

# DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

## MODELLEK A FIZIKAOKTATÁSBAN

*Hömöstrej Mihály*

*Témavezető: Dr. Rácz Zoltán*

**ELTE-TTK.**

**Fizika Doktori Iskola**

**Vezető: Dr. Tél Tamás**

**Fizika Tanítása Doktori Program**

**Vezető: Dr. Tél Tamás**

**2015.**

## BEVEZETÉS

Gyakorló tanárként az ember sok örömmel, és sajnos sok nehézséggel is találkozik a fizikatanítása során. Az örömet leginkább a diákok jó kérdései, fejlődésük, esetleges versenyeredményeik jelentik. A nehézségek széles spektrumon jelentkeznek: értelmes tartalommal kell megtölteni az alap fizikaórákat, ahol sok diák lényegi hiányosságokkal indul a gimnáziumi éveknél – s nem csak a fizika terén –, de emellett a tehetséges diákokat sem szabad untatni, őket is folyamatosan fejleszteni kell. Talán nem túl meglepő, hogy az említett két kihívás nem is különbözik egymástól jelentősen: meg kell ismertetni és szeretetni a fizikai megismerési folyamatot – természetesen, különböző szinteken. Ennek eléréséhez rendkívül fontos a megfelelő, érdekes és motiváló témaválasztás. Munkám során mindig törekedtem arra, hogy a lehetőségekhez képest mindig oly módon mutassam be a fizikai jelenségeket, és fejlesszem a megfelelő készségeket és képességeket, amelyek számíthatnak a diákok érdeklődésére. Sok esetben éppen a diákok kérdései alapján merültek fel a részletesebb tárgyalásra kerülő témák és jelenségek. Disszertációmban bemutatom, hogy megfelelő módszerek használatával rendkívüli módon kiszélesedik azon jelenségek köre, melyeket a középiskolai oktatásban akár kvantitatív módon is vizsgálhatunk.

A sikeres és eredményes fizikatanításhoz elengedhetetlenek a korszerű, és a diákok ismereteit figyelembevevő módszerek. A csupán az alapórákon résztvevő diákok esetében a lehető legtöbb demonstrációs és tanulói kísérlet alkalmazása jelentheti leginkább az ilyen módszereket. Ha e mellett a természet törvényeit a lehető legegyszerűbb nyelvezetben sikerül közvetíteni, akkor a diákok természetes kíváncsiságának kielégítése mellett, sikerélményt is nyújthatunk. Az egyszerű, érthető „nyelvezet” elérhetjük megfelelő fizikai modellek segítségével is, amelyek a természet működését majd minden diák számára érdekesebbé és érthetőbbé tehetik. Ha sikerül diákjainkkal „közös nyelvet” találni, olyan készségeket és képességeket is fejleszthetünk – mint pl. a jó és pontos megfigyelő készség, a fontos és kevésbé fontos elemek szétválasztása stb. –, melyek a megfelelő fizikai világgép kialakításához minden diák számára nélkülözhetetlenek. A készségek és képességek fejlesztése a fizika iránt érdeklődőbb diákok számára még fontosabb, a – fizikai – modellezés finomabb részleteinek megismeréséhez, a mélyebb fizikai összefüggések megismeréséhez, az eredmények ellenőrzéséhez. A doktori kutatásaimban általam alkalmazott – modell központú – módszerek legfőbb gondolata, hogy minden esetben a diákoknak maguknak kell megoldozniuk a kívánt eredményekért, illetve a diákoknak kell a kapott eredményeket

kísérleti úton ellenőrizni. Legyen az akár „hagyományos” fizikaóra vagy nemzetközi fizikaverseny.

## CÉLKITŰZÉSEK

Doktori munkámban célul tűztem ki olyan témák feldolgozását, melyek a jelenlegi tantervekből vagy teljesen kimaradnak, vagy indoklás és magyarázat nélkül találkoznak velük a diákok. Természetesen igyekeztem olyan témákat, fizikai jelenségeket választani, amik vagy érdekesek, vagy nagyon hasznosak a fizika megismerésében, jó esetben persze mindkettő elmondható róluk. Az akár alapórákon is vizsgált jelenségek kezdetben nem lehetnek túl komplikáltak, s alapkövetelmény, hogy a munka során csak megfelelő ütemben juthatunk el a nehezebb, összetettebb jelenségekig. Ez csak úgy lehetséges, ha megfelelő módszerekkel és modellekkel, a fokozatosság elvét követve segítem a fizikai jelenségek és összefüggések megismerését és megértését. Mivel ez a cél több esetben olyan témákat is érint, melyek túlmutatnak az alap fizikatanítási feladatokon, ezért munkám során sokszor szakköri és fakultációs csoportokban igyekeztem új oktatási lehetőségeket felfedezni. Bizonyos esetekben persze a diákok önálló munkáját támogatandó, már a szakköri, sőt az iskolai kereteken is túllépve kerestem az új utakat. Céлом volt az is, hogy az így elért eredményeimet részben a normál órai keretek közé is beépítsem, így adva választ a normál fizikaórákon felmerülő kihívásokra.

A fizikatanítása során az érdekes és hasznos téma mellett a megfelelő módszer választása is nagyon fontos. A dimenzióanalízis a felsőoktatásban már sikerrel alkalmazott módszer. Disszertációmban bemutatom, hogy az „egyetemi” dimenzióanalízis kis egyszerűsítéssel a középiskolában is használható, s ezzel olyan eszközt adtam a diákjaim kezébe, melyek a további tanulmányaik során is hasznosnak bizonyult. Arra törekedtem, hogy az egészen egyszerű jelenségektől kezdve, akár modern fizikai jelenségeket is vizsgáljuk. Céлом volt továbbá, hogy kutatásaim során a szükséges matematikai apparátus végig a középiskolai szinten maradjon. Fontos volt az is, hogy diákjaimmal közös munkánk során kapott elméleti eredményeinket konkrét mérések elvégzésével ellenőrizzük, s ez által váljon a diákok számára egyértelművé a fizikai jelenségek megértésének és leírásának lényege: a számított és a mért eredmények összevetése és diszkutálása. Az eredmények efféle vizsgálatához kitűnő módszernek bizonyult a középiskolában csak nagyon ritkán megjelenő hasonlósági

modellezés is, melyen keresztül diákjaim szintén végig követhették a fent említett megismerési folyamatot.

A dimenzióanalízis azonban több esetben, csak a gondolatmenetünk elindítója volt. Lehetőségem volt több más modell kidolgozására, egyszerűsítésére illetve finomítására (mint pl. a karcolt hologramok vizsgálatánál). Munkám egyik fő célja az volt, hogy a diákjaim konkrét módszerektől függetlenül megtanulják, milyen módon kell kezelni a használt modelleket: hogyan építsük fel őket, hogyan ellenőrizhetjük az eredményeinket, és milyen határokon belül tekinthetjük érvényesnek azokat.

Célom volt továbbá annak bemutatása is, lehet a tanítási-tanulási környezetet is úgy alakítani, hogy azok ösztönözzék, sőt elvárják, hogy a gyerekek maguk építsék fel a saját, a jelenségről alkotott képüket és gondolataikat. Ehhez elsősorban egy már régóta futó, ám rendkívül különleges, nyíltvégű problémákkal foglalkozó fizika verseny, az Ifjú Fizikusok Nemzetközi Versenye (International Young Physicists' Tournament, röviden: IYPT) nyújtotta kereteket használtam. A verseny különlegességét az adja, hogy erősen idealizált elméleti számításos feladatok helyett, valódi, életből vett problémákra, kérdésekre hívja fel a fizika iránt érdeklődő diákok figyelmét, és motiválja a diákokat önálló kutatásokra. Mint ismeretes, a nyíltvégű feladatok esetében nincsenek kész válaszok, előre megadott eredmények. A probléma megoldáshoz több, szabad, előre nem ismert, vizsgálati mód lehetséges. A problémák érdekességéből és a versenyszituációból fakadó motiváltságot kihasználva célom volt, hogy a magyarországi válogatóverseny és a nemzetközi versenyre való felkészítés kereteit, annak magyarországi felelőseként úgy alakítsam, hogy azok olyan közeget biztosítsanak a résztvevő diákoknak, amelyben motiváltan és effektíven fejleszthetik fizikai ismereteiket. A versenyfelkészítés terén szerzett tapasztalataimat az alapórai fizikatanításban is igyekeztem felhasználni.

## TÉZISEK

### 1. A dimenzióanalízis középiskolai alkalmazása

#### *A dimenzióanalízis alapszintű alkalmazása*

*A dimenzióanalízis segítségével egyszerű összefüggéseket – pl. szabadesés magassága, matematikai inga lengésideje, maximális hajítási távolság – vizsgáltam a középiskola normál osztályaiban. A dimenzióanalízis módszerét a diákok tudás szintjéhez igazítva, az alapórai oktatás keretein belül sikerült elérnem, hogy a diákok a vizsgált jelenségek fizikai alapjait jobban átlássák. A dimenzionális számításokat ellenőrző kísérletekkel összekötve diákjaim betekintést nyerhettek egy-egy konkrét fizikai megismerési folyamatba.*

A dimenzióanalízis célja, a vizsgált fizikai mennyiséget/jelenséget befolyásoló tényezők feltárása. Meghatározó, hogy a vizsgált jelenség leírására felírt összefüggésnek a paraméterek dimenzióira nézve is helytállónak kell lennie. Kutatásomban megmutatom, hogy ha alapvetően helyes fizikai paramétereket választunk a dimenzionális modellünk felépítéséhez, akkor a dimenzióanalízis középiskolai alkalmazásának nagy előnye, hogy a keresett összefüggés felállítása több változó esetében is egyszerűen végrehajtható. Munkámban a dimenzióanalízist egyszerű feladatokban alkalmazom, fontos, hogy a diákok a vizsgált összefüggések megalkotását személyes felfedezésként élhessék meg. Tapasztalataim szerint a saját, ellenőrző méréseknek köszönhetően, a számítások során kapott képletek és összefüggések jobban rögzültek, illetve a dimenzióanalízist a diákok más jelenségek vizsgálatánál már önként is szívesen választották és eredményesen alkalmazták.

#### *A dimenzióanalízis emeltszintű alkalmazása*

*Diákjaimmal sikerült könnyen és gyorsan olyan jelenségeket is - pl. hőmérsékleti sugárzás-megvizsgálunk a dimenzióanalízis középiskolai szintű alkalmazásának segítségével, melyek levezetése más módszerekkel, magasabb matematikai és fizikai ismeretek hiányában normáltantervű középiskolai diákok számára nem lehetséges. Emellett, a fokozatosság elvét betartva olyan tanítási-tanulási egységet alkottam, mellyel a diákok jó általános képet kaphatnak a dimenzióanalízis későbbi – egyetemi – alkalmazásához.*

Amennyiben az egyszerűbb jelenségeken keresztül sikerült a dimenzióanalízis módszerét megismertetni és megértetni, jelentősen kitágul a vizsgálható jelenségek köre. Tapasztalatom szerint, a dolgozatban bemutatott jelenségek – Kepler III. törvénye, hőmérsékleti sugárzás – alkalmasak a tehetségesebb, érdeklődőbb diákok számára, a fizikáról alkotott képük jelentős

bővítésére. Ezzel a módszerrel a fent említett témák szakköri vagy fakultációs csoportok esetén a középiskolai tananyagba jól beilleszthetőek. Lelkes diákjaimnak köszönhetően, számos, akár biológiai vonatkozású jelenséggel is foglalkoztunk az újonnan szerzett dimenzióanalízisen nyugvó ismereteink segítségével, ami jól mutatta a dimenzióanalízis széles alkalmazhatósági körét.

A tézishez kapcsolódó publikáció:[1]

## **2. Dimenzióanalízistől a hasonlósági modellezésig**

*A hasonlósági modellezést gyakorlatban alkalmazva bemutatom, hogy a hasonlósági modellezés hasznos módszert jelent a dimenzióanalízis által levezetett összefüggések, diákok általi, mérésekkel történő ellenőrzéséhez. Számításaink helyességének ellenőrzésére csak saját mérés alapján kerülhet sor. Vizsgálataimból kiderül, hogy az általam alkalmazott, hasonlósági modellezésen alapuló tanulásszervezési módszer teljes oktatási egységet képez a diákok elméleti és gyakorlati ismeretinek fejlesztésére.*

A dolgozatomban bemutatott hasonlósági modellezés célja egy mérnöki feladat modellezése volt: egy hajó prototípusához az árboc megfelelő anyagának kiválasztása. A feladat fontos részét képezte az is, hogy a kiválasztást a lehető legkisebb költséggel kellett megvalósítani. Ehhez hasznos egy kisméretű, hasonlóságon alapuló modell megtervezése. A hasonlósági modellezés, amely dimenziómentes mennyiségek összehasonlításán alapul, tovább növeli a dimenzióanalízis alkalmazhatósági körét és fejleszti a diákok absztrakciós képességeit. A hasonlósági modellezésen keresztül, a geometriai és főleg a dinamikai hasonlóság jobb megismerése segíti diákjaimat a későbbi, hidrosztatikai és áramlástanai dimenzió nélküli számok – pl. Reynolds-szám – jobb megértésében. Az általam vizsgált módszer segítségével diákjaimban fejleszthető volt az elméleti okfejtések ellenőrizhetősége és tényleges ellenőrzése iránti igény. A hasonlósági modellezés dimenzióanalízissel segített, majd kísérletezéssel ellenőrzött módszerével személyesen is átélhetővé tettem a tudományos megismerési folyamatokat.

A tézishez kapcsolódó publikáció:[2]

### 3. Klasszikusfizikai modell a feketetest sugárzás megismeréséhez

*A klasszikus és modern fizikai szemlélet különbségeinek megismeréséhez érdekes hozadékkal bír a hőmérsékleti sugárzás Boltzmann féle leírása. Boltzmann számításait természetesen nem vihetjük át kisebb egyszerűsítések illetve kiegészítő magyarázatok nélkül a középiskolába. Megmutatom, hogy a diákok már meglévő ismereteihez alkalmazkodva, egyszerűsítettem a boltzmanni gondolatmenet lépéseit, amit középiskolai diákok körében alkalmaztam a feketetest sugárzás tartalmasabb megismertetéséhez. A diákok idevágó matematikai tudásának – a középiskolában is tanított egyszerűbb differenciál- és integrálszámítás – megfelelő használatával, újszerű áttekintést adtam a fizika egy igen széles spektrumáról – pl. elektromágnesség, entrópia –, s aminek során a diákok számára kirajzolódik a modern és a klasszikus fizika közti határvonal.*

A feketetest sugárzás vizsgálata csak megfelelő érdeklődésű és előképzettségű csoportok esetén jelent érdekes témát a diákoknak. Ezért, kizárólag szakköri kereteken belül vizsgáltuk a középiskolai tananyagban csak érintőlegesen megjelenő Stefan–Boltzmann-törvényt, illetve annak részletes, Boltzmann nevéhez fűződő leírását. A feketetest sugárzás megismerése mellett az általam alkalmazott tanítás-tanulási folyamat másik eredménye, hogy az új ismeretanyag elsajátítása közben a diákjaimnak lehetősége volt egy alapos, több jelenségekört is magában foglaló, a szokásostól eltérő, ismétlési munkafolyamatban részt venni. Ez az ismétlési munkafolyamat nem csak segítette az érettségire való felkészülést, de új megvilágításba is helyezte a vizsgált jelenségeket, ezzel segítve a diákok jobb fizikai látásmódjának kialakulását.

A tézishez kapcsolódó publikáció:[3]

### 4. Fokozatosan finomodó modellek a földi üvegházhatás megismeréséhez

*A hétköznapi életünket is egyre jobban befolyásoló klimatikus kérdések iránti érdeklődést kihasználva kidolgoztam egy módszert, melyben egy fokozatosan, több lépésben finomodó légköri modell segítségével a diákok megérthették a légkör alapvető energetikai összefüggéseit, s közben megismerhették egy fizikai modell fokozatos fejlődését.*

A Föld klimatikus változása aktuális témát szolgáltat a XXI. század elején a tudománynak. Érdemes ezt a témát és a hozzá kapcsolódó érdeklődést a fizikai megismerési folyamat egyik segítő eszközévé tenni. Vizsgálataimat a Németországban található hallei Georg-Cantor-Gymnasium-ban folytattam az ottani 10. évfolyamos diákok csillagászat órájának keretében.

Az ottani csillagászat órai tananyag elsősorban a csillagászati megfigyelésekre orientált ismereteket nyújt a diákoknak. Ezért hasznosnak tűnt a csillagászat óra keretein belül egy olyan jelenséget – a Föld klimatikus energiamérlegét – jobban megvizsgálni, melyből fakadó ismeretek akár más bolygók vizsgálatakor is hasznosak lehetnek. Kutatásomból kiderül, hogy a diákok alapismereteinek megfelelő használatával egyszerű, az energiamérleg egyensúlyán – energia-megmaradás elvén – alapuló megfelelő légköri modellek létrehozásával, majd azok folyamatos finomításával, középiskolai szinten is részleteiben vizsgálhatjuk meg a légkör alapvető fizikai működési rendszerét.

A tézishez kapcsolódó publikáció:[4]

## 5. Nyíltvégű feladatok konkrét oktatási alkalmazása

### *Hőtani fogalmak jobb megértését segítő nyíltvégű feladat alkalmazása*

*Bemutatom, hogy különböző gumik rugalmas alakváltozásaikor fellépő hőmérsékletváltozások infrakamerás vizsgálatával sikerült középiskolás diákok számára érthető és szemléletes modellt és mérési eljárást tovább fejlesztem és alkalmaznom különböző hőtani folyamatok megismertetéséhez. A módszer segítségével javíthatjuk azt a diákok számára gyakran hibásan kialakuló képet, hogy a hőtani jelenségek illetve fogalmak – mint pl. entrópia – kizárólag az ideális gázok viselkedésének leírására alkalmazhatók.*

A hőtan összetettsége és absztrakt mennyiségei miatt a normál oktatásban természetesen a legcélszerűbb modell, amin a hőtant hatékonyan tanítani lehet, az ideális gázok modellje. Tapasztalatom szerint azonban, a hőtan érvényességi köre még a tehetségesebb diákok számára is sok esetben csak az ideális gázokkal lejátszódó jelenségre korlátozódik. Ennek, a diákok gondolkozásában kialakuló leszűkítésnek az elkerüléséhez jelentett jó lehetőséget kutatásaimhoz az Ifjú Fizikusok Nemzetközi Versenyének (IYPT) egyik 2014-ben kitűzött feladata. A feladat egy felfűjt, majd gyorsan leeresztett léggömb hőmérsékletének változásával foglalkozott. Az említett jelenség vizsgálata és diákom általi mélyebb megértése okán szerzett tapasztalatom szerint kijelenthetem, hogy a diákok hőtanról alkotott képét, egy egyszerű gumiszalag segítségével is szemléletesen és könnyen érthetően javíthatjuk, szélesíthetjük. Az általam végrehajtott tanítási-tanulási folyamat különlegességét ez esetben a megoldási folyamat a résztvevő diákkal közösen – így rendkívül effektíven - kialakított lépései adták. A megfelelő modellalkotás természetesen ez esetben is lényeges szerepet játszott, s a fontos, ám nem kézzelfogható, nehezen mérhető mennyiségek esetén – mint pl. az



entrópia – is nagy segítséget jelentett. A megfelelő modell megválasztásával a középiskolai diákok számára is érthetően és helyesen írtuk le az entrópiával kapcsolatos hőtani folyamatok irányát és becsültük nagyságát gumiszalag megnyújtása és összehúzódnása esetén. Elméleti eredményeinket konkrét mérésekkel ellenőriztük.

### ***Számítógépes modellalkotás a hologramok középiskolai tárgyalásához***

***A Benton-féle szívárvány-hologramok egy speciális fajtája az ún. karcolt hologram. Bemutatom, hogy ez a könnyen elkészíthető hologram típus akár a fizikaórákon is hasznos és érdekes segítség lehet az optikai jelenségek tanításában. Két diákkal közösen kidolgoztam egy, a karcolt hologramok számítógépes tervezésén és megvalósításán alapuló módszert. Diákjaim aktívan, alkotó munkán keresztül ismerhették meg a hologramok működési elvét, számítógéppel modellezhették azokat, s készíthették el saját hologramjaikat. Tapasztalatom szerint, a hologramok érdekessége és újdonsága növeli a diákok motivációját, s az érdeklődő diákok könnyedén mélyülhetnek el a hologramok fizikájában, s szereznek új illetve mélyíthetik el már korábban szerzett hullámoptikai és geometriai optikai ismereteket – akár tanórai kereteken túl is.***

A 2014. évi IYPT hologramokkal foglalkozó feladat, melyben műanyaglapon kellett karcok segítségével hologramot létrehozni, mutatott rá arra, mennyire érdekes oktatási témát nyújtanak a hologramok. A hologramok elméletének megismeréséhez nagyon hasznos és érdekes, ha diákok saját maguk is készíthetnek ún. karcolt hologramokat. Mivel e hologramok készítése elég időigényes folyamat, ezért célszerű a készítendő hologramokat számítógép – pontosabban a GeoGebra program – segítségével előre megtervezni. Munkánk során a megfelelő számítógépes modell elkészítése után készültek el az igazi hologramok. Munkánk tapasztalatai alapján állítom, hogy karcolt hologramok készítése alkalmas a hologramok fizikájának középiskolai szakköri tanítására, valamint fejleszti a diákok azon képességét, hogy fizikai jelenségeket számítógéppel modellezenek.

A tézishez kapcsolódó publikációk:[5], [6], [8].

## **6. Nyíltvégű problémák a mindennapi fizikaoktatásban**

***A sikeres munkához vagy tanuláshoz érdeklődésre, kitartásra és szorgalomra is szükség van, s nem elég a puszta tehetség. Meggyőződésem, hogy fizikatanulás terén nem csak kivételes tehetségű diákokkal lehet szép eredményeket elérni. Megmutatom, hogy a***

*nyíltvégű problémák vizsgálata, az ezek vizsgálatán alapuló fizikaverseny, illetve egyszerűbb nyíltvégű problémák iskolai keretek közti alkalmazása, nem csak a legtehetségesebb, hanem bármely, a fizika iránt érdeklődő szorgalmas diák számára, produktív oktatási közeget és erős motivációt jelent a fizikai megismerési és alkotási folyamatban való eredményes részvételre.*

A jelen fizikatanításának kihívásaira adott egyik válasz lehet, hogy a fizika tanításának célját nem feladva, komoly hangsúlyt fektetünk a motiváló tanulási közeg kialakítására, és a tanuláshoz szükséges képességek fejlesztésére. Tapasztalataim azt mutatják, hogy motiváló tanulási közeget, és a tanuláshoz hasznos képességek fejlesztésére kiváló módszert jelent – például – az Ifjú Fizikusok Nemzetközi Versenyének nyíltvégű feladatainak vizsgálata, illetve a versenyre való felkészülési folyamat. Az említett versenyen már 1989 óta vesz részt Magyarország, hiszen több kolléga az ELTE Anyagfizikai Tanszékéről (korábban Általános Fizika Tanszék) már több évtizede felismerte a nyíltvégű feladatokon alapuló fizikatanítás hasznát és újító erejét. 2013 óta kollégáimmal közösen kidolgozott felkészítés-felkészülési program lényege, felhasználva az előttünk dolgozó kollégák által teremtett körülményeket és eredményeket, hogy a XXI. század kihívásaihoz igazodva, a diákok minél inkább képesek legyenek akár tanári segítség nélkül, önállóan vagy csoport tagjaként fizikai problémák vizsgálatára. Munkánk eredményeként sikerült elérni, hogy diákjaink képesek legyenek az iskolai közegen kívül is, új ismeretek felfedezésére illetve tesztelésére, és azok korábbi, már meglévő ismereteihez való szintetizálására.

A nyíltvégű problémák megoldása nem csak verseny, hanem tanórai keretek között is hasznos a fizikai megismerési folyamat bemutatására, tanítására. A versenyfelkészítés vagy iskolai munka során a fizikatanárnak egy újfajta tanári szerep jut, hiszen a kutatások során nem csak az általa már jól ismert tananyagot kell megtanítani a diákoknak. A klasszikus tanári szerepből kilépve, a nyíltvégű feladatok megismerése közben a fizikatanár is rendkívül sokat tanulhat a vizsgált jelenségek kapcsán. Az új eredményeket sokszor a diákjával együtt fedezi fel – legyen szó versenyfelkészítésről vagy akár alapórai munkáról. Tapasztalataim szerint kijelenthetem, hogy a diákok által önállóan végzett munkaszakaszok köszönhetően nem csak konkrét fizikai ismeretekkel gazdagodnak, de fejlődik megfigyelési és mérési készségük, és megtanulnak megfelelő – sok esetben saját – modelleket létrehozni, azokat elemezni és értékelni. Mindezen fizikatanítási szempontból fontos készség és képesség fejlesztése mellett, az elvégzett munkának köszönhetően sokat fejlődik a diákok vita és előadás készsége is. A verseny és alapórai problémák természetesen különböző mélységű és mennyiségű munkát

várnak el a diákoktól és a tanároktól, azonban mindkét esetben ugyanaz a nyitott, együttműködő és fizika iránti lelkes hozzáállás adja az eredményesség kulcsát.

A tézishez kapcsolódó publikáció:[5], [7].

## ÖSSZEFOGLALÁS

Munkám során több módon is próbáltam segíteni a diákok fizikai ismereteinek és modellalkotási képességének fejlődését, s eközben megteremteni a megfelelő feltételeket ahhoz, hogy az érdeklődő diákokban természetes módon meglévő belső hajtóerő a jó irányba vigye őket.

A munkám eredményét és értelmét természetesen a diákjaim eredményein és munkáján keresztül lehet igazán lemérni. A régebben végzett, ma már mérnökként vagy fizikusként dolgozó diákjaimmal való beszélgetésekből kiderül, hogy közülük többen nyúlnak a dimenzióanalízishez olyan pillanatokban, amikor nem látszik a megoldáshoz vezető út. Az Ifjú Fizikusok Nemzetközi Versenyébe fektetett munkám valódi eredménye, a diákoknak adott rengeteg tapasztalaton és új szakmai tudáson túl talán az, hogy rengeteg erőt ad a további tanári munkához. Ha a versenyben résztvevő diákok munkáinak eredményeit olvashatom egy szaklapban, láthatom diákjaimat önállóan dolgozni, vagy, hogy milyen élvezettel vetik magukat a fizika világába, segítséget ad a tanárként töltött hétköznapi kihívásainak leküzdésében.

## PUBLIKÁCIÓK

- 1) *Hömöstre* M.: Dimenzióanalízis és modellek, in: Fizikatanítás – tartalmasan és érdekesen – Konferencia kiadvány, ELTE Fizika Doktori Iskola, szerk. Juhász A., Tél T., ELTE TTK Budapest 2009 p.281-286
- 2) *Hömöstre* M.: Similarity and Dimensional Analysis in High School, Physics Competitions Vol 13, No 1 2011 p.20-28
- 3) *Hömöstre* M.: Klasszikusan a modern fizikában, in: Természettudomány tanítása – korszerűen és vonzóan, Konferencia kiadvány, ELTE Fizika Doktori Iskola, szerk. Juhász A., Tél T., ELTE TTK, Budapest 2011 p.295-300
- 4) *Hömöstre* M.: Feketetest sugárzás és alkalmazásai – Fizikai Szemle 2014/7-8. p. 262-267

- 5) *Pham Thi L.<sup>1</sup>, Beregi Á.<sup>1</sup>, Laukó A.<sup>1</sup>, Béda Á.<sup>1</sup>, Nagy P.<sup>1</sup>, Ispanovity P. D., Jenei P., Hömöstreit M.*: Ifjú fizikusok nemzetközi versenye magyar szemmel – Fizikai Szemle 2014/12 p. 430-435
- 6) *D'Intino E. Á.<sup>1</sup>, Phanm Thi L.<sup>1</sup>, Hömöstreit M.*: Karcolt hologram – Fizikai Szemle 2015/3 p.101-108
- 7) *Beregi Á., Hömöstreit M.*: International Conference of Teaching Physics Innovately 2015, szerk. Juhász A., Tél T., ELTE TTK Budapest 2016.
- 8) *D'Intino E. Á.<sup>1</sup>, Phanm Thi L.<sup>1</sup>, Hömöstreit M.*: Designe and create your own hologram. in: Proceedings of the 20th International Conference on Multimedia in Physics Teaching and Learning, Konferencia kiadvány, szerk.: Lars-Jochen Thoms and Raimund Girwidz, München, 2015, p.143-150

<sup>1</sup> Mindannyian diákok.