet túlságosan hosszadalmas, körülményes ahhoz, hogy az amúgy is szűkös tanórai időből áldozzunk rá.

Márpedig a fizika alapvető fontosságú része a kísérletezés, így doktori munkám célkitűzése az volt, hogy olyan új, számítógépes kísérleteket állítsak össze, amelyek újszerű módszereket biztosítanak a tanításban.

A számítógépes kísérleteknek akkor van létjogosultsága, ha valamivel többet tudnak adni annál, amit a hagyományos kísérletek adnának. A szűkre szabott időkeret miatt indokolt lehet azon kísérletek számítógépes változatának használata, amelyekkel időt takarítunk meg. Még szerencsésebb, ha a számítógépes kísérlet segítségével olyan fogalmakat és összefüggéseket mutathatunk be, amelyek a hagyományos módszerrel egyáltalán nem, vagy csak nehézkesen lennének vizsgálhatók.

Doktori munkámban olyan programokat használtam, amelyek ingyenesen hozzáférhetőek bármely tanár számára. A programok egy része (Audacity, LabCam) abban segít, hogy élőben bemutatott kísérletek eredményeit hatékonyan tudjuk rögzíteni, visszajátszani és elemezni. A programok másik része (Dynamic Solver, Fizika) a felhasználó által összeállított szimulációt futtatnak, amelyek számos élőben nem vagy csak nehezen megvalósítható kísérlet helyettesítésére használhatóak. Kutatásomban arra kerestem választ, hogy segítenek-e ezek a programok és a használatukon alapuló újszerű tanítási módszerek abban, hogy a diákok hatékonyabban sajátítsák el a tananyagot.

## II. Tézisek

### **1. Egyszerű hangtani és hangeffektussal kísért jelenségek számítógépes kísérleti vizsgálata Audacity program használatával [1]**

A hangtan legtöbb alapkísérlete vizuálisan oszcilloszkóppal mutatható be a középiskolában. Az oszcilloszkóp drága és ezért az iskolában ritka műszer, aminek kezelése sem egyszerű, így tanuló kísérletre nehézkesen alkalmazható. Vannak olyan fogalmak - mint például a hangszín, amelyet a felharmonikusok arányával definiálunk -, amelyekhez demonstrációs, illetve mérőkísérletet a hagyományos eszközök használatával nem is lehet hozzákapcsolni.

Ezekre a nehézségekre kerestem hatékony megoldást a számítógépes Audacity program használatával. A program előnye, hogy a hanggörbét bármikor visszajátszható módon rögzíti, így az akusztikus és a vizuális információ összekapcsolása lehetőséget kínál a fizikai tartalmak jobb megértésére.

**a) Megmutattam, hogy a program magas mintavételi frekvenciája miatt alkalmas arra, hogy segítségével az alap hangtani kísérleteket bemutassuk. A programmal nem csak demonstrációs, de mérőkísérleteket is végeztem diákjaimmal, így hatékonyabban meg tudtam tanítani a hangtani alapfogalmakat és jelenségeket. A kísérletek hangszerek használatával még élvezhetőbbé válnak. A mérési eredmények elmentése lehetőséget teremt a kísérleti eredmények későbbi elemzésére, ami szemléletesebbé és jobban követhetővé teszi a kísérleteket.**

Tapasztalatom szerint tanítványaimat sokkal jobban érdeklik azok a kísérletek, amelyeknek ők is aktív részesei. Így a hangtani alapkísérleteket az Audacity program segítségével, de nem a programba épített hanggenerátorral, hanem hangszerek használatával tanítom. A Karinthy Frigyes Gimnáziumban tanulók jelentős része zeneiskolába is jár, így minden csoportban van 3-5 diák, aki szívesen behozza hangszerét (gitárt, fuvolát, hegedűt) a fizikaórára, ezáltal az egész osztály aktív résztvevőjévé válik a kísérletnek.

Az Audacity program segítségével a lebegés jelenségét két gitárhúr egyidejű megpendítésével mutattam be, a nyitott és zárt síp frekvenciájának arányát pedig furulya fejének segítségével mértem meg. A hangszín tanításához a hagyományos, oszcilloszkópos demonstrációval nem lehet meggyőző kísérletet bemutatni. A program segítségével kidolgoztam egy olyan kísérletet, amellyel a hangszínt meghatározó felharmonikusok jelenléte megmutatható és két különböző hangszer esetén össze is hasonlítható.

Az egyszerű hangtani kísérletek mellett vannak olyan bonyolultabb jelenségek is, amelyek jól vizsgálhatóak az Audacity programmal.

- b) Kidolgoztam egy számítógépes mérőkísérletet a Doppler-effektus témakörében, amely akár tanórán, akár projektmunka keretében megvalósítható. A kísérlettel nem csak a hangmagasság kvalitatív változását lehet bemutatni (magasabb vagy mélyebb hang), de mérni is lehet a mozgás miatt megváltozott frekvenciákat, és ebből vissza lehet következtetni a hangforrás sebességére.**

A Doppler-effektust elemző kísérlet során egy állandó sebességgel elhaladó autó kürtjének hangját rögzítettük egy projekt keretében, majd kiscsoportos munkában, az Audacity program spektrumelemző funkciója segítségével a diákok megállapították a közeledéskor, illetve távolodáskor hallható hang frekvenciáját. Egy egyszerű matematikai levezetéssel bebizonyítottam, hogy az álló autó kürtjének frekvenciája ( $f_0$ ) épp a két megmért frekvencia harmonikus közepe, majd az így számolt  $f_0$  frekvencia segítségével a diákok meghatározták az autó sebességét. Mivel az autó sebességét egy előre megbeszélrt értéken (60km/h) tartottam, a mérés eredménye ellenőrizhető volt, ami jó visszajelzés volt a diákok számára. Ezáltal egy korábban csak demonstrációs kísérletekkel bemutatható jelenségre sikerült projektmunka (vagy órai munka) keretében megvalósítható mérési eljárást kidolgozni.

- c) Tanulói mérőkísérletet dolgoztam ki az üveg szája feletti elfújással képzett hang vizsgálatára, melyet sikeresen alkalmaztam a tehetséggondozás során. A jelenséget először elméleti modell segítségével elemeztük, majd mérőkísérlettel igazoltuk a modell által megjósolt összefüggést. A számítások és a mérési eredmények egyezése igazolta a hang keletkezésére adott elméleti modellünk igazságtartalmát.**

Az üveg szája feletti elfújással keletkező hang vizsgálta azért bizonyult sikeres tanulói kísérletnek, mert annak ellenére, hogy a jelenség közismert, a jelenség modellezése nem egyszerű. A középiskolában leginkább tehetséggondozás szintjén tárgyalható levezetés olyan összefüggésre vezet, amely a mérési adatokkal könnyedén ellenőrizhető, és jó példát ad arra, hogy a grafikonelemzés hogyan tudja alátámasztani (vagy cáfolni) egy elmélet helyességét. A kísérletben bemutatott módszer a fizikai jelenségek megismerésének tipikus útja, ezért a tehetséges diákok számára szemléletformáló jelentőségű.

## **2. Elektromosságtani jelenségek vizsgálata a WebCam számítógépes program “univerzális logger” funkciójával [2. 5]**

Megmutattam, hogy a WebCam Laboratory (újabb nevén LabCamera) program Univerzális logger funkciója a hagyományos analóg mérések egyszerű digitalizálása révén hatékonyan alkalmazható számos iskolai mérőkísérlet eredményeinek automatikus rögzítésére és azok számítógépes feldolgozására.

Az adatok elmentése lehetővé teszi, hogy a mérés kiértékelését a diákok házi feladatként kiscsoportos vagy egyéni munkaként végezzék el. A programmal bonyolultabb jelenségeket is sikeresen elemeztem, ezzel megmutattam, hogy a program jól alkalmazható a tehetséggondozásban is.

Az elektromosságtan számos kísérlete során az elektromos paraméterek időbeli változását mérjük. A méréseket általában a szertárban rendelkezésre álló hagyományos műszerekkel (demonstrációs vagy digitális multiméterrel, esetleg oszcilloszkóppal) szoktuk bemutatni. Az adatok felvétele ilyen esetben „kézi” módszerekkel történik, ami veszélyes, és időigényes, ezért az ilyen mérőkísérleteket legfeljebb szakkörön vagy fakultációs órán alkalmazzuk. Természetesen lehetőség van a kísérletek interfésszel való mérésére is, de én olyan programokat és eszközöket kerestem, amelyek ingyenesen hozzáférhetőek mindenki számára.

A LabCamera program segítségével a hagyományos mérőeszközökkel végzett fáradtságos mérés anyagi ráfordítás nélkül számítógépes méréssé egyszerűsödik. Az analóg mérőeszközök eredményeit a számítógép kamerája rögzíti, amit a program digitalizált formába konvertál és ment. A digitális adatok számítógépes módszerekkel feldolgozhatók.

Doktori munkám során a módszert a fizikai mennyiségek időfüggését vizsgáló igényes szakköri mérések újszerű feldolgozására alkalmaztam. Kísérleteket dolgoztam ki a bekapcsolási jelenségek témakörében, valamint a zsebtelep karakterisztikájának vizsgálatára. Ezen felül azt is megmutattam, hogy a váltakozó áramú áramkörök elemeinek (ellenállás, kondenzátor, tekercs) feszültség-áram fázisviszonya is jól vizsgálható a fenti módszerrel.

## **3. Káoszelmélet taníthatósága a középiskolában egy bonyolult tálban mozgó golyó vizsgálatán keresztül a Dynamic Solver szimulációs program segítségével [3]**

A kaotikus mozgások elemzése, az káosz alapfogalmainak tanítása nem szerepel a középiskolás fizika kerettantervben. A diákokat viszont tapasztalatom szerint nagyon is érdekli, mert ez egy olyan „felkapott” témakör, amivel szívesen foglalkoznak népszerűsítő tudományos (és gyakran áltudományos) filmek és cikkek.

**Megmutattam, hogy a bonyolult alakú (nem forgásszimmetrikus) tálban mozgó golyó kaotikus mozgásának elemzése alkalmas az alapvető káoszelméleti fogalmak**

**megtanítására a középiskolai kereteken belül, emelt szinten érdeklődő diákok számára.**

**a) Módszert dolgoztam ki arra, hogy az ingyenesen letölthető Dynamic Solver program segítségével hogyan lehet bemutatni a kaotikus mozgás három legalapvetőbb tulajdonságát (szabálytalan mozgás, előrejelezhetetlenség, fraktálszerkezet a fázistérben), valamint hogyan lehet csoportmunka keretein belül önálló „felfedezésre” készíteni a diákokat.**

Saját diákjaim érdeklődése és a doktori iskolában szerzett tapasztalatom arra ösztönzött, hogy fizika szakkör keretében, egy bonyolult tálban mozgó golyó példáján keresztül megtanítsam a káosz alapfogalmait és alaptulajdonságait. A káosz megismerésének leghatékonyabb módja az irányított önálló felfedezés, ezért a Dynamic Solver programot használva a diákok kísérleteken keresztül értették meg az olyan fogalmakat, mint kváziperiodikus és kaotikus mozgás, előrejelezhetetlenség, valamint fraktálszerkezet.

Tapasztalatom szerint a káosz tanításának további előnye, hogy a valószínűségi szemléletet már a mechanika témakörén belül elfogadtatja, így előkészíti a későbbi kvantummechanika tanítását.

**b) Tanári segédanyagot dolgoztam ki középiskolai tanárok számára olyan céllal, hogy viszonylag kis időráfordítással elsajátítsák a Dynamic Solver program kezelésének a fent leírt kísérlet bemutatásához szükséges részét, és megtalálják a benne rejlő szakmai, szakdidaktikai lehetőségeket.**

Az elkészített tanári segédanyag az általam tartott szakkör tapasztalataiból indult ki, és abban segíti a középiskolai fizikatanár kollégákat, hogy ne kelljen egy 180 oldalas leírást végigolvasniuk ahhoz, hogy az órájukon használni tudják a programot. A program leírásában azokra a funkciókra koncentráltam, amelyek a bonyolult tálban mozgó golyó mozgásának elemzéséhez szükségesek.

#### **4. Vonatkoztatási rendszerek tanítása a Fizika szimulációs program segítségével [5, 6]**

A kinematika tanításának egyik legproblémásabb fejezete a vonatkoztatási rendszerek témaköre. A vonatkoztatási rendszer nagyon absztrakt fogalom, de megértése elengedhetetlen a mozgások grafikonjainak tárgyalásához. A vonatkoztatási rendszerek tanítását nehezíti,

hogy a hagyományos módszerekkel nem mutatható be hozzá még demonstrációs kísérlet sem, viszont több tévképzet is akadályozza a megértést.

A problémák megoldását keresve megmutattam, hogy a Fizika szimulációs program használatával a vonatkoztatási rendszerek tanítása személetesebbé és hatékonyabbá tehető.

**a) Szimulációs feladatsort dolgoztam ki, amely segítségével a diákok lépről lépésre haladva dolgozzák fel az álló és egyenletesen mozgó vonatkoztatási rendszerek témakörét.**

A feladatsor a program azon sajátosságára épül, hogy az hatékonyan kapcsolja a mozgások szimulációját és grafikus megjelenítését. A vizuális kísérleti háttér és a kapcsolódó grafikonok elemzése alapján a diákok interaktív módon maguk fedezik fel a vonatkoztatási rendszer meghatározó szerepét az egyes mozgások értelmezésében. A feladatsor az álló vonatkoztatási rendszerektől indul, amelyben az origó szerepét vizsgáljuk, majd az egyenletesen mozgó vonatkoztatási rendszerekbe való áttérés hatását mutatja be a mozgás grafikonjain keresztül.

**b) Megmutattam, hogy a Fizika szimulációs program lehetőséget teremt a relatív sebesség mozgó vonatkoztatási rendszerekhez kapcsolódó fogalmának tanítására. A programot sikeresen alkalmaztam néhány nehezebb, a tehetség gondozás során felmerülő feladat személetesebbé tételére, ahol a mozgó vonatkozási rendszerbe való áttérés jelentősen leegyszerűsíti a megoldást, és mindezt a mozgások grafikonjai szemléletesen alátámasztják.**

A relatív sebesség fogalma a mindennapi életben is fontos és használt fogalom (pl. előzéskor). Hagyományos tanórai keretek között legtöbbször csak gondolatkísérletet tudunk hozzákapcsolni, ami nem túl hatékony módszer. Ennél jóval személetesebb, ha a Fizika program segítségével a mozgások grafikonjait elemezve jutunk el a relatív sebesség fogalmához, és az azt leíró képlethez. A mozgó vonatkoztatási rendszerre való áttérés fontos és hatékony megoldási módszer nehezebb feladatok megoldására. Ezt a program által kirajzolt grafikonok segítségével meggyőzően szemléltethetjük, ezért a program sikerrel alkalmazható a tehetség gondozás területén is.

## **5. Oktatási kísérlet kiértékelése [4, 7]**

Szervezőként (egy munkacsoport tagjaként) dolgoztam az ELTE és az Intellisense Zrt 2014-15 tanévben végzett oktatási kísérletében, amelynek célja a Fizika mozgásszimulációs számítógépes program iskolai alkalmazásának, mint a kerettantervi anyag egy lehetséges módszertani feldolgozásának kipróbálása volt. Az oktatási kísérletben összesen 163 diák vett részt, akik közül 83 a kísérleti, 80 pedig a kontrollcsoportban szerepelt.

**Összeállítottam a kísérletet záró felmérő dolgozatot, amelynek elsődleges célja a kísérleti és a kontroll csoportok teljesítményének összehasonlítása volt. A feladatsort úgy szerkesztettem meg, hogy mérni lehessen a diákok tudását olyan nehezebb témakörökben, melyeknek megértése a hagyományos módon általában problémás (pl. grafikonok kapcsolata, átlagsebesség fogalma, hajítások grafikonjai). Az eredményeket kiértékelve megállapítottam, hogy a FIZIKA szimulációs program segíti a grafikus szemlélet elmélyítését és növeli a diákok kreatív feladatmegoldó képességét.**

A feladatsort úgy állítottam össze, hogy mind könnyű, mind nehéz feladatok, valamint hagyományos és újszerű feladatok is legyenek benne. Az oktatási kísérlet eredménye felülmúlta előzetes várakozásunkat, a kísérleti csoport diákjai ugyanis minden feladat esetén jobban teljesítettek. A különbség a grafikus látásmódot, illetve kreativitást igénylő feladatoknál volt a legjelentősebb.

Az egy évvel később (2015-2016 tanévben) végzett megismételt kísérlet hasonló eredményekkel zárult.

Ez alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a FIZIKA szimulációs program használata hatékonyabbá teszi a kinematika tanítását és segíti a diákok kreativitásának fejlesztését.

## **6. Kritikus pontok a dinamikában – néhány nehezebb témakör tanítása a FIZIKA program segítségével [5]**

Az 5. tézisben leírt oktatási kísérlet pozitív eredménye arra ösztönzött, hogy megvizsgáljam, a Fizika program mely további területeken, milyen kritikus fogalmak tanítása esetén lehet hasznos. Mivel a programban lehetőség van az erők kirajzoltatására, valamint komponensekre bontására is, ezért úgy gondoltam, hogy a program alkalmas új módszer kidolgozására a dinamika nehezen tanítható témakörei esetén.

**Szimulációs feladatsorokat dolgoztam ki a középiskolai dinamika tanítási szempontból problémás fogalmainak illetve törvényeinek (erők összeadása, nyomóerő, súrlódás,**



**körmozgás dinamikája) számítógéppel támogatott interaktív feldolgozására. A kidolgozott tananyagok felhasználási területüket tekintve két csoportba sorolhatók. Az egyik csoportba olyan alapjelenségekhez kapcsolódó szimulációs feladatok tartoznak, amik a nehezen haladó tanulók felzárkózását segítik az egyes alapfogalmak lényegi megvilágításával, a másik csoportba olyan emelt szintű tehetséggondozó feladatok sorolhatók, melyek a legjobb tanulók mély fogalmi megértését szolgálják a számítógép által biztosított interaktív módszerekkel.**

Feladatsorokat dolgoztam ki a súrlódási erő, a kényszererő valamint a körmozgás eredőerejének tanításához. Az erők kirajzoltatásával a legegyszerűbb összeállítások is interaktív kísérletté váltak, ahol a diákok különböző paraméterek változtatásával maguk vizsgálhatták az adott erőt befolyásoló tényezőket. Az erőtörvények ilyen önálló (irányított) felfedezése hatékony módszernek bizonyult a dinamika tanításában.

A tehetséggondozásban hasznosnak bizonyultak a lejtőn ható erőket vizsgáló szimulációk, valamint azok az összeállítások, melyek versenyfeladatokban felvetett szituációk elemzésére, az elméleti eredmények ellenőrzésére alkalmasak.

### **III. Az eredmények hasznosítása**

A fent leírt kísérleteket és módszereket először mindig saját tanítványaimon próbáltam ki, a legtöbb kísérletet a tanórai keretbe illesztve, néhányat pedig projektmunka vagy szakkör keretében. Általános tapasztalatom volt, hogy a diákok kifejezetten élvezték a számítógépes kísérletezést, és így sikeresen lehetett őket bevonni a felfedezésben való aktív részvételbe.

Az 5. tételben szereplő oktatási kísérletet célja csupán a tájékozódás volt arról, hogy az általunk hasznosnak talált program mérhetően növeli-e a diákok megértését. A kísérlet határozottan pozitív eredménye még a legoptimistább várakozásunkat is fölülmúlta, és ezzel arra sarkallt minket, szervezőket, hogy további, lehetőleg nagymintás oktatási kísérlet keretében próbáljuk megmérni a program hasznosságát.

Az MTA-ELTE Akadémia Tantárgy-pedagógiai Kutatócsoportjában folyamatosan dolgozunk az oktatási kísérleteken, jelenleg a 2017-2018-as tanévben megszerzett dinamika tanításával kapcsolatos oktatási kísérlet témazáró dolgozatai és tesztjei eredményének begyűjtése és feldolgozása zajlik éppen. Emellett dolgozom a „kritikus pontok tanításával” foglalkozó oktatási kísérleten: további szimulációkat dolgozok ki, amelyek remélhetőleg az előzőekhez hasonlóan hasznosnak bizonyulnak.

A kísérlet előkészítésének részeként olyan tanártovábbképzést is szerveztünk, amelyen a LabCamera és a FIZIKA program használatát mutattuk be és tanítottuk meg az eziránt érdeklődő

kollégáknak. Így bízom benne, hogy az eddig kidolgozott kísérletek a fizikatanárok minél szélesebb rétegéhez eljutnak, és hatékonyabbá és változatosabbá teszik a nehezebben érthető fogalmak és összefüggések tanítását, valamint segítséget nyújtanak a tehetséggondozás terén.

#### **IV. A tézisek alapjául szolgáló publikációk**

1. Tóthné J.T.: Számítógépes mérések az Audacity programmal, in: *Természettudomány tanítása korszerűen és vonzóan*, konferenciakiadvány, szerk.: Tasnádi Péter, ELTE Természettudományi Oktatásmódszertani Centrum, Budapest, pp263–267, 2011.
2. Tóthné J.T.: Kísérletek a WebCam Laboratory programmal, in: *A fizika, matematika és művészet találkozása az oktatásban, kutatásban*, konferenciakiadvány szerk.: Juhász András és Tél Tamás, ELTE TTK, pp267–272, 2013.
3. Tóthné J.T., Gócz É.: Káosz egy tálban, *Fizikai Szemle* 2014/12, pp421–425, 2014
4. T. Tóthné Juhász: A computer simulation based teaching experiment, in: *TPI-15 Conference Proceedings* ed.: A. Király, T. Tél, Budapest, pp249-254, 2016.
5. Zs. Szigetlaci, T. Tóthné Juhász: Computer-aided measurement and simulation using LabCamera and Fizika software in physics education in: *TPI-15 Conference Proceedings* ed.: A. Király, T. Tél, Budapest, pp243-248, 2016.
6. Tóthné Juhász T., Juhász A., Szigetlaci Z.: A simulation based method for teaching reference frames in secondary schools, *Universal Journal of Educational Research* 5(12), pp2241-2250, 2017
7. T. Radnai, T. Tóthné Juhász, A. Juhász, P. Jenei: Educational experiments with motion simulation programs: can gamification be effective in teaching? in: *MPTL-2017 Conference Proceedings* (Megjelenés alatt)