

DOKTORI ÉRTKEZÉS TÉZISEI

Nemlineáris jelenségek vizsgálata diákköri-szakköri munkában

Jaloveczki József

Témavezető: Dr. Tél Tamás egyetemi tanár

**Eötvös Loránd Tudományegyetem
Természettudományi Kar**

**Fizika Doktori Iskola
Vezető: Dr. Palla László**

**Fizika Tanítása Doktori Program
Vezető: Dr. Tél Tamás**



2014

Bevezetés

A reál és műszaki tudományok – különösen a kémia és fizika – társadalmi megbecsültsége a XXI. század első évtizedére mélypontra jutott. Sajátos ellentmondás, hogy eközben a műszaki-tudományos fejlődés a rohamosan gyorsul, mindennapi életünkben egyre fontosabb szerepet kap a számítógép, az automatizált gépek, az elektronika. Ezt a technikát csak olyan nemzedék tudja felelősséggel használni, és továbbfejleszteni, amely maga is fogékony a dolgok működésének megismerésére. A reáltantárgyak iránti érdeklődés azonban az iskolákban is lecsökkent. A középiskolai fizikaoktatásban egyre kevesebb idő jut kísérletre, és ezzel összefüggésben a jelenségek mély megértésére is. A paradox helyzetben a reáltantárgyak tanárainak fontos feladata, hogy keressék az új módszereket, témákat, amik az általános- és középiskolás diákok figyelmét a természettudományos és műszaki tárgyak irányába terelhetik. Kisiskolás korban a jelenségek, a kísérletek a tanulók többségét érdeklik. A gimnáziumban a diákok spontán informatikai, digitális érdeklődése jelenthet segítséget, amin keresztül figyelmüket a fizikai mérések, a mérések értelmezése, és ezeken keresztül a természet jelenségeinek alaposabb megértése felé irányíthatjuk.

Doktori dolgozatomban annak a pedagógiai kutató-fejlesztő munkának tapasztalatairól és eredményeiről számolok be, amelyet a bajai Szent László Általános Művelődési Központ fizikatanáráként közel tíz éve folyamatosan végzek a tanulók fizika iránti érdeklődésének felkeltése, illetve az érdeklődő diákok tehetséggondozása területén. A bajai Szent László Általános Művelődési Központ általános iskolai és gimnáziumi tagozatán a kötelező órakereten túl szakköri foglalkozásokon, illetve a felsősök számára, szervezett önképzőkör keretei közt, biztosítjuk a nem is kevés érdeklődő tanuló szaktárgyi ismereteinek és fizikai szemléletének fejlődését. Az alsóbb évesek heti kétórás fizikaszakkörének elsődleges célja a fizika megszerettetése kísérleteken, jelenségeken keresztül. A kisdíákok motiválásában fontos tényező, hogy a legjobbakkal kísérleteikkel regionális vagy országos versenyeken vehetnek részt, illetve „szerepelhetnek” az iskola által évente szervezett, fizikát népszerűsítő kísérleti bemutatón. Ez utóbbin nem csak a diáktársak, de a szülők, barátok, ismerősök, minden bajai érdeklődő részt vehet. (A rendezvény népszerűsége évről évre nő, így a részvétel egyre nagyobb motivációt jelent a „szereplőknek”.) A szakkörön eredményes, versenyeken bizonyított diákok többsége a 10. évfolyamtól a Mandelbrot Tudományos Diákkör keretei közt végezhet az iskolai tananyagon lényegesen túlmutató kutatómunkát [12]. (Ebbe az önképzőkörbe a szakköri munkától függetlenül is jelentkezhetnek érdeklődő felsőbb éves

diákok (10-13.évfolyam) akár más iskolákból is.) Az iskolánkban 1999 őszén megalakult tudományos diákkör szoros kapcsolatban áll a Kutató Diákok Országos Szövetségével. A diákkörben az iskolai fizikatananyagban nem szereplő nemlineáris jelenségek vizsgálatára összpontosítunk, ezen belül a fraktálok és a kaotikus jelenségek kísérleti vizsgálata és az eredmények számítógépes modellezése áll a középpontban. A foglalkozásokon (heti egy alkalom, 4 óra) a matematika és az informatika hatékony felhasználásával számítógépes méréseket és szimulációkat készítenek a diákok. A munka csoportmunkában folyik, tanári vezetéssel, de a diákok nagyfokú önállóságával.

Célkitűzések

Doktori munkámban célul tűztem ki olyan működő program kidolgozását, amely a számomra adott városi körülmények közt alkalmas a tehetséges általános és középiskolás diákok fizika iránti érdeklődésének felkeltésére és a diákok motiválására a modern fizika emelt szintű tanulására, megalapozva ezzel tanítványaim későbbi műszaki-természettudományos pályaválasztását.

Az általánosan elterjedt középiskolai gyakorlatban a szakköri foglalkozások tematikája alig terjed túl a középiskolás törzsanyagon. Középiskolában már alig van kísérletező munkán alapuló szakkör, legtöbbször a kicsit nehezebb feladatok megoldása tölti ki a szakköri foglalkozások idejét. Kétségtelenül igaz, hogy a feladatmegoldás a fizikai gondolkodás iskolája/próbája. A kiemelkedő tehetségű, „versenyző szintű” diákok legjobbjait az igazán nehéz feladatok kihívása valóban motiválja, nem alkalmasak azonban az átlagosan tehetséges diák érdeklődésének felkeltésére és aktivitásának folyamatos fenntartására. Tapasztalataim szerint az átlagosan tehetséges középiskolás számára a steril feladatmegoldásnál sokkal vonzóbb, ha a modern fizika egy-egy olyan témakörébe vezetjük be, ahol maga is dolgozhat, eredményekre juthat. Ilyen területként kínálkozik a középiskolában a nemlineáris jelenségek vizsgálata. A nemlineáris jelenségek vizsgálata szorosan kapcsolódik a számítógépes alkalmazásokhoz, a reálérdeklődésű diákok számára a legtöbb számítógéppel kapcsolatos probléma, illetve tevékenység izgalmas kihívást jelent. A számítógép alkalmazása területén a tehetséges középiskolások is rendkívül kreatívak. Célul tűztem ki, hogy doktori munkám során kikísérletezem, illetve kidolgozom azokat a középiskolában is alkalmazható módszereket, amelyekkel az átlagosan tehetséges, érdeklődő középiskolás kísérleti alapokról indulva elvezethető a nemlineáris jelenségek néhány egyszerűbb problémájáig. Az ilyen

témákat elsősorban a jól kísérletezhető, közvetlenül megfigyelhető mechanikai jelenségek közt kerestem. Fontosnak tartottam, hogy a tanári munka valóban csak a bevezetés legyen a témába annyira, hogy ezután a diákok már egyedül, vagy kiscsoportban önállóan dolgozzanak. A tanárnak ezután csak segítő, kontrolláló szerepe marad. Tanári feladat természetesen a jó munkát motiváló sikerélmény biztosítása is. A diákok többsége számára már maga a téma exkluzivitása is motiváló, hiszen olyan dolgokkal foglalkozik (fraktálok, káosz, stb.) amelyről mind a kortársai, mind az átlag felnőtt is nagyon keveset tud. Az eredményes diákmunkák szakmai elismerésének biztosítása (diákverseny, szakmai előadás, publikáció) szintén a szaktanár feladata.

A doktori munka lényegi részének tartom annak bemutatását, hogy az általam kidolgozott tehetséggondozási rendszer, kezdve a kisgimnazisták jelenség-bemutató kísérleteitől a tudományos diákkörben végzett diákkutatásokig, eredményes. Ez a dolgozatban a konkrét munka részletes leírásain keresztül valósítható meg. Így példákkal illusztrálom, hogyan használják a tanulók a számítógépet különböző jelenségek vizsgálatánál, mind a mérésre, mind pedig a kapott adatok elemzésére, valamint szimulációra.

Tehetséggondozó munkám fontos célja az, hogy a konkrét kutatási projekteken keresztül a diákok a gyakorlatban ismerjék meg és sajátítsák el a tudományos munka lépéseit (megfigyelés, kísérlet, mérés, modellalkotás, szimuláció). Fontos tudatosítani, hogy a jelenség megértésének igazi mércéje a kísérletileg mért adatok és a számítógépes modellezés összhangja.

TÉZISEK

1. Nemlineáris és kaotikus jelenségek mérése potenciométeres szögméréssel

Diákköri munkára alkalmas módszert dolgoztam ki, melynek segítségével a tanulók a középiskolai fizika és informatika tananyagra alapozott ismeretekkel bonyolult, akár kaotikus mozgásokat is vizsgálhatnak. Megmutattam, hogy a szakirodalomból jól ismert potenciométeres szögelfordulás vizsgálat diákkörös munkában hatékonyan alkalmazható ilyen mozgások vizsgálatára is. Dolgozatomban bemutatom, hogy egy konkrét kísérletből indulva és azt továbbfejlesztve, miként vezethető el a diák a kaotikus jelenségek lényegének megértéséig. A kidolgozott módszert alkalmazva kísérletileg kimutattuk, hogy a különböző frekvenciákkal vízszintesen gerjesztett inga mozgása kaotikus.

A középiskolai mechanika tananyag a lineáris mozgásokkal foglalkozik. Ez a valóságban a jelenségek szűk köre. Jól illusztrálható ez az inga mozgásán. Az iskolában a kis kitérésű, harmonikus mozgást végző matematikai ingát tárgyaljuk. Általában meg sem említjük, hogy a valódi ingák általában nem így mozognak, sőt gyakran olyan bonyolult a mozgásuk, hogy hiába ismerjük a környezeti hatásokat és a mozgás kezdeti feltételeit, az inga mozgása egy-egy adott pillanatban teljesen véletlenszerűnek, *kaotikusnak* tűnik. A káosz-jelenségről a középiskolai fizikában semmit nem tanítunk, pedig a diákjaink többsége hétköznapi értelemben ismeri a kifejezést. A kaotikus, nem periodikus mozgású inga példáján egyszerűen tárgyalható a káosz fizikai jelentése, ami azután kulcsot ad a fogalom jelentésének kiterjesztésére akár más természettudományok, akár a mindennapi jelenségek vonatkozásában. A kaotikus mozgások felkeltik a tanulók érdeklődését.

A témakör feldolgozását a fizikai inga vizsgálatára a szakirodalomból is jól ismert potenciométeres szögelfordulás mérési módszerére alapoztam. A diákkörösök sikerrel használták a potenciométeres mérést. A nemlineáris jelenségek tanulmányozására a tanulók a célnak jobban megfelelő, forgó potenciométeres kettős fizikai ingát is készítettek. Megértve a feszültségosztás elvét, szögelfordulásra kalibrálták az eszközt. Eredménynek tekintem, hogy a diákok saját eszközfejlesztő munkájukban az elektromosságtani ismereteiket alkalmazni tudják bonyolult mechanikai mozgások vizsgálatánál. A munka során a tanulók saját eszközükkel végzett kísérletekkel valóban megértik a kettős inga mozgását.

Kapcsolódó publikáció: [6].

2. Nemlineáris és kaotikus jelenségek mérése web kamerás mérőrendszerrel

Módszert dolgoztam ki a magyar fejlesztésű „WebCam Laboratory” számítógépes mérőszoftver-csomag „Kinematika” programjának alkalmazásával a kétdimenziós nemlineáris mozgások kaotikus viselkedésének tanulmányozására. A módszert sikeresen alkalmaztam diákkörös tanítványaimmal kettős ingák mozgásának tanulmányozására, elsőként igazolva ezzel, hogy az iskolai demonstrációs mérésekre készült program a diákkutatásokban nemlineáris mozgások vizsgálatára is alkalmas.

Az utóbbi néhány évben magyar szakemberek által kifejlesztett számítógépes mérőprogram fizikaszakköri kipróbálásában iskolánk is részt vett. Tanulóink ismerik, kedvelik és a szakkörön, illetve a diákkörben rendszeresen használják is a programot. A programcsomag részét képezi a síkbeli mozgások kvantitatív vizsgálatára alkalmas

„Kinematika” mérőprogram. A módszer lényege az, hogy számítógéphez kapcsolt web kamerával követjük a színesre festett tárgy mozgását. A számítógép a kamera digitális képén érzékeli és automatikusan követi a színes test változó pozícióját, a mozgás hely-idő koordinátáit a program adatfájlba menti, illetve grafikusán is megjeleníti. Doktori munkám részeként a fejlesztők által leírt és ajánlott mérések körét a nemlineáris jelenségek vizsgálatával bővítettem, megmutattam, hogy a mérőrendszer alkalmas e területen is a jelenségek bemutatására illetve diákkutatásokra. A diákjaimmal végzett munka során először olyan inga- vagy rezgőmozgásokat tanulmányoztunk, ahol a mozgás során külső gerjesztés, illetve súrlódásos csillapodás működik. A WebCamLaboratory szoftver adatait az Excel programmal dolgoztuk fel.

Rendszerint a számítógéphez vezetékkel csatlakozó kamera rögzített helyzetben van, a mozgásokat tehát nyugvó rendszerben vizsgáljuk. Kidolgoztam annak módszerét, hogy a WebCamLaboratory mérőprogramot vezeték nélküli web kamerával (rádiófrekvencián történő adattovábbítással) mozgó rendszerben történő vizsgálatokra is használni lehessen.

3. Nemlineáris és kaotikus jelenségek mérése Wiifiz rendszerrel

Megmutattam, hogy Piláth Károly (ELTE, Trefort Ágoston Gyakorlógimnázium) által mozgások vizsgálatára alkalmazott számítógépes módszer - ami egy közismert számítógépes játék (a Nintendo) működésén alapul – eredményesen alkalmazható kaotikus mozgások vizsgálatára.

A kísérleti módszer lényege, hogy a mozgó testre egy gombelemmel működtetett infra LED-et rögzítünk, ennek sugárzását a közeli asztalon elhelyezett Nintendo játék távirányítója vevőként érzékeli, és rögzíti a mozgó test koordináta- és időadatait. A Wiifiz programmal rögzített adatokat Excel programmal értékeljük ki. A távirányító jelét a számítógép bluetooth kapcsolattal rögzíti.

A számítógépes játék-rendszer különleges tulajdonsága, hogy van egy vezeték nélküli távirányító játékvezérlője, melyet WiiMote-nak neveznek. Ez egykezes vezérlőegység, amely gyorsulásmérővel és infravörös érzékelővel lett felszerelve. Ez a funkció eredetileg a játékos fizikai mozgását figyeli a játék közben. A vezérlő egység Bluetooth kapcsolaton keresztül érintkezik a konzollal. A WiiMote konzol használható egy rugóra akasztva, vagy egy ingára szerelve is. Infravörös érzékelő használatával pedig út-idő grafikonok rajzolhatók meg. Gyorsulásmérőként alkalmas g mérésre, ingák, rezgések, ütközések gyorsulás-idő

grafikonjának megjelenítésére. Forgó rendszerbeli ingamozgást és rezegtetett inga mozgását is vizsgáltuk ezzel a módszerrel.

4. Nemlineáris és kaotikus jelenségek numerikus szimulálása

Módszert dolgoztam ki mozgásegyenletek numerikus megoldásának középiskolai tanítására. A differenciálegyenletek analitikus megoldása a középiskolában taníthatatlanul nehéz, ezért nem tananyag. A tehetséges és az számítástechnika iránt érdeklődő felsőbb éves diákok számára azonban a differenciálegyenletek numerikus megoldása megérthető és sikeresen alkalmazható. A számítás elvi útjának értelmezése után a tudományos munkában is használt differenciálegyenlet megoldó programokat először az iskolai tananyagban szereplő mozgásegyenleteken alkalmazzuk. A módszert a numerikus úton kapott eredmény és a tananyagból jól ismert függvény egyezése hitelesíti. Ez az egyezés adja a biztatást, hogy bonyolultabb mozgások egyenletének felírása után, azok számítógépes megoldásával is megpróbálkozzanak a diákok. Tapasztalataim szerint a mozgásegyenletek fizikai megfontolásokon alapuló felírása, numerikus megoldása és az így kapott eredmények összevetése a kísérleti tapasztalatokkal a diákok számára szemléletformáló jelentőségű, a dinamika alapproblémájának megértését eredményezi.

A természet jelenségei általában differenciálegyenletekkel írhatók le. A középiskolai gyakorlatban a diákok absztrakciós szintje és a matematikai ismereteik hiánya nem teszi lehetővé a differenciálegyenletek használatát, ezért differenciálegyenletek általános felírása és megoldása helyett egyszerűsített esetek tárgyalására szorítkozunk, és ezekre jó közelítő leírást adó algebrai összefüggéseket használunk. Ha az érdeklődő és tehetséges diákjainkkal a legegyszerűbb idealizált esetek tárgyalásán túl, valós problémákat is szeretnénk értelmezni, nem kerülhető el a differenciálegyenletek felírása és megoldása.

A nyolcvanas évek elején Dede Miklós és Isza Sándor 10. évfolyamos gimnáziumi fizika tankönyve próbálkozott a mozgások ilyen szemléletű tárgyalásával [13]. A tapasztalatok szerint ez az átlagos 15-16 éves diákok számára kötelező tananyagként, számítógépek hiányában túl nehéznek bizonyult. Doktori munkám során sikerült igazolnom, hogy egy-két évvel idősebb érdeklődő és tehetséges 11-12.évfolyamos diákoknak - a mai számítógépekkel és numerikus eljárásokkal - a mozgások ilyen megközelítése eredményesen tanítható. A gimnázium végén, a differenciál-és integrálszámítás alapjainak elsajátítása után már elegendő matematikai és informatikai tudással rendelkeznek a diákok ahhoz, hogy megértsék és numerikus módszerek alkalmazását és így valós mozgásokat leíró differenciálegyenleteket

géppel megoldjanak. A matematikai háttér hiányosságai miatt célszerű egyszerű, de mégis reális mozgásokkal (pl. közegellenállás hatása szabadesés esetén, ballisztikus hajítások) kezdeni a munkát.

Az erőtörvények alkalmazásával felírt mozgásegyenletek megoldására numerikus eljárásokat használunk. Az eredményes munkához elegendő, ha a diákok értik a számítási algoritmus lényegét, a programot maguk írják meg. A számítógépes módszer használhatóságát az igazolja, hogy a mozgásegyenlet numerikus megoldása a kezdeti paraméterek megfelelő beállítása esetén (kezdeti hely, sebesség) a valós mozgás jellemzőit adja. Nagyon tanulságos az egyre pontosabb módszerek alkalmazása, hibáik elemzése, grafikus ábrázolása.

Diákköröseimmel a legegyszerűbb mozgásegyenletek megoldására az Euler-módszert, közegellenállás esetén a módosított Euler-módszert használjuk. A súrlódásos, gerjesztett mozgások numerikus megoldásához már pontosabb módszerek kellenek. A programozásban jártasabb diákkörösök kipróbálják a Runge-Kutta módszerek valamelyikét. Kihívásnak számít, hogy a kaotikussá váló mozgás egyenletei alapján mennyire lehet megjósolni a megjelenő kaotikus viselkedést, vagyis milyen paraméterek és kezdeti feltételek szükségesek a kaotikus mozgás kialakulásához.

Kapcsolódó publikációk: [2],[3],[11]

5. Számítógépes szimuláció és kísérlet összevetése

"A (természet) tudományos „igazság” kizárólagos kritériuma a kísérlet"

R. P. Feynman

Módszert dolgoztam ki arra, hogy a tehetséges középiskolás diákok, saját tevékenységükön keresztül megtapasztalják a napjaink tudományos kutatómunkájában egyre fontosabbá váló számítógépes szimulációk szerepét a jelenségek megismerésében és megértésében. Megmutattam, hogy a középiskola korlátozott lehetőségei között is van lehetőség olyan egyszerű mozgások számítógépes szimulálására, ahol a kapott eredmények jó egyezést mutatnak az adott mozgás kísérleti vizsgálatával. Alapesetben a szimuláció és a mérési eredmények egyezése igazolja, hogy a mozgásegyenlet felírása során tett fizikai megfontolások helyesek. A paraméterek változtatásával elvégzett szimulációk eredménye felhívja a figyelmet olyan érdekes esetekre, amelyeket utólag közvetlen kísérletben is érdemes megvizsgálni, igazolni.

A számítógépes szimuláció elfogadott kutatási módszere a fizikának. Egy-egy érdekes fizikai jelenség minden részletre, külső körülményre kiterjedő vizsgálata valódi kísérletekkel, mérésekkel nagyon idő és költségigényes. A jelenségek számítógépes szimulálásával ezt a drága és hosszadalmas kutatási folyamatot takarítható meg. A számítógépes szimuláció során kapott eredmények felhívják a figyelmet a jelenségkör lehetséges érdekesebb eseteire, amelyeket ezután valódi kísérletekkel, mérésekkel is ellenőrizni kell. A számítógépes szimuláció és a valódi mérések jó egyezése jelzi, hogy a jelenség lényegét leíró differenciálegyenlet háttérben álló fizikai elképzeléseink helyesek. Ha az egyezés nem jó, a differenciálegyenlet módosításával célszerű próbálkozni, elsősorban a jelenséget befolyásoló kölcsönhatások pontosításával. Ha javul az ismételt szimuláció és a mérések egyezése, ez azt jelzi, hogy a módosított mozgásegyenlet jobban megfelel a valóságnak, a jelenség lényegét tehát sikerült jobban megérteni.

A fenti módszer megértetése középiskolás diákokkal, a fokozatosság elvét figyelembe véve, válogatott jelenségek kísérleti vizsgálatán és párhuzamosan végzett számítógépes szimulációján alapul. A gyakorlatban jól bevált a rezgések jelenségkörének tanulmányozása. A rugóra akasztott rezgő test ideálisnak tekinthető harmonikus mozgása után a vizsgálatokat a csillapodó harmonikus rezgéssel kezdjük. A mozgás web kamerás módszerrel való rögzítése és a jellemző grafikonok (hely-idő, sebesség-idő, hely-sebesség) kirajzoltatása után felírjuk a mozgásegyenletet, figyelembe véve a sebességgel arányos közegellenállást. Meglepődve tapasztalják a diákkörös tanulók, hogy a viszonylag egyszerű (módosított Euler) módszer is nagyon jó egyezést ad a mérési grafikonokkal. Ezt követi a vízszintesen mozgatott felfüggesztésű fizikai inga vizsgálata. Itt a jelenség kísérleti megvalósítását és a mozgásegyenlet numerikus megoldását a diákkörös tanulók szinte már önállóan végzik.

A munka során jól megtapasztalható, hogy a diákokban fokozatosan alakul az elvárás a szimuláció eredményeinek és a kísérleteknek minél jobb egyezésére. Világosan megértik azt is, hogy a munka során a szimulációt kell a mérési tapasztalatokhoz igazítaniuk. A diákköri munka részeként a legjobbak eredményesen vizsgálták (valós kísérletekkel és számítógépes szimulációkkal) a gerjesztett kettősinga mozgását. Ez utóbbi munkájukkal diákjaim eredményesen szerepeltek a Tudományos Diákköri Konferencián.

Kapcsolódó publikáció: [6].

6. Kísérletekre alapozott és a fokozatosság elvén felépülő tehetséggondozás

Kidolgoztam a jelenségekre, kísérletekre és a számítógép alkalmazására alapozott, a fokozatosság elvén felépülő tehetséggondozó programot, aminek segítségével az érdeklődő kisdíák az egyszerű demonstrációs kísérletek megismérlésétől indulva elvezethető az önálló, nemzetközi szinten is publikálható eredményeket hozó diákkutatásokig. Megmutattam, hogy a középiskolai tananyag túlmutató, jól kiválasztott problémák megoldása olyan kihívást jelent a középiskolás diákoknak, amely kitartó kreatív munkára ösztönzi őket. A munkát hatékonyan motiválja a határidőkhöz kötött konkrét cél, mint például egy kísérleti bemutatóra, kísérletező versenyre való felkészülés, hazai és nemzetközi pályázatokon való részvétel. A kis csoportokban, kötetlen hangulatban végzett munka során a tanári irányítás mellett döntő szerepe van a csoporttársak együttműködésének. Szinte észrevétlenül, de mégis rendkívül hatékony módon fejlődik a tanulók fizikai szemlélete, problémamegoldó képessége, kreativitása. A közel évtizedes tapasztalatok alapján kimondható, hogy a kísérletekre alapozott, a fokozatosság elvén felépülő és egyre nagyobb önállóságot kívánó tehetséggondozásban résztvevő diákok reál-műszaki területeken tanulnak tovább.

A tehetséggondozó program résztvevői a 7-12. évfolyamos tanulók köréből kerülnek ki. Az alsóbb korcsoport (13-15 évesek) még nem rendelkeznek kellő tárgyi tudással, megszilárdult fogalomrendszerrel, de tanulmányi előmenetelük, érdeklődésük jelezheti fejleszthető szaktárgyi tehetségüket. Jó szinten teljesítenek a tanórai feladatlapok megoldásakor, szívesen gyakorolnak otthoni feladatmegoldással is [7],[8],[9]. Ezek a 7-9. évfolyamos tanulók a tanulásban tehetségesek, általában minden tantárgyból jó eredményt produkálnak.

A diákköri – szakköri gyakorlatban el kell készíteni az eszközt, végrehajtani a kísérletet, mérést, majd kiértékelni a kapott adatokat. Nem lényegtelen, hogy a mérésben, kísérletezésben hogyan lehet a tehetségeket megtalálni, fejleszteni. A leglényegesebb fejlesztendő vonások a precizitás, türelmesség, megfigyelő képesség, koncentráció képesség, fegyelmezett gondolkodás, lényeglátás, kezűgyesség, ötletesség, figyelem-megosztás, kíváncsiság. Szakköri foglalkozásokon élményt jelenthet a tanuló számára akár 1-1 tanórai kísérlet saját kezű kivitelezése is, de sokan hoznak máshol látott, olvasott kísérletet is.

A diákkörös munkában jól teljesítő tanulók általában a 11-12. évfolyamról kerülnek ki. Egy-egy probléma kidolgozásánál jól hasznosítják informatikai, matematikai ismereteiket. A mérések során csapatmunkában egymás kreativitását is fejlesztik. A fizika órákon aktív,

érdeklődő tanulók általában szakköri munkára is jelentkeznek. A kísérletezésekkel, mérésekkel és tantárgyi versenyeken szerzett tapasztalatok révén komoly kísérletező, kutatói kompetenciákkal rendelkező végzős diákkörössé válnak. A mérések egy részét a kísérleti versenyfeladatok adják, mint például a Károly Iréneusz Fizikaverseny, vagy az Ifjú Fizikusok Nemzetközi Versenyén kitűzött problémák. Másrészt a szakköri foglalkozásokon kell megtanulni a számítógépes mérések alapjait, például mozgások web kamerás észlelését. A diákkörös gyakorlatban már az általam kiadott feladathoz tartozó kísérleti elrendezés elkészítését párban vagy kis csoportban végzik. A mérési adatok gyűjtése és értékelése is közösen történik. A szokásos út – kimagasló tanórai aktivitás, szakkörös munka, versenyzés, diákkörözés, konferencia – bejárása után a továbbtanulás reál-műszaki területen szinte törvényszerű.

Kapcsolódó publikációk: [7],[8],[9]

7. Fizika népszerűsítése, a kisdíjakok érdeklődésének felkeltése (Fizika show)

A Baján diákjaim aktív közreműködésével évek óta szervezett nyilvános „Fizika-show tapasztalatain keresztül igazoltam, hogy kísérletezéssel vonzóvá lehet tenni a fizikát olyan tanulók számára is, akik az elméleti és a számításos problémákkal nehezebben boldogulnak. A diákok nyilvános kísérletezése egyaránt felkelti a diáktársak, a legifjabb és idősebb látogatók érdeklődését, ami pozitívan hat vissza a fizika tantárgy széleskörű megítélésére, ezáltal jelentősen segíti az iskolában folyó további igényes tehetséggondozási munkát, biztosítja jelentős számú diák érdeklődését és növeli a szakköri és diákköri munka rangját.

A fizika iránti érdeklődés felkeltésére az elmúlt években országosan is sok próbálkozás történt. Ezek közül a legsikeresebbnek a néhány nagyobb városban megnyílt jelenség bemutató kiállítások, interaktív természettudományos játszóházak bizonyultak (pl. Csodák Palotája – Budapest, Mobilis - Győr, Varázstorony - Eger, Futura – Mosonmagyaróvár). A kisebb városok többségében - így Baján is - nincs ezekhez hasonló állandó bemutatóra lehetőség. A hiányt évi rendszerességgel megtartott alkalmi „Fizikashow” programok megszervezésével pótoltam. Az iskolánkban hét éve megrendezett egész napos rendezvény keretében előzetesen felkészített diákok mutatnak be és magyaráznak el jelenségeket, kísérleteket. A bemutató során a hangsúly a jelenségek megfigyelésén és ezen keresztül a megértésén van. Fontos cél, hogy iskolánk tanulói és a vendégek kedvet kapjanak a kísérletek

elvégzéséhez, és a jelenségek megértéséhez. Ebben fontos szerepe van annak, hogy a kísérleteket diákok végzik, és a magyarázatokat is ők adják.

A kísérletező diákok felkészülése hosszabb időn keresztül az iskolai fizikaszakkör keretében történik. Ezen idő alatt a tanulók nem csupán megismerik a kísérleteket, de megtanulják azt szakszerűen bemutatni és az érdeklődők számára elmagyarázni. Ennek során hatékonyan fejlődik a kísérletező kompetenciájuk, figyelemösszpontosító képességük, kommunikációjuk, helyzetfelismerő képességük. A kísérleti bemutatókon gyakran az elméleti tananyaggal, feladatokkal nehezebben birkózó diákok is eredményesen vesznek részt. A tapasztalatok szerint a részvétel szinte mindig pozitív hatással van a tantárgy iránti attitűdre.

A sikeres bemutatót követően jelentősen javul a kísérletek iránti érdeklődésük, (gyakran saját módosítási javaslataik vannak, saját készítésű kísérleteket hoznak az órára, nő a kísérletes fizikaversenyek, pályázatok iránti fogadókészség). A kísérleti munka sikere általában pozitívan hat a diákok tanórai teljesítményére, önbizalmuk, órai aktivitásuk nő, érdeklődésük fokozódik, és mindez az osztályzatok javulásában is kimutathatóan megjelenik. Későbbi személyes beszélgetésekből tudom, hogy a „Fizikashow” élménye többeknél még a későbbi pályaválasztásra is hatással volt.

A diákok felkészülésének segítésére leírom és publikálom a kísérleti bemutatók alkalmával elvégzett legnépszerűbb kísérleteket, és azok szakszerű magyarázatát is.

A tézishez kapcsolódó publikációk: [1],[4],[5],[10].

Az eredmények hasznosítása, a jövő tervei

A doktori disszertációban összefoglalt tehetséggondozó munka eredményességét a diák sikere igazolja. Az évi rendszerességgel megrendezett városi „Fizikashow” népszerűsége a diákok és a város lakossága körében is növekszik. A szakkörös és diákkörös tanulók munkáikkal rendszeresen vesznek részt regionális és országos pályázatokon, versenyeken, diákköri konferenciákon, ahol többször is döntőbe jutottak és számos díjat nyertek. De még ennél is fontosabb, hogy egyre több olyan tanítványom van, aki a természettudományos-műszaki pályán találta meg élethivatását.

Iskolánkban, a bajai Szent László Általános Művelődési Központban, a természettudományos képzésnek és tehetséggondozásnak kiemelt szerepe van. A fizika szakkört és a tudományos diákkör munkáját az intézmény erkölcsileg és anyagilag is támogatja, ami reményeim szerint hosszabb távon is biztosítani fogja a munka folytatását. A jól bevált témakörök és módszerek folytatásán túl tervezem, hogy a diákkör tematikáját a

mechanikai mozgások tanulmányozásán túl mágneses, hőtani nemlineáris jelenségek vizsgálatával, valamint nemlineáris áramkörök építésével és tanulmányozásával bővíttem [14]. Az eddigi vizsgálati módszerek [15] használata mellett új eszközök beszerzését, új módszerek megismerését is tervezem.

Fontosnak tartom, hogy a tehetséggondozás Baján sikeresnek bizonyuló módszereit más magyar iskolákban is hasznosítani lehessen. A korábbiakban már tartottam diákjaimmal közösen mérésekkel demonstrált előadásokat tanári fórumokon. Tervezem, hogy eddigi tapasztalatom alapján tantervjavaslat és tanári segédanyag formájában összefoglalom a Mandelbrot Tudományos Diákkör programját. A tanároknak szóló módszertani szakanyagban részletesen tárgyalnám a középiskolai tananyagban nem szereplő tartalmak diákköri feldolgozásának módját. A kísérletek, mérések ismertetésén túl, a háttérismeretek is bemutatásra kerülnek (pl. a fraktálokkal kapcsolatos matematikai-informatikai foglalkozás, numerikus módszerek megismerése, gyakorlása, a különböző szenzorok működése, stb.)

A tézisek alapjául szolgáló publikációk

Folyóiratcikkek

1. *Jaloveczki J.* : 2008, Kétnapos "fizika-show" az iskolában, Fizikai Szemle, No. 9, 309-311.
2. *Eichhardt I., Jaloveczki J.*: 2008. „Fizikázzunk egyszerűen, számítógéppel”, Fizikai Szemle, No.9, 311-315.
3. *Eichhardt I., Jaloveczki J.* : 2009, Numerikus módszerek a diákköri munkában, Fizikai Szemle, No.10, 348-351.
4. *Jaloveczki J.*: 2010, Fizika kísérleti bemutató, Fizikai Szemle, No.6, 215-218.
5. *Jaloveczki J.*: 2012, „Fizikashow”, a fizika népszerűsítésének eszköze, Fizikai Szemle, No.11, 388 -391.
6. *J. Jaloveczki.*, 2011, Studying Non-linear And Chaotic Phenomena in High School, Physics Competitions 13, p.29-37, No.1.

Tanítási segédletek

7. *Jaloveczki J.* : 2010, Témazáró feladatlapok - Fizika 7. [R00788], Panoráma sorozat, Nemzedékek Tudása Kiadó, Budapest
8. *Jaloveczki J.* : 2010, Fizika 7. Feladatgyűjtemény [00788/F], Panoráma sorozat, Nemzedékek Tudása Kiadó, Budapest
9. *Jaloveczki J.* : 2011, Fizika 8. Feladatgyűjtemény [00888/F], Panoráma sorozat, Nemzedékek Tudása Kiadó, Budapest

Konferencia kiadványban megjelent cikkek

10. *Jaloveczki J.*: 2011, „Fizikashow”, mint a fizika népszerűsítésének eszköze, in: Természettudomány tanítása korszerűen és vonzóan, szerk.: Tasnádi P., ELTE, TTK, Budapest, 409 - 413.
11. *Jaloveczki J.*: 2010, Numerikus módszerek a diákköri munkában, in: Fizikatanítás tartalmasan és érdekesen, szerk.: Juhász A, Tél T., ELTE, TTK, Budapest, 303-309.

Egyéb irodalom

12. *Békéssy L.I., Bustya Á.*: 2005, A fizikai kettősinga vizsgálata, Fizikai Szemle, No.5,185-191.
13. *Dede M., Isza S.*: Fizika II., Tankönyvkiadó Vállalat, Budapest, 1983
14. *Juhász A.(szerk.)*: 1996., Fizikai kísérletek gyűjteménye 3., Arkhimédész Bt.-Typotex Kiadó, Budapest, 186-220.
15. *Bérces Gy., Főzy I.*: 1991, Fizikai kísérletek számítógéppel, ELTE Továbbképzési Csoportjának kiadványa, Budapest, 161-165.