

ELTE TTK Fizika Doktori Iskola

**Komplex fizikai és műszaki alkotások felhasználása a középiskolai
fizika oktatásában**

PhD értekezés tézisei

Komáromi Annamária



ELTE TTK Fizika Doktori Iskola

Vezető: Dr. Tél Tamás egyetemi tanár

Fizika Tanítása Doktori Program

Vezető: Dr. Tél Tamás egyetemi tanár

Témavezető:

Dr Jánosi Imre DSc

Budapest, 2018.

Bevezetés

A huszonegyedik század elejére Magyarországon és a világ más országaiban is csökkent a műszaki pályák, illetve a fizika iránti érdeklődés annak ellenére, hogy a fizika jó néhány területén, gondolok itt például az anyag-szerkezettanra, részecskefizikára, kozmológiára, de akár az űrkutatásra is, nap, mint nap érkeznek a különböző kutatások lenyűgözőbbnél lenyűgözőbb eredményei. Ezeknek az eredményeknek egy jó része bizonyos mértékben eljut az interneten keresztül a fizikával egyébként nem foglalkozók felé is. Így nem ritka, hogy olyan kérdéseket tesznek fel egy fizikatanárnak, vagy műszaki szakembernek, melyeknek megválaszolása nem is olyan egyszerű. Ezért tehát bizonyos értelemben egy kettősség alakult ki az elmúlt évtizedben. Önmaga a fizika, mint tantárgy egyáltalán nem vonzó a diákok többsége számára, ugyanakkor sok felnőtt szívesen olvassa az internetes felületeken az éppen aktuális tudományos újdonságokat, tehát mégiscsak meg van emberek jórészében a fizikai, illetve tágabb értelemben a tudományos fejlesztések iránti kíváncsiság is. Annak, hogy a fizika nem népszerű az iskolapadban ülő diákok körében, számos oka lehet, melyet doktori értekezésemben nem kívánok vizsgálni, de egy ilyen ok lehet az, hogy az iskolai könyvekben tanított elmélethez kapcsolódóan még mindig nem illeszkedik megfelelő mennyiségű gyakorlati életben való alkalmazás. Értekezésemben egy több éves tapasztalaton alapuló, bevált gyakorlatot mutatok be arra vonatkozóan, hogyan lehet bevonni a fizika jóformán minden területének tanításakor oktatásunkba a tudományos kutatásokra épülő műszaki fejlesztések, műszaki megoldások ismertetését. Tekintettel arra, hogy a huszonegyedik században meghatározó jelentőségű az űrkutatás, ezért konkrétan az űreszközökön keresztül kívánom bemutatni, hogy az egyébként esetleg nagyon tankönyv ízű leckék mondanivalóját hogyan lehet a gyakorlati példák, valóságos műszaki megoldások segítségével közelebb hozni a diákokhoz. Az űreszközökön belül is a mesterséges holdak lesznek a középpontban már csak azért is, mert az elmúlt esztendőben Magyarország nagyon jelentősset alkotott az űrkutatásban a Masat-1 első magyar műhold megépítésével, illetve a tervezett három hónapos élettartamot többszörösen túlszárnyaló sikeres működésével. A középiskolás diákok részére rendkívül motiváló lehet, ha egy hazai fejlesztésű űreszközt ismernek meg közelebbről, ráadásul egy olyat, melyet jórészt egyetemisták terveztek és építettek. Az első magyar mesterséges hold mélyebb megismertetése nemcsak a fizika tanításában lehet

segítség, hanem közelebb hozhatja a tanulókhöz a mindennapi környezetünkben is egyre gyakrabban megjelenő magas technológiai színvonalú eszközöket és szolgáltatásokat is, és kedvet csinálhat több diáknak ahhoz, hogy a természettudományos pályát válassza.

Számomra alapvetően fontos szempont volt a kutatásom teljes időtartamában, hogy olyan lehetőséget kínáljak kollégáim részére, amelyek nemcsak az úgynevezett elit gimnáziumokban alkalmazható, hanem az ország bármely középiskolájában fel lehet használni a fizika tanítás során. Tekintettel arra, hogy korábban több éven keresztül egy művészeti középiskolában tanítottam fizikát, így a dolgozatban leírt – és már több éve kipróbált - javaslatok bizonyítottan alkalmazhatók minden középiskolában. Határozottan állítom, hogy megéri a műszaki alkotások egy-egy rész egységére fordított idő, mert a fizika tanítását egészében nézve többszörösen megtérül.

Célkitűzések

Legfontosabb iránymutatóm, hogy dolgozatomban főként olyan fizikai és műszaki komplex alkotásokat mutassak be, melyek részben, vagy szinte teljes egészében alkalmasak arra, hogy rajtuk keresztül a fizika törvényei olyan diákokhoz is közelebb kerüljenek, akik az élet teljesen más területére kerülnek középiskolai tanulmányaik befejezése után. Így azáltal, hogy a tananyag minden egységében hivatkozom például a mesterséges holdakra, egy új módszertani technikát kívánok bemutatni. Igazolni kívánom továbbá, hogy a fizikai komplex rendszerek általam javasolt beépítése az oktatásba alkalmas a fizika törvényszerűségeinek egyértelműsége és a lehetséges – műszaki – megoldások sokszínűsége közötti összefüggés megértésére, a helyes elméleti és a jó gyakorlati szemlélet formálására.

TÉZISEK

1. tézis

Megmutatom, hogy alkalmasan megválasztott űrvonatkozású komplex fizikai és műszaki alkotásokat bevonhatunk a középiskolai fizika tananyag oktatásába majd minden témakörben.

A tézishez kapcsolódó publikációk: [1], [2], [3], [4]

A középiskolás tananyag a mechanikával kezdődik. Értekezésemben igazolom, hogy középiskolai kinematika és dinamika oktatása területén hatékonyan alkalmazhatók az űrkutató és az űrtechnológiai hivatkozások.

- Megmutatom, hogy a kinematika tanításakor máris célszerű a mesterséges holdakra utalni, megbeszélni a különböző pályatípusokat (geoszinkron, napszinkron). Igazolom, hogy érdemes az interneten található megfelelő program használatával egy-egy konkrét mesterséges hold pályáját megvizsgálni, mert így a diákok számára sokkal kézzelfoghatóbbá válik az elmélet és a gyakorlat közötti kapcsolat. Bemutatom, hogy a REALIKA - tanárok és diákok számára már több mint egy évtizede elérhető - digitális foglalkozásgyűjtemény műholdakkal foglalkozó fejezete nagyon eredményesen használható a fizikaórán a körmozgás jobb megértéséhez.
- A tömegvonzás tanítása során megmutatom, hogy nem csupán Eötvös Loránd munkásságát lehet a diákokkal megismertetnünk, hanem a modern űrgravimetria módszertani alapjai és eredményei is oktathatók középiskolai szinten. S így a tanulók egy modern űreszköz és mérési eljárás segítségével szemléletesebb képet kapnak a Föld gravitációs erőteréről és annak vizsgálatáról.
- Értekezésemben igazolom, hogy a Kepler törvények kapcsán nagyon jól alkalmazhatjuk az űrkutatóval foglalkozó hírportálok képanyagát a tanításunk színesebbé tételére, illetve így észrevétlenül meg is ismerik a diákok ezeket a hírportálokat.
- Az impulzus megmaradás törvényénél példával igazolom, hogy lehetséges, sőt célszerű konkrét űrvonatkozású példákkal a törvényt illusztrálni, mert ezáltal egyetemlegességét is ki tudjuk hangsúlyozni.
- A Newton törvények tanításánál megmutatom, hogy jelentős mértékben segíti a megértést, ha megnézzük a diákokkal az ESA által készített oktató videót, mely diákok és űrhajósok segítségével párhuzamosan mutatja be a törvények érvényességét a Földön, illetve a Nemzetközi Űrállomáson.
- Igazolom, hogy a „belső erők, külső erők, konzervatív erők” témában is hasznos a hagyományos „földi” hivatkozások mellett „űrbéli” példákat is megemlítenünk. A sűrűség tanításakor megmutatom, hogy lehetőségünk van a kolontári zagytárolóról készült műholdfelvétel bemutatásával érzékeltetni a később bekövetkező tragédia előjeleit.

A termodinamika tanításakor eddig nem volt jellemző úrkutatási vonatkozások említésre. Igazolom, hogy itt is bőven van lehetőség ilyen jellegű hivatkozásokra:

- a hőmérséklet tárgyalásakor, a hőmérséklet fogalom jobb megértését szolgálja, ha beszélünk a mesterséges holdak hőmérsékletéről;
- a hőterjedés módjainak tárgyalásakor nagyobb érdeklődést tudunk felkelteni a téma iránt, ha megbeszéljük, hogy milyen hőhatások érnek egy földközeli űreszközt (Önálló kutatómunkának kiválóan alkalmas a hőpajzs szerepe, fejlesztésének története.);
- a termodinamika első főtételének gyakorlati jelentőségére tudunk rámutatni például az űrszemét probléma tanórai megbeszélésével.

Megmutatom, hogy az elektromosság témakörében is célszerű – a tankönyvekben nem jellemző - úrkutatási vonatkozások oktatása:

- A csúcsátás tárgyalásakor a jelenséget sokkal érdekesebben tudom magyarázni az ionhajtóművek említésével és bemutatásával.
- A félvezetők témakörében konkrét magyar űripari siker említésének lehetőségére hívom fel a figyelmet.
- A Seebeck-effektus elvét gyakorlati példán keresztül tudom magyarázni a diákoknak a naprendszert elhagyó űrjárművek energiaellátása és a Seebeck-effektus kapcsolatának megmutatásával.
- A mágnesesség kapcsán különböző szinteken (tanórai, szakköri) mutatom be az űrbéli komplex fizikai és műszaki alkotások tanításunkba bevonható elemeit: Például az elektromágneses hullámok témakörében megmutatom, hogy az ESA által kifejlesztett Leoworks program segítségével diákjaink is készíthetnek a „nyers” felvételekből színes felvételeket.

A magfizika tanítása területén – ahol ma már szinte minden osztályban szóba kerülnek az antirészecskék – igazolom, hogy a Pamela űreszköz alapelve középiskolai fizika tudással megérthető, s így a diákoknak elmondhatjuk, miként érzékeli ez az eszköz a légkörbe érkező antiprotonokat.

Megmutatom, hogy az általános relativitáselmélet tanításánál is célszerű alkalmaznunk úrkutatási vonatkozásokat: például hivatkozhatunk az Űrodusszeia 2001 tudományos fantasztikus filmre, melyben a mesterséges gravitációt egy forgó űrállomással valósítják meg.

2. tézis

A középiskolába kerülő diákok közül sajnos csak kevesen ismerik Magyarország első – és eddig egyetlen – hazai tervezésű és készítésű mesterséges holdját, a Masat-1-et, illetve annak történetét. A fizika témakörein végigpásztázva bemutatom, hogy az egyetemi oktatók és hallgatók által épített és Föld körüli keringése során irányított kisműholdra számos területen érdemes hivatkoznunk a fizikaórákon.

A tézishez kapcsolódó publikációk: [5], [6], [7]

Megmutatom a mindössze 100 mm élhosszúságú kocka alakú Masat-1 (illetve az 50 mm élhosszúságú kocka alakú SMOG-1) műhold, mint komplex műszaki ürberendezés példáján, milyen egyszerűbb számítási feladatok kínálkoznak már általános iskolás korosztályban is.

A mechanika tanítása során megmutatom, hogy a középiskolai tananyag alapján el tudják végezni a diákok olyan számításokat, amelyekkel meg lehet kapni - a Masat-1 pályájának adatai segítségével - a Masat-1 sebességét a pálya különböző nevezetes pontjain. Itt fontos, hogy a diákok leellenőrizzék az internet segítségével, hogy a különböző hírportálok a kapott eredményekkel egyező értékeket írtak-e a Masat-1 missiójáról készült beszámolóik során.

A sűrűség tanításánál a Masat-1 adataiból kiszámíthatjuk az üreszköz átlagsűrűségét.

A rezgések tanításánál bemutatom, hogy érdekesebbé tehető a tanóra a Masat-1 rázópadon történő tesztelésének bemutatásával: Itt a rakétabeli extrém rázkódás elviselését tesztelik, amelyeket a pályára állítandó műholdaknak (mint hasznos terheknek) is el kell viselniük a VEGA űrrakéta startolása során.

A hőtágulásnál bemutatom, hogy a Masat-1 műszaki adatai segítségével hogyan lehet a műhold konkrét hőtágulásait kiszámolni.

Az elektrosztatika tanításakor célszerű bemutatnunk a Masat-1 vezérlőtermének fényképét az építkezés közben, amelyen még jól látszik, hogy egy Faraday kalitkát építettek meg. Itt egyúttal szemléletes magyarázatot adok a Faraday kalitka alkalmazásának okaira. Az akkumulátorok tanításánál a Li-ion akkumulátorok említésénél felhívom a figyelmet, hogy mondjuk el diákjainknak, hogy az egyetemisták által épített kis mesterséges holdnak szintén Li-ion akkumulátorai voltak.

A mágnesesség témakörében megmutatom, hogy az érdeklődőbb diákokkal érdemes megismertetni az üreszközbe épített félaktív stabilizáló rendszert, mely egy permanens mágnesből és két elektromágnesből áll.

Az elektromágneses hullámok tanításakor felhívom a figyelmet a Masat-1 kommunikációs rendszerét szemléltető ábrára, melyet érdemes a diákokkal elemezni, hogy az elméletben tanultakra gyakorlati példát is lássanak. Érdekességképpen beszéljünk a diákoknak a rádióamatőr-műholdakat jelölő OSCAR számról, melyet az első magyar mesterséges hold is megkapott.

3. tézis

Megmutatom, hogyan lehet beépíteni a fizika tanításába a huszonegyedik század egyik új fogalmát, az űridőjárást.

A tézishez kapcsolódó publikációk: [8], [9]

Elsőként az űridőjárás fogalmát írom le. Űridőjárás alatt elsősorban a naptevékenységet, illetve az abból származó bolygónkhoz elérkező különböző hatásokat értjük. Megmutatom, hogy az interneten található ábrák segítségével lehet elemezni, hogy mennyi mindenre hatással van az űridőjárás. Megmutatom, hogy az űridőjárás kapcsán beszélhetünk a Napfizikáról, mint a fizika egyik napjainkban dinamikusan fejlődő területéről.

Megismertethetjük a diákokat a különböző naptevékenységekkel, illetve az azokat vizsgáló módszerekkel. Igazolom, hogy itt megint lehetőségünk van a diákok motiválására, hiszen ezen a területen jó néhány magyar napfizikus végez kutatómunkát a világ legkülönbözőbb tájain lévő kutatóintézeteiben. Megmutatom, hogy a témakör mélyebb tanítása révén kialakíthatjuk a diákokban az intenzívebb "úrtudatosságot", melynek folytán fel lehet kelteni bennük az űrkutatás iránti érdeklődést. Bemutatom, hogy az űridőjárás megfigyelésének tárgyalásakor érdemes beszélni a legújabban felküldött űridőjárást megfigyelő űreszközökről, illetve megismertetni a diákokat azokkal a hírportálokkal, ahol ők maguk is on-line követhetik a naptevékenységeket. Alátámasztom, hogy lényeges, hogy fizikaórán bátran használjuk az angol nyelvű honlapokat, hiszen a műszaki pályára történő orientáláskor figyelniünk kell arra is, hogy tudatosítsuk a diákokban, a nemzetközi tudományos élet nyelve az angol. Megmutatom, hogy érdemes beszélnünk a Faraday Cup plazmaszenzorról, hiszen az eszköz működésének ismertetésével lehetőségünk van arra, hogy a hőmérsékleti sebesség fogalmához hozzárendeljünk egy gyakorlati példát. Szintén egy ilyen gyakorlati példának a bemutatására szolgál a DSCOVER mesterséges hold magnetométerének az ismertetése. Doktori tevékenységem során elemzek egy kevésbé ismert kedvezőtlen hatását a kedvezőtlen űridőjárásnak, a csőhálózatok korrózióját. Említést teszek az űridőjárás biológiai hatásairól, mely érdekes kutatómunkát kínál a biológia iránt fogékony diákok számára.

4. tézis

Konkrét példakkal alátámasztom, hogy a komplex fizikai és műszaki alkotások folyamatos megismertetésével motiválhatók a diákok versenyeken való nagyobb arányú részvételre.

A tézishez kapcsolódó publikációk: [10]

Igazolom, hogy a Fizika Mindenkinek verseny kiválóan alkalmas arra, hogy olyan diákok is sikerélményhez jussanak a fizika területén, akiknek képessége nem teszi lehetővé, hogy a hagyományos, klasszikus feladatmegoldó versenyeken eredményt érjenek el. Megmutatom, hogy a verseny jellegénél fogva nagyon nagy hangsúly helyeződik a jó témaválasztásra. A sikeresen szereplő diákjaim témáiból néhány bemutatásával igazolom, hogy itt jelentős szerepe a felkészítő tanárnak, hogy amennyiben szükséges, alkalmas, jól feldolgozható témát kínáljon a diákoknak. Az említett témák: a Masat-1 bemutatása, a NASA és az origami kapcsolatának ismertetése, az Eötvös inga és a GOCE mesterséges hold működési elvének hasonlóságai és különbségei, a hazugságvizsgáló működésének fizikai hátterének ismertetése, műholdképek készítése az ESA által kifejlesztett LEOWORKS program segítségével, Lagrange pontok ismertetése és az űrkutatók Lagrange pontok hasznosítására vonatkozó elképzelései, táguló világegyetem kísérleti bemutatóval, akusztikus levitáció, metronómok szinkronizációja.

5. tézis

Bemutatom, hogy ahhoz, hogy segítsük diákjainkat a fejlődésükben és szép sikereket érjünk el velük, nem feltétlenül szükséges, hogy mi magunk kifejezetten jártasak legyünk egy-egy új technikai megoldásban, illetve annak alkalmazásában.

A tézishez kapcsolódó publikáció: [11]

Jelenlegi iskolámba két évvel ezelőtt bekerülve elvállaltam a robotika szakkör vezetését, előképzettség nélkül. Diákjaim lelkesedése és eredményeik mutatják, hogy nem kell félnie a tanárnak attól, ha egy adott témában a diákok jártasabbak nála. Az „Út a tudományhoz” pályázaton diákjaim űrbányász robotot készítettek, melynek tervezése során kutatómunkát végeztek az űrbányászat témakörben. Megismerkedtek az űrbányászat buktatóival, részt vettek a BME űrfórum, illetve a Magyar Asztronautikai társaság rendezvényein, ezáltal betekintést nyerhettek a jelenlegi elképzelésekbe konkrétan az űrbányászat területén, tágabb értelemben az űrkutatás témakörébe.

Néhány éve kezd népszerűvé válni az ARDUINO mikrokontroller használata. Iskolánkban több tanuló is alkalmazza különböző célokra ezt az eszközt. Bemutatom, hogy vannak olyan diákok, akiknek leginkább csak iránymutatásra, illetve megnyilvánulási lehetőségek biztosítására van szükségük, hiszen önszorgalomból és az internet segítségével már megfelelő szintű ismeretre tettek szert. Egy könyvlapozó robot okos könyvjelzővel történő kiegészítésén keresztül bemutatom, hogyan lehet összeötvözni a LEGO Mindstorms EV3 robotot az ARDUINO-val. Bemutatom, hogy az idősebb, - a mikrokontrollert már magabiztosan kezelő diák - hogyan tudja a fiatalabbakat motiválni a fizika irányába az új, modern eszközök megismertetése révén. A tanítványom által saját kezűleg készített akusztikus levitátor kapcsán példát mutatok arra, hogy az ARDUINO használata egy IYPT (International Young Physicists' Tournament) probléma sikeres megoldásában is nagyon hasznos lehet.

6. tézis

Bemutatom a „Flipped classroom” módszertanát, melynek lényege, hogy nem a tanár mondja el az órán az új tananyagot, és a diákok utána otthon megtanulják, hanem megfelelő instrukciók után a diákok dolgozzák fel önállóan az adott témát az óra előtt, majd amit összegyűjtöttek vele kapcsolatban, az iskolában ismertetik. Egy konkrét témán belül egy kísérlet kapcsán kerül bemutatásra a „Flipped classroom” módszerének alkalmazása.

A tézishez kapcsolódó publikáció: [12]

Megmutatom, hogy a „flipped classroom” alkalmazásakor a tanárnak leginkább irányítói szerepe van a tanórán. A diákok csoportokban megbeszélik, szintetizálják az önállóan feldolgozott tananyagot. Igazolom, hogy ez a módszer szorosan beleillik a PER (Physics Education Research) nemzetközi programba, melynek egyik fő alkotóeleme - szintén az egyszerű ismeretátadás helyett, - a diákok előzetes kutatómunkája. Megmutatom, hogy a PER alapján összeállított kísérleteknél egy másik fontos elem, hogy a diákok a téma tárgyalása előtt kitöltsenek egy pre kérdőívet, illetve utána egy post kérdőívet.

Értekezésben egy konkrét példán mutatom be a PER alkalmazását. A hővezetés témában az általam bemutatott kísérlet a Skylab első amerikai űrállomás balesete kapcsán lett összeállítva. A kísérlet során megvizsgálták a tanulók a különböző anyagok hőszigetelő képességét. A kísérlettel, mely 2017-ben a Science on Stage nemzetközi fesztiválon is bemutatásra került, arra is példát mutatok, hogyan lehet egy fizikai kísérletet megtervezni együtt a diákokkal. Ennél a kísérletnél a kiértékelésekor az adatok elemzésének szempontjait is a diákokkal közösen alakítottuk ki, így a tanulók kicsit beleláthattak a kutatók munkájába.

Publikációk:

- [1] A.Komáromi (2015): *Space Science in Thermodynamics*, In: Kovács, K. (ed.) Proceedings of H-Space 2015, 1st International Conference on Research, Technology and Education of Space, 13 Feb 2015, Budapest. MANT, Budapest, 2015, pp 47-48.
- [2] Komáromi Annamária (2015): *Űrtan a hőtanban, Űrtan Évkönyv 2014* (Frey Sándor ed.), MANT, Budapest, 2015, pp 76-85 (ISSN 1788-7771) (MANT = Magyar Asztronautikai Társaság). http://www.mant.hu/kiadvanyok/urtan_evkonyv_2014.pdf
- [3] A.Komáromi (2016): *Space Science in Thermodynamics*, In: Proceedings of International Conference GIREP EPEC 2015 July 6-10, Wrocław, 2016 Poland, pp 207-211 (ISBN: 978-83-913497-1-7). http://girep2015.ifd.uni.wroc.pl/files/GIREP_EPEC_2015_Proceedings.pdf
- [4] Komáromi Annamária (2017): *Űrkutatással a szerethetőbb fizikáért, FIZIKAI SZEMLE* (LXVII. évf.) 2017/1 (745.) szám, pp 27-31. <http://fizikaiszemle.hu/szemle/tartalom/23>
- [5] Komáromi Annamária (2017): *Öt éve állították pályára a Masat-1-et, FIZIKAI SZEMLE* (LXVII. évf.) 2017/9 (753.) szám, pp 324-327. <http://fizikaiszemle.hu/szemle/30>
- [6] A.Komáromi (2016): *With space research for more lovable physics classes*, In: A. Király, T. Tél (eds.): Teaching Physics Innovatively – New Learning Environments and Methods in Physics Education, „e-book”, Graduate School for Physics, Faculty of Science, Eötvös Loránd University, Budapest, 2016, ISBN 978-963-284-815-0, pp. 157-162. http://parrise.elte.hu/tpi-15/papers/Proceedings_of_TPI_15.pdf
- [7] A.Komáromi (2016): *Rendere piu piacevole lo studio della fisica con la ricerca nello spazio, LA FISICA NELLA SCUOLA* Anno XLIX (2016) Supplemento n.2, pp 13-16 (ISSN: 1120-6527) (as a Proceedings of 54° Congresso Nazionale A.I.F. Associazione per l'insegnamento della Fisica, 21-24 Oct 2015, Trento, Italy).
- [8] A.Komáromi (2017): *About Space Weather in High School*, In: Bacsárdi, L., Kovács, K. (ed.) Proceedings of H-Space 2017, 3rd International Conference on Research, Technology and Education of Space, 9-10 Feb 2017, Budapest. MANT, Budapest, 2017, pp 59-60 (ISBN 978-963-7367-12-0).
- [9] Komáromi Annamária (2017): *Időjárás és annak előrejelzése a Földön kívül*, In: Bacsárdi L., Kovács K (szerk.) Selected papers of the 3rd International Conference on Research, Technology and Education of Space (H-SPACE2017). Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2017.02.09-2017.02.10. Budapest: Magyar Asztronautikai Társaság, 2017. pp. 16-19. (ISBN 9789637367168)
- [10] Komáromi Annamária (2016): *Űrkutatásról a multimédia segítségével*, In: XXII. „Multimédia az Oktatásban” nemzetközi konferencia, Keszthely, 2016. június 3-4. Konferenciakiadvány, Balatoni Múzeum, Keszthely 2016, pp. 5-8. ISBN 978-615-80204-3-5, DOI: 10.26801/MMO.2016.1.022 http://www.mmo.njszt.hu/Kiadvanyok/2016/MMO2016_Proceedings.pdf
- [11] Komáromi Annamária és Nagy Dániel (2018) *Akusztikus lebegtetés és más kísérletek Arduino felhasználásával, avagy ne féljünk attól, ha a tanár tanul a diáktól, FIZIKAI SZEMLE* (LXVIII. évf.) 2018/10 (766.) szám, pp 356-360.

- [12] A.Komáromi (2018): *Space mishap as a stimulus context for thermal conduction exploration in secondary school*, IN SECONDARY SCHOOL, (megjelenésre váró elfogadott, lektorált cikk)
In: e-Proceedings of International Conference GIREP-ICPE- EPEC 2017 July 3-7, Dublin, Ireland.

A doktori képzés ideje alatt megjelent, nem kimondottan a tézisekre épülő magyar nyelvű publikáció:

- [13] Komáromi Annamária (2015): *Kézzel fogható részecskék nem csak a részecskefizika oktatásához*, **FIZIKAI SZEMLE** (LXV. évf.) 2015/12, pp 425-432
<http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz1512/FizSzem-201512.pdf>

A doktori képzés ideje alatt megjelent, nem kimondottan a tézisekre épülő olasz nyelvű publikáció:

- [14] Komáromi, Annamária (2016): *Particelle - per essere toccate con le mani e non soltanto per l'insegnamento della fisica delle particelle elementari*, **LA FISICA NELLA SCUOLA** Anno XLIX (2016) Supplemento n.2, pp 129-133. (ISSN: 1120-6527) (as a Proceedings of 54° Congresso Nazionale A.I.F. Associazione per l'insegnamento della Fisica, 21-24 Oct 2015, Trento, Italy)

Konferencia előadások:

- Komáromi, Annamária (2015): *Űrtan a hőtanban (Space Science in Thermodynamics)*, H-Space 2015, 1st International Conference on Research, Technology and Education of Space, 13 February 2015, BME, Budapest, Hungary.
- Komáromi, Annamária (2015): *With space research for more lovable physics classes*, International Conference on Teaching Physics Innovatively – New Learning Environments and Methods in Physics Education (TPI-15), 17-19 Aug 2015, ELTE, Budapest, Hungary.
- Komáromi, Annamária (2015): *Rendere piu piacevole lo studio della fisica con la ricerca nello spazio*, 54° Congresso Nazionale A.I.F., 21-24 Oct 2015, Trento, Italy (A.I.F. = Associazione per l'insegnamento della Fisica).
- Komáromi Annamária (2016): *Űrkutatásról a multimédia segítségével*, 22nd Multimedia in Education Conference – 22. Multimédia az oktatásban konferencia, 3-4 Jun 2016, Keszthely, Hungary.
- Komáromi, Annamária (2016): *Lo Space Weather nel Liceo*, 55° Congresso Nazionale A.I.F., 12-15 Oct 2016, Gran Sasso, Italy (A.I.F. = Associazione per l'insegnamento della Fisica).

Komáromi Annamária (2017): *Űridőjárásról a középiskolában*, H-Space 2017 3st International Conference on Research, Technology and Education of Space, 9-10 February 2017, BME, Budapest, Hungary.

Komáromi Annamária (2017): *Space mishap as a stimulus context for thermal conduction exploration in secondary school*, International Conference GIREP ICPE EPEC 2017, 3-7 July 2017, Dublin, Ireland. <http://www.girep2017.org/ehome/girep2017/568547/>

Komáromi Annamária (2018): *L'utilizzo di Arduino e di LEGO MINDSTORM EV3 nel liceo* 57° Congresso Nazionale A.I.F., 24-27 Oct 2018, Giardini Naxos, Italy (A.I.F. = Associazione per l'insegnamento della Fisica).

Konferencia poszterek:

Komáromi, Annamária (2015): *Space Science in Thermodynamics*, International Conference GIREP EPEC 2015, 6-10 July 2015, Wroclaw, Poland.

Komáromi, Annamária (2015): *Particelle - per essere toccate con le mani e non soltanto per l'insegnamento della fisica delle particelle elementari*, 54° Congresso Nazionale A.I.F., 21-24 Oct 2015, Trento, Italy (A.I.F. = Associazione per l'insegnamento della Fisica).

Komáromi, Annamária (2016): *La ripetizione di un esperimento spaziale nel liceo*, 55° Congresso Nazionale A.I.F., 12-15 Oct 2016, Gran Sasso, Italy (A.I.F. = Associazione per l'insegnamento della Fisica).