

**DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI**

---

# **ANALÓGIÁK A FIZIKATANÍTÁSBAN**

**Csernovszky Zoltán**

**Témavezető: Dr. Horváth Ákos**

**ELTE TTK**

**Fizika Doktori Iskola**

**Vezető: Dr. Tél Tamás**

**Fizika Tanítása Doktori Program**

**Vezető: Dr. Tél Tamás**



**2018**

## Bevezető

Napjaink fizikatanítása új kihívásokkal szembesül. A tudományos információ-robbanás kevés időt hagy az új ismeretek megismerésére, fontosságuk eldöntésére és rendszerszintű beépítésükre. A digitális eszközök megismerése és felhasználásuk megoldása is összetett, időigényes folyamat. A legnagyobb kihívást mégis a kísérletezés során felhasználható informatikai eszközök térhódítása jelenti. A jelenségek rögzítésére (képrögzítők, mikrokontrollerek, szenzorok) és a mérési eredmények elemzésére használt eszközök (függvényábrázoló, iterációs, video-analizáló szoftverek) bemutatása és használat közbeni megismertetésük jelenti a fizikatanítás igazi kihívását.

Sokszor nemcsak a tudományos gondolkodásmód háttérbe szorulásának lehetünk tanúi, hanem a tudományos módszerek és a velük elért eredmények megkérdőjelezésének is. A természettudományos alapismeretek és a descartes-i racionalizmuson alapuló tudományos módszer elvetése komoly veszélyt jelent. Úgy érzem, a fizikatanítás saját lehetőségeinek és eszközeinek számbavételével, ezek fejlesztésével, valamint erőforrásainak felhasználásával visszaszoríthatja e tendenciákat. Ezt a fizikatanítás a tudományos gondolkodásmód alapjainak megismertetésével, a tudományos módszer tudatos gyakorlásával, a tudományos világkép elsajátított elemeinek rendszerré szervezésével segítheti elő.

Az új digitális eszközök megjelenése és az internet mobil elérhetősége új módszertani lehetőségeket is kínál. Ilyen lehetőséget jelenthet az e-learning, az online feladat- és tevékenység-gyűjtemény. Ez a megjelenési forma a klasszikus tananyag-feldolgozásoktól eltérő, akár interaktív segítséget is tud nyújtani a tananyag megértéséhez és alkalmazásához.

## Célkitűzések

Kiemelt cél volt a napelemek témakörének didaktikus feldolgozását megvalósítani, ugyanis a témakör a fizikaérettségien szerepel, de tanmeneti feldolgozása nem hangsúlyos. Ezért szándékomban állt a diákokkal új típusú napelem-cellákat készíteni, tesztelni, működésük alapjait megérteni. A cellák energetikai vizsgálatára külön hangsúlyt kívántam fektetni. Terveim szerint a diákok a napenergia átalakításának témakörében úgy mélyednek el, hogy aktív részesei lehetnek egy kutatási, mérési és modellalkotási folyamatnak. Az új típusú napelemekben használt színezékek fényelnyelésének vizsgálatára külön hangsúlyt szeretnék fektetni, teret nyitva ezzel a modern fizikai alkalmazásoknak. A diákok a tevékenységeket projekt, illetve fakultációs keretek között végzik, az elvégzett munkájukat projektbemutató formájában ismertetik.

Figyelembe véve az informatikai eszközök és az informatikai kultúra elterjedését, fontos cél egy nemlineáris jelenség számítógépes vizsgálata. A vizsgálatba mechanikai ismeretekkel már rendelkező felsőbb éves diákok bevonását terveztük, ezért olyan nem mechanikai rendszer megtalálása volt a cél, amelynek mechanikai analógiája megtalálható a középiskolai fizika követelményrendszerben. A rendszer leírásának didaktikus felépítését terveztem, lehetőleg mechanikai analógiákra alapozva. Megfogalmazódott az is, hogy a rendszer követésére alkalmazott szoftver használatához programozni ne kelljen tudni, de érteni kelljen az iterációs eljárás fizikai alapjait. A követett rendszer konzervatív mozgásformáinak vizsgálatával a rendszer mozgástípusainak energia-függését szeretnénk tanulmányozni. A rendszer disszipatív

mozgásformáinak feltérképezésével a determinisztikus káosz fogalmának középpontba állítását terveztük. Mindezek megvalósítására középiskolai szakkört és projektet szervezek, előkészítésként a mechanikai analógia alapjait már tanórán ismertetni fogom.

A felnövekvő nemzedék új szemléletű és digitális eszközökön is elérhető tananyag igényének megoldása alapvető kihívást jelent az élet minden területén. Ennek az igénynek a kielégítésére az e-learning felület kínálta lehetőségekkel élve, nem hagyományos, lehetőség szerint interaktív tevékenységi formákat valósítok meg. A közoktatásban tapasztalataim szerint erre van a legnagyobb igény napjainkban. Külön figyelmet kell fordítani csoportosan megvalósítható tevékenységek leírására, elsősorban a tudományos módszer gyakorlásának előmozdításáért. A pedagógusok segítségére megadom e tevékenységek fizika-tananyagon belüli és interdiszciplináris kapcsolódási pontjait, valamint feldolgozásuk didaktikai szempontjait is.

## Tézisek

### Analógiák a napelemek tanításában

A 2015. évi emelt szintű Fizika érettségi szóbelijén egy napelem tanulmányozása szerepel (20. számú mérési feladat). A napelemek tanulmányozásának igénye vezetett új típusú, organikus napelem-cellák építéséhez középiskolai szakkör és projekt keretében. A labor-protokoll betartásával, csoportmunka keretében a diákok saját maguk állították elő azokat a napelem-cellákat, amelyeket később a mérési feladat kiírása szerint teszteltek. A tapasztalatok szerint megérte a fáradságot a laboratóriumi háttér biztosítása, hiszen a kísérleti eszközök előállítása jelentette a diákok kutatómunkájának első lépését. Az előállított eszközöket, azok működését és a mérési eredményeket projektbemutatókon, konferenciákon és cikkekben ismertettük, 1. táblázat.

Év	Intézmény	Fő	Tev.forma	Tevékenység	Bemutató
2015	KFG, ELTE	5	projekt	építés, elektromos teszt	TPI-15, MPTL-15
2016	KFG	4	projekt	színezékek tesztje	KFG projektbemutató
2017	KFG	4	projekt	építés, elektromos teszt, színezékek tesztje	Fizikatanári Anket, Gödöllő
2018	BDG, ELTE	4(2)	projekt	építés, elektromos teszt, színezékek tesztje	EJP cikk, EJP videoabsztrakt
2018	BDG	4	projekt	színezékek tesztje	BDG Fizikatábor
2018	BDG	8(4)	projekt	építés, elektromos teszt	BDG Fizikatábor

1.táblázat Organikus napelem-cella: projektek és tevékenységek összefoglalása

TPI = Teaching Physics Innovatively, fizikatanítási konferencia, Budapest

MPTL = Multimedia in Physics Teaching and Learning, fizikatanítási konferencia, München

KFG = budapesti Kölcsey Ferenc Gimnázium, BDG = Berzsényi Dániel Gimnázium

EJP = European Journal of Physics, szakfolyóirat

Az alábbiakban leírt tevékenységekkel elérhetővé vált a napenergia átalakításának és a színlátás problémájának a diákok mérési eredményein alapuló vizsgálata. A téma környezetfizikai alkalmazásai nemzetközi fizikatanítási trendekbe illeszkednek.

## 1. Elektron-ciklusok egységes tagolása napenergia-átalakító rendszerekben

Több középiskolai projekt során gyümölcs-kivonatok pigmentjeivel ellátott napelem-cellákat készítettünk. Felismertem, hogy a napelem-cellák működése az organikus napelem-cellák segítségével érhető meg a legegyszerűbben. E felismerés egyik alapja, az volt, hogy az elnyelt fotonok hatására meginduló elektron-ciklusokat és a ciklusban résztvevő elektron energiaszintjeit külön ábrán kell feltüntetni. A másik alapot a ciklikus működés középiskolai fizikatanítási igényekhez illeszkedő tagolása jelentette. Ez a tagolás lett az alapja annak az analógiának, melynek segítségével mind az organikus, mind a hagyományos napelem-cellák, mind a fotoszintézis fényszakaszának elektron-ciklusa nyomon követhető.

Mindezek együttes alkalmazása megnyitotta az utat a napelemek működésének középszintű megértéséhez. Az elektron-ciklus komplexebb tagolása megtalálható az organikus napelemekkel foglalkozó, míg a ciklus térbeli és energetikai leírásának szétválasztása a fotoszintézis szakirodalmában. Egységes és analóg alkalmazásuk azonban előzmény nélküli.

**Megmutattam, hogy az organikus napelemek elektron-ciklusa megérthető középiskolai fizika-ismeretek alapján. Az összehasonlító elemzés megnyitotta az utat a napenergia-átalakító rendszerek elektron-ciklusainak egységes leírásához.** A diákok megértésének elősegítésére, tudásuk megszilárdítására, az elektron-ciklusokat molekuláris rendszerekben és kristályrácsokban leíró táblázat és az elektron-ciklusok térbeli nyomon követésére szolgáló ábrázolások készültek.

A tézishoz kapcsolódó publikációk, megjelenések: [1] [2] [3] [6] [8] [9]

## 2. Napelemek és fotoszintézis analóg tanítása új típusú energia-diagrammal

**A napenergia-átalakító rendszerek energetikai vizsgálatára és analóg működési elvük szemléltetésére egy új típusú, általánosított energia-diagramot szerkesztettem.** Ez az ábrázolási mód azért bizonyult célravezetőnek, mert a félvezetők sávszerkezetének ismeretében, érthetőbbé teszi a fenti rendszerek működését, ugyanis azt az organikus napelem-cella elektron-ciklusára vezeti vissza. E mellett **az új típusú energia-diagram előnye és újdonsága az oktatásban az, hogy az 1. tézis elektron-ciklus tagolásához igazodva mutatja meg az energiaviszonyokat és ábrázolja az elnyelt foton(ok) energiájának felhasználását a rendszer egyes komponensein és azok között.** Az új típusú energia-diagramok lokalizálhatóvá teszik az egyes lépések energiaszintjeit, az energiaszintek megváltozását. Ezzel lehetőség nyílik az energia fogalmának elmélyítésére és modern fizikai alkalmazására. A diákok mérési alapján pedig lehetővé válik az energia-diagramokon a gerjesztett állapot(ok) energiaszintjének feltüntetése is.

Az energia-diagram az organikus napelem-cellák elektron-ciklusát, a hagyományos napelemcellák elektron-lyuk ciklusát, valamint a fotoszintézis fényszakaszának elektron-ciklusát sok szempontból analóg módon ábrázolja. Az ábrázolás kiemeli az organikus napelemek jelentőségét a fizikatanításban, ugyanis energia-diagramjával analóg módon energetikailag leírható a hagyományos napelem-cella és a fotoszintézis fényszakasz is. Ez utóbbinál figyelembe kell venni azt is, hogy a ciklikus működés fenntartásához két foton elnyelésére, valamint egy külső elektronpótló folyamatra, a fotolízisre is szükség van.

A tézishoz kapcsolódó publikációk, megjelenések: [1] [2] [3] [6] [8] [9]

### 3. Organikus színezékek fényelnyelő tulajdonságai

Az organikus napelem-cellák fényelnyelő tulajdonságainak jobb megértéséért végeztük el a cellák építéséhez használt fényelnyelő színezékek, azaz a málna-, az áfonya- és a mangó-kivonatok spektroszkópiai vizsgálatát. A diákok CD-s spektroszkópot készítettek, majd az organikus napelem-cellák színezékeinek fényelnyelő tulajdonságait vizsgálták. Ehhez felhasználták a spektro2012 szoftvert (Piláth Károly ingyenesen letölthető szoftvere, <http://pilath.fw.hu/lapok/efiz.php?LF=k23.htm>) és egy preparált web-kamerát. A mérési eredmények felhasználásával meghatározhatók az egyes színezékek fényelnyelési maximuma. A méréseket később kiegészítettük klorofill-kivonat vizsgálatával, a fotoszintézis fényszakaszának jobb megértése érdekében. Eredményeink kontrolljaként egy professzionális spektroszkóppal is meghatároztuk a maximális fényelnyelések hullámhosszait.

Eredmények azt mutatták, hogy a diákok készített spektroszkóppal kapott értékek jól használhatók a színezékek és a klorofill elnyelte fotonok hullámhosszának meghatározására, sőt a színezékek és a klorofill-molekula-szerkezetének jobb megértésére is. **Tanulókísérleti mérésekkel lehetővé vált az organikus napelem-cellák készítéséhez használt színezékek, valamint a klorofilok elnyelte fotonok hullámhosszainak meghatározása. Mérési eredményeinkre alapozva bevezettük a komplementer szín fogalmát, értelmeztük a gyümölcsök és a levelek színét. A diákok mérései alapján lehetővé vált a 2. tézis energia-diagramjain a gerjesztett állapot energiaszintjének feltüntetése is.** Elért eredményeink fizikatanítási szempontból illeszkednek a fénytani és a modern fizikai követelményrendszerhez.

A tézishez kapcsolódó publikációk, megjelenések: [2] [3] [6]

### 4. Napelem-cellák tesztelése áramkörben

Az organikus és a hagyományos napelem-cellák tesztelése, a cellák optimális áramerősségének és maximális teljesítményének meghatározása az emelt szintű Fizika érettségi 20. mérési feladatában leírtaknak megfelelően történt meg. A méréseket az érettségire készülve fakultációs órákon, valamint projekt-keretében is elvégeztük. A mérési adatokat is az ott leírtak szerint dolgoztuk fel. A vizsgálatokat a fényelnyelő pigmentek (málna, áfonya, mangó, szeder) és a fényforrások (izzó, LED, halogén, neon, higanygőzlámpa) típusa szerint is elvégeztük. A cellák maximális teljesítményét grafikus módszerrel és számítással is meghatároztuk.

Az organikus napelem-cellák mérési eredményeit összehasonlítva a hagyományos napelem-cellák mérési eredményeivel, a legmegbízhatóbb, a legjobban elemezhető és legstabilabb organikus napelem-cella a málnás napelem-cella. A málnás napelem-cella legalább olyan jól használható a napelem-cella optimális áramerősségének és maximális teljesítményének a meghatározására, mint a hagyományos napelem-cella. A fényforrásokat tekintve, a higanygőzlámpa esetén illeszkedtek a mért értékek leginkább az elméletileg meghatározható értékekre. **Kimutattam, hogy középiskolás diákcsoportok mérési eredményeik felhasználásával képesek kiválasztani a legstabilabb organikus napelem-cellát, össze tudják vetni a hagyományos napelem-cellák eredményeivel, valamint ki tudják választani az elméleti értékekhez leginkább illeszkedő fényforrást is.** A mérési eredmények alapján a higanygőzlámpával megvilágított málnás napelem-cellát javasoljuk áramkörbeli teszteléshez egyéni, fakultációs vagy projektmunkára.

A tézishez kapcsolódó publikációk, megjelenések: [1] [6]

## Inga és iránytű analóg leírása különböző erőterekben

A fizikatanításban kiemelt jelentőségűek az analógiák. Ennek illusztrálására itt egy a középiskolai fizikaismeretek didaktikus egymásra építésével kifejtett ingamozgás és iránytűmozgás közötti analógia szolgál. Analóg mennyiségek használatával egyre bonyolultabb erőterekben írható le a mágneses dipólus forgó mozgása, lehetővé téve a középiskolai tanórai és a szakköri alkalmazásokat (Budapest, Kölcsey Ferenc Gimnázium, 2017/ 18). Az eredeti cél egymásra épülő projektmunkák kidolgozása volt, amelyek végén a tanulók számítógépes modellezéssel az önálló kutatómunka rejtelmeibe bepillantást nyerhettek. Végül a diákok kreatív ötletei és önálló eredményei szervesen beépültek a téma kidolgozásába, létrehozva ezzel a jelenségkör első magyar nyelvű szakirodalmát.

### 5. Inga- iránytű analógiák

Homogén álló, homogén forgó és ezek összegeként előálló konzervatív terekben írtunk le inga- és iránytű-mozgásokat. **Kimutattam, hogy a követett analógia segítségével, középiskolai eszközökkel leírhatóvá válik a mágneses dipólus forgó mozgása.** A téma szakirodalma eddig felsőbb matematikai eszközökkel oldotta meg a dipólus mozgásának leírását (Bergé,P., Pomeau,Y., Vidal,C.: L'ordre dans le chaos, InterEditions Herman, 1984).

A homogén mágneses teret iskolai projekt keretében készült Helmholtz-tekerccsel állítottuk elő. A forgó és összetett rendszerek mozgásának követésére azonban J.M. Aguirrebeiria ingyenesen letölthető iterációs szoftverét a Dynamics Solvert használtuk. A homogén és forgó homogén terekben megvalósuló mozgások elemzésére a szög-szögsebesség fázissíkot használtuk, **Kimutattam, hogy a diákok megértését elősegíti, ha ezen jelenségek kapcsán bevezetjük a fázis-sík fogalmát, amelyen elemezhető az energia és a kialakuló mozgástípus összefüggése. A szög-szögsebesség fázissíkbeli ábrázolási módok és a forgó térhez rögzített koordináta-rendszernek köszönhetően a forgó homogén térbeli mozgások leírását visszavezettük álló homogén térbeli mozgások elemzésére.**

A fázis-sík fogalmának középiskolai bevezetése és a fentiekben ismertetett rendszer számítógépes elemzése előkészítette a további vizsgálatokhoz szükséges stroboszkopikus leképezés fogalmát. Az összetett térbeli mozgások szög-szögsebesség fázissíkbeli ábrázolása olyan bonyolult képet eredményezett, hogy egy új, a forgó tér periódusát kihasználó ábrázolási módra, a stroboszkopikus leképezésre is szükség volt. **A stroboszkopikus leképezést olyan mozgások keresésére alkalmaztuk, ahol vagy az álló homogén vagy a forgó homogén tér dominált. Kimutattam, hogy ezzel a módszerrel a diákok érdeklődése felkelthető a kvázi-periodikus mozgások vizsgálata iránt.** A témakör tudományos igényű feldolgozása eddig csak francia nyelven ismert (Croquette,V: Systemes Non Linéaires et Introductions au Chaos, ESPCI Signaux et Images, 2009), oktatási célú publikáció nem ismert.

A tézishez kapcsolódó publikációk, megjelenések: [4], [5], [7], [10]

## 6. Iránytű kaotikus mozgása

Az összetett mágneses térben csillapítás hatására létrejövő iránytű-mozgás kaotikussá válhat. A kaotikus mozgások megtalálásához olyan paraméterértékeket kellett keresni, amikor a determinisztikus káoszt jelző kaotikus attraktorok megjelennek a leképezéseken, A paraméterértékek változtatásával kapott leképezések látványos feldolgozására nyújt lehetőséget a diákok javasolta leképezés-videó elkészítése. A diákokkal való közös munka során felismertem, hogy **a szisztematikusan elkészített leképezések, mint filmkockák összefűzésével videó készíthető. E videó segítségével fel lehetett térképezni a kaotikus tartományok paraméter-értékeit, majd elemezni a kaotikus attraktorokat.**

A kaotikus attraktorok jellemzése, a káoszhoz vezető út elemzése és leírása a determinisztikus káosz kutatásának gyümölcsöző fejezetei, a kaotikus mozgások pedagógiai alkalmazásai nem előzmény nélküliek. Lásd Nagy Péter és Jaloveczki Józsej téziseit (2014 és 2015). Jóllehet a témakör feldolgozása túlmutat a középiskolás fizika tananyag keretein, az összetett mágneses térben csillapítás hatására létrejövő kaotikus attraktorok kontrollparamétereinek megtalálása mégis népszerű projektnek bizonyult a tanulók körében. A téma kidolgozása megfelelő előkészítés után igazi felfedezés tanár és diák számára egyaránt.

A tézishez kapcsolódó publikációk, megjelenések: [4], [5], [7], [10]

## 7. A fizikatanításban felhasználható digitális tartalmak fejlesztése

Valamennyien megtapasztaltuk, hogy ma már nem lehet ugyanúgy tanítani, mint ahogy azt tettük még akár néhány évvel ezelőtt is. Élni szerettem volna a „digitális forradalom” nyújtotta lehetőségekkel és olyan e-learning felületet kialakítani, amely a diákok és a pedagógusok számára is egyszerűen elérhető. Reményeim szerint a széles választékkal bíró feladat- és tevékenységek segítségével könnyebbé válhat a pedagógus számára a tanórai felkészülés, lehetőség nyílhat a differenciált osztálymunkára. Ezek a lehetőségek vezethetnek a személyre szabott fejlesztéshez és a fizika iránti érdeklődés felkeltéséhez is. Terveim szerint e digitális tartalmakat a diákok ismereteik elmélyítéséhez, tanulási stratégiáik bővítéséhez és szórakoztató időtöltésként egyaránt használhatják.

A digitális tartalmakat a fizika tantárgyi követelményrendszerbe illeszkedő, azt egyenletesen lefedő fejezetekbe szerveztem. Minden fejezet alapja egy bevezető szöveg. E köré szerveződtek az egyéni- és csoportos tevékenységek, azaz a komplex projektfeladatok, az órai aktivitások, a mérések, a videók, az animációk, az ellenőrző tesztek, a szövegekhez kapcsolódó jegyzetek és a különböző típusú számítógépes feladatok. Ugyanakkor a fejezetek tudáselemei egymáshoz is kapcsolódtak. **A fizikatanítási szempontból egyedi e-learning felületen, fizika tantárgyi tartalmak, szövegértés alapú tudáselemek, egyéni, csoportos, otthoni és tanórai feldolgozásra is ajánlható tevékenységek születtek, Kimutattam, hogy ezekből a több síkú fizikatörténeti olvasmányokból, komplex projekt-feladatokból, párbeszédet feldolgozó képregényből, animációkból, mérésekből a mai terminológiával élve nyíltvégű problémák hozhatók létre. Feldolgozásuk a tanári és a tanulói igényeket egyaránt követheti.** Kipróbálásukra a miskolci Hermann Ottó Gimnáziumban a 2014/15 tanévtől került sor, melyet a Suliklub alkotói közösség szervezett meg.

A tézishez kapcsolódó publikációk, megjelenések: [11] [12] [13]

## Összefoglalás, tervek

Diákjaimmal megépítettem az organikus napelem-cellákat, az ideális színezéket és fényforrást kiválasztottam, A cellákat áramkörben teszteltük, az optimális áramerősség értékét, a cellák élettartamát, azok stabilitását mindenképpen növelni szeretnénk. A napelem-cellák relatíve egyszerű működése és hasonlósága a hagyományos (p-n-átmenetes) napelem-cellák működésével, valamint a fotoszintézis fényszakaszával magával hordozza az interdiszciplináris alkalmazási lehetőségeket. A fenti rendszerek analóg leírása jelenti az organikus napelem-cellák pedagógiai alkalmazásának legígéretesebb ágát. A jövőben az organikus napelemek titán-dioxid bevonatának jobb rögzítésére, valamint a gyorsan párologó elektrolit napelem-cellában tartására szeretnénk koncentrálni azért, hogy nagyságrendileg nagyobb feszültség és áramerősség értékeket mérhessünk. Célunk még az organikus napelemcellák működési elvét követő perovszkit napelem-cellák tanulmányozása diákköri projekt keretében.

Az organikus színezékek spektroszkópiai vizsgálata önálló projektként is megállta a helyét. Az eredeti célt, a gyümölcs-oldatok színeképeinek tanulmányozását CD-s spektroszkóppal kiegészítettük a gyümölcsök színének értelmezésével. Az önálló projekteket 8. 10. és 11. osztályos tanulókkal valósítottuk meg a budapesti Kölcsey Ferenc és Berzsényi Dániel Gimnáziumokban, 2017-ben és 2018-ban.

Az iránytű mozgásának leírása mind a homogén, mind a forgó, mind az összetett mágneses térben több, pedagógiai szempontból érdekes alkalmazást tett lehetővé. Egyrészt középiskolai fogalmakkal megalapozható vált az inga-iránytű analógia, másrészt Helmholtz-tekercs megépítésével és a bennük folyó áram erősségének változtatásával megfigyelhetővé válik a homogén mágneses térben mozgó iránytű esete. Az iránytű súrlódásmentes mozgásának leírása jó alkalmat nyújtott forgó koordináta-rendszer használatára is. Az összetett mágneses tér alkalmazása a stroboszkopikus leképezés bevezetésére adott alkalmat, amelyen a véletlenszerű iránytűmozgás feltételeinek megkeresése izgalmas szakköri téma. A determinisztikus káosz, a kaotikus attraktor és a fraktálok vizsgálata igen kedvelt terület nemcsak a fizikát kedvelők körében. Emiatt a kaotikus attraktorok jellemzése, a káoszhoz vezető út elemzése, projektmunka keretében népszerű kutatómunka. Távlati célként a mozgás megvalósítása és nagyfelbontású kamerával való vizsgálata lebeg szemünk előtt.

A közoktatási tartalomfejlesztésként megvalósuló e-learning felület elkészült, kipróbálására a miskolci Hermann Ottó Gimnáziumban került sor. Pozitív visszajelzéseket kaptunk, mutatva, hogy az ilyen jellegű tevékenységekre, fejlesztésekre a közoktatásban van igény. Ugyanakkor a leadott interaktív feladatok megvalósítása nagymértékben függ a digitális háttérbázistól (kép, video, animáció). Ez felveti egy jövőbeli fizikatanítás-specifikus adatbázis létrehozását, a legsikeresebb tevékenységi formák rögzítésével.



## Publikációk

### Referált közlemények (Peer reviewed articles)

- [1] Csernovszky, Z, Horváth, Á: Raspberry solar cell, a versatile tool in teaching physics, *Int. Conf. Teaching Physics Innovatively* ed T Tél and A Király (Budapest: Graduate Sch. for Physics, Eötvös Univ., 2015) pp 149–154 <http://csodafizika.hu/fiztan/letolt/konfkotet2015.pdf>
- [2] Z. Csernovszky, Á. Horváth: Video abstract (Organic solar cells and physics education), *European Journal of Physics* 39, 045804 (16pp), (2018) <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6404/aab5d1/pdf>
- [3] Z. Csernovszky, Á. Horváth: Organic solar cells and physics education, *European Journal of Physics* 39, 045804 (16pp), [http://csodafizika.hu/fiztan/english/student/cserno\\_solar\\_2018.pdf](http://csodafizika.hu/fiztan/english/student/cserno_solar_2018.pdf)
- [4] Csernovszky Zoltán: Iránytű kaotikus rezgésétől kaotikus mozgásáig Fizikai Szemle, LXVII. ÉVFOLYAM, 6. (750.) SZÁM 2017. JÚNIUS [http://www.epa.oszk.hu/00300/00342/00318/pdf/EPA00342\\_fizikai\\_szemle\\_2017\\_06\\_198-204.pdf](http://www.epa.oszk.hu/00300/00342/00318/pdf/EPA00342_fizikai_szemle_2017_06_198-204.pdf)
- [5] Csernovszky, Z: From harmonic oscillation to chaotic motion of a Compass, 2019 J. Phys.: Conf. Ser. 1223 012004, IOP, Open Acces <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1223/1/012004>

### Konferenciák bemutatók (Conference presentations)

- [6] Csernovszky, Z Organikus napelemek, a fizikatanítás sokoldalú eszközei (Organic solar cells, versatile tools in teaching physics, Országos fizikatanári Ankét, Gödöllő, 2017 [http://prezi.com/yqo13xu6j4qq/?utm\\_campaign=share&utm\\_medium=copy&rc=ex0share](http://prezi.com/yqo13xu6j4qq/?utm_campaign=share&utm_medium=copy&rc=ex0share)
- [7] Csernovszky, Z Erdélyi Fizikatanári Ankét, Sztána, 2017, Az iránytű harmonikus rezgésétől kaotikus mozgásáig <http://www.empirx.ro/activities/erdelyifizikatanarianket2017>
- [8] Csernovszky, Z, Horváth, Á: Raspberry solar cell, a versatile tool in teaching physics, *Conf. Teaching Physics Innovatively* (Budapest: Graduate Sch. for Physics, Eötvös Univ., 2015)
- [9] Csernovszky Z, Solar energy converters in teaching physics, *Conf. Multimedia in Physics Teaching and Learning* (Munich, Ludwig Maximilian Univ., 2015)
- [10] Csernovszky, Z: From harmonic oscillation to chaotic motion of a Compass, (21st International Conference Multimedia in Physics Teaching and Learning (MPTL 2017), The Open University, Milton Keynes, UK

### Tananyagok, (Curricula)

- [11] Afrodita M, Balázs K, Birloni Sz, Csernovszky Z, Demeter É, Farkas B, Kis Sz, Kormos E, Nemes Nagy E, SULIKLUB, e-learning digitális tartalmak: <http://elearning.suliklub.hu/materia/index.php?func=simplesearch>
- [12] Csernovszky Z, SULIKLUB, Fizika tartalmak pdf-formátumban: [https://drive.google.com/open?id=1Tc7ujiKsuDIRUWkRrFzSDf7nD\\_YP84PO](https://drive.google.com/open?id=1Tc7ujiKsuDIRUWkRrFzSDf7nD_YP84PO)
- [13] Afrodita M, Balázs K, Birloni Sz, Csernovszky Z, Demeter É, Farkas B, Kis Sz, Kormos E, Nemes Nagy E, Szövegértési képességek fejlesztése tantárgyi tartalmakon a gimnáziumok 9–12. évfolyamán, *Tankönyv*, (IN-00001 <http://www.kormany.hu/download/0/8c/51000/tank%C3%B6nyvjegyz%C3%A9k2018.pdf>