

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

**A fizika tantárgyhoz kapcsolódó természettudományos
iskolai projektfeladatok kidolgozása és vizsgálata**

Beke Tamás

Témavezető: Dr. Bene Gyula egyetemi docens

Eötvös Loránd Tudományegyetem

Természettudományi Kar

Fizika Doktori Iskola

Vezető: Dr. Palla László egyetemi tanár

Fizika Tanítása Doktori Program

Vezető: Dr. Tél Tamás egyetemi tanár



2016

Bevezetés

Az elmúlt években az Európai Unió tagállamaiban szinte egységesen csökkent a mérnöki szakokra jelentkezők száma és egyre kevesebben jelentkeztek a természettudományos szakokra is; a fiatalok nagy része nem érdeklődik a természettudományos tantárgyak iránt.

Általános tapasztalat, hogy a tanulók többsége a fizika tantárgyat nehéznek, bonyolultnak tartja. A fizikát tanító pedagógusok nagy része szembesül azzal a problémával, hogy a fizika tantárgy népszerűtlen a tanulók között. A hagyományos elven oktatótt fizika és más természettudományos tantárgyak a legtöbb gyermek számára érthetetlenek, és felesleges nyűgnek számítanak. Ezen a helyzeten mindenképpen változtatnunk kell.

Olyan tartalmú és módszerű iskolai természettudományos oktatás szükséges, melyben tanulóinkat felkészítjük a természettudományos és technológiai újításokra. A környezetünk, az egészségünk és a gazdaság tényezőinek megértésében is szerepe van a természettudományos műveltségnek. A természettudományos iskolai projektfeladat e célok elérésének egyik eszköze lehet. A módszert már több mint egy évtizede sikeresen alkalmazzuk az iskolánkban. A dolgozatban bemutatom, hogy a hazai iskolarendszerben is használható a projektmódszer. A módszer alkalmas lehet arra, hogy felkeltsük a tanulók érdeklődését egy-egy természettudományos téma iránt; a projektfeladatokban fejleszthetjük a tanulók képességeit, kompetenciáit.

A hagyományos tanórai munkát színesíthetjük különféle projektfeladatokkal. A jól megtervezett projektmunka hatására a tanulók tantárgyi ismeretei is gyarapodnak, és segít abban is, hogy a diákok motiváltabbak legyenek az adott szaktárgy tanulásában. A projektmódszert akár az alapórákon is alkalmazhatjuk, de az alapórákon inkább csak néhány kisebb, kedvesítő projektfeladat megvalósítására jut idő. Véleményem szerint a projektfeladatokat elsősorban fakultáción, szakkörön, tehetséggondozó foglalkozásokon célszerű megvalósítani. Sokféle projektet kipróbáltunk; a személyes tapasztalataim alapján a tanulók munkavégzése a leghatékonyabb a tanári vezetés mellett végrehajtott páros, vagy csoportos projektfeladatok során volt.

Az évek során szerzett tapasztalataim alapján úgy vélem, hogy gyakorlatilag minden természettudományos tantárgy oktatásában használható a projektmódszer. Mivel általános iskolában és gimnáziumban tanítok, leginkább az érdekelt, hogy mennyire lehet hasznosítani a módszert ebben az oktatási szegmensben. Az iskolai projektek közös célja a diákok aktivitásának növelése. A dolgozatban ismertetett iskolai projektfeladatok a fizika különböző témaköreihez tartoznak. Az értekezésben olyan, a gyakorlatban általunk kipróbált projekteket mutatok be, amelyek segíthetik a diákokat a természettudományos ismeretek komplexebb szemléletű megértésében. A projektek célja az volt, hogy a tanulók fizikai ismereteinek bővítése mellett egyrészt az alkalmazott informatikai és matematikai tudásuk is gyarapodjon, másrészt a team-munka jellegű képességeik és készségeik is fejlődjenek. Az iskolai projekteken kihasználtam az érdeklődésen alapuló oktatási módszer lehetőségeit, aminek a

következtében sikerült a diákokat sokféle manuális és szellemi tevékenységbe bevonni a csoportos munkavégzés során.

A tevékenységeket részben fakultáción, részben szakkörön, illetve tehetséggondozó foglalkozásokon végeztük; az összes feladatot projektszerűen oldottuk meg. A feladatok során a tanulók a vezetésem mellett, részben önállóan dolgoztak, csoportos formában. Külön hangsúlyt helyeztem a tanulók fokozatos terhelésére, de a hagyományos tanórai keretekhez viszonyítva jóval oldottabb volt a projektfoglalkozások légköre. Az egymásra épülő projektfeladatok során a diákok megtanulták, hogyan lehet minőségi munkát végezni külső kényszer nélkül. A közösen elvégzett, sikeres munka hozzájárult a tanulók belső motivációjának fejlődéséhez.

Alapvetően olcsó, minden iskolában megtalálható eszközöket használtunk. A középiskolai fizika oktatásban a kísérletek elvégzése sokszor meghúsul az idő, vagy az eszközök hiánya miatt, ezért olyan kísérleti eszközök kifejlesztésére van szükség, amelyek nagyon olcsón beszerezhetőek, illetve könnyen összeállíthatók. A dolgozatban bemutattam néhány példát ennek gyakorlati megvalósítására.

Az elmúlt tanévek folyamán az iskolánkban több olyan projektfeladatot is megvalósítottam, amelyekben a fizikához más természettudományos tantárgyak is szerves módon hozzákapcsolódtak. A *szabadon választható fizikai témájú természettudományos* (röviden SZAVFIT) projektekben önkéntes alapon vehettek részt az iskolánk gimnazista tanulói.

Célkitűzések és alkalmazott módszerek

A dolgozatban olyan fizikai témájú kutatási, mérési, vizsgálati és modellezési projektekről számolok be, melyekben a fizikához kapcsolódóan több természettudományos tantárgy integrációjának lehetőségére mutatok példákat.

A fizika tantárgy tanítási módszertanához kapcsolódóan kutatásokat végeztem. Megvizsgáltam, hogy pedagógiai szempontból milyen hatásai vannak a tanulók által végrehajtott projektfeladatoknak. A dolgozatban bemutattam, hogy a projektmunka következtében fejlődtek a tanulók kompetenciái, gyarapodtak az ismereteik.

A dolgozatban olyan projektek kidolgozásának és megvalósításának a részleteit mutatom be, melyekben a gimnazista tanulók a vezetésem mellett szisztematikus megfigyelőmunkát végeztek. A projektekben a tanulók ismeretlen témákat dolgoztak fel, amelyek a középiskolai tananyagban nem, vagy csak részben szerepelnek. A projektekkel a célom az volt, hogy a tanulók természettudományos szemléletmódját fejlesszem.

A termoakusztika a kevésbé ismert tudományterületek közé tartozik. A tanulókkal megvalósítottunk egy termoakusztikai projektfeladatot, amelyben különböző méretű, gázzal, illetve elektromos árammal fűtött Rijke-csőveket használtunk. A Rijke-cső egy rezonátor üreg természetes vagy kényszerített konvekciós légárammal, és egy hőforrással a belsejében, ami általában egy felforrósított rács szokott lenni. A Rijke-cső segítségével viszonylag kényelmesen tanulmányozhatjuk a termoakusztikai instabilitások kialakulását, mert bizonyos

paraméterek esetén a rendszerben erőteljes hang keletkezik ahhoz hasonlóan, ahogy a valós technikai (ipari) berendezésekben is felléphet ilyen termoakusztikai oszcilláció.

A Rijke-cső viselkedését középiskolai szintén részletesen eddig még nem vizsgálták. A dolgozatban megmutattam, hogy középiskolás tanulókkal is vizsgálhatjuk a Rijke-csövet, és értelmezhetjük a jelenségeket. A méréseink során a hangjelek begyűjtésére egyszerű számítógépes hangkártya szolgált, a jelek analízisét ingyenes szoftverrel végeztük; így az egész berendezés gyakorlatilag ingyenes és könnyen összeállítható volt. A vizsgálatainkban egy olyan – Matveev által megadott – módszert használtunk, amelyben a fő rendszerparamétereket egymástól függetlenül tudtuk változtatni és a szerepüket így külön-külön tudtuk vizsgálni.

A dolgozatban következő célokat tűztem ki:

- Célul tűztem ki, hogy tanulói mérések alapján meghatározzuk egy átlagos háztartás energiafogyasztását; illetve a mérési eredmények alapján egy olyan számítógépes programot készítsünk, amely egy átlagos háztartás egyszerűsített energetikai leírására szolgál.
- Céлом volt, hogy a gimnazista diákokkal együttműködve megalkossak egy számítógépes programot a fázisátalakulás-szerű jelenségek iskolai bemutatására. A programban színváltó kaméleonok segítségével vizsgálhatjuk a fázisátalakulás folyamatát. A fázisátalakulás bemutatására számos program létezik; a céloom az volt, hogy olyan számítógépes programot készítsünk, amely a fázisátalakulást játékos környezetben mutatja be. A tanulókkal közösen megírt játékos program a középiskolás gyerekek fantáziáját megmozgatja, segíti a tanulókat a fázisátalakulás fogalmának megértésében.
- Céloom volt, hogy a tanulókkal megvizsgáljam, a Rijke-cső paraméterei hogyan befolyásolják az instabilitás kialakulását a rendszerben. Célul tűztem ki, hogy a vizsgálatainkban választ keressünk erre, és azt kísérleti adatokkal alátámasszuk, a megfigyelt jelenségekre középiskolai szintem megérthető magyarázatot adjunk. A céljaim között szerepelt egy számítógépes módszer kifejlesztése, amelyben a kezdő- és peremfeltételek megadása mellett meghatározzuk a Rijke-cső stabil és instabil állapotai közötti határvonalat.
- A céljaim közé tartozott, hogy megvizsgáljam a természettudományos projektmunka diákokra gyakorolt hatásait. Céloom volt, hogy megmutassam, pedagógiai szempontból is van értelme és haszna a tanulókkal közösen megvalósított projekteknek.
- Céljaim között szerepelt, hogy megvizsgáljam a projektmunka szerepét a tanulók tantárgyi attitűdjének formálásában. Több évig tartó kérdőíves vizsgálatokban arra kerestem választ, hogy az iskolánk tanulói hogyan viszonyulnak a projektmunkához, illetve a végrehajtott projektfeladatok hogyan befolyásolják a diákok természettudományos tantárgyakkal kapcsolatos beállítódását.

Tézisek

1. Energetikai projekt

A projektmódszer alkalmas a megújuló és a nem megújuló energiaforrások szerepének vizsgálatára. Iskolánk gimnazista tanulóival megvalósítottam egy projektfeladatot, amelyben összegyűjtöttük a legfontosabb ismereteket az energetikai szektor jellemzőiről; vizsgáltuk a fosszilis energiahordozók, az atomenergia és a megújuló energiaforrások szerepét, és modelleztük a megújuló energiaforrások egy lehetséges lakossági felhasználását (napelemekkel és szélgenerátorral üzemelő lakóház).

Megmutattam, hogy a középiskolai tanulók nyitottak a megújuló energiaforrások részletes megismerése felé. A „Napelemekkel és szélgenerátorral működő házikó” alprojektben résztvevő tanulók mérései alapján meghatároztuk egy átlagos háztartás energiafogyasztását: külön vizsgáltuk az elektromos berendezések (háztartási eszközök) energiafogyasztását, a fűtési energiafelhasználást, illetve a hűtési (légkondicionáló) energiafelhasználást. A projekt részeként a résztvevő tanulók 2 teljes éven keresztül a saját otthonukban figyelték a napi energiafogyasztásukat. Naponta összesítettük az adatokat és kiszámoltuk az átlagértékeket. (A projekt előtt a tanulók többsége még nagyságrendileg sem tudta megbecsülni a saját energiafogyasztását. A projekt során a tanulók megtanultak hosszú távon adatokat gyűjteni, adatokat feldolgozni, elemezni.)

A tanulókkal együttműködve készítettem egy matematikai modellt, amely egy napelemekkel és szélgenerátorokkal működő különálló ház egyszerű, középiskolai szinten megérthető energetikai leírására szolgál. Táblázatkezelő program (Excel) segítségével szimuláltuk egy napelemekkel és szélgenerátorokkal felszerelt különálló ház energetikai működését a tanulói mérések során megfigyelt adatok alapján. A modell szerint napelemek és szélgenerátorok által megtermelt villamos energia egy részét akkumulátorokban tárolhatjuk, majd szükség esetén a villamos energia egy részét elfogyaszthatjuk. A rendelkezésre álló adatok alapján a programmal szimulálható, hogy az adott időszakban a házikóban fenntartható-e a kívánt hőmérséklet, van-e elegendő villamos energiánk a napi működéshez.

Egy külön részprojektben a tanulókkal együttműködve megvizsgáltam a tavaszi és az őszi óraátállítás energetikai hatásait. A hazai, országos villamosenergia-fogyasztási adatokat több évre visszamenőleg elemeztük statisztikai módszerekkel. A vizsgálatok alapján a tanulókkal arra a megállapításra jutottam, hogy statisztikailag tényleg van csökkenés az országos villamosenergia-fogyasztásban az óraátállítások miatt. Különböző modell-számításokat készítettünk; ezek alapján azt kaptuk, hogy kerekítve 100 GWh lehet országosan az óraátállítások miatt megtakarított villamos energia, éves szinten. Ez összhangban van a szakirodalomban szereplő adatokkal. Viszonylag egyszerű statisztikai módszerekkel sikerült nagyságrendileg meghatározni az óraátállítások következtében jelentkező villamosenergia-megtakarítást. A különböző modellszámításokkal a korábban kételkedő tanulókat is meggyőztem, hogy energetikai szempontból valóban van értelme az órák átállításának; illetve megmutattam, hogy tényleges közvetlen mérések nélkül is becsülhető a megtakarítás mértéke. Kapcsolódó publikációk: [1], [2], [3], [4]

2. Színes kaméleonok projekt

A fázisátalakulásokkal kapcsolatos fogalmak és jelenségek a középiskolában olyan számítógépes játékprogrammal is szemléltethetők, melyben egy terráriumban élő, meghatározott szabályok szerint mozgó és színt váltó kaméleonok kollektív viselkedése tanulmányozható. A számítógépes programot a fizika és az informatika iránt érdeklődő gimnazista diákokkal együttműködve fejlesztettem ki szakköri projektmunkában.

A középiskolai fizika tananyagban a fázisátalakulások nem szerepelnek részletesen. A tanulók érdeklődésének felkeltésére a fázisátalakulás-szerű jelenségek iskolai bemutatásához megalkottam egy kaméleonos játékprogramot. A játékprogram egy terráriumban élő képzeletbeli kaméleonokról szól, melyek bizonyos esetekben színt válhatnak. Több kaméleonos számítógépes játékprogramot is megvalósítottam a tanulókkal. Ezekben a mozgó kaméleonok egyszerű, fizikában érvényes szabályok szerint viselkednek, és képesek szimulálni a rendszer fázisátalakulását. Az általam kitalált modellekhez hasonló viselkedésű rendszerek a valóságban is előfordulhatnak. A fázisátalakulást modellező játékos szimulációs feladatban a tanulók fizikai ismeretei, modellalkotási képességei és programozási ismeretei is gyarapodtak.

A kaméleonok viselkedésének szimulációjával olyan fizikai fogalmakkal ismerkedtek meg a tanulók, amelyek sok egyedből álló rendszerekben jelentkeznek (pl. kritikus paraméterérték, rendparaméter, stb.) A rendszert alkotó egyedek kollektív viselkedésének tanulmányozása nem része a középiskolai tananyagnak, de sikerült felkeltennem a tanulók érdeklődését a játékos szimulációk során tapasztalt jelenségekkel. A tanulók nagyfokú aktivitását azzal értem el, hogy a bonyolult fizikai folyamat vizsgálatát egy számítógépes játék fejlesztésébe ágyaztam. A projekt során a tanulók egyszerre élték át egy számítógépes játék fejlesztésének izgalmát és a játékhoz kapcsolódó rendszer meglepő fizikai viselkedését. Ehhez hasonló modellek segíthetik a tanulókat abban, hogy bizonyos fizikai, kémiai, biológiai folyamatokat megértsenek.

Kapcsolódó publikáció: [5]

3. Termoakusztikus jelenségek: Rijke-cső vizsgálata

A termoakusztikus jelenségek szemléltetésére alkalmas Rijke-cső középiskolai projektfeladatok keretében vizsgálható. Egyszerű kísérleti eszközökkel meghatározható a paraméterek változtatásának hatása, és a cső működése középiskolai szintű elméleti módszerekkel kvantitatívan értelmezhető.

A termoakusztika nem tartozik a fizika tananyagba. A dolgozatban bemutattam, hogy a tanulók tanári vezetés mellett képesek olyan témakör feldolgozására, amely elszakad a középiskolai tananyagtól. A termoakusztikai jelenségek tanulmányozásához olyan kísérleteket gyűjtöttem, alakítottam át, illetve fejlesztettem ki, melyek olcsó, minden oktatási intézményben megtalálható eszközökkel végezhetőek el. A kísérletek alacsony költségből megvalósíthatók ezért a középszintű oktatásban bárhol alkalmazhatók. Ezek a kísérletek a fizikát tanító kollégáknak segítséget nyújthatnak pl. a fakultatív tanulói kísérletek egyszerű eszközökkel történő elvégzéséhez. Az általam összegyűjtött, illetve továbbfejlesztett kísérletek a diákok életkorának és tudásának megfelelően különböző szinteken értelmezhetőek.

A termoakusztikai projektben először gázzal fűtött Rijke-csőket használtunk. A tanulókkal végzett mérések alapján megmutattam, hogy a termoakusztikus rendszer fő paramétereit (Rijke-cső geometriai adatai, rács áteresztő képessége, rács pozíciója, légáram intenzitása, hőteljesítmény, fűtés időtartama) tekintve minden paraméter esetén létezik egy alsó és egy felső küszöbérték. Az alsó küszöbérték alatt, illetve a felső küszöbérték felett nem gerjeszthető a rendszer. A termoakusztikus rendszer viselkedésében megjelenő küszöbhatásra egyszerű, középiskolai szinten megérthető magyarázatot adtam. (A Rijke-cső viselkedését már több kutató is vizsgálta, de azok a vizsgálatok jóval meghaladták a középiskolában elvárható tudásszintet.)

A termoakusztikus vizsgálataink következő szakaszában árammal fűtött Rijke-csővet terveztünk, készítettünk majd alkalmaztunk a kísérleteinkhez. A tanulói mérések alapján a cső hangkibocsátását a cső geometriai paraméterein kívül a cső helyzete (vízszintes, vagy függőleges), a rács helyzete, rácsra jutó hőteljesítmény, a rács hőmérséklete, a csövön átáramló légáram intenzitása, a fűtés időtartama és a rács áteresztőképessége határozza meg együttesen.

A valós rendszerekben lezajló termoakusztikus folyamatok általában nagyon bonyolultak, ezért a jelenséget leegyszerűsítve vizsgáltam a diákokkal. Elsőként a függőleges helyzetű Rijke-csőben a konvekciót modelleztem, a modell kidolgozásába a tanulókat itt is bevontam.

Az egyszerűség kedvéért feltételeztük, hogy az áramlás örvénymentes és stacionárius. A viszkozitás szerepét úgy vettük figyelembe, hogy a cső falánál kialakul egy határréteg (Prandtl elmélete), itt számoltunk a viszkozitással, máshol viszont elhanyagoltuk a viszkozitás szerepét. A rácson a gáz állapotában ugrásszerű változás történik. A fűtött rácson való átáramláskor a levegő hőmérséklete és sebessége növekszik, a sűrűsége viszont csökken; az értékeket meghatároztuk a modell segítségével, majd összehasonlítottuk a tanulói mérések eredményeivel.

A termoakusztikus projekt befejező szakaszában vízszintes helyzetű Rijke-cső viselkedését vizsgáltuk. A diákokkal együttműködve meghatároztam, hogy az egyes légáram intenzitás értékek mellett mekkora az a legkisebb hőteljesítmény, amivel éppen gerjeszteni lehet a rendszert, ezt a szakirodalomban kritikus teljesítménynek szokták nevezni. A hőátadás vizsgálatára egydimenziós modellt alkalmaztam; a modell alapján szimulációkat végeztem a tanulókkal. A kapott eredmények kb. 60-80%-os pontossággal egyeztek a mért értékekkel.

A Rijke-csőben a hőátadás folyamatát egyszerűsítve tárgyaltam, e során felhasználtam más kutatók korábbi eredményeit is. A Rijke-cső stabilitási határainak meghatározására a modellen alapuló számítógépes algoritmust használtam. A tanulókkal numerikus szimulációkat végeztem a termoakusztikus folyamat modellezésére a rendszer különböző működési tartományában. A szimulációhoz táblázatkezelő programot alkalmaztunk. A módszer lehetővé teszi, hogy viszonylag egyszerű módon, általánosan használt táblázatkezelő programmal, közelítőleg meghatározzuk egy összetett termoakusztikus rendszer kritikus teljesítményét. A méréseket és a szimulációk futtatását, illetve az eredmények összehasonlítását a tanulókkal közösen hajtottam végre. A modellszámítások eredményei összhangban vannak a kísérleti adatokkal (a

relatív hiba kb. 20-40%-os), ezért a modellt elfogadhatónak tartom arra, hogy olcsó eszközökkel és viszonylag egyszerű módszerrel közelítőleg meghatározzuk a termoakusztikus kritikus teljesítményt.

Kapcsolódó publikációk: [6], [7], [8]

4. A természettudományos tantárgyak közötti integráció lehetőségeinek vizsgálata

A természettudományos tantárgyak komplex, integrált szemléletű oktatása motiváló erővel hat a diákokra a fizika tanulásának folyamatában. Kidolgoztam több tématervet, amelyben az ismereteket konkrét témák köré szerveztem; ez újszerű megközelítést jelent hazánkban a fizika tanításának hagyományosan elfogadott, megszokott felépítéséhez képest. Bemutattam, hogy a természettudományos tananyag ilyen témaegységek köré felépített rendszere lehetőséget nyújt arra, hogy a kevésbé motivált tanulókat is bevonjuk a tanítási-tanulási folyamatba.

A hazai iskolarendszerben a természettudományos tantárgyak (fizika, kémia, biológia, illetve bővebb értelemben ide tartozik még a földrajz és az informatika is) külön diszciplínaként szerepelnek. Személy szerint magam is a természettudományos tantárgyak külön diszciplináris szerkezetben történő tanítását támogatom. Emellett fontosnak tartom, hogy az egyes tudományterületek közötti kapcsolatokat, kapcsolódási pontokat is bemutassam a diákoknak; ilyen értelemben használok az integrált szemléletű projekt kifejezést.

Véleményem szerint a természettudományos oktatás kezdő és befejező szakaszában az integrált természettudományos projektfeladatok segíthetik a tanulóinkat abban, hogy a természet komplex viselkedését jobban megértsék. Az integrált természettudományos projektekkel izgalmasabbá tehetjük a tanulási folyamat fáradtságos munkáját.

Olyan témaköröket kerestem, amelyek alkalmasnak bizonyultak a szaktárgyi tudáson túlmutató összefüggések, természettudományos (elsősorban fizikai, informatikai, matematikai) ismeretek bemutatására. A projektmunka során bevezettem a tanulókat a közösen feldolgozott témakörök szakirodalmába. Megmutattam, hogy a legtöbb kutatásnak vannak előzményei, ennek megismerése hozzátartozik a tudományos munkához. Bemutattam a tanulóknak, hogy a korábban felfedezett, hiteles ismeretekre alapozva hogyan folytatható a tudományos megismerés folyamata, hogyan gyarapítható a tudásunk.

Az egyszerű, illetve összetettebb folyamatokat modellező kísérletek és számítógépes szimulációk mellett tudományos érdekességeket gyűjtöttem az iskolánk tanulóival. Megmutattam, hogy a fizika a kötelezően előírt tananyagon felül hogyan bővíthető és gazdagítható olyan ismeretekkel, amelyek több diák érdeklődését is felkeltik. A jól megválasztott projektfeladatok a humán érdeklődésű tanulók motiválásában is segítenek.

Megmutattam, hogy milyen előnyei vannak az informatika tantárgy kiterjedtebb integrációjának a többi természettudományos tantárgyhoz, köztük a fizikához. A számítógép, az információs-kommunikációs technológiák használata fontos szerepet játszik a tanulók

életében, ezt kihasználhatjuk a fizika tantárgy tanításában. Megmutattam, hogy a fizika és az informatika tantárgy integrált szemléletű tanítása kölcsönös előnyökkel jár.

Az információs és kommunikációs technológiák alkalmazása azért lényeges az iskolákban, mert az ismeretközvetítésben és a képességfejlesztésben is segíti a pedagógiai munkát. Több példán (pl. számítógépes modellezés, szimulációk, számítógépes játékfejlesztés) keresztül is bemutattam, hogy az információs technológiák megfelelő használata motiváló erővel hat a diákokra a fizika tanulási folyamatában is. A dolgozatban megmutattam, hogy a számítógépes modellezés közelebb viszi a tanulókat a fizikai folyamatok megértésében.

Kapcsolódó publikációk: [5], [9], [10], [11]

5 A projektmódszer alkalmazása és hatásainak vizsgálata

A természettudományos tantárgyak oktatásában a projektmódszer az általános és a középiskolás korú tanulóknál sikeresen alkalmazható; segít abban, hogy a diákok természettudományos tantárgyakhoz kapcsolódó attitűdjét kedvező irányban befolyásolja. A természettudományos projektek alkalmasak arra, hogy motiváljuk a tanulókat a természettudományos tantárgyak tanulására. A projektek hatására a diákok tudásszintje növekszik, ismereteik bővülnek és a képességeik, kompetenciáik is fejlődnek.

A fizika tantárgyhoz kapcsolódó természettudományos projektek megvalósítása közben és a befejezésük után is vizsgáltam, hogy a résztvevő diákjaink tanulmányi munkájában, tanulási teljesítményében mennyire jelentkezik a projektfeladatokban való részvétel hatása. Az objektivitás érdekében a tanulók dolgozatainak eredményeit statisztikai módszerekkel elemeztem. A több tanéven keresztül folytatott követéses vizsgálataim alapján kimutattam, hogy azon tanulóknak, akik hosszabb távon részt vettek a SZAVFIT projektekben, azoknak javult a fizika és az informatika tanórai teljesítménye, és a projektmunka hatására a tanulók egyenletesebb színvonalon teljesítettek a dolgozatokban. A SZAVFIT projektfeladatokban résztvevő tanulók magasabb teljesítményt nyújtottak fizikából a korábbi teljesítményszintjükhez képest, és az eredményük informatikából is javult.

A vizsgált időszakban tanulói kérdőívek formájában arra is választ kerestem, hogy a projektfeladatokban való részvétel hogyan befolyásolta a tanulók projektekkel kapcsolatos attitűdjét, illetve a természettudományos tantárgyakkal – elsősorban a fizikával és az informatikával – kapcsolatosan szerettem volna megtudni, vajon milyen hatást gyakoroltak a természettudományos projektek a diákok tantárgyakhoz fűződő beállítódására. A kutatásaim alapján megállapítottam, hogy a tanulók döntő többsége általában szívesen vett részt a különböző projektekben; a projektfeladatok során úgy érezték, hogy van értelme és haszna a munkájuknak. A vizsgálataim alapján kimutattam, hogy mindegyik projektfeladat kedvező irányban befolyásolta a diákok attitűdjét; a legnagyobb mértékű javulást a több tantárgyat is szervesen integráló természettudományos projektfeladatokban való részvétel esetén kaptam.

Más kutatók vizsgálatait mellett a saját tapasztalataim is azt mutatják, hogy a természettudományos iskolai projektfeladatok megfelelő eszközei a kooperatív elvű tudásépítésnek; a projekt olyan oktatási forma, melyben a diákok egymástól és a tanáruktól is

tanulhatnak. A természettudományos projektfeladatok hatására a diákok megtanultak csoportokban dolgozni és fejlődött a kommunikációs képességük.

Kapcsolódó publikációk: [12], [13]

Az eredmények hasznosítása

A dolgozatban bemutatott fizikához kapcsolódó természettudományos projektfeladatok nem részei a középiskolai tananyagoknak. A tapasztalataim szerint a tanulók szívesen foglalkoztak a szokásos tananyagon kívül eső témakörökkel. A projektfeladatok során rengeteg kísérletet, mérést végeztünk, számítógépes modelleket, szimulációkat készítettünk.

Az általam kitalált, fizika tantárgyhoz kapcsolódó projektfeladatok mindegyikét tényleges tanítási környezetben megvalósítottam az iskolánk tanulóival. A projektmunkáink eredményeit igyekeztem szélesebb körben is bemutatni. Az egyszerű, hétköznapi eszközökkel végezhető kísérletekből minden évben bemutatót tartottam az érdeklődő diákoknak, hallgatóknak, szülőknek, tanároknak (pl. iskolai nyílt napokon, egyetemi bemutatókon, továbbképzéseken). Az érdeklődő pedagógus kollégáknak beszámoltam a projektek tapasztalatairól, eredményeiről; arra ösztönöztem őket, hogy más iskolákban is megismertessék a tanulókat ezekkel, vagy hasonló kísérletekkel, mérésekkel.

Iskolánk reál munkaközösségének vezetőjeként bemutattam a projektmódszer felhasználási lehetőségeit a kollégáim számára, majd közös projektek kidolgozásában is tevékenyen részt vettem, ezzel segítettem a projektmódszer elterjedését a természettudományos tantárgyak oktatásában.

A tanár kollégák számára elsősorban azért tartom hasznosnak a természettudományos projekteket, mert segítenek a természettudományok tanításának és tanulásának érdekesebbé tételében, alkalmazásukkal változatossá tehető a tudás átadása, a tanulók esetében sokirányú kompetenciafejlesztésre adnak lehetőséget.

Az iskolai projektek folyamán vizsgáltam a módszer használhatóságát, hatékonyságát a résztvevő diákok közép, illetve hosszabb távú tanulmányi teljesítményét illetően. Bemutattam, hogy a fizika tantárgy tanításának módszertanába hatékonyan illeszthető a tanulói projektmunka. Az általam kifejlesztett és a tanulókkal közösen megvalósított projektfeladatok elősegítették a diákok fizika tudásanyagának gyarapodását, és fejlesztették a fizikai szemléletmódjukat, gondolkodásukat.

A bő egy évtizede tartó projektfejlesztő tevékenységem fontos eredményének tekintem, hogy a feladatokban résztvevő tanulók döntő többsége az érettségit követően természettudományos, illetve műszaki szakirányban tanult tovább, és többen orvosi egyetemet végeztek. A tanulók elmondása alapján a SZAVFIT projektek is szerepet játszottak abban, hogy a fizikát és/vagy az informatikát választották érettségi vizsgatárgyként, majd hivatásukká.

A középiskolai szakkörön, fakultáción, tehetségfejlesztő foglalkozásokon elvégezhető kutatási projektfeladatokban felkészítjük a tanulókat a sikeres továbbtanulásra. Az iskolánkban érettségizett tanulók szerint a későbbi természettudományos felsőfokú tanulmányaik során a

projektfeladatok során megszerzett ismereteiket, kompetenciáikat később is hasznosítani tudták; így kevesebb tanulmányi problémába ütköztek a főiskolákon, egyetemeken.

A vezetésem mellett végrehajtott kutatás alapú középiskolai projektfeladatok alkalmasak arra, hogy a tanulók egy-egy választott kutatási témában elmélyedjenek. A mérések, modellezések, szimulációk, kiselőadások elősegítik a diákokat abban, hogy hosszú távon is sikeresek legyenek a természettudományok tanulásában.

A saját vizsgálataim mellett a pedagógus kollégák és a diákok visszajelzései is megerősítik azt a véleményemet, hogy a projektmódszer kiválóan alkalmas a természettudományos tantárgyak egyes témáinak feldolgozására; elsősorban szakkörön, fakultáción, tehetséggondozó foglalkozásokon. Sokféle, megfelelően előkészített téma kiindulási alap lehet egy természettudományos projekt számára. A projektelvű oktatási módszerek fejlesztését hasznosnak és szükségesnek ítélem. A jövőben szeretnék még több témát, tananyagot projektszerűen feldolgozni az iskolánk tanulóival együttműködve. Az eddigi projektfeladatok során elért eredmények ösztönzést adnak a téma további kutatására.

A tézisek alapjául szolgáló publikációk

[1] Beke T. (2014) Az óraátállítás hatásainak vizsgálata. *Fizikai Szemle*, **64** (11), 388–392.

[2] Beke T. (2014) Megújuló energiaforrások vizsgálata iskolai projektfeladatban. *Módszertani Közlemények*, **54** (3), 56–74.

[3] Beke T. (2015) A nap- és a szélenergia lakossági felhasználási lehetőségeinek modellezése iskolai projektfeladatban. *Fizikai Szemle*, **65** (7-8), 263–269.

[4] Beke, T. (2016) A simple model for the energy supply of a stand-alone house using a hybrid wind–solar power system. *European Journal of Physics*, **37** (1), (A januári számban jelenik meg.)

[5] Beke T. (2015) Színes kaméleonok fázisátalakulása. *Fizikai Szemle*, **65** (1), 18–23.

[6] Beke T. (2010) Termoakusztikus iskolai projektfeladat Rijke-csővel. in: *Fizikatanítás Tartalmasan és Érdekesen* (szerk. Juhász András és Tél Tamás), ELTE, Fizika Doktori Iskola, Budapest, 453–460.

[7] Beke T. (2014) Termoakusztikus hanghatás vizsgálata Rijke-cső segítségével. *Fizikai Szemle*, **64** (7-8), 256–261.

[8] Beke, T. (2012) Heat transfer in a thermoacoustic process. *European Journal of Physics*, **33** (6), 1487–1503.

[9] Beke T. (2013) A gépjárművek meghajtási lehetőségeinek vizsgálata iskolai projektfeladatban. *Módszertani Közlemények*, **53** (2), 39–52.

[10] Beke T. (2014) Közlekedéshez kapcsolódó iskolai projektfeladat. *Módszertani Közlemények*, **54** (1), 12–24.

[11] Beke T. (2015) Kerékpár mozgási jellemzőinek meghatározása iskolai projektfeladatban. *Fizikai Szemle*, **65** (10), 344–348.

[12] Beke T. (2014) A projektmódszer alkalmazása a fizika és az informatika tanításában. *Módszertani Közlemények*, **54** (4), 13–26.

[13] Beke T. (2016) Az iskolai projektmunka hatásainak kérdőíves vizsgálata. *Módszertani Közlemények*, **56** () (Közlésre elfogadott cikk.)

Egyéb publikációk

[14] Beke T. (2013) Moduláris elvű gépjármű tervezése iskolai projektfeladatban. *Módszertani Közlemények*, **53** (3), 42–52.

[15] Beke T. (2011) Termoakusztikai érdekességek. *Fizikai Szemle*, **61** (5), 165–169.

[16] Beke T. (2011) A projektmunka hatásai a természettudományos tantárgyak tanulásában. *Iskolakultúra*, **11** (4–5), 3–21.

[17] Beke, T. (2011) Rijke-type thermoacoustic oscillations. *European Journal of Physics*, **32** (2), 305–327.

[18] Beke, T. (2010) Thermoacoustic school project work with an electrically heated Rijke tube. *Physics Education*, **45** (5), 516–528.

[19] Beke T. (2010) Elektromosan fűtött Rijke-cső termoakusztikus modellje. *Fizikai Szemle*, **60** (9), 305–311.

[20] Beke, T. (2010) Modelling of thermoacoustic phenomena in an electrically heated Rijke tube. *European Journal of Physics*, **31** (6), 1331–1344.

[21] Beke T. (2009) Termoakusztikus jelenségek vizsgálata iskolai projektfeladatban. *A fizika tanítása*, **17** (4), 7–14.

[22] Beke T. (2009) Termoakusztikus projektfeladat Rijke-cső vizsgálatára. *Fizikai Szemle*, **59** (7–8), 253–257.

[23] Beke, T. (2009) Observation of thermoacoustic phenomena in a school project. *Physics Education*, **44** (5), 536–548.

[24] Beke, T. (2009) Thermoacoustic school project. *Acta Didactica Napocensia*, **2** (2), 9–24.

[25] Beke, T. (2009) Professional scientific blog. *Acta Didactica Napocensia*, **2** (1), 49–58.

[26] Beke, T. (2009) Application of the table manager program in the physics education. *Acta Didactica Napocensia*, **2** (3), 61–74.

[27] Beke T. (2009) Az atomenergia szerepe hazánk energiaellátásában. *A fizika tanítása*, **17** (2), 18–24.

[28] Beke T. (2008) Lézerek alkalmazása az orvostudományban. *A fizika tanítása*, **16** (2), 14–19.

[29] Beke T. (2008) Az orvosi és a kozmetológiai gyakorlatban használt lézerek és kezelési módszerek. *A fizika tanítása*, **16** (3), 3–10.

[30] Beke T. (2008) A szeméttengeren innen, az üveghegyen túl. *A fizika tanítása*, **16** (4), 7–13.

[31] Beke T. (2008) Iskolanővérek Kalocsán. *Neveléstörténet*, **5** (1-2), 72–102.