

**A FIZIKA „ELHANYAGOLT” RÉSZEI AZ
OKTATÁSBAN, TEHETSÉGGONDOZÁS A
KÖZÉPISKOLÁBAN**

Lendvai Dorottya

Témavezető: Dr. Tél Tamás emeritusz professzor



**Eötvös Loránd Tudományegyetem
Természettudományi Kar**

Fizika Doktori Iskola

Vezető: Dr. Gubicza Jenő egyetemi tanár

Fizika Tanítása Doktori Program

Vezető: Dr. Nguyen Quang Chinh egyetemi tanár

2023

DOI: 10.15476/ELTE.2023.030

BEVEZETÉS

A mai rohamosan fejlődő világban és egyre nehezebb oktatási helyzetben – különös tekintettel a fizika tanítására – nagyon fontosnak tartom a diákok kreatív módon való, korszerű pedagógiai eszközökkel történő motiválását, tehetséggondozását. Ennek jegyében igyekszem végezni a fizika tanári munkámat is. Szerencsés helyzetben vagyok, mert – mióta 2009-ben diplomát szereztem matematika-fizika szakos tanárként – lehetőségem volt 13 éven át egy tehetséggondozó iskolában – a budapesti Berzsenyi Dániel Gimnáziumban – tanítani. Az iskolában 6 és 4 évfolyamos osztályok vannak. Előbbi matematika tagozatos (teljes osztály), utóbbi fizika és biológia-kémia (fél-fél csoportok), humán illetve nyelvi tagozatos osztályok. Ebből kifolyólag elég sokrétű és változatos a „diákanyag”, valamint az ő fizikához való hozzáállásuk, az azzal kapcsolatos érdeklődésük és céljaik. Doktori munkámban előtérbe helyezem a fizika, matematika és biológia-kémia tagozatos csoportjaimat, ahol a tehetséggondozás fizikából különösen fontos és jó terepet is ad.

Tézisfüzetem egy olyan „színes csokornak” tekinthető, amely egy-egy hosszabb iskolai projekt munka folyamatát, eredményét és hosszútávon is sokrétű eredményességét mutatja be. Ebben a „színes csokorban” olyan kutatási témákat sorakoztatok fel, amelyek kellőképpen változatosak: eltérőek módszertanilag, témakörben, avagy a foglalkoztatott korosztályban. Ezen projektek mindegyikét tanulókkal végeztem.

Talán külön magyarázatot érdemel az „elhanyagolt” szó a doktori munkám címében. A szó maga a tézisek témáinak kiválaszt(ód)ására utal. A projektek ugyan eltérő okokból készülhettek, de ami közös bennük, hogy mind olyan témakört érintenek, amelyek a hétköznapi fizika órák anyagába nem igazán férnének bele azok „különc” (a fizikaoktatásban nem jellemző) tartalmi és/vagy módszertani jellege, szakmai nehézsége, bonyolultsága, avagy időigényessége miatt. Ezen túlmenően mind tartalmazznak valamiféle szakmai, pedagógiai újdonságot is, amelyek elősegítik a diákok felkészültségét akár a hétköznapi életre, akár reálirányú továbbtanulásaik során, valamint később a munkájukban előforduló helyzetekre, feladatokra egyaránt.

Nekünk tanároknak is állandó kihívás (és fejlődési lehetőség) az aktuális (diákok számára is érdekes) témákkal, módszertani lehetőségekkel folyamatosan lépést tartani és tovább adni ezen tudást, tudni vágyást, vizsgálati módszereket és szemléletet a következő generációknak is. Jelen oktatási helyzetben erre igen kevés időnk és lehetőségünk adatik meg, mégis megmutatom, hogy több ízben is hasznosnak bizonyul elkalandozni új (a hivatalos

tematikában nem szereplő, sokszor a „kötelező” tananyagon túlmutató) témakörökben, mély értést és a későbbiekben is bőséggel kamatoztatható módszereket elsajátítani. Néhány konkrét példán át mutatom be ennek lehetőségeit. Úgy tűnik, ezen – a középiskolai fizika tananyagot tekintve ismeretlen területeket súroló – projekt alapú munkaformáknak igen sokrétű (nem is kizárólag szakmai) hozománya van a diákság számára.

A választott témák többsége egy az iskolában 2011 óta minden évben megrendezésre kerülő fizikatábori projektmunkához köthető, de van, amelyik egy a doktori iskolában elvégzett tárgyam vizsgamunkája nyomán készült el, avagy éppen „szerelemből”, egyéb irányú érdeklődésből.

Doktori dolgozatom zárásaként külön tézisként jelenik meg a teljes fizika munkaközösséggel évről évre megszervezett és már említett fizikatábor (programjai, jellege, lebonyolításának módja és minden fontos körülménye) rövid összefoglalóval, nagy hangsúlyt fektetve és kiemelve az elmúlt évek során végzett saját fejlesztéseimre egy lehetséges pedagógiai projekttervezeten keresztül.

TÉZISEK

1. Pendulumhullám – különböző korosztályok közös projektje

Megmutattam, hogy a pendulumhullám jelenségének megismerése jól használható a mechanikai rezgések és hullámok témakörei tanításának színesítésére (bármely osztálytípusban), valamint komolyabb vizsgálata (az említett tagozatokon) a látvány mellett a matematikai háttérének elmélyítésére, a bemutatására készített eszköz illetve szimuláció pedig a precíz „barkácsoló” illetve informatikai tudásuk gyarapítása mellett a különböző korosztályok tartalmas együttműködésére.

A pendulumhullám tetszőleges számú ingából álló ingasor, amelyben az ingák hosszát megfelelő matematikai összefüggés szerint választva, az ingák különleges alakzatokat vehetnek fel. Legfőbb kérdésünk, hogy vajon milyen legyen az elrendezés módja? Vagyis milyen hosszúak legyenek a kötelek, hogy az ingákat egyszerre kitérítve, majd elengedve, azok valóban „szép” alakzatokat mutassanak?

Rámutattam, hogy a jelenség vizsgálata ezen projekt révén jól kiegészíti és bővíti a harmonikus rezgőmozgás, ezen belül is az ingamozgás témakörét (szűkebb és tágabb

értelemben vett periódusidő, frekvencia kötélhosszfüggése), annak matematikai közelítéssel kapott jellegét, valamint ezen látványos mozgás kialakulásának kevésbé egyértelmű „logikai” háttérét. Egyszerre hasznosítható mind a fizikai, mind a matematikai vonatkozásaiban, nem mellékesen megemlítve az elkészült program informatikai háttérét is, amely későbbi feladatok megoldhatósága és prezentálhatósága kapcsán is alkalmazható tudást szolgáltatott készítőként és szemlélőként egyaránt.

Az iskolánk legfiatalabb és legidősebb két korosztálya közös munkában találkozott, rengeteget fejlesztve ezzel mindhárom korcsoportot (beleértve magamat is). A nagyobbak számára nem túl bonyolult, a kisebbek számára éppen emészthető, viszont mindenki számára meglepő fizikai és matematikai háttér tisztázása után a kisebbek (8. osztály, matematika tagozat) elkészítették az eszközt, majd a nagyobbak (12. osztály, matematika tagozat) az ehhez kapcsolódó pontosabb vizsgálatot elősegítendő számítógépes szimulációt. A diákok a folyamatos konzultációk közben az eredeti tervet jócskán meghaladva számtalan saját ötlettel is gazdagították a projektmunkát. Többek között a szimulációjuk segítségével több, a realiztikustól eltávolodó, szélsőséges, a matematikai közelítések érvényességi területén kívül eső jelenségbe is betekintést nyerhetünk. Ezzel a normál osztályokban is módot adhatunk arra, hogy felismerjék és szó szerint láthassák a fizikai / matematikai közelítések lényegét és határait anélkül, hogy ehhez bonyolultabb számításokba bonyolódnának velük.

A tézishoz kapcsolódó publikációk: [1], [2]

2. Fertőzésterjedés gyümölcsökertben – egy eddig ismeretlen, újszerű terület a fizikaoktatásban

Egy fertőzés gyümölcsökertben való terjedésének modellezésének tárgyalását *Néda Zoltán* a *Fizika Tanítása Program* keretében „*Kooperatív jelenségek és interdiszciplináris vonások*” címmel tartott előadássorozatához kapcsolódó projektfeladat inspirálta. A téma alkalmasnak bizonyult a fizika egy a középiskolai tananyagban kevésbé előforduló ágazatának, a statisztikus fizikának, valamint egy „újszerű” szemlélet bemutatására, ahol a szokásostól eltérően nem tudunk minden kérdést kielégítő matematikai levezetést produkálni, így az informatikában is jártas diákjaimmal ismét a számítógép segítségét vettük igénybe. Megmutattam, hogyan építhető be a középiskolai fizikaoktatásba egy

ilyen bonyolult jelenség hatékony értelmezhetősége akár a normál tantervű osztályokban is egy „egyszerű” számítógépes modell segítségével.

A feladat rövid ismertetése: Egy adott méretű gyümölcsöskertben egyenletesen, valamilyen sűrűséggel gyümölcsfák helyezkednek el. Járvány tör ki. Kezdetben a gyümölcsfák valamekkora valószínűséggel betegek. Ha egy betegség valamelyik fánál felüti fejét, akkor az véletlenszerűen átterjedhet a kertben lévő többi fára, amely valószínűségének értéke (a legegyszerűbb esetet véve) lineárisan csökken az adott beteg fától való távolság növekedésével. Továbbá feltettük, hogy minden egyes megbetegedett fa egy bizonyos ideig valamekkora valószínűséggel meg is gyógyulhat, ezzel egyben immunissá is válik a fertőzéssel szemben. Ha egy megbetegedett fa a megadott idő alatt nem tudott meggyógyulni, akkor sajnos elpusztul és nem terem több gyümölcsöt. Vizsgálatunk tárgya a betegség elterjedése bizonyos paraméterek függvényében. Kérdésünk: Legfeljebb hány fát érdemes elültetni az adott területre anélkül, hogy egy járvány túlságosan könnyen elterjedjen a kertben?

A probléma tanulmányozása módot ad a statisztikus fizika klasszikus mechanikától lényegesen különböző, középiskolai tanulmányainkban igen meglepő, „különc” vonásainak bemutatására. A feladat eredeti KÖMAL verziójában nem volt túl konkrét, így már a feladat precíz, helyes és megoldható megfogalmazása is komoly kihívások elé állította a csapatot. Több szempontot is figyelembe véve jócskán átalakítottuk és kiegészítettük, alkalmat adva ezzel a járványterjedés mértékének jellemzésére szolgáló ún. *rendparaméter* fogalmának megismerésére, amely a középiskolai tanulmányokból (többségében) kimarad.

A modell bemutatása jól használható a fázisátalakulásokról tanultak átismétlésére, a kritikus pont körüli viselkedés és annak rendparaméterének megbeszélésére. Ugyanakkor alkalmat ad több hasonló, meglepő és izgalmas jelenség felvillantására, mint a pletykaterjedés, csordák vonulása, kelet-ázsiai tűzlegyek (szentjánosbogarak) villogásának szinkronizációja, vastaps kialakulása, idegsejtek működése, kémiai reakciók modellezése, szociológiai rendszerek (pl. pánikhelyzet), földrengés, pénzügyi helyzetek vizsgálata stb. Állítom, hogy ezen jelenségekkel (mélységtől függően) tetszőleges diák fizika iránti érdeklődése felkelthető. Ezek olyan területek, amelyek egyelőre nem mondhatók szokványosnak a fizikaoktatásban, mégis extrémításukkal lehetőséget kínálnak más tudományterületekkel való összefonódás felismerésére és tágabb fizikai gondolkodás kialakítására.

A projekt két speciális matematika tantervű végzős diák programozó tudását hasznosító közös munkaként kezdődött, végül évekkel később egy abszolút közös, egyenrangú, kollegiális viszonyban zárult. Informatika szaktanárral is egyeztetve kialakítottuk ezen probléma vizsgálatához annak tehetséges középiskolások szintjén való leprogramozhatóságát. A

szükséges Monte Carlo típusú számítógép szimuláció minden részletét diákjaim írták, mind külsőben mind technikában ismét jócskán meghaladva az eredeti kívánalmakat. A paraméterek igen sokrétű változtatásával futtatható látványos szimuláció mellé kiértékelő program is készült. A kicsit sem könnyű „feladat-megfogalmazás” valamint az informatikai kihívásokon túl a modell szépsége, hogy a program révén kiderül, hogy a rendparaméter a (tagozatos) tananyagban is megjelenő mágneses anyagok témaköréhez kapcsolódó fázisátalakulásokhoz hasonló átmenetet produkál. Egy-két érdekes mennyiséget analitikus számításokkal is igazolni tudtunk. Ezen témák részletezése már főként a tehetséggondozásban kerülhetnek elő. A programozásban újonnan tanultak később más területeken is hasznosíthatónak bizonyultak.

A tézishez kapcsolódó publikációk: [3]

3. Szélcsatorna építése – középiskolásokkal

Rámutattam, hogy a nem olyan régen még az érettségi követelményekből is (indokolatlanul) kihagyott, hétköznapi életben mégis oly fontos aerodinamikai jelenségek demonstrációs eszközöként sikeresnek bizonyult szélcsatorna diákokkal (saját szabadidőnkben, nyári iskolaszünetben) történő megtervezése és megépítése a fizikatanítás fontos eszközévé válhat. Nemcsak mint kísérleti berendezés válik hasznossá, a projekt tervezési lépései legalább annyi pozitív hozadékkal jártak.

A szélcsatornát különböző áramlási jelenségek vizsgálatára terveztük, mindenféle extra felszereltséggel: a lamináris áramlást biztosító szívószálakhoz rézcsöveken át parti füstgép csatlakozik, a jobb megvilágítás érdekében LED-lámpasor, a mérésekhez szélességmérő lett beépítve. A szélcsatorna alkalmas: különböző alakú, az áramlási térben rögzíthető testeket körül áramló közeg okozta áramlási kép (áramvonalasság és örvények) vizsgálatára; egy hungarocellből lézervágással készült szárnyprofil (felhajtóerő hatására történő kötőtűkön függőleges mozgásirányú) emelkedtetésére; alaki tényező mérésére; egy házmodell tetejének áramló közeg okozta (Bernoulli-törvényen alapuló) megemelése; rugóval csatlakoztatott kisautóra ható széllel szembeni közegellenállásának vizsgálatára; stb.

Megmutattam, hogy egy a középiskolákban nem mindennapi kísérleti eszközt elő lehet állítani nem túl nagy összegekből, tehetséges és kreatív diákokkal, miközben melléktermékként rengeteg dolgot megtanulnak, úgymint tervezés, csapatmunka, beszerzés, precíz vágások,

forrasztás, festés, kreatív technikai megoldások, anyagiak figyelembevétele stb. Több esetben bebizonyosodott, hogy jó előzménye volt a hasonló kvalitásokat igénylő (akár nemzetközi) versenyekhez a nyári kis magánprojektünk, alátámasztva ezzel az ilyesfajta munkáink hasznosságát.

4. Hídfizikai modellek – középiskolai megközelíthetősége

Bemutatom, hogy a – mélységeit megismerve egyetemi oktatók és gyakorlati kivitelezők által is „nagyon sokrétű, összetett és bonyolult”-ként emlegetett – hídépítés rejtelmait milyen egyszerűbb, lecsupaszított modelleken át lehet feltérképezni (a teljesség igénye nélkül egy-egy konkrét esetet és részletet kiragadva) szakköri keretek között. Célul tűztem ki, hogy mind kvalitatív, mind kvantitatív eredményeket felmutassunk.

A felkutatott elméleti háttérinformációk alapján mélyebben végül a rácsos hidak szerkezeti felépítését tanulmányoztuk elméleti úton: az egyes elemekben ébredő erőhatásokat vizsgáltuk a híd saját súlya alatti terhelése során. A kialakult erőhatások nagyságszerinti sorrendje és szimmetriája is érdekes eredményeket mutat. A módszer elsajátítása lényegében tetszőleges hasonló, mégis más elrendezésű hídszerkezetekre vagy egyéb építkezési témában is hasznosítható.

Majd egy a Quantum c. angolnyelvű folyóiratban megjelent cikk alapján a szinte láthatatlan erővel megtartott, levegőben lebegő építészeti csodák, az ún. függőhidak esetén meghatároztuk, hogy az egyenletes távolságokban vékony acélkötelekkel felfüggesztett híd tartóköteleinek felső végei milyen alakú görbére kell illeszkedjenek, ha azt szeretnénk elérni, hogy a(z egyéb testekkel: autó, gyalogos) „terheletlen” híd minden egyes feszítőkötele azonos mértékben legyen terhelve pusztán a híd saját súlyának hatására. A folyóiratban is megtalálható matematikai számítások mellett a kapott eredményeket kísérletileg is igazolni tudtuk egy egyszerű hídmodellbe beépített, Arduino-vezérelt erőmérő cellák segítségével.

Ezenkívül egy másfajta, de az előbbihez nagyon hasonló erőmérő cellával megvizsgáltuk egy a két végén alátámasztott (egyszerű, homogén deszkából álló) híd különböző tömegű és sebességű mozgó kocsikkal (LEGO robotokkal) történő terhelését. Először elméleti úton megadtuk, majd méréssel igazoltuk az alátámasztásoknál ébredő erőket az idő függvényében. Az adatsorokból grafikonábrázoláshoz és függvényillesztéshez használt programot is (önszorgalomból és kíváncsiságból) az egyik diák írta.

Az érintett témák lehetőséget adnak a középiskolai fizikatanulmányok érdekes kiegészítéseként az egyensúly, erők vektori felbontása/összegzése, forgatónyomaték, grafikonábrázolás, matematikai készségek (sorozatok, bonyolultabb függvények, elemzés) hasznos gyakorlati alkalmazhatóságának bemutatására is.

5. A zongorahangolás Bermuda-háromszöge – avagy miért nem tanítunk a hangolásról bővebben is a középiskolákban?

A válasz nagyon egyszerű: Mert rendkívül bonyolult tud lenni!

Külön kihívást jelentett az akusztika olyan részét és mélységét megtalálni, amely lehetőleg emészthető középiskolai szinten is. Végül elértem, hogy összeálljon egy olyan kép a diákjaimban, és elkészült egy olyan projektmunka, amely valóban egységet alkot, kellőképpen részletes, de még éppen feldolgozható (akár a zene iránt érdeklődő, normál tantervű csoportokban is). A hangolástan fizikájába ástuk bele magunkat. Bemutatom annak fizikai alapfogalmakon nyugvó, egy lehetséges történeti áttekinthetőségét, hogyan és milyen fizikai avagy egyéb okokból alakultak ki az egykori és mai hangolási formák, kitérve arra, hogy ennek milyen előnyei/hátrányai, illetve nehézségeik voltak/vannak.

A „Bermuda-háromszög” kifejezés nagyon találó, miszerint a hangolás alappilléreit (a háromszög csúcsait) képezik a tisztaság – a kiegyenlített hangolás – és az inharmonicitás, amelynek szépsége, hogy ha az egyik „működik”, akkor a másik biztosan nem, úgymond „lerontják” egymást. Egy hangoló feladata, megtalálni valahol az arany középutat ebben a Bermuda-háromszögben, mi pedig megpróbálkoztunk ugyanezzel a saját „fizikatanítási-háromszögünkben”.

A folyamatos visszajelzéseket lesve talán megtaláltam a határt ezen témakörnek diákok általi befogadóképességét illetően. Megalkottuk a témának egy olyan felépítését, amely végül összhangot teremt az előzetes tanulmányaink, kutatás, előadás és konzultációk során kapott rengeteg információ között. Némi előzetes alap fizikai háttértudás ismertetését követően kronológiai sorrendben végig haladtunk a hangolás történetén, ami rengeteg érdekességet tartogatott.

A magyarázatokhoz a zongorát – mint mindkét végén zárt húrral rendelkező hangszer – vettük alapul, mivel ennek billentyűzetét sokan ismerik, így ezen keresztül, ábrák segítségével történt a magyarázatok jó része. A felépítés során érintett fogalmak jól illeszkednek a középiskolai tanulmányokhoz: rezgés, rezonancia, lebegés, hullámok, állóhullámok,

felhangrendszerek. Valamint kiegészítik azokat a követelményrendszerben csak érintőlegesen szereplő témakörökkel, úgymint hangközök („összeadása-kivonása”), hangsorok, hangolástípusok (tisza hangközök, diatonikus skála, pitagoraszi hangolás és egyéb történelmi temperatúrák, kromatikus hangsor, jóltemperált hangolás, egyenletesen temperált / kiegyenlített hangolás), pitagoraszi komma, farkaskvint, az egyenletes és a pitagoraszi hangolás összehasonlítása Lissajous-módra, „problémák kiküszöbölése”, tisztaság, inharmonicitás / felhangeltolódás stb.

Az egyik legnagyobb nehézséget a zenei háttértudás (hiánya) jelentette. Egyik fő feladatomnak tekintetem, hogy ez a fajta feldolgozás lehetőséget adjon ezen témakör könnyed megértésére anélkül, hogy mélyebb szolfézs ismereteket igényelne és belebonyolódna a zenei jelölésekbe és szakkifejezésekbe. Erre megfelelő módszertani lehetőségeket fejlesztettem ki. Örömteli, amikor a zenei világ még érthetőbbé válik a fizika által... és fordítva.

6. Fizikatábori projektjeim pedagógiai- és szakmai munkatervszövege

Röviden összefoglalom a Berzsényi Dániel Gimnázium fizikatáborának felépítését, amely háttérrel biztosított a nagyjából egy évtized alatt összegyűlt, diákokkal megvalósított projektjeimnek. Tapasztalataimból építkezve az általam kidolgozott módszer alkalmasnak bizonyul nagyobb projektmunkák (sok apró részletére kiterjedő) lebonyolítására, amelyet bárki szabadon felhasználhat hasonló diákfeladatokhoz.

Lehetőséget mutatok be a saját tapasztalataimon és projektjeimen keresztül, hogyan lehet egy nagyon motiváló és hosszútávon is kamatoztatható tudást és élményt adó, szinte a teljes tanévet felölelő programot véghez vinni. Egy projekt három fő részből áll. Egy hosszabb előzetes felkészülésből: ötletelés, témaválasztás, időbeosztás-készítés, kutatás, anyaggyűjtés, megértés, számolás, mérés, kivitelezés, eszközök/programok/bemutatók elkészítése, előadásra való felkészülés; majd a projektek nagyközönség előtti bemutatásából; végül az értékelés-összefoglalás folyamatából. Mindhárom folyamathoz szabadon és a saját csoportunkhoz illeszkedően könnyedén átalakítható, előre elkészített anyagokat osztok meg: időbeosztási táblázat, technikai információk: „prezentációkészítés szabályai”, „hogyan építsünk fel és tartsunk előadást”, értékelő lapok stb. Ezenkívül mellékelek egy táblázatot témaötletekkel, ajánlott korosztály-megjelöléssel, forrásokkal és elkészült diákanyagokkal a korábbi évek során elkészített tábori munkáimból.

A projekteknek nincsen előre kötött formája. Lehet ez egy vagy több kísérlet, mérés, kiértékelés bemutatása, kísérleti eszköz építése, számítógépes szimuláció vagy mérőprogram használata avagy elkészítése; elméleti, számítási, avagy akár történeti leírásokkal tarkítva.

Egy témaválasztástól független – ámbár néhol mégis konkrét, egy adott témához megfelelően illesztendő, opcionális példákat is tartalmazó –, fiktív projekten keresztül részletesen kidolgozva is bemutatom tapasztalati eredményeimet, amelyet ilyen formában bátran tudok ajánlani a közoktatás bármely szintjén. A kollégák hasonló keretek között sikeresen alkalmazhatják.

Pedagógusként fontosnak tartom tudatosan és hatékonyan felkészíteni a diákokat nem csak szakmailag, hanem előadóként is. Gondolva itt olyanok apróságokra, mint hogy egy gyermek legtöbbször nem tudja, milyen 50 ember előtt kint állni a pulpituson. Érdekes előre „forgatókönyvet” írni, ki-mikor-miről beszél, hol áll (nem a táblaképet/kísérletet eltakarva), hogyan mutat be kísérletet, folyamatosan fenntartani a közönség figyelmét; hogyan kommunikál, szakmailag átgondoltan leírni majd lektorálni a saját mondanivalójukat; gyakorolni érdemes az osztálytársak, tanárok, otthon szülők előtt. Az igényes munkához szintén hozzátartoznak a bemutató-készítés vívmányai (képletszerkesztő használata, grafikonok, színek, feliratok), ami a kisebbek számára mindenképp, de sokszor a nagyobbak számára éppúgy kihívás, akár csak a „beleérző képesség” egy-egy felépítés során: „mennyire érthető azok számára, akik az adott jelenségről először hallanak”. Ezeket tapasztalat hiányában sokszor nagyon nehezen érzékelik.

A diákok a fizikai tartalmakhoz szorosan kötődően matematikai és informatikai készségeket, kísérletezési és mérési módszereket is elsajátítanak. A tantárgyhoz köthető ismereteken túl pedig együttműködést, időbeosztást, szertárismeretet és rendet, precizitást, igényességet, háttéranyagok gyűjtése során idegennyelvi ismereteket, a csoportmunkához elengedhetetlen egymáshoz való alkalmazkodást, toleranciát, egymás tanítása által segítőkészséget, önálló kutatómunkát, anyagbeszerzői-készségeket, kezűgyességet, a barkácsolás mindenféle formáját, kreativitást, problémamegoldást is tanulnak.

Egyes – diákokkal közösen készített – munkáim részben vagy egészében végül akár más környezetben (évfolyam-bemutatókon, külföldi illetve magyar konferenciákon, poszterbemutatókon, cikkekben, versenyeken, fizikaszerzési alkalmazásban, szakórákon) is „hasznosításra” kerülnek.

Bátran ajánlom mindenkinek a kipróbálását, egy hasonló, saját arculatra formált program megvalósítását. A nem tagozatos jellegű, vagy akár kisebb fizikatanári létszámú

iskolák is megtalálhatják céljaikat, motivációjukat, saját módszereiket, feladatstílusukat és témáikat a diákjaik számára.

A tézishoz kapcsolódó publikációk: [4], [1], [2]

ÖSSZEFOGLALÁS – EREDMÉNYEK és TAPASZTALATOK, CÉLKITŰZÉSEK és TOVÁBBI TERVEK

Doktori munkámmal létrehoztam egy olyan projektmunkákon alapuló színes csokrot a fizika középiskolákban elhanyagolt izgalmas témáiból, amely rengeteg ötlettel szolgálhat a diákok sokrétű fejlődésének elősegítését illetően. Érték ezalatt nem csak szakmai (fizikai, matematikai és informatikai) területeken alkalmazható tudást; hanem a mindennapi életük megkönnyítésére irányuló, illetve személyiségfejlődésüket szolgáló kompetenciákat is.

Tapasztalatom, hogy bármilyen érdeklődésű gyermek motiválható jól kitalált és strukturált egyéni vagy csoportos projektfeladatokkal. Meg kell találni mindenkinek a témában, műfajban, szintben hozzá illeszkedő feladatokat, amivel színesíthetjük óráinkat, látókörüket, és egyben saját látókörünket is. Sok ötlettel gazdagított ebben mind maga a doktori képzés, mind az ennek nyomán megismert kollégákkal kialakult kapcsolataim.

Szeretném a továbbiakban is folytatni a hasonló projekteket, nem csak a fizikatáborban és nem csak a reáلتagozatosokkal. Fontosnak tartom a normál osztályok (az iskolánkban konkrétan a humán és nyelvi tagozatosok) érdekeit is szem előtt tartani, fizika iránti kíváncsiságukat a szintjüknek és érdeklődésüknek megfelelő témákkal, projektekkel fenntartani. Ugyan a doktori munkámban ezek nem igazán kaptak helyet, ezt eddig is megtettem, viszont sokkal gyengébbnek érzem az ez irányú képességeimet, van mit fejlődnöm nekem is, hogy ezáltal fejlődhessenek tanítványaim is.

Természetesen szeretném folytatni a szakmailag és pedagógiailag szintén kihívásokkal teli kreatív munkát a fizikából tehetségesebb diákokkal is. A diákjaim és saját szakmai fejlődésemnek is ez egy nagyon fontos terepe. A rengeteg többletmunka ellenére, visszajelzéseik alapján, igazán megéri. Már csak koromnál fogva is tudom és hiszem, hogy rengeteg tanulnivalóm és tanítani valóm van még ezen a pályán, és amíg ilyen diákok és kollégák vesznek körül, és amíg a rendszer engedi, lesz is rá lehetőségem.

TÉZISEKHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

1. Lendvai Dorottya, Czövek Márton, Forrás Bence: Pendulumhullám, avagy szerelem első látásra. Fizikai Szemle 2015/5. 171–177

<https://berzsenyi.hu/Lendvai/Pendulumhullam/Pendulumhullam.html>

2. Dorottya Lendvai, Márton Czövek: Pendulum wave or love at first sight. Conference: Teaching Physics Innovatively (TPI-15, p. 275-280), Budapest

http://parrise.elte.hu/tpi-15/papers/LendvaiD_p.pdf

3. Lendvai Dorottya, Czövek Márton, Forrás Bence: Beteges kertecske. Fizikai Szemle 2019/10. 352–357

<https://berzsenyi.hu/Lendvai/Betegeskertecske/betegeskertecske.html>

4. Baranyai Klára, Lendvai Dorottya, Csernovszky Zoltán, Izsa Éva, Csonka Dorottya, Gál Györgyné, Vidra Ágnes, Virág Miklós, Varga György: Tehetséggondozás a budapesti Berzsenyi Dániel Gimnázium fizikatáborában. Fizikai Szemle 2021/4. 135-140

TÉZISEKHEZ KAPCSOLÓDÓ ELŐADÁSOK

I. Dorottya Lendvai, Márton Czövek, Márton Vavrik: Pendulum wave or love at first sight. Conference: Teaching Physics Innovatively, 2015 (TPI-15)

II. Lendvai Dorottya: Beteges Kertecske, Erdélyi Magyar Fizikatanári Ankét, 2018