

Szegedi Tudományegyetem
Természettudományi és Informatikai Kar
Fizika Doktori Iskola

Számítógéppel segített mérőkísérletek a
természettudományok tanításához

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Kopasz Katalin

fizikatanár

Témavezető: Dr. Gingl Zoltán

tanszékvezető egyetemi docens, Szegedi Tudományegyetem

Dr. Papp Katalin

címzetes egyetemi tanár, Szegedi Tudományegyetem

Szeged, 2013

Kutatási előzmények, alkalmazott módszerek

*„Az iskolának az a feladata, hogy a
kérdézet természetes és leküzdhetetlen
szokásunkká tegye.” Örkény István*

„Az oktatás középponti problémája a gyermek érdeklődése. Érdeklődés nélkül nem lehet a tanítási anyagot megfelelően elsajátíttatni, éppen ezért az érdeklődés az oktatás legfőbb eszköze, mindemellett eredménye is, mivel akkor is megmarad, amikor a konkrét tananyag már kihullott az emlékezetből. Sokoldalú, kiegyensúlyozott érdeklődés kialakítása a cél.” [1] Johann Friedrich Herbart XIX. századi gondolatai az oktatásról ma is érvényesek, éppen ezért az oktatás bármely szintjén dolgozik is egy tanár, nem hagyhatja figyelmen kívül a diákok érdeklődését, motivációját. A természettudományok tanítása esetében a kisgyermekkorban meglévő, azután elszunnyadó ösztönös kíváncsiság és megismerési vágy ismételt felélesztése erős belső motivációt jelenthet. Ezen a belső motiváción is alapul a kutatásalapú tanulás (inquiry-based learning, IBL) módszere, amelynek alkalmazása esetén a diákok belefelejtkeznek vizsgálataikba, „elfelejtik”, hogy esetleg egy olyan tantárggyal foglalkoznak, amit illik nem szeretni, éppen úgy viselkednek, mint a kíváncsi kisgyermek. Érdemes tehát hasznosítani ezt a ma reneszánszát élő módszert, melynek egyes foglalkoztatási elemeit felfedezhetjük a hazai közoktatásban régebben alkalmazott munkatankönyvekben (például az 1981-es kiadású Fizika 8 könyvben [2.]), munkafüzetekben (például [3.]). Ezekben szép számmal találunk a felfedeztetést alkalmazó tananyag-feldolgozást; illetve szép példa a módszer használatára az Oktatási programok a fizika tanításához című kiadvány is [4.]. Munkám elején ezért célul tűztem ki, hogy minél több lehetőséget találjak és próbáljak ki a gyakorlatban az IBL-módszer alkalmazására. A tanulói motivációt növelheti a modern eszközök használata az oktatás során, ezért számítógéppel segített mérőkísérletek kidolgozásával foglalkoztam, arra törekedve, hogy minél több esetben tanulói kísérletekben ötvözzem a két motiváló hatást.

Dolgozatomban a kutatásalapú tanulás főbb ismérveinek áttekintése után elemzem az oktatás számára rendelkezésre álló számítógépes mérési lehetőségeket. Az Információs és Kommunikációs Technikák (IKT) oktatási alkalmazási lehetőségei a számítógépek széleskörű elterjedése óta foglalkoztatják a pedagógusokat [5.], mára több folyóirat is foglalkozik az alkalmazási lehetőségekkel, az eredmények értékelésével, például a Journal of Computer Assisted Learning és a Computers in the Schools címűek. A természettudományok, különösen a fizika tanítása területén korán felmerült, hogy a szemléltetés, prezentációkészítés,

filmvetítés, szimulációk alkalmazása mellett a számítógépet mérőeszközként is lehet használni az oktatásban [6.]. Ez a lehetőség azért is figyelemre méltó, mert felmérések tanulsága szerint [7.] az informatikát a szülők és a diákok egyaránt fontosnak tartják, ezáltal esély van arra, hogy az informatikát alkalmazó természettudományos oktatást is pozitívabban értékeljék. Ugyanakkor meglehetősen nehéz helyzetben van az a fizikatanár, aki egy átlagos magyar középiskolában számítógépes méréseket szeretne végezni. Számos professzionális mérési megoldást találhatunk taneszköz-forgalmazók és informatikai cégek kínálatában, de ezek a hazai iskolák többsége számára megfizethetetlenek, az eszközök pedig fixáltak, kevesebb teret hagynak a kreativitás fejlődésének. Innovatív és informatikában jártas tanárok több olyan mérési megoldást is kifejlesztettek, amelyek nem mérési célra készült ingyenes programokat és egyszerűen elérhető eszközöket használnak a mérések során. Ezeket azonban csak olyan kollégák tudják használni, akik maguk is kellően jártasak az informatikában és az eszközkészítésben. Igény mutatkozik tehát olyan mérési megoldásra is, ami speciális ismeretek nélkül is jól alkalmazható, mégis elérhető áron juthatnak hozzá a kollégák. Ezek alapján fejlesztette ki csoportunk azokat a mérési megoldásokat, melyek segítségével a hazai iskolákban is könnyebben elérhetővé válnak a tanulói számítógépes mérések.

Fejlesztéseink két mérési elv mentén rendezhetőek. Elkészült a speciálisan oktatási célokra használható adatgyűjtő és digitális-analóg konverziót végző eszköz, az Edaq530 és a hozzá tartozó mérőprogram. A mérőrendszerhez többféle szenzort (fotokapu, termisztor, Hall-szenzor, gyorsulásszenzor, nyomásszenzor, pH-elektroda,) csatlakoztathatunk, és egyszerre három csatornán végezhetünk valós idejű méréseket. A mérőprogram grafikus felülete az oktatási igényekhez alkalmazkodva vagy grafikusan jeleníti meg a mért jelet (az idő függvényében), vagy nagyméretű számkijelzőn mutatja a pillanatnyi értéket. A mérőrendszer teljes dokumentációja szabadon elérhető.

Fejlesztéseink másik fő iránya a számítógépek hangkártyáját alkalmazó mérési lehetőségek fejlesztése. A hangkártya kimenete megfeleltethető egy jelgenerátornak (digitális-analóg konverter), a bemenete pedig adatgyűjtőként (analóg-digitális konverter) használható. Ezt a lehetőséget sokan használják ki mérési megoldásaik fejlesztésénél. Elterjedten alkalmazzák azt a didaktikai szempontból kevésbé szerencsés megoldást, hogy teljesen más célra fejlesztett szoftvereket alkalmaznak kísérleteikhez, és így nem teljesen egyértelmű a mérések során, mi is a mért jel. Kutatócsoportunk készített tehát kifejezetten iskolai célokra alkalmazható, szabadon elérhető mérőprogramokat és mérési összeállításokat is. A hangkártya magas mintavételi frekvenciája (44kHz) lehetővé teszi, hogy bizonyos kísérletekben oszcilloszkóp kiváltására is használjuk. Rezonanciajelenségek vizsgálatához például

készítettünk olyan elrendezést, ahol a mérést hangkártya segítségével végezzük, a virtuális műszer pedig a kívánt végső mérési eredményeket jeleníti meg, valós időben.

A kifejlesztett mérési megoldásokhoz konkrét mérési feladatokat dolgoztam ki a fizika több területére, valamint a kémia és a biológia tantárgyakhoz kapcsolódóan. Ezek gyakorlati alkalmazásának tesztelésére tartottam szakköröket, tanártovábbképzéseket, majd a tapasztalataim alapján fejlesztettük tovább az eszközöket, kísérleti összeállításokat. Tanárként fontosnak tartom annak bemutatását, hogy a kísérleteket valóban alkalmaztam is oktatási, továbbképzési helyzetekben, ezért az egyes mérések megvalósításának ismertetésében több tanulói, hallgatói, tanári mérési eredményt jeleníték meg. Mindez megmutatkozik abban is, hogy a dolgozat ábrái nem egységesek: a kollégáktól, diákoktól kapott mérési eredményeket eredeti formájukban közlöm. Munkám során kiemelt figyelmet fordítottam kutatásalapú tanulási helyzetek kialakítására – ezáltal is elősegítve diákjaim elemző gondolkodásának fejlődését. Mérőrendszerünk alkalmazása erősíti a kapcsolatot a természettudományok, a matematika és az informatika között.

A fejlesztéseket több iskolában, egyetemen is alkalmazzák már az oktatásban – ez is jelzi, hogy hiánypótló mérési megoldások születtek a munka folyamán. Dolgozatom összeállítása során kiemelt szempont volt az is, hogy kézikönyvként, oktatási segédletként alkalmazhassák azok a kollégák, akik mérési megoldásainkat munkájuk során felhasználják.

Új tudományos eredmények:

Munkám célja egy olyan számítógépes kísérletező rendszer kidolgozása és tesztelése volt, amely alkalmas arra, hogy a magyar közoktatásban is elérhető módon segítse a kísérletező oktatást. A folyamatos fejlesztéseknek köszönhetően elkészült Edaq530 mérőrendszer (<http://www.noise.inf.u-szeged.hu/edudev>), valamint az ezt a rendszert vagy hangkártyát alkalmazó mérési gyakorlatok alkalmasak a mérési elvek megismertetésére, és arra, hogy a természettudomány több területén végezzenek vele mérőkísérleteket diákok és tanárok egyaránt.

A mérőrendszereket és a hozzá kapcsolódóan kidolgozott kísérleti összeállításokat három éven keresztül mérés-technikai szakkörön teszteltem az SZTE Ságvári Endre Gyakorló Gimnázium diákjaival, a foglalkozásokon a kutatásalapú tanulás módszerét alkalmazva.

Az egyes tézispontoknál megadott a saját publikációk jelmagyarázata a következő: T: az értekezés alapjául szolgáló közlemények, E: az értekezés témájához kapcsolódó további közleményeim, K: a értekezés témájához kapcsolódóan megtartott tanártovábbképzések.

1) Mérési gyakorlatokat dolgoztam át a *mechanika tanításához* kapcsolódóan, melyekben az Edaq530 alkalmazásával, a kutatásalapú tanulási módszer megvalósításával dolgozhatnak a diákok.

[T2.], [T5.], [T7.], [E1.], [E2.], [E5.], [E6.], [E7.], [E8.], [E11.], [E13.]

- Szakkörös diákjaimnak a strukturált felfedezés módszerét alkalmazó feladatként tűztem ki az ütközések vizsgálatát. Saját tervezésű fotokapuink alkalmazásával minden diák kellő számú eszközt kapott, így párokban kísérleteztek a résztvevők. Vizsgálataik során maguk fedezték fel a *lendület fogalmát* és a *lendületmegmaradás törvényét*. Az eddigi gyakorlatban tanári demonstrációs célokra használt eszköz a tanulókísérleti készlet részévé vált.
- Strukturálatlan feladatként tűztem ki a *matematikai inga* megismerését, az IBL-módszer Herron-modelljének legmagasabb fokozatának megfelelő mérésként. Eredményként a lengésidőt befolyásoló paraméterek meghatározása mellett a diákok a mechanikai energia megmaradásának egy szokatlan igazolását is felfedezték.
- A *rezgőmozgás kísérleti vizsgálatához* gyorsulássenzort erősítettem rugón rezgő testre, így valós időben mértem a gyorsulást, és jelenítettem meg a grafikus kijelzőn a gyorsulás-idő grafikont. Az elrendezést tanulói kísérletként is alkalmaztam. A diákok többségének nagyon nehezen érthető témakörben a saját mérési tapasztalat jelentősen megkönnyíti a tanár és a tanuló feladatát is. (A gyorsulássenzor megismerése a

tanulókat saját telefonjainak működésének megértésében is segíti. Ennek pedig erős a motiváló hatása.)

- Mindennapos eszközeinkben sok helyen alkalmaznak *Hall-szenzorokat*, egyik legelterjedtebb alkalmazásuk a sebességmérés. Utóbbi elvének megismertetéséhez alkalmazott kísérleti elrendezésemben egyenáramú motor *fordulatszámát* mérik a tanulók. A mérések közben megvizsgálták a diákok azt is, függ-e a motor fordulatszáma a kivezetésekre kapcsolt feszültségtől.
- A *folyadéknomás* tulajdonságainak megismeréséhez *relatív nyomásszenzort* alkalmaztunk. Az egyik mérőcsontot a folyadékön kívül tartva az elrendezés lehetővé tette, hogy a folyadék belsejében a légköri nyomáshoz viszonyított többletet mérjük. Ezáltal kisebb folyadékmélységek esetén is jól mérhetővé vált a nyomáskülönbség, így olyan jelenségkörben is végezhattünk méréseket, ahol ez eddig nem volt jellemző. Megfigyelhetővé vált a hidrosztatikai nyomás irányfüggetlensége is. Az elrendezés segítségével mértük folyadékok sűrűségét is.

2) Mérési gyakorlatokat dolgoztam át a hőmérsékletmérés alkalmazásával. A kidolgozott kísérletek a fizika tantárgy hőtan fejezetének tanítása mellett alkalmazhatóak a környezeti nevelésben is.

[T5.], [T7.], [E5.], [E7.], [E11.], [E13.], [E14.], [E15.], [E16.]

- Termisztorok segítségével szemléltettem a *párolgás hőelvonó* hatását, ami hiánypótló, hiszen a napi tanítási gyakorlatban csupán utalni szoktak rá. Az egyszerű kísérlet ugyanakkor a termisztorok érzékenységének megismerésére is kiváló lehetőséget nyújt. A folyadékok közötti *hőkiegyenlítődés* időbeli vizsgálatát is több ízben elvégezték diákjaim az Edaq530 használatával. A hőtan bevezető kísérletéhez a hőmérséklet-idő grafikonokat korábban kézzel készítettük, táblázatba rögzített mérési adatok alapján, hosszú idő alatt; most a folyamat lejátszódásával egy időben kirajzolódnak a képernyőn. A hőtani folyamatok közül a fázisátalakulások vizsgálata is kiemelt fontosságú, ezeket is valós időben kirajzolt grafikonok segítségével vizsgálhatjuk az oktatási gyakorlatban.
- A tanulók hétköznapi környezetét kapcsolja össze az iskolában tanultakkal a *hővezetés*, illetve a *hőszigetelés*, *hőmegtartás* kísérleti vizsgálata. Kipróbált kísérleteink alkalmasak arra is, hogy a tanulók gyakorlat közben ismerjék meg közelebbről a természettudományok vizsgálati módszereit. A közoktatási gyakorlatban eddig háttérbe szorított kérdések az új nemzeti alaptantervvel bekerülnek az iskolai gyakorlatba, így

mérőkísérleteink segítséget jelentenek a tanárok számára az új feladatok teljesítésében, a diákokat pedig a valódi környezettudatosságra ébreszthetik.

- *Üvegházgázok* vizsgálatára is lehetőséget ad az elrendezésünk: megmérve, hogy hasonló körülmények között melyik gázt tartalmazó palack melegszik fel jobban, erősíthetjük a diákokban a környezettudatos szemléletet.

3) Kísérleti összeállításokat vizsgáltam az *elektromágnesség* témakörének tanításához.

[T2.], [E8.], [E11.], [E12.]

- Demonstrációs összeállítást alakítottam ki *áramjárta tekercs mágneses terének* vizsgálatára. Kihasznlva a Hall-szenzor érzékenységét tanulókísérletként is mérhető, hogy egy tekercsben folyó áram erősségének növekedésével egyenes arányban növekszik a tekercs belsejében a mágneses indukció nagysága.
- Az Edaq530 nagyon kismértékű feszültségváltozások mérésére is alkalmas. Ezt a tulajdonságot használja ki az a kísérleti elrendezés, amely a *mágneses mezőben mozgó vezetőben indukált áramot* szemlélteti. A kísérleti elrendezés a tanítási gyakorlatban a Lorentz-erő szemléltetésére szolgál, azonban kellően érzékeny műszerünkkel a patkómágnes szárai között mozgó vezetőben indukált áramot is ki tudjuk mutatni – az egyik továbbképzésen felmerült ötlet alapján elkészített kísérleti eszközzel könnyen és látványosan szemléltethető a vizsgált jelenség, az áram időbeli változását is szemléltető grafikont kapunk, a hinta mozgásával egy időben.

4) A *természettudományos tantárgyak összehangolását* elősegítendő mérőrendszerünket alkalmaztam kémiai és biológiai vonatkozású kísérleteknél.

[T2.], [T5.], [E13.]

- Kémiai kísérletekben sokszor fontos, hogy a lejátszódó folyamatokban valós időben legyen látható a hőmérséklet változása. Erre is lehetőséget biztosít az Edaq530, amit *exoterm oldódás* vizsgálatával támasztok alá – a mérőkísérletet kémia szakos tanárkollégákkal is elvégeztettem a továbbképzések alkalmával.
- A *pH-mérés* sokszor gondot jelent a kísérletező oktatásban, mert az elektródák drágák és törékenyek, az indikátorpapírok viszont pontatlanok és csak egyszer használhatóak. Felkutattam egy diáklaborok számára is alkalmas, műanyag tokozású pH-elektrodát, amit csatlakoztattunk az Edaq530-hoz. Megfelelő kalibrálás után a közoktatás számára kellően pontos méréseket tudunk biztosítani. A mérőrendszert rendszeresen használják

az SZTE Ságvári Endre Gyakorló Gimnáziumának Szegedi Regionális Természettudományos Diáklaboratóriumában.

- A természettudományok közötti kapcsolatot erősíti az a kísérlet, amelyben *fotopletizmográf*ként használjuk eszközünket. A pulzus meghatározása mellett a kísérlet során valós időben rajzolódik ki a kijelzőn az ujj vérvolumenének szív ciklustól függő változása. A kísérleti elrendezés használatával diáklaboratóriumi szinten vizsgáltuk a terhelés hatását a pulzusra, és a Valsalva-manőver hatásait is kimutathattuk. Eszközünk felkeltette az Orvosi Fizikai Intézet munkatársainak érdeklődését is, kutatásokat folytatnak arra vonatkozóan, hogyan tudják az eszköz használatát beépíteni az orvostanhallgatók alapozó laboratóriumi képzésébe.

5) Méréseket dolgoztam át és teszteltem számítógép hangkártyáját alkalmazó kísérleti elrendezések oktatási alkalmazására. A mérőkísérletekben kihasználom a hangkártya magas mintavételi frekvenciáját, ugyanakkor speciálisan mérési célokra készült szoftvereket alkalmazok, így egyszerű és átlátható környezetben dolgozhatnak a diákok. Az alkalmazott rendszer pontos megismeréséhez egy más mérési elvvel már vizsgált elrendezést alkalmaztam: egyenáramú motor fordulatszámát mérjük, ezúttal optikai úton.

[T1.], [T3.], [T4.], [T6.], [E3.], [E9.], [E11.]

- A magas mintavételi frekvencia lehetővé tette, hogy osztálytermi körülmények között vizsgáljuk *szabadesés* közben a felhajtóerő és a közegellenállás szerepét: szignifikáns különbséget mutattunk ki az esési időben akkor, amikor egyező térfogatú, de különböző tömegű testeket azonos magasságból egyszerre ejtettünk.
- Hangkártyát alkalmaztam egy régi kísérlet pontosabbá tételéhez. A forgómozgás kísérleti vizsgálatára fejlesztett demonstrációs készletet használva, de stopper helyett hangkártyát alkalmazó programmal a középiskolában is kimérhető lett az, hogy tömegpont esetén a *tehetetlenségi nyomaték* négyzetesen függ a forgástengelytől mért távolságtól. A mérési gyakorlat lehetőséget biztosít a diákoknak a linearizálás gyakorlására is.
- A hangkártya magas mintavételi frekvenciáját használja az a mérési összeállítás, amelynek segítségével *rezonanciajelenségeket* vizsgáltunk. Összeállításunk olyan virtuális műszert is tartalmaz, amely a vizsgált jelenség szempontjából releváns eredményeket azonnal megjeleníti. Alkalmos arra, hogy megmérjük egy hangvilla

sajátfrekvenciáját, ugyanakkor az elektromos rezonanciajelenségek vizsgálatára is lehetőséget biztosít, ezáltal segíti az analógiás gondolkodás fejlesztését is.

6) Kutatási eredményeim mihamarabbi hasznosítása céljából olyan továbbképzési program tematikáját dolgoztam ki, amely alkalmas arra, hogy a képzést elvégző természettudományos szakos tanárok (minimális informatikai előismerettel is) képesek legyenek óráikon számítógéppel segített méréseket végezni. A program tartalmi és módszertani szempontból is újszerű, hiszen a számítógépes mérés technikát alkalmazom kutatásalapú tanulási környezetben. Három alkalommal szerveztem és tartottam tanártovábbképzést a kidolgozott anyagok alapján, egyszer pedig meghívást kaptam, hogy kollégáimmal együtt segítsem a Szegedi Regionális Természettudományos Diáklaboratórium partneriskoláinak tanárait felkészíteni a számítógéppel segített mérések elvégzésére.

[T5.], [E4.], [E13.], [K1.], [K2.], [K3.], [K4.]

A széles körben elérhető, modern kísérletező rendszer tanulói projekteken is alkalmazható, kiscsoportos foglalkozásokban, személyre szabott feladatokban is alkalmazható, a kísérletezés akár házi feladat is lehet.

Az elkészült mérőrendszerek használhatóságát igazolja, hogy alkalmazásra kerültek az SZTE Ságvári Endre Gyakorló Gimnáziumának Szegedi Regionális Természettudományos Diáklaboratóriumában (SzeReTeD).

A mérőrendszer használatát tervezik az orvostanhallgatók fizika laboratóriumi gyakorlatain is. A munkát elnyert pályázat biztosítja, melynek címe „Non-Standard Forms of Teaching Mathematics and Physics: Experimental and Modeling Approach” (MathPhys-Bridge, HUSRB/1203/221/024, partnerek: Szegedi Tudományegyetem (Bolyai Intézet és Orvosi Fizikai és Orvosi Informatikai Intézet) és Újvidéki Egyetem, Természettudományi és Matematikai Kar (Matematikai és Informatikai Tanszék)).

A világszerte húszmillió felhasználót elérő, ingyenes matematikai oktatási segédprogram, a Geogebra fejlesztői a matematika mellett egyre intenzívebben szeretnék támogatni a természettudományok oktatását is. Ezen törekvésük megvalósításának egyik eszköze, hogy folyamatban van az Edaq530 Geogebra integrálása, közös munkaként további természettudományos tananyagok fejlesztése.

Publikációk

I. Az értekezés alapjául szolgáló közlemények:

Referált angol nyelvű cikkek:

- [T1.] G Makan, **K Kopasz**, Z Gingl: Real-time analysis of mechanical and electrical resonances with open source sound card software (Eur. J. Phys accepted for publication; Impact factor: 0.644)
- [T2.] **K Kopasz**, P Makra, Z Gingl: Student Experiments and Teacher Tests Using Edaq530, (Acta Didactica Napocensia, Vol. 6. (2013) No. 1., ., <http://adn.teaching.ro/>)
- [T3.] **K Kopasz**, P Makra, Z Gingl High resolution sound card stopwatch extends school experimentation, (Acta Didactica Napocensia, Vol. 5. (2012) No. 2., <http://adn.teaching.ro/>)
- [T4.] Z Gingl, **K Kopasz**: High-resolution stopwatch for cents (Physcs Education, 46 (2011) 430-432.)
- [T5.] **K Kopasz** et al: Edaq530: a transparent open-end and open-source measurement solution in natural science education (Eur. J. Phys. 32 (2011) 491-504. Impact factor: 0.644)

Referált angol nyelvű konferenciakiadványok:

- [T6.] Gingl Z, Mingesz R, Mellar J, Lupsic B, **Kopasz K**, *Efficient Sound Card Based Experimentation At Different Levels Of Natural Science Education*, MPTL16 Workshop on Multimedia in Physics Teaching and Learning and HSCI2011 8th International Conference on Hands on Science, Ljubljana, Szlovénia, 2011.09.15-2011.09.17., 2011. pp. 507/1-507/5. (ISBN:978-989-95095-7-3)
- [T7.] **Kopasz, K.**, Gingl, Z., Makra, P., Papp K.: *Virtual measurement technology in public education* (Multimedia in Physics Teaching and Learning, 14th edition) http://www.fisica.uniud.it/URDF/mptl14/ftp/full_text/T3%20_56%20Full%20Paper.pdf (2013.09.30.)

Nemzetközi konferenciaanyagok:

- [E1.] Gingl Z, Mingesz R, **Kopasz K**, *Sensor-to-computer interfaces support experimental education*, Conference on Computer Algebra- and Dynamic Geometry Systems in Mathematics Education (CADGME 2012) Novi Sad, Szerbia, 2012.06.22-2012.06.24. p. 54-1.
- [E2.] Gingl Z, Mingesz R, **Kopasz K**, *Real experiments with sensor-to-USB interfaces*, Conference on Computer Algebra- and Dynamic Geometry Systems in Mathematics Education (CADGME 2012) Novi Sad, Szerbia, 2012.06.22-2012.06.24. p. 54-1.
- [E3.] **K. Kopasz**, Z. Gingl, P. Makra, B. Lupsic, *Easy and cheap measurements with a sound card*, EUPEN's 13th General Forum: "PREPARING GOOD PHYSICS TEACHERS" Limassol (Cyprus): 28-30 August 2011
- [E4.] Z. Gingl, P. Makra, **K. Kopasz**, *Thumb-size USB-to-sensor interface supports efficient experimentation in multilevel education of physics and other disciplines*, invited presentation, EUPEN's 12th General Forum - EGF2010, "NEW WAYS OF TEACHING PHYSICS", Párizs (Franciaország): 2-5 September 2010

- [E5.] **Kopasz, K.**, Gingl, Z., Makra, P.: *Virtual measurement technology in Physics Education*, interaktív poszter szekció, „MPTL14 (Multimedia in Physics Teaching and Learning)” konferencia (Udine, Olaszország 2009. szept. 23-25.)

Magyar nyelvű cikkek:

- [E6.] Gingl Z. **Kopasz K** Tóth K: *Kutatás alapú tanulás számítógéppel segített mérések alkalmazásával* (Fizika Tanítása 2012/1. 22-27.)
- [E7.] **Kopasz K.** Gingl Z. Makra P. Papp K.: *A virtuális mérés technika kísérleti lehetőségei a közoktatásban* (Fizikai Szemle, 2008/7-8. 267. o.)

Magyar nyelvű konferenciaanyagok:

- [E8.] **Kopasz K.**: *IBL alkalmazása a fizika tantárgy tanításában, szakkörön* szimpóziumi előadás XII. Országos Neveléstudományi Konferencia (Budapest, 2012. 11. 8.10.)
- [E9.] **Kopasz K.**, Lupsic B., Gingl Z., Makra P.: „*Mérések hangkártyával egyszerűen, olcsón*” előadás („Természettudomány tanítása korszerűen és vonzóan” nemzetközi szeminárium magyarul tanító tanárok számára, ELTE 2011. aug. 23-25., kiadvány 252-256. oldal, elektronikus kiadvány: <http://termtudtan.extra.hu/kotet.pdf>, 2012.08.09.)
- [E10.] Gingl Z., Mingesz R., Makra P., **Kopasz K.**, Mellár J.: Nyílt forrású szenzor-USB interfészek fejlesztése interdiszciplináris oktatás támogatására (Informatika a felsőoktatásban 2011 konferencia, Debrecen, 2011. 08.24-26.)
- [E11.] **Kopasz K.**: *Tanulói mérések számítógéppel – egy szakkör tanulságai* műhelyfoglalkozás, II. díj, 54. Országos Fizikatanári Ankét és Eszközbemutató (Sárospatak, 2011. 03. 12-15.) (műhelyfoglalkozás, II. díj)
- [E12.] **Kopasz K.**: *Számítógéppel segített iskolai kísérletezés és mérés c.* előadás, „Modern módszerek az informatika, matematika és fizika oktatásában” című konferencia, (GAMF, Kecskemét, 2011. 01. 17.)
- [E13.] **Kopasz K.**: *Iskolai kísérletezés és mérés virtuális mérés technika segítségével c* előadás, „Szakmódszertani kutatások a természettudományos, illetve a matematika és az informatika tantárgyakhoz kapcsolódóan” című konferencia (Szeged, 2010. május 20-21.)
- [E14.] **Kopasz K.**: *Virtuális mérés technika a fizika szakmódszertan laboron c.* előadás, HEFOP 3.3.3. „Új oktatási módszerek és a horizontális szempontok a kétszintű felsőoktatási rendszerben” konferencia, Szeged, (2008.09.20.)
- [E15.] **Kopasz K.**: *Virtuális mérés technika fizika szakmódszertan laboron c.* műhelyfoglalkozás, „A tanárképzés napja - I. veszteprémi konferencia”, (2008.04.23.)
- [E16.] **Kopasz K.**: *Valódi mérések virtuális mérőműszerekkel – multimédiás PC-k a tanári kísérleti demonstrációban*, eszközkiállítás III. díj, 51. Országos Fizikatanári Ankét (Békéscsaba, 2008. 03. 26-30.) (eszközkiállítás III. díj)

Tanártovábbképzések tartása:

- [K1.] „*Korszerű, tevékenység-központú természettudományos laboratóriumi gyakorlatok vezetése a közoktatásban*” című (82/55/2012 alapítási engedély számú, 30 óras) pedagógus-továbbképzés meghívott oktatója
- [K2.] „*A kísérletező oktatás támogatása, számítógéppel segített kísérletek bemutatása*” 15 óras továbbképzés szervezése és tartása (Szeged, 2012 november 16-17.) (Kimenet orientált képzésfejlesztés a Dél-alföldi Régió szolgáltató egyetemén TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2011-0013)

- [K3.] *Számítógéppel segített iskolai kísérletezés és mérés* 20 órás továbbképzés szervezése és tartása (Szeged, 2011. november 18-19.) (Mentor(h)áló; TÁMOP-4.1.2-08/1/B-2009-0005)
- [K4.] *Multimédiás alkalmazások a középiskolai természettudományos oktatásban* (OKM 2/11/2006 sz.) 30 órás akkreditált továbbképzés szervezése és tartása (Szeged, 2010.03.19-20., 2010.08.24.)

II. A fizika tanításához kapcsolódó további közlemények:

Nemzetközi konferenciaanyagok:

[F1.] Katalin Papp, Anett Nagy, Katalin Kopasz (2007): *Communication strategies in Physics Education*, Frontiers of Physics Education GIREP-EPEC Conference, Opatija, Horvátország 2007. augusztus elektronikus kiadvány, poszter

Magyar nyelvű cikkek:

- [F3.] Kopasz K. Papp K Szabó M. Gy. Szalai T.: „Üstökös az asztalon” - Hogyan „főzzünk” csillagászati demonstrációs eszközöket? (Fizikai Szemle, 2009/7-8., 257. o.)
- [F4.] Kopasz K. Papp K.: *Aktív tanulói eljárások a fizikatanításban II.* (Fizika Tanítása, 2008/3. 18. o.)
- [F5.] Kopasz K. Papp K.: *Aktív tanulói eljárások a fizikatanításban* (Fizika Tanítása, 2008/2. 20. o.)

Magyar nyelvű konferenciaanyagok:

- [F7.] Kopasz K.: „Fizikatanítás az iskolán kívül” előadás („Fizikatanítás tartalmasan és érdekesen” nemzetközi szeminárium magyarul fizikát tanító tanárok számára, ELTE, 2009. aug. 27-29., kiadvány: 427-432. oldal elektronikus kiadvány: <http://fiztan.extra.hu/konferencia/proc/szekcio-poszter/KopaszKata.pdf> 2010.01.04.)
- [F8.] Kopasz K.: *Tanárjelöltek felkészítése az iskolán kívüli aktivitásokra* c. előadás, „A tanárképzés napja - II. vespéremi konferencia”, (2009. április 29.)
- [F9.] Kopasz K.: *Üstökös az asztalon* c. műhelyfoglalkozás 52. Országos Fizikatanári Ankét (Kaposvár, 2009. április 15-18.)
- [F10.] Görbe M., Jójárt P., Kopasz K., Osvay K.: *Impulzusüzemű és frekvenciakétszerezett Nd:YAG lézer vezérlőprogramjának fejlesztése*, poszter, Felsőfokú alapképzésben matematikát, fizikát és informatikát oktatók XXXII. Konferenciája, Kecskemét (2008.08.25-27.)
- [F11.] Papp Katalin, Nagy Anett, Kopasz Katalin (2007): *Kommunikációs stratégiák és a fizikatanítás*, Fizikus Vándorgyűlés, Programfüzet p. 64. (poszter)
- [F12.] Kopasz K.: *Aktív tanulói eljárások a fizikatanításban* – előadás műhelyfoglalkozáson, 50. Országos Fizikatanári Ankét (Szeged, 2007. 03. 18.)

Egyéb szakmai előadások:

- [F14.] *Hogyan készítsünk kísérleti eszközöket... (optika, mechanika, hőtan)* Apáczai Nyári Akadémia (Újvidék, 2013. júl. 10.)
- [F15.] *"Játékszerek a kísérletes oktatásban"* Apáczai Nyári Akadémia (Újvidék, 2013. júl. 10.)
- [F16.] *Új módszerek a természettudományok oktatásában* Interdiszciplináris és komplex megközelítésű tananyagfejlesztés a természettudományi képzési terület mesterszakjaihoz című projektben (Szeged, 2013.03.28.) (TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2011-0025)

- [F17.] *Környezeti nevelés lehetőségei a természettudományos oktatásban (egyszerű kísérletek)* előadás, Apáczai Nyári Akadémia (Újvidék, 2012. júl. 18.)
- [F18.] *Számítógépes mérések a középiskolában* előadás, Apáczai Nyári Akadémia (Újvidék, 2011. júl. 13.)
- [F19.] *Környezeti nevelés a természettudományos órákon* c. előadás „Tisztább Dunamentéért, Európaért” című pályázat nyitó konferenciája (Almásfüzitő, 2011. 03. 24.)
- [F20.] *Szerethető-e a fizika?* c. előadás, „Komplex szervezetfejlesztés, a munkaerő-piaci és a nemzetközi alkalmazkodóképesség növelése a Kecskeméti Főiskolán” pályázat keretei között (Kecskemét, GAMF, 2011. 03. 22.)
- [F21.] *Számítógéppel segített iskolai kísérletezés és mérés* c. előadás, XX. Schwartz Emlékverseny (Nagyvárad, 2010. nov. 13.)
- [F22.] *Valódi mérések virtuális műszerekkel* c. előadás, Apáczai Nyári Akadémia (Újvidék, 2010. júl. 15.)

III. A tézisfüzetben hivatkozott irodalom

- [1.] Pukánszky Béla, Németh András: Neveléstörténet, 8.4. fejezet (<http://magyar-irodalom.elte.hu/nevelestortenet/08.04.html>)
- [2.] Kövesdi Pál, Bonifert Domonkosné, Miskolczi Józsefné, Szántó Lajos: Fizika 8., Tankönyvkiadó, Budapest, 1981
- [3.] Fodor Erika, Sarkadi Ildikó: Fizika I. (munkafüzet), Tankönyvkiadó, Budapest, 1990
- [4.] Dr. Lang Jánosné, Dr. Diósi József: Oktatási programok a fizika tanításához, Tankönyvkiadó Budapest 1976
- [5.] Kárpáti Andrea: Digitális pedagógia, A számítógéppel segített tanulás módszerei, Új pedagógiai szemle, 1999/4 (<http://www.oki.hu/oldal.php?tipus=cikk&kod=1999-04-ta-karpati-digitalis>)
- [6.] Radnóti Katalin, Nahalka István: A fizikatanítás pedagógiája, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2002
- [7.] Radnóti Katalin: Fizikatanítás a középiskolában – A 2003-as obszervációs felmérés tapasztalatai, megjelent: 2009. június 17. (<http://www.ofi.hu/tudastar/tantargyak-helyzete/fizikatanitas>)