

3. félévi beszámoló

Pesthy Sándor Gergely (pesthy.sandor@gmail.com)

Fizika Tanítása PhD program

Témavezető: Dr. Hömöstrei Mihály

A dolgozat címe: Motiváció és fizikai törvények elfogadtatása

Az aktuális félévben elvégzett kutatások

Előző évi projektek kiértékelése

Az előző évben több pilot projektet is levezettem kb. 150 diák részvételével, ezek kiértékelése zajlott ebben a félévben.

Publikációk és előkészítésük

Elsőként az attitűd mérésre használt kérdőív alapján egy helyzetkép felrajzolására szolgáló kutatás pilot projektjét publikáltuk (Fizikai Szemle).

Emellett társszerzőként Miltner Tímeával az ELTE Művészetpedagógia Konferencia kötetében esedékes egy munka megjelenése.

Előkészületben az Arduino-val szervezett három éves német csereprojekt-sorozatot és annak elemzését bemutató cikk, valamint az előző évi tantárgyi koncentrációt alkalmazó valamint a dinamika rakétatudományon keresztüli bevezetését célzó projektek pre-post tudás és attitűdtesztelését tartalmazó cikkek vannak.

Új projektek megvalósítása

Az előző félévben előkészített rakétatudomány tábor pilot projektje a nyáron megvalósult. A tapasztalatok alapján fejlesztett – és immár nagyobb létszámú, azaz statisztikai elemzésre alkalmas adatokat szolgáltató – projekt előkészítése folyamatban van.

Az attitűd-mérésre használt kérdőív tapasztalat alapú továbbfejlesztése megtörtént, a második félévre egy nagymintás mérés előkészítése folyamatban van.

Tanulmányi tevékenység az aktuális félévben

Részt vettem a Fizika Doktori Iskola oktatási napjain, részt vettem a szakmai napon.

Konferenciák az aktuális félévben

Fizikus Vándorgyűlés

.Előadóként vettem részt a 2022 nyarán megszervezett Fizikus Vándorgyűlésen a „Természettudományos oktatás útkeresése” szekcióban. Az előadás címe: Pilot projekt a fizikatanítás helyzetfelméréséhez

Az előadás anyagából született a már megjelent Fizikai Szemle cikk is.

Oktatási tevékenység az aktuális félévben

Mindkét szakomat (fizika heti 10, kémia heti 4 óra) tanítottam a Radnóti Gimnáziumban.

Az év elején itt is elindítottam el a „Fizikás Teázás” szakkört, melyre épül az iskolai tudományos közösség alapításának második projektje. A szegeden megkezdett pilot projektet továbbra is folytatom (kétheti rendszerességgel).

Az egyetemen Révész Ádám emelt szintű mechanika gyakorlatának beadandóit és zárthelyi dolgozatait javítottam. Emellett ZH felügyelettel is megbíztak, ám ezt a gázarak emelkedése megakadályozta.

Olvasmánylista

Az alábbi olvasmánylista az előző féléves lista kiegészített változata.

Kutatás módszertan, tanítás módszertan

Projektek besorolása 21. századi kompetenciák mentén [1]

A testületi szerző által szerkesztett kiadványban egy felmérés eredményeit olvashatjuk, mely során meghatározásra kerültek bizonyos a 21. században fontos munkavállalói kompetenciák, valamint egy kritériumrendszer, mellyel bármilyen oktatási projekt esetén meghatározható, hogy mennyire fejlesztheti az adott projekt az egyes kulcsfontosságú munkavállalói kompetenciákat.

Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research? [2]

A cikk áttekintést ad a DBR alapjairól, működéséről, és példákat mutat – a legtöbbször idézett cikkek alapján.

Design-Based Research and Technology-Enhanced Learning Environments [3]

Szintén egy áttekintő cikk a DBR-ről.

A cikk alapján a DBR fő jellemzői: pragmatikus; megalapozott; interaktív, iteratív és flexibilis; integratív; kontextust figyelembe vevő.

Fogalmi váltások

Diagnoser.com

A honlap egy tág gyűjteményét tartalmazza az egyes témakörökhöz tartozó lehetséges gyermeki elméleteknek, és kérdés-sorokat is ajánl ezek felméréséhez.

12 feladatsor megoldásokkal és megjegyzésekkel [3]

A gyűjteményben az elmúlt 12 év fizika kritériumdolgozatainak feladatait találjuk meg. A feladatok jelentős hányada a hallgatók tévképzeteit méri fel, így hasznos számomra is a gyermeki elméletek felméréséhez.

Egyetemi hallgatók tévképzetei a munka és energia témakörében [4]

Gang Liu és Ning Fang az Utahi Állami Egyetemen vizsgálták a hallgatók tévképzeteit a munka, energia témakörben, mert sok hallgatónak voltak komolyabb problémái e két fogalom megértésével, használatával.

A tanulmány a tévképzetet így definiálja: Maguknak a fogalmaknak helytelen comprehension és megértése, valamint a fogalmak helytelen alkalmazása bizonyos helyzetekben.

A tanulmány szerint vannak olyan tévképzetek, melyek felülírása a hallgató koncepciója és a valós megértés közti különbség pontos magyarázatával elérhető, azonban vannak olyan tévképzetek, melyek olyan robosztusak, hogy csak nagyon erős „bizonyítékkal” felülírhatók.

A tanulmány kutatási kérdése: Melyek a leggyakoribb hallgatói tévképzetek a munka, energia témakörben?

A kutatási kérdés megválaszolásához a szerzők nagyjából 50 szaklap cikket elemeztek.

A tanulmány 23 féle tévképzetet nevez meg, mely előfordul a hallgatók körében és melyeket két fő kategóriába – energiával kapcsolatos, munkával kapcsolatos soroltak.

A két kategória további alkategóriákra került felbontásra:

- Energiával kapcsolatos
 - Energia vs Erő
 - Energia-transzformáció
 - Energiamegmaradás
 - Kinetikus energia
 - Potenciális energia
- Munkával kapcsolatos
 - Munka vs erő
 - Munka vs. elmozdulás

Néhány esetben a tévképzetek lehetséges okai is felderítették.

- A gravitációs erő munkája mindig negatív
 - A hallgatók 27%-a szerint így van, mert az elmozdulás az y tengely negatív irányába mutat. Nem gondolják át, hogy ez pont azt jelenti, hogy az erő és az elmozdulás egyirányú.
 - Ugyanez a tanulmány mutatja azt be, hogy a hallgatók nem értik teljesen a kapcsolatot a munka és az energiaváltozás között.
 - Egy lehetséges magyarázat: A hallgatók a munkát vektorként kezelik, így ha ennek iránya a tengely negatív irányába mutat, akkor a munka is negatív.
- A súrlódási erő munkája mindig negatív
 - Ez a tanulmány szerint talán a legkeményebb tévképzet. A legtöbben azt gondolják, hogy a súrlódási erő iránya mindig ellentétes a mozgás irányával.
 - Ezt okozhatja a részleges, vagy félkész magyarázat: Ha csak azt az esetet nézzük meg, amikor a súrlódást okozó tényező a test csúszása, és azt nem, mikor a mozgást a súrlódási erő hozza létre. (Ez utóbbi esetben lesz + a súrlódási erő munkája.)
- A rugóerő munkája mindig negatív
 - Relatív kevés hallgató hiszi el, hogy a rugóerő ellentétes irányba mutat az elmozdulással, amikor a rugót összenyomják vagy széthúzzák. Emellett a hallgatók negligálják azt az esetet, mikor a rugó elengedésre kerül egy az egyensúlyi hosszától különböző pozícióban, amikor viszont tényleg egyirányú az erő és az elmozdulás.

- A tévképzet a tanulmány szerint tanulói kísérletekkel javítható.
- A rugó potenciális energiája függ a rugó hosszától
 - Ez a tévképzet egy félreértésből származik. A hallgatók a dx -et gyakran keverik a rugó hosszával. (Itt egy konkrét tankönyvre hivatkozik.)
- Az energia elveszik, vagy megsemmisül az egyik típusból másikba való transzformáció során
 - Általában visszavezethető arra, hogy nem jól értette meg a hallgató az energia fogalmat. (Illetve ír valamit arról, hogy keverik a lendülettel.)
- Energiamegmaradás vs Impulzusmegmaradás (vagy impulzusmomentum?)
 - Még a legjobb hallgatók sem tudják megmagyarázni sokszor a különbséget a kettő között, illetve nem tudják eldönteni, hogy melyik alkalmazható az adott szituációban.

Probléma lehet: Ha a tankönyv nem emeli ki a különbséget két hasonló fogalom között.

Egyetemi hallgatók tévképzetei az erő és gyorsulás tekintetében [4]

A cikk az előzőhöz hasonló módon vizsgálja egyetemi hallgatók tévképzeit – csak ebben az esetben az erő és a gyorsulás vonatkozásában.

Egy gyűjtemény lehetséges gyermeki elméletekből [1]

A weblap egy tág gyűjteményt tartalmaz a diákok lehetséges tévképzeiről az egyes témakörökben.

Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht [10]

A könyv részletesen tárgyalja az egyes témakörök esetén felmerülő gyermeki elméleteket, és a legtöbb esetben javaslatot tesz a témakör feldolgozására is.

(Ezt nem tudtam még végig olvasni, mert lassan érkezik meg. – Továbbra sem érkezett meg.)

Arduino

Robotika és űrkutatás a középiskolában [11]

Az igen gondosan megtervezett, és kivitelezett projektre Pető Mária vezetésével a sepsiszentgyörgyi Székely Mikó Kollégiumban került sor. Ez a program alapvetően tehetséggondozó jellegű, a fizika szakkör mellett működő „Tudós Klub” keretein belül megy végbe. A szervezési keret igen változatos, a hagyományos szakköri foglalkozás mellett megjelenik a tudományos előadás, a vitaest, és a nyílt műhelymunka is. A feladatok feldolgozása havi két alkalom során, két-három órában történik, egy mentordiák segítségével, kis csoportokban.

A projektben az Arduino vezérlés csak alkalmasszerűen, más hasonló rendszerek használata mellett jelenik meg, de ennek alkalmazásával is sikeres projekteket mutat be, mint a nyomkövető, a tűzoltó, valamint az egyéni munkában született életmentő robot. A legkomplexebb feladat, melynek megoldását szintén az Arduino segítségével oldották meg, a CanSat versenyére készült „szatellit” modell, mely 1 km-es magasságba feljuttatva mérte a magasság függvényében a hőmérséklet nyomás a légszennyezettség és a páratartalom változását.

A tapasztalatok szerint a bonyolult problémák ellenére – vagy talán épp ezért – a diákok lelkesen vesznek részt a „Tudós Klub” munkájában, és a romániai, valamint a nemzetközi versenyeken.

Ez a projekt jellegében különbözik a mi általunk folytatott kutatómunkától, hiszen első sorban tehetséggondozás a célja. E mellett nagyon inspiráló és felszabadító a gondolat, hogy a diákok megfelelő körülmények között nagy teljesítmények elérésére is képesek.

Arduino alapú nyári tábor

(D. J. E. Post, „An Arduino-Based Summer Camp Experience for High School Students,” in ASEE’s 123rd Annual Conference & Exposition, New Orleans, LA, 2016.) [12]

A prescott-i Embry-Riddle Aeronautical University tudomány népszerűsítő céllal középiskolás diákoknak egy Arduino alapon nyugvó elektronikai készlet felhasználásával ötnapos tábort hoztak létre.

A tábor során a SIK (Sparkfun Inventor’s Kit) [12] készletet, és a hozzá kapható kísérletleírásokat használták fel. A tábor tematikája és időbeosztása igencsak telített, a diákok délelőtt és az ebéd utáni időszakban is az Arduinoval dolgoznak többségében. E mellett esténként közösségi programok és előadások is várják őket.

A projekt során két féle teszttel is mérték a diákok elégedettségét, és a program céljainak teljesülését. Ezt a későbbiekben lefordítás után szinte változatlanul tervezzük alkalmazni a jelenlegi és későbbi programjainkban.

Projekt alapú fizikalaborok olcsó, nyílt forráskódú hardver alkalmazásával

F. Bouquet, J. Bobroff, M. Fuchs-Gallezot és L. Maurines, „Project-based physics labs using low-cost open-source hardware,” American Journal of Physics, 2016. [13]

A projekt során egyetemi laborok tematikájának és módszertanának megújítását tette lehetővé az Arduino. A tanulmány kiemeli a rendszer előnyei között annak alacsony árát, és azt a tényt, hogy bár nem laboratóriumi pontossággal, de sokféle fizikai mennyiség mérésére alkalmas. A gyakorlatok során a hallgatók először megismerkedtek az Arduino kezelésével, majd párokban, egy közös brainstorming eredményeként létrejövő listából fizikai jelenséget választottak, melyhez mérőeszközt terveztek. A kutatás eredményei alapján a projekt igen sikeresnek mondható a hallgatók körében.

Kvantummechanika

A kvantummechanika alapfogalmainak elfogadtatása

F. Károlyházy, „A kvantummechanika alapfogalmainak elfogadtatása,” Fizikai Szemle, %1. kötetXXIV., %1. szám8., p. 243, 1974.

A kvantummechanika alapjainak egy elegáns bevezetési lehetőségét tartalmazza a cikk, mely az egyszerűsítések mellett is túl komplex lehet az általános tantervű osztályokban, de kiindulási alpnak, ötletadónak vagy akár szakköri tematikának is megfelelő lehet.

Alapvető koncepciók a kvantummechanikában

G. Ghirardi, R. Grassi és M. Michélini, A Fundamental Concept in Quantum Theory: The Superposition Principle, in Thinking Physics for Teaching, Aster: Plenum Publishing Corporation, 1979.

A cikk egy másik bevezetési módját mutatja be a kvantummechanika alapjainak a fénypolarizáció jelenségén keresztül.

Kvantummechanika a középiskolában – olasz módszer a magyar oktatásban szakkörön

K. Tóth, Kvantummechanika középiskolában, Budapest: ELTE, 2020.

Tóth Kristóf TDK dolgozata tartalmazza a fenti módszer fordítását, és Magyarországi alkalmazásának pre-post tesztelt oktatási kísérletét mutatja be.

Néhány gondolat az atomfizika középiskolai tanításához

A cikk áttekintést ad arról, hogy a NAT milyen tartalmakat vár el a kvantummechanika tanításában. Ez után egy lehetséges tárgyalást mutat be – mely szerintem meghaladja az átlagos diák szintjét.

További, tervezett olvasmányok

- http://csodafizika.hu/fiztan/kozkinccs/doktorik/ertekezések/olah_eva.pdf
- Schramek Anikó disszertációja
- Schramek Anikó, Oláh Éva Mária, Telek Zsigmond, Péter Kristóf, Research-based teaching at Wigner Research Centre for Physics, Canadian Journal of Physics, 2020, 98(6): 588-592,
- Finta Zsanett, Jenei Péter, Schramek Anikó (2019), The subject of waves in a new approach introductory steps of a Design Based Research (DBR), GIREP-ICPE-EPEC-MPTL 2019 International Conference, Budapest
- GIREP 2019 előadás, Schramek Anikó, Oláh Éva Mária, Research-based teaching at Wigner Research Centre for Physics, 2019. július 02.
- GIREP 2019 poszter Finta Zsanett, Jenei Péter, Schramek Anikó, The subject of waves in a new approach introductory steps of a Design Based Research
- Juhász A: A modern fizika tanításának feladatai és nehézségei
- Athens Journal of Education - Volume 7, Issue 3, July 2020 – Pages 313-330
<https://doi.org/10.30958/aje.7-3-5> doi=10.30958/aje.7-3-5 On Teaching Quantum Physics at High School By Enzo Bonacci □
- Introducing Quantum Mechanics in High Schools: A Proposal Based on Heisenberg's Umdeutung †

Tantárgyi koncentráció

Szakmány Csaba doktori disszertáció

A disszertáció hatodik tézisében foglalkozik a tantárgyak közötti kapcsolatok lehetséges felhasználásaival. Első sorban a komplex természettudományos szemlélet fejlesztésére használja – azaz a természettudományok közötti tantárgyi koncentrációs lehetőségeket veszi górcső alá.

Gyűjtemény a fizika interdiszciplináris szemléletű tanításához [14]

A gyűjtemény sok hasznos ötletet tartalmaz a fizika és biológia közti kapcsolódási pontok kihasználásához. Nagy előnye, hogy a mellett, hogy a megfogalmazások olvasmányosak, és gyakorlati felhasználásokhoz kötődnek, a fizikai háttér is jól kidolgozott.

A fizika, matematika és művészet találkozása az oktatásban, kutatásban [15]

A Marosvásárhelyen megrendezett konferencia közlönye több olyan tanulmányt tartalmaz, mely hasznosítható az én kutatási témámban.

Ezek: Bepillantás a művészetbe röntgensugarakkal (Biróné Kabály Enikő)

Művészet és fizika – fizika és művészet, néhány gondolat a kettő kapcsolatáról (Dvoráček Ágoston)

Az érdeklődés felkeltése a fizika oktatásában a művészetek segítségével (Szatmáry-Bajkó Ildikó)

Fizikatanítás zenével – kicsiknek és nagyoknak (Molnár Milán, Papp Katalin)

Más témaköreimhez még értékes anyagok:

Építsünk űrszondát! – Fizikatanítás érdekesen (Hudoba György)

Toward Meaningful Interdisciplinary Education: High School Teachers' Views of Mathematics and Science Integration: Meaningful Interdisciplinary Education [16]

A folyóiratcikk lényegi része egy kvalitatív vizsgálat eredményeit tartalmazza a matematika és a természettudományos tárgyak integrációjával kapcsolatban. Számomra azonban értékesebb az általa használt keretrendszer a tantárgyi kapcsolatok kihasználásának rendszerezésére.

A fizika-irodalom tantárgyi kapcsolatok vizsgálatához elolvasott munkák

- Dürrenmatt: Fizikusok
- Edgar Allan Poe: A kút és az inga
- Jókai Mór: Fekete gyémántok
- Hemingway: Egynapi várakozás
- Jules Verne: Némó kapitány

Iskolai tudományos közösség alapítása

Connecting School and Community with Science Learning: Real World Problems and School - Community Partnerships as Contextual Scaffolds [14]

A folyóiratcikk egy esettanulmányt mutat be, melyben ötödikes diákok által felvetett problémaként egy folyó szennyezettségének vizsgálatával foglalkoztak a projektmódszer keretei között, és kihasználva az iskolai közösséggel való kapcsolatot. A cikk kulcsszavai: community-based knowledge, connected science, real world problems

Maga a projekt egészen hasonlít a Fizika tanítása I.-ben található „patak projekt”-re.

Practical independent research projects in science: a synthesis and evaluation of the evidence of impact on high school students [15]

A cikk egy átfogó, 39 folyóiratcikket felölelő tanulmány, mely az én ötletemhez hasonlóan tekinthető, független kezdeményezésekkel foglalkozik. fontos tanulság, hogy az elemzett cikkek nagy többsége az USA vagy az UK területén született, Közép-Európából nem volt ilyen jellegű publikáció.

A cikk elemzi a projekteket, megállapítja a karakterisztikus tulajdonságait, és átfogóan kijelenti, hogy pozitív hatást gyakorolnak a diákok attitűdjére a természettudományokkal kapcsolatban. Megjegyzi azt is, hogy sok esetben az a cél, hogy azzal, hogy a diákok kipróbálják a kutatói létet, motiváltabbak legyenek az ezzel való további tanulmányokra.

Rocket physics [16]

A cikk ötletként, és megvalósított pilot projektként mutatja be a rakétaépítés, mint diáktevékenység a mechanika témakörében. Alapkutatásnak tekinthető, mert a hatásokat nem vizsgálja, csak a módszert mutatja be.

Jó ötletek találhatók a cikkben a rakéta felépítése kapcsán, valamint a tesztelésre alkalmas kísérletekhez.

STEM High School Communities: Common and Differing Features

A cikk interjúk és megfigyelések segítségével vizsgálja az amerikai STEM fókuszú iskolákban a diákok és tanárok élményeit és perspektíváját.

Az iskolai tudományos közösség-koncepció megalkotásában az ilyen típusú iskolák tipizálására használt keretrendszer (iskola az iskolában, „magányos”, bentlakásos, egyetemre alapuló, lehet igazán hasznos, valamint az egyes típusok leírásai.

Pszichológia Pedagógusoknak

A rendszer alapjainak kialakításához szükségesnek tartottam a pszichológiai nézőpont megjelenését. A fejlődéslélektani alapok áttekintésével szerintem biztosabb alapokra helyezhető a közösség kialakítása.

A fizikatanítás helyzete

A fizika tantárgy helyzete és fejlesztési feladatai [18]

A tanulmány átfogó képet ad a 2002-es állapotokról. Olvasása közben egyetlen kérdés merült fel bennem: ha ezt akkor is tudtuk, miért nem csináltunk érdemben semmit az elmúlt 20 évben?

A tantárgyi szorongás kérdőív bemutatása

A tantárgyi szorongás kérdőív egy olyan mérőeszköz, mely kipróbált, jól használható a gyerekek egy tantárggyal kapcsolatos általános és specifikus szorongásainak felmérésére.

További olvasmányok:

http://www.edu.u-szeged.hu/~csapo/publ/Termesztudomany_tartalmi_keretek.pdf
<http://edia.hu/demo/2/>
http://www.gff-bekescsaba.hu/files/files/bekescsaba/kiadvanyok/pers_2011_kulonszam.pdf#page=24
http://publikacio.uni-eszterhazy.hu/1614/1/609-617_Vido.pdf
http://publikacio.uni-eszterhazy.hu/1242/1/71-84_Patko.pdf
<http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz0901/Atermesztudomanyos.pdf>
<https://dspace.kmf.uz.ua/jspui/handle/123456789/1396>
<http://fizikaiszemle.hu/old/archivum/fsz0305/radnoti0305.html>
https://www.strategiaifuzetek.hu/files/505/50_2010-12010_1.pdf
http://titan.physx.u-szeged.hu/modszertan/oktatas/szakdolgozatok/11Szkd_Fiz_BaloghBianka.pdf
<http://real.mtak.hu/34894/1/01.pdf>
http://real-eod.mtak.hu/4655/1/Tanulmanyok_1997_09_Vamos_Nok_megjelenese_a_termesztudomanyok.pdf
http://fizikaiszemle.hu/uploads/2020/08/fizszem-20200708-radnotikatalin_10_12_47_1598861567.515.pdf

file:///D:/OneDrive%20-%20elte.hu/Egyetem/Doktori/Forr%C3%A1sok/A%20fizika%20meg%C3%ADt%C3%A9%C3%A9se/historica_062_061-076.pdf

file:///D:/OneDrive%20-%20elte.hu/Egyetem/Doktori/Forr%C3%A1sok/A%20fizika%20meg%C3%ADt%C3%A9%C3%A9se/iskolakultura_1993_024_062-064.pdf

Hivatkozások

- [1] ITL Research, „ITL Research - 21cld Learning Activity Rubrics,” 2012. [Online]. Available: <https://fcl.eun.org/documents/10180/14691/5.3x+-+21cld+learning+activity+rubrics+2012.pdf/e240da11-07c2-4633-a86e-06c12f00d8ad?version=1.0>. [Hozzáférés dátuma: 16. 11. 2020.].

- [2] T. Andeson és J. Shattuck, „Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research?,” *Educational Researcher*, %1. kötet41, %1. szám1, pp. 16-25, 2012.
- [3] F. Wang és M. J. Hannafin, „Design-Based Research and Technology-Enhanced Learning Environments,” *Educational Technolgy, Research and Development*, %1. kötet53, %1. szám4, pp. 5-23, 2005.
- [4] K. Dr. Radnóti, 12 feladatsor megoldásokkal és megjegyzésekkel, Budapest: ELTE, 2018.
- [5] L. Gang és F. Ning, „Student Misconceptions of Work and Energy in Engineering Dynamics,” in *2017 ASEE Gulf-Southwest Section Annual Conference*, Texas, 2017.
- [6] L. Gang és F. Ning, „Student Misconceptions about Force and Acceleration in Physics and Engineering Mechanics Education,” *International Journal of Engineering Education*, %1. szám32, pp. 19-29, 2016.
- [7] American Institute of Physics, „Children's Misconceptions about Science,” 1998. [Online]. Available: <http://www.eskimo.com/~billb/miscon/opphys.html>.
- [8] W. Thomas, S. Horst és H. Martin, *Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht*, Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum, 2021.
- [9] M. Petó, „Robotika és űrkutatás a középiskolában – Jó gyakorlatok az erdélyi református líceumok tehetséggondozásában,” in *Tehetséggondozási Konferencia*, Debrecen, 2017..
- [10] D. J. E., „An Arduino-Based Summer Camp Experience for High School Students,” in *ASEE's 123rd Annual Conference & Exposition*, New Orleans, LA, 2016.
- [11] F. Bouquet, J. Bobroff, M. Fuchs-Gallezot és L. Maurines, „Project-based physics labs using low-cost open-source hardware,” *American Journal of Physics*, 2016.
- [12] Z. Dr. Rajkovic, *Gyűjtemény a fizika interdiszciplináris szemléletű tanításához*, Budapest: ELTE Anyagfizikai Tanszék, 2015.
- [13] „A fizika, matematika és művészet találkozása az oktatásban, kutatásban,” in *A fizika, matematika és művészet találkozása az oktatásban, kutatásban konferencia*, Marosvásárhely, 2012.
- [14] A. E. Weinberg és L. B. S. McMeeking, „Toward Meaningful Interdisciplinary Education: High School Teachers' Views of Mathematics and Science Integration,” *School Science and Mathematics*, %1. kötet117, %1. szám5, p. 204, 2017.
- [15] L. M. Bouillion és L. M. Gomez, „Connecting School and Community with Science Learning: Real World Problemsand School-Community Partnerships as Contextual Scaffolds,” *JOURNAL OF RESEARCH IN SCIENCE TEACHING*, %1. kötet38, %1. szám8, pp. 878-898, 2001.

- [16] J. Bennett, L. Dunlop, K. J. Knox, M. J. Reiss és R. T. Jenkins, „Practical independent research projects in science: a synthesis and evaluation of the evidence of impact on high school students,” *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENCE EDUCATION*, %1. kötetVOL. 40, %1. szám14, p. 1755, 2018.
- [17] S. A. Widmark, „Rocket physics,” *The Physics Teacher*, %1. kötet36, %1. szám148, 1998.
- [18] K. Radnóti, „A fizika tantárgy helyzete és fejlesztési feladatai,” *Új Pedagógiai Szemle*, %1. kötet2002, %1. szám5, 2002.
- [19] I. Kuczmann,
<https://edit.elte.hu/xmlui/static/pdfjs/web/viewer.html?file=https://edit.elte.hu/xmlui/bitstream/handle/10831/46508/Disszert%c3%a1ci%c3%b3Kuczmann.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, 2018.