



NAGY-CZIROK LÁSZLÓNÉ

A természettudományos gondolkodás fejlesztése projektekben

MŰHELY

BEVEZETÉS

Fizika szakos általános iskolai tanárként mindennapi gyakorlatunkban bevált megoldásokat mutatok írásomban arra, hogyan lehet a tananyag-központú szemléletről a tanulók képességének és attitűdjének fejlesztésére fókuszáló tervezésre. 13–14 éves általános iskolai diákok érdeklődésére épített, élményalapú, a fizika tudományára épülő, de tantárgyközi projektjeinkről szóló beszámolómban a pedagógusok és a gyerekek ötleteit, erőfeszítéseit, megakadásait, közös élményeit helyezem előtérbe. A folyamatok, történések, tanulási eszmélések, pedagógiai térben átélt élmények erős hangsúlyt kapnak a szövegben.

Projektjeink a 7–8. évfolyamos fizika tantárgyhoz kapcsolódnak, tanórákhoz igazítva vagy azokon túl, változatos témákkal, időtartamokkal és létszámokkal. Alapvető céljuk – különböző attitűdök fejlesztésén túl – azon három kompetencia

fejlesztése, amelyek a PISA mérésben a természettudományi műveltség sarkköveit jelentik. Ezek: a jelenségek tudományos magyarázata, a tudományos vizsgálatok tervezése és értékelése, valamint az adatok és bizonyítékok tudományos értelmezése.

Több esetben a téma, a tananyagtartalom ürügy; az igazi cél a módszeres kutatás maga, az IKT-eszközök alkalmazása, elmélyülés egy témában, motiválás, a kíváncsiság és az érdeklődés

felkeltése, illetve a gondolkodás fejlesztése.

A projektekben sok olyan diákunk részt vesz, aki az iskolai feladatokban általában átlag alatt teljesít, de ugyanígy sokan vannak a tehetséggondozás folyamataiba bevontak is.

„Mit jelent a XXI. században a köznevelésben irodalmat, kémiát, történelmet és fizikát tanítani? Mivégre, és ebből fakadóan mit és hogyan? Ha ezekre a kérdésekre válaszok

születnének végre, s lenne központi kerettanterv, megfelelően alacsony

a gyerekek ötleteit,
erőfeszítéseit, megakadásait,
közös élményeit helyezem
előtérbe

a projektekben sok olyan
diákunk részt vesz, aki
az iskolai feladatokban
általában átlag alatt teljesít

mennyiségi szabályozással, s a fennmaradó mozgástérben is felhasználható alternatív javaslatokkal, esetleg gerincében is moduláris rendszerben – aligha lenne probléma.” Glociczki Zoltánnak e 2016-os gondolatához kapcsolódva nevezem alternatív javaslatnak azt a megoldást, amit bemutatok. Projekteként mutatom be rövidebb-hosszabb kutatásainkat, de modulokként is kezelhetjük, tantervbe építhetjük őket – nem várva arra, hogy kialakuljon az összhang az oktatáspolitikai, a neveléstudomány és a működő gyakorlat között.

Dolgozatom végén az MTA – ELTE Fizika Tanítása Kutatócsoport munkaközösségei által meghirdetett szemlélet tükrében is megvizsgálom röviden a tevékenységünket, hogy lássam, ahhoz képest milyen értékűnek mondható, amit a tanulókkal végzünk.

PROBLÉMA, CÉLKITŰZÉS

Bár a tevékenykedtetést és a kooperativitást ma már sokan alkalmazzák, az *egyéniesítés* (Halász, 2007), azaz az egyéni motívációkra, érdeklődésre, tanulási stílusra történő tervezés még nem népszerű a pedagógusok körében. Pedig a tanulás és a tanítás során alkalmazott módszerek megválasztásának is az alapulnia, mi a foglalkozás közös célja; meddig akar a tanuló eljutni, meddig akarjuk őt eljuttatni. Mi a fizika tantervből indultunk ki, de azt az elvet követve, amit Radnóti Katalinék: „Mást és másképpen kellene tanítani a diákok egyes csoportjai-

nak, világosan felmérve, hogy ki mi iránt érdeklődik, milyenek az ambíciói, s éppen mi ragadja meg a leginkább a figyelmét.” (Radnóti és Nahalka, 2002, 11. o.) A tevékenykedtetés, a konkrét szituációk átélhe-

a tanulás és a tanítás során alkalmazott módszerek megválasztásának is az alapulnia, mi a foglalkozás közös célja

tőisége mindeközben alapvető kontextus. Ahogy Nahalka István írja: „Arra mindenképpen szükség van, hogy felszínre hozzuk a gyermeki elképzeléseket, magukkal a tanulókkal láttassuk, hogy miképpen gondolkodnak, s felajánl-

junk bizonyos alternatívákat úgy, hogy azok a gyerekek által, a már meglévő tudással megkonstruálhatók legyenek.” (Radnóti és Nahalka, 2002, 11. o.)

Felmérések is igazolják, hogy a fizika népszerűsége alacsony szintű hazánkban (Chrappán, 2015). A PISA mérések szerint is súlyos problémákkal küzdenek a diákok a fizika tanulása terén. Az elején tartunk annak a folyamatnak, hogy a fogalmak és szabályok helyett az alkalmazások kerüljenek figyelmünk középpontjába. A pedagógus-életpályamodell bevezetése óta egyre inkább elvárás a pedagógusokkal szemben, hogy értsék, hogyan tanulnak a diákok, vizsgálják tanulási útjaikat, és segítsék ön-

egyre több bevált gyakorlat kerül egyik szakmai műhelyből a másikba

szabályozóvá válásukat. Ehhez pedig segítség kell: jól működtethető modellek, amelyek mindenki számára elérhetőek. Ma ezek legfőbb éltető közege a *hálózati tanulás*, amely-

nek során egyre több bevált gyakorlat kerül egyik szakmai műhelyből a másikba. Fizika vezető szaktanácsadóként nekem is ugyanez most a célom: a kihívásokra választ ígérő *jó gyakorlatok megosztása*.

E gyakorlatok tudományos értéktől nemcsak módszertani, hanem tantárgyspecifikus módon is bizonyosságra

töreksem. Ezért az ELTE Fizikatanári Doktori Iskola csoportjainak a fejlesztéseivel is összevetem, illetve szakfolyóiratokban megjelentetjük egyes projektjeink eredményét. Ha a tanulókkal közösen létrehozott eredmény a lektorálás során is kiállja a próbát, akkor megnyugtató módon bebizonyosodik, hogy a hagyományosabb tanulásszervezésről nehezen váltók aggodalma felesleges: nem sérül a tudományosság szempontja sem.

Egy év alatt tizennégy, a tanulók érdeklődésén alapuló kis projektet valósítottunk meg, melyek túlmutattak a fizikán, sőt, a természettudományokon is. Kollégáimmal együtt mindegyik esetében fontosabbnak tartottuk a pedagógiai eredményt, mint a tantárgyit. Mégis olyan eredményekkel zárultak a projektek, melyek a fizikatudomány próbáját is kiállták. Mindegyikben valamilyen problémából indultunk ki. „Probléma lehet egy jelenség magyarázata, ha az nem azonnal előhívható a memóriából. Probléma valamilyen kísérletnek, megfigyelésnek a megtervezése, ha még nem is azonnal tudjuk, hogy mit is kell csinálni. Probléma lehet valamilyen tárgynak (kísérleti, technikai, demonstrációs eszköznek, játéknak, stb.) az előállítás”, ha nincs azonnali algoritmusunk, tehát nem beszélhetünk *feladat*ról. (Radnóti és Nahalka, 2002, 182-183. o.)

A PROJEKTEK

Az alábbiakban legsikeresebb projektjeink közül válogatok, s leírásukban leginkább a pedagógiai eredményekre, megfigyelésekre helyezem a hangsúlyt.

1. Odüsszeusz íjának titka: Az íj feszítési görbéjének hőmérsékletfüggése, avagy hogyan tudta Odüsszeusz felajzani az erős íját?

Iskolánk íjászzal foglalkozó tanulói inspiráltak arra, hogy egyszerű íjmechanikai mérésekből és számításokból álló kísérleti projektet dolgozzunk ki. Öt tanulóval arra a kérdésre kerestünk választ: van-e értelme az íjtestet és/vagy az íjhúrt kézi dörzsöléssel vagy lánggal melegíteni az íjfelajzás előtt vagy után, amint az az Odüsszeusz-filmekben látható. Modern íjak feszítési görbáját mértük a léghőmérséklet függvényében -3 és $+63$ °C között. Eredményképp kimutattuk a diákokkal közösen, hogy 3 °C alatt és 40 °C fölött a hőmérséklet csökkenésével, illetve növekedésével az íjtest meg-

puhul, csökken az ereje. Méréseink tükrében megpróbáltuk fizikailag értelmezni az Odüsszeusz-féle íjversenyéről szóló homéroszi szövegrészletet, illetve a különböző filmrészleteket – és utóbbiakban kimutattunk néhány filmadaptációbeli hibát is.

A kilőtt nyílvesztőnek videofelvétel alapján megállapított sebességéből és a vesszőtömegeből megkaptuk a nyíl mozgási energiáját ($1/2mv^2$). A felhúzott íj rugalmas energiájának kiszámítása azonban nehezebb volt, de a tanulókkal együtt kidolgozott ötlet nyomán megoldottuk, a következőképp:

A 7–8. osztályosok még nem tudnak integrálni, pedig a megnyúlással nem egyenes arányban változó erő görbéje alatti terület kiszámításához arra lenne szükség. Megértették a rugalmas erő-megnyúlás grafikon alatti területből a rugalmas energiára következtetés logikáját, mert

a tanulókkal együtt
kidolgozott ötlet nyomán
megoldottuk

– analógiával – a már ismert sebesség-idő, illetve a térfogat-sűrűség görbe alatti területre emlékeztettem őket. (Korábban azok számértékéből következtettünk az út, illetve a tömeg nagyságára.) A következő megoldást dolgoztuk ki: a $F(x)$ grafikont Excel-táblázatban ábráztuk (a szoftvert a hetedikesek már ismerik). Ezután a szabálytalan alakú területet egyenletes vastagságú, homogén farostlemezre átrajzolták, majd fonalfűrésszel kivágták. Mérték a tömegeket, majd kiszámolták a szabálytalan alakú lap és az azt befoglaló „téglalap” tömegének arányát. A téglalap területe nem volt gond, s az arányt ismerve egyetlen szorzással kiszámolták a keresett ($F(x)$ alatti) területet. Erre volt szükség a rugalmas energiához! A mozgási és a rugalmas energia hányadosa aztán megadta a vizsgált íjak 30 % körüli hatásfokát – vagyis azt, hogy a megfeszített új rugalmas energiájának mekkora része alakul a kilótt nyílvevő mozgási energiájává.

A projektnek ez az energiahányadost kereső szakasza különösen értékes volt a kognitív kompetencia, kiemelten a matematikai gondolkodás fejlesztésében. De mint látható, a tanulók problémamegoldó képességét és kreativitását előre nem tervezhető módon próbára tette a projekt egésze. Egyfelől hipotézisünk nem teljesült, hiszen normál hőmérsékleten, 17 és 30 °C között gyakorlatilag hőmérséklet-függetlennek bizonyult az íjkarakterisztika. Másfelől időnként elakadtunk, útválasztásunkat gyakran intuíciónak segítette. Például a terhelőerő növeléséhez a gyerekek először súlysorozatot kértek kölcsön a vástelepről,

egyikük kitalálta, hogy tegyük vödörbe a súlyokat, akkor csak egy kampó kell

a projekthez kapcsolódó mérések és felvételek hónapokig tartottak több mérést végeztünk, hogy azok átlagolásával kapott eredményeink minél jobban megközelítsék a valóságot

azokat akasztgattuk fel az íjra. Aztán egyikük kitalálta, hogy tegyük vödörbe a súlyokat, akkor csak egy kampó kell. Innen fejlődött tovább az ötlet, hogy ne is súlyokat használjunk, hanem vizet, mert azzal akár dekagrammonként is szabályozhatjuk a terhelőerőt.

Érdekes volt megfigyelni, miként fogadták a diákok, hogy nem minden

esetben teljesül az előzetes hipotézisünk. Itt megmutatkozott, hogy ki lelkes ötletelő, ki pedig kitartó elemző. A szükséges újabb

magasabbra értékelt tanulók viszonyultak nagyobb türelemmel. Az impulzív stílusúak – ők azok, akiknek tantárgyi teljesítményei általában alacsonyabbak – könnyebben feladták, viszont rájuk ötletek felvázolásában számíthatunk.

Méréseknél az együttműködés nélkülözhetetlen volt. Egy diák a terhelőerőt növelve a vödörbe öntötte a vizet, másikkal közben a megnyúlást mérte, a harmadik jegyezte az értékeket, a negyedik fotózott – mindezt néha extrém viszonyok közt, nagyon rövid idő alatt. A sajátos egyéni teljesítmények is érvényesültek az együttműködésben, például komoly elismerésben részesítettük a tanulót, aki kamerájával és elemző szoftverével a nyílvevő sebességét meghatározta.

A projekthez kapcsolódó mérések és felvételek hónapokig tartottak, az egyes hőmérsékleteken több mérést végeztünk, hogy azok átlagolásával kapott eredményeink minél jobban megközelítsék a valóságot. Szaunában, gőzkamrában, hűtőkamrában történő mérések lehetőségét

kellett megszervezni, speciális eszközöket szerezni (például felületi hőmérőt egy szülőltől kértünk), illetve újakat, létrákat szállítani. A jó pár projektesemény, amire az iskola udvarán került sor, a többi tanuló érdeklődését felkeltette, maguk jelentkeztek leolvasni, jegyzetelni, vagy egyszerűen szemlélni a történeteket. Előfordult, hogy mások is elhozták újukat, hogy más erősségű eszközökkel is vizsgálhassuk az összefüggéseket. A megvalósító, aktív tanulók ismertsége és népszerűsége is nőtt a közösségen belül.

Az elmélet és gyakorlat autentikus összefonódásán és a természetesebb tanulás élményén túl a

projektrel a tehetséggondozás területén is kézzel fogható eredményt értünk el. Három tanulóból álló csoportunk városunk Diákszimpoziumán nyert első helyezést vele. Egy nyolcadikosunk poszterpályázaton mutatta be munkánkat, ami jó alkalom volt arra, hogy egyben taggá váljon a Kutató Diák Mozgalomban.¹ Számára életre szóló élmény, diáktársai számára ösztönzés volt, hogy általános iskolai tanulóként a Magyar Tudományos Akadémián mutathatta be eredményeit. A projektről szóló közös cikkünk pedig megjelent a *Fizikai Szemlében* (*Nagy-Czírok* és mtsai, 2016).

2. Coriolis a lefolyóban? Egy elterjedt tévhit iskolai vizsgálata probléma-, élmény- és kutatásalapú módszerrel

Tizenkét általános iskolai tanuló bevonásával egyszerű, de időigényes házi kísérlettel ellenőriztettem azon közismert vélekedés valóságtartalmát, hogy az északi féltekén a lefolyóban az óramutató járásával ellentétes irányban, balra forogva

folyik le a víz, míg a déli féltekén fordítva. Ez a vélemény azért téves, mert a Coriolis-erő egészen parányi a vízőrvény forgásirányát meghatározó más, sokkal nagyobb erőhatásokhoz képest.

A megfigyelést otthon is végezhet mindenki; azok is, akik a fizika egyik témaköre iránt sem mutattak eddig érdeklődést. A diákokat megkértem, hogy a mosdókagylót, mosogatót vagy kádát töltsék meg vízzel, majd a dugó

kihúzásával eresszék le a vizet minél többször és jegyezzék föl a lefolyó víz örvényirányát. További ötleteiknek is teret adtam, így a városi úszómedencé-

ben is végeztek megfigyeléseket. Előzetesen megnéztük együtt a 2013-as *Szupercella* (*Escape Plan*) című film egy részletét, amelyben egy szuperbiztos és -titkos börtönhajó északi vagy déli féltekén való elhelyezkedését úgy határozták meg, hogy a mosdókagylóban az óramutató járásával ellentétesen örvénylett a lefolyó víz, vagyis a börtön az északi féltekén volt. A diákokkal kétszer két héten át végeztettem a megfigyeléseket, fejenként legalább tízszer: először úgy, hogy még nem tudták, hogy milyen eredmény várható (50-50 % jobb és bal vízőrvény), másodszor pedig már ennek ismeretében.

Eredményül azt kaptam, hogy a témával kapcsolatos összegyűjtött megfigyelések jelentős mértékben megváltoztak a fizikai tények megismerése után: a megfigyelt 23 % bal és 77 % jobb forgásirány 50 % balra és 50 % jobbra módosult. Együttal lelepleztük a világhálón található egyik szemfényvesztő, hamis bemutatót is, ami a Coriolis-erőnek a lefolyó víz örvénylésében állítólag betöltött szerepét próbálja meg – csalással – szemléltetni.

¹ <http://www.kutdiak.hu/hu/>

Meglepett, hogy a megfigyelések során mennyi feltétel változtatásához fogalmaztak meg ötleteket a gyerekek. Kerek mosdókagylót, szögletes mosogatómedencét, hideg és meleg vizet, tisztát és mosószerest kívántak vizsgálni. Legjobban az tetszett, hogy az egyik kislány mágnest kért tőlem, mert azt gondolta, hogy annak mezője befolyásolja majd a víz forgásirányát. Van alapja a következtetésének, hisz órán tapasztalták, hogy a megdörzsölt műanyagruđ elektromos mezője eltéríti a gyengén csordogáló vízugarat. Előzetes tudásuk megismerése, analógiás gondolkodásuk követése során én magam is sokat tanultam.

Ez a kísérletező megfigyeléssorozat komplex, több tantárgyat (fizikát, földrajzot, filmművészetet és médiaismeretet) érint, s már általános iskolásoknak is nyugodtan kiadható kutatómunkára. Pedagógiai haszna abban is megmutatkozik, hogy megfigyelhetjük a tanulók felelősségérzetét is; mennyire kitartók vállalt munkájuk elvégzésében és dokumentálásában. Az ehhez hasonlóan könnyű feladatokat ugyanis általában nem a sikertelenség miatt hagyják abba. A projekt tantárgy-pedagógiai jellegű bemutatását lásd itt: *Nagy-Czirok és Horváth* (2016).

3. A talajról köszörülve visszapattanó labda mechanikája

Ebben a projektben három jól sportoló diákkal a talajról köszörülve-gördülve visszapattanó, gömb alakú, pörgő labdának különleges visszapattanási irányait egy tornateremben kosár- és pingponglabdák-

kal tettük megfigyelhetővé. A labdák mozgását aztán az általuk készített digitális filmfelvételek és a belőlük készült képsorozatok segítségével szemléltettem fizikaórán. Látványosan sikerült előidézni, illetve vizuálisan dokumentálni a következő

az egyik kislány mágnest kért tőlem, mert azt gondolta, hogy annak mezője befolyásolja majd a víz forgásirányát

az általuk készített digitális filmfelvételek és a belőlük készült képsorozatok segítségével szemléltettem fizikaórán

speciális eseteket: (a) a labda vízszintestől mért β visszapattanási szöge kisebb az α beesési szögnél, (b) a visszapattanás β szöge nagyobb az α beesési szögnél, (c) a labda pontosan függőlegesen

pattant föl az elméletileg megjósolt irányban forogva, (d) a labda pontosan a dobó felé, annak kezébe pattant vissza.

A labda visszapattanási irányainak kísérleti előállítására élményszerű, ami segít a kevésbé motivált, kevésbé érdeklődő gyerekekben kialakítani az eredményes fizika-tanuláshoz szükséges attitűdöt. A tanulói kutatási projektszakasz kiválóan alkalmas arra, hogy a labdajátékokat kedvelő és

űző diákok érdeklődését fölkeltsük a fizikai vonatkozások iránt, s közben elmélyítsük és élményszerűbbé, testközelibbé tegyük a rugalmas ütközésekkel, energiaváltozásokkal, súrlódási erővel, forgatónyomatékkal,

sebességgel, Newton-törvényekkel – és nem mellesleg az elemi digitális képfeldolgozással – kapcsolatos mechanikai és informatikai ismereteiket. Hiszen a kortárs csoport tagjainak tapasztalati tudására építő, konstruktív tanulás jobban hasonlít a spontán, természetes, gyermekkorban jellemző és hatékony tanulási módokhoz, mint a tanórai történések. (A projekt tantárgy-pedagógiai fókuszú leírását lásd itt: *Nagy-Czirok, Gudmon, Nagy, Szferle és Horváth* (2016a; 2016b).

4. Lovak és más négylábú állatok jármódjai és ábrázolásuk

Az iskolánk szomszédságában lévő lovasbázison hét diákkal a lovak mozgásáról egy 15 perces tanfilmet készítettünk, melyben a lovasok többsége, a narrátor, a filmet felvevő és vágó diák is tanítványom.² Arra voltunk kíváncsiak, hogy a játékgurák, képeskönyvek, rajzfilmek és lovas szobrok

mennyire ábrázolják valóságosan a négylábú állatok járását. Megállapítottuk, hogy 90 járásábrázolásból 49% volt helytelen, ezek közt elemeztük az ügetés és a vágta ábrázolásait. 35 rajzfilmbeli járásábrázolásból 26% bizonyult helytelennek. Kutatásunk módszertanának alapja a járásmátrix volt (*Horváth*, 2009). Eredményeinket összehasonlítva egy korábbi ELTE-s kutatással, annak eredményeitől nem tapasztaltunk szignifikáns eltérést.

Tizenegy hónapig tartó kutatásunk során a lovaknak négy fő jármódját vizsgáltuk és filmeztek: a járást, az ügetést, a poroszkálást és vágat. Filmünket megosztottuk más iskolákkal, a lovas szakma képviselőivel, folyóirataik szerkesztőségével – és egy élő beszélgetés keretében bemutatta a Halas Televízió is.³ Olimpikon, mesteredző szerint a kisfilm szemléltetőanyagként használható a lovas és lovaglás-sportoktatóképzésben, ezért átadtuk a kiskunhalasi lovasbázis működtető cég vezetőjének.

A tizenegy hónap alatt sok viszontagságon mentünk keresztül. Állatok tartására berendezkedett tanyán forgatásra készülve

a meglepetéstől a döbbenetig az érzelmek színes skáláját éltük meg; még súlyosan sérült ló lábadozásának is tanúi lehettünk. A stáb erősen átfázott, mikor ki kellett várnia, míg társuk kellően bemelegíti a lovát a vágtahoz. Máskor a tűző napon nyeltük

az ügető lovak által felvert port. A tűrőképesség határához jutottunk akkor is, amikor a narrátorral már sokadik alkalommal kellett elmondatni a filmfelvételhez a szövegét.

Szerkesztő-vágónk saját kárán tanulta meg, hogy a mentett fájlokknak beszédes címet kell adni, és tematikusan kell őket mappázni, akkor nem kell olyan hosszasan válogatni az egyes jármódokról készített felvételeket a megfelelő helyre.

Fizikaóráinkon az egyensúly, a lendület, a sebesség és a teljesítmény vizsgálatát segíti a lovas filmünk, de legalább ekkora jelentősége van annak, hogy komplex módon, nem tantárgyakba rendezve tanultunk ismereteket. Az állatok iránti

gyermeki érdeklődést, a megfigyelés örömet az egzakt tudományos megfigyelésre törekvő kutatás módszereivel egészítettük ki a tanulók életkorához, előzetes ismereteihez és érdeklődéséhez igazodva. A projektben részt vállaló diákok példája motiváló

hatású a többi tanulóra, s ez a formális, tantárgyi keretbeillesztésű tanulás során is megmutatkozik – többféle területen.

Meglepetést is tartogatott a kutatásunk. Kisült, hogy az ősember által a barlang falára rajzolt emlősállat-ábrázolások kevesebb hibát mutatnak, mint a XIX. századi megjelenítések. Következtetéseinket

35 rajzfilmbeli járásábrázolásból 26% bizonyult helytelennek

a meglepetéstől a döbbenetig az érzelmek színes skáláját éltük meg; még súlyosan sérült ló lábadozásának is tanúi lehettünk

² A kisfilm megtekinthető a <https://youtu.be/S6GwqE559-Q> címen.

³ A teljes beszélgetés megtekinthető itt: <https://youtu.be/X7HTd0j2nyM>

megbeszéltük. Eredményeink elemzését tanítványom esszé formájában benyújtotta a Természet Világa 2016-os Diákpályázata-ra, ahol az II. díjat kapott. A tanulmány a Természet Világa számaiban jelent, illetve jelenik meg.

5. Postagalambok versenyteljesítményének vizsgálata

Postagalambok versenyteljesítményét kutattuk nyolcadikos diákkal. Megállapítottuk, hogy a modern tartástechnológia alkalmazásával gyorsabb a galambok verseny utáni regenerációja, terhelhetőbbé és ellenállóbbá válnak. Összehasonlítottuk a természetes és az özvegy versenymódszerek teljesítményfokozó hatásait is. Megfigyeléseinkkel igazoltuk, hogy kiegyensúlyozottabb, megbízhatóbb, folyamatosabb teljesítményre az özvegyített galambok voltak képesek.

Ez a projekt egyszemélyes, a fiú az egyéni tanulást preferálja, kortárs kapcsolatai gyengék. Családi hagyomány náluk a galambászkodás, ezt követve készül egyre tudatosabban a kutató szerepre. Tantárgyi eredményei eddig nem voltak kiemelkedőek, elemi tanulási technikái az érdeklődését kiváltó témához kapcsolódó tudásépítés során formálódtak.

Diákom a Természet Világa folyóirat XXV. jubileumi Természet – Tudomány

Diákpályázatán az eredményekről szóló esszével I. helyezést ért el, s azóta több országos pályázaton is díjat nyert (*Veréb*, 2016). Jelenleg a postagalambok tájékozódási képességét kutatja, s kutató tudós szeretne lenni. Már ebben a projektjében is felfedezett egy zsákutcát: a hipotézissel ellentétben mégsem függ a környező ipari jelenségektől az elhullás.

6. A felületi feszültség mérése, avagy a molnárka papucs

Öt hetedik osztályos gyerekekkel megvalósított projektünkben

környezetvédelmi kontextusban vizsgáltunk egy fizikai problémát, felhasználva a fizikai, kémiai és biológiai tantárgyi

tudástartalmakat is. Kiindulásképp azt kutattuk, mekkora felületi feszültség mellett képes a molnárka nevű vízi rovar a víz felületi hártáján maradni és ott mozogni, majd azt, hogy valójában milyen minőségűek a környékbeli természetes vizeink.⁴ A projekt ötletéhez inspirációt adtak horgászó tanulóink.

A vízmintával teli üvegdádba tett molnárkát felülről megvilágítottuk, így a kád alján árnyékot vetett a lábaik alatt kialakuló vízfelületi

lencse. Az árnyék területét a kád alatt lévő milliméterpapíron olvastuk le. Szennyeztük a vizet, s az árnyékpapucsok területének változása (amit a molnár-

családi hagyomány náluk a galambászkodás

így a kád alján árnyékot vetett a lábaik alatt kialakuló vízfelületi lencse

⁴ Ez a kérdésfeltevés ökoiskola-szerepünkből is következik. *Radnóti és Nabalka* (2012) már beszámolt arról, hogy a *Fizikai Szemlé*ben a 2012 előtti években megjelent írások több mint 20%-a interdiszciplináris jellegű, köztük pedig kiemelkedő a környezetvédelemmel kapcsolatos szövegek aránya. S ezek az arányok hasonlóan alakulnak a kiírt doktori (PhD) kutatási témák között is.

ka süllyedésének mértékéül használtunk) jól megmutatta a felületi feszültségek eltéréseit. Feltevésünk teljesült; igazolni tudtuk, hogy szennyezettebb vízben nagyobb az állatka süllyedése, így a papucs árnyéka. Tehát a szemlélőknek (például a horgászoknak) információ ad a víz minőségéről az, hogy milyen könnyedén mozognak a molnárkák a vízfelszínen.

Többféle módszerrel és eltérő körülmények között végzett mérésekkel azt tapasztaltuk, hogy a legnagyobb felületi feszültsége a csapvíznek, majd a városunk közelében levő tónak, azután egy csatornának, végül egy rekultivációs tónak volt. Egy vízminőség vizsgálatát hivatalosan végző laboratóriumban a mintáinkon végzett méréseink igazolták e sorrendet. Meglepett minket, hogy a rekultivációs tó kialakításánál a vízminőség romlását előidéző hanyagságot fedeztünk fel – erről még a projekt során általunk meginterjúvolt környezetvédelmi mérnök sem tudott.

Méréseinkhez hozzájárult egy nyolcadikos diák egyéni médiaismeretével, víz alatti felvételeivel. A fél éves projekt alkalmas volt az élmény-, kutatás- és problémaalapú tanulásra, ok-okozati összefüggések keresésére, hipotézisek megfogalmazására, a természettudományos gondolkodás és a kutatás-módszertani jártasság fejlesztésére. Mérési jegyzőkönyv, táblázat, diagram készítésében és elemzésében gyakorlatot szereztek a részt vevő diákok.

A változékonny időjárás miatt időben előre nem tervezhető feladatok elvégzése során rugalmasnak és felelősnek kellett lenniük a diákoknak. Mocsaras vízpar-

tokon vízmintát gyűjteni, molnárkákat befogni, majd élőhelyükre őket visszavinni önfegyelem híján nem lehetséges. Előre nem látható problémák azonnali megoldására is szükség volt. Hogyan lehet például kiszedni a vízből a kis súlyokat a felületi

feszültség mérésekor anélkül, hogy kezünk zsírrossága befolyásolná a víz minőségét? Persze, hogy eszébe jutott valakinek a megoldás: emeljük ki mágnessel őket.

Kutatásunk élményeit és eredményeit több alkalommal is megosztottuk diáktársainkkal, akiknek az érdeklődését felkeltettük. Megismertettük velük kutatásunk célját és menetét. Érdekes, jól értelmezhető felvételeinket más fizika-, biológia- és földrajzórakon is alkalmaztuk, alkalmazzuk. Eredményeinket több helyen bemutattuk. Egyik bemutatónkkal I. helyezést értünk el a városunkban rendezett Diákszimpózium természettudományi szekciójában, majd egy

Természettudományos Diákkonferencián elnyertük a „Legeredetibb” címet. Ezekon a bemutatókon rávilágítottunk a szennyezett környezetben élő állatok táplálkozását érintő problémákra és az

anyagforgalom befolyásolására is. Felhívtuk a figyelmet arra, hogy a háztartásban használt vegyszereknek milyen nagy, környezetünket közvetlenül károsító hatása van a vizekben. Egy hetedikesünk egy esszépályázatra nyújtotta be az eredményeinkről szóló dolgozatát, így lett tagja a Kutató Diák Mozgalomnak. Kognitív „terepeken” kevésbé aktív tanulókat is be lehetett vonni a projektbe, hisz szükség volt a rovarok és vízminták beszerzésére, amit ők szívesen vállaltak. E projektünket

méréseinkhez hozzájárult egy nyolcadikos diák egyéni médiaismeretével, víz alatti felvételeivel

egy Természettudományos Diákkonferencián a elnyertük a „Legeredetibb” címet

a 2016. évi, 59. Országos Fizikatanári Anketon egy poszteren mutattam be, ami a közönség 2. díját kapta. „Molnárkás” cikkünket megírtuk, s a *Fizikai Szemlé*be a szerkesztőség befogadta azt.

7. IKT-alapú szemléltetőanyagok készítése tanulókkal – Energy Factory, tudástérképek, Arduino-projekt

Tanulók innovációit, találmányait gyakran használok érdeklődés felkeltésére, újabb ötletre való készítésre. A fenntarthatóság és környezetvédelem témakörben kiírt *Energy Factory* projekt egy éves futamideje alatt több mint 30 tanuló innovációnk született, melyeknek leírását és illusztrált bemutatását egy digitális könyv tartalmazza, amely elérhető a csoport Facebook-oldalán.⁵ Benne poszterek, működő modellek, napelemes alkalmazások, az iskolánk tetején lévő napelemek energiatermelésének elemzését bemutató tanuló munkák szerepelnek. Kisfilmeket tanulóink a legtöbb esetben egymásról készítettek. Saját készítésű generátort és transzformátort mutatnak be; összehasonlítják a robbanómotor és az elektromotor működését; roma lányok áramkört építenek, s mérnek benne; SNI tanuló ismerteti az általa programozott hang- és fényorgonát; más a csörlő, majd a kompresszor működését mutatja be; SNI tanuló készít felvételt a lendület vizsgálatához vizespalackkal. Több kisfilmünk Arduino-féle működő modelleket (napelemes autókat, forgó figurákat, ventilátoro-

kat, programozható, nyújtásra, hang- és fényingerre érzékeny szenzorokkal nyitódó-záródó áramkörökbe épített fogyasztókat) ismertet. A piezoelektromosságról hallva diákjaim olyan alkalmazási ötleteket dolgoztak ki, amely a járdába, sportpályák lelátóiba, úttest és vasúti sínek alá, tornatermünk talajába és dobantóiba épített elemekkel generál elektromos energiát, s azt világításra használja fel. Az elektromágneses indukció jelensége pedig az autók áramellátásának egy újszerű ötletét ihlette – az utak mentén elhelyezett mágnesek sorával. S ugyanígy a fordítottját; amikor a pálya világításához az autókkal, vonatokkal együtt mozgó mágnesek generálhatnak áramot.

Ötödik éve készítünk tudástérképeket tanulókkal és pedagógus kollégáimmal. Papíron és elektronikus formában – CMap szoftverrel – is

folyamatosan bővítjük gyűjteményünket. A CMapben képekkel lehet gazdagítani a szöveget, és mögöttes tartalmak is csatolhatók – például filmek, Power Point-prezentációk, hosszabb háttérközvetégek, hanganyagok és más tudástérképek is.⁶ Alkalmazásának módszertanát egy könyvben részletesen ismertettük (*Nagy-Czifrok és Kárász, 2012*). Tanulóink többsége már önállóan alkalmazza a CMap-et, de az újabb és népszerűbb coggle.it oldalt is.

Mások számára is elérhetővé tettük *Arduino-projektjünket*. Az *Arduino* egy könnyen használható hardverelemeken és szoftveren alapuló, nyílt programozású felület, mely interaktív iskolai projektekhez alkalmas.⁷ A jó gyakorlatokat feltöltöttük

SNI tanuló készít felvételt a lendület vizsgálatához vizespalackkal

⁵ <https://www.facebook.com/Energiavámpírok-EF-2016-1200052743360558>

⁶ Hátránya azonban, hogy felhőalapú tárhelyhez nem kapcsolódik, megosztása nehezegebb. A hordozható változat a programot tartalmazó adattároló csatlakoztatását és számítógépre való telepítését igényli.

⁷ A projekt biztos szakmai alapokon nyugodott; iskolánkban 2007 óta a Socrates Minerva projekt keretében a Brémai Egyetem és a svédországi Boras Textilipari Főiskola, továbbá egy pozsonyi és egy dublini oktatási intézmény együttműködésével és támogatásával folytattunk kísérleteket intelligens anyagokkal.

az iskolataska.educatio.hu felületre, és referenciainstanzként segítettük is az adaptációját az érdeklődő iskoláknak. A projekt legfontosabb jellemzői a következők: a kiindulópont a gyerekek problémafelvetése; a tervezés közösen történik; a tevékenykedő munka valóságos helyzetekhez kapcsolódik; a pedagógus segítő, együttműködő társ; a végső megjelenési forma a közös termék, amelyben „a részletek egészzé állnak össze”. A projekt környezettudatosságra nevel, tanulni tanít, felkészít a felnőtt lét egyes szerepeire és a tanulási esélyegyenlőség létrejöttét is segíti. Teret kapnak az önálló elképzelések, az önellenőrzés, a tesztelés és a hibakeresés, valamint az új megoldások keresése, próbálgatása. Így fejlődik a képzelőerő, az esztétikai igényesség, a szóbeli kifejezőkészség, az elektronikai logika, eredményesebbé válik a tanultak átvitele a mindennapi életbe. Fejlődnek az algoritmizáláshoz és a kreatív alkalmazáshoz szükséges képességek. A megalkotott intelligens eszközök nem pusztán játékok, hanem valóban működő programozható használati tárgyak. Az az élmény pedig, hogy „amit kitaláltam és megépítettem, az működik”, magától értetődően rendkívüli erővel motiválja a diákokat. (Lásd erről még: *Pető, 2016* illetve *Subonen, S. és Tiili, J., 2014*, valamint témában *Nagy-Czirok, Kárársz és Csányi, 2009*)

Ezekben a tevékenységekben szinte minden tanulónk részt vesz. A modellek elkészítése nemcsak a programozás és a ro-

botika iránt érdeklődők körében népszerű, hanem a művészeti csoportokban is.

8. Vizsgálatok hőkamerával

A „Dinamika” és az „Energia, hő” témakörökben gyakran szembesülünk azzal, hogy méréseink eredményei nem támasztják alá a törvényeket, leginkább az energiamegmaradás törvényét.

Ha egyszerű gépekkel kapcsolatos számításokkal szeretnénk bemutatni ezt a törvényt, mindig utalnunk kell a hővesztésre, mely nehezen szemléltethető, s láttatható be a konkrét fogalmi gondolkodás szintjén levő tanulókkal. A súrlódás az első jelenség, ahol felvetődik ez a probléma – majd a hőterjedési módoknál, vezető és szigetelő anyagok megkülönböztetésénél, később a halmazállapot-változásoknál és az oldódásnál, nyolcadikban pedig az elektromos folyamatok vizsgálata során hasznos a megfigyelése.

Remek lehetőség állításaink igazolására a hőkamera alkalmazása.⁸ A kutatásmódszertani fejlődéshez kiváló lehetőséget biztosítanak ezek a mérések, sőt, már a kvalitatív megfigyelések is, melyeket az eszköz lehetővé tesz.

A hőkamerák telepítő és elemző szoftvereit nyolcadik-kilencedik osztályos tanulók már ügyesen használják. A hipotézisek megfogalmazása, a (nem) teljesülésükkel való szembesülés az életszerű tanulás magga. Informatikai eszközök és szoftverek alkalmazására is jó lehetőség a témakör. Az

teret kapnak az önálló elképzelések, az önellenőrzés, a tesztelés és a hibakeresés

a hőkamerák telepítő és elemző szoftvereit nyolcadik-kilencedik osztályos tanulók már ügyesen használják

⁸ Az eszközökhöz több helyen hozzá lehet jutni – építészeti vállalkozások, szakképző iskolák, felsőfokú oktatási intézmények segíthetnek.

eltérő hőmérsékleti tartományokban történő mérésekhez a megfelelő (szín)skálák használata a matematikai kompetenciák fejlődését is segíti. Szintén a matematikai-logikai gondolkodás fejlődését szolgálja az ötletelés mint állandó kontextus. Ötletdobozsal segítem az előkészítést, ebbe folyamatosan lehet bedobni a megfigyelésre javasolt jelenségeírásokat.

Ebben a projektben tizenöt tanulóval dolgoztunk. A csoportot különösen meglepte tényénymomuk hőképeinek különbözősége a parafa-, illetve a fémtáblán; más-más gyerekek azonos testrészeinek hőmérséklet-különbsége, illetve a fűrés és a fahasáb jelentős mértékű melegezése fűrészelés során. Környezetvédelmi szempontból is jelentős a hatása annak, hogy megfigyelhették: az iskolával szemközti ikerház két felét eltérő módon szigetelték. A hőkamera segítségével ugyanis kiderült, ami látható fénytartományban nem: az egyik félház vakolata alatt vastagabb a szigetelés, és korszerűbbek az ablakai. Elégedetten állapították meg, hogy az összenyomott pumpa, a lefékezett autó kerekei, az egyes világító berendezések, és további eszközök korábbi elvárásuknak megfelelően melegedtek. Ha előzetes elvárásuk nem teljesült, nem vitatták az eredményt, mert az szemmel látható volt – hittek a szemüknek.

Voltak az ötletbörze során feltevések, amelyek nem teljesültek. Hogy melegít-e a kabát, arra is választ kaptunk. Egymás után több kabátban melegedve, majd azokat hirtelen szétnyitva készítettek egymásról felvételt a gyerekek, ami a testük hőmérsékleténél magasabb értéket sose jel-

zett. Meglepetésként érte a diákokat az is, hogy a mikrohullámú sütőben megfigyelt tejbegríz egyszer csak nem melegedett tovább, hanem égni kezdett, hisz általános iskolában nem ismerik még a dipólusok szerepét.

A téma színes és érdekes, az eredmény pedig azonnal látható – érthető hát,

hogy ebbe a projektbe különösen sok tanulási nehézséggel küzdő tanuló jelentkezett. Tanulságos figyelni őket. Az impulzív tanulási stílusú gyerekek fluktuált figyelme fegyelmetlenségnek tűnik, de napok múlva

is pontosan emlékeznek a látottakra. Az SNI tanuló javasol legbátrabban ötleteket következő mérésekre. Az elemzésekben azok sikeresek – azok tudnak elmélyülten dolgozni az összefüggések keresésén –, akiknek kognitív képességeit az órákon jó jeggyel ismerjük el.

Heterogén csoportban eredményesen dolgozni leginkább ebben a projektben lehetett.

hogy a mikrohullámú
sütőben megfigyelt
tejbegríz egyszer csak nem
melegedett tovább, hanem
égni kezdett

az impulzív tanulási
stílusú gyerekek
fluktuált figyelme
fegyelmetlenségnek
tűnik, de napok múlva is
pontosan emlékeznek a
látottakra

A projekt során kép-gyűjtemény készül a hőkamerás felvételekből. Mára szinte minden témakörben szerepel benne több-kevesebb felvétel, a készítőik nevével. A követő évfolyamokban felhasználva ezeket élményszerűbb lesz a szemléltetés.

Egy konkrét példa: a kép segítségével maga az elektromágneses spektrum válik értelmezhetőbbé a tanuló számára, és jobb eséllyel átérzik, milyen sok lehetőségünk van még felfedezésekre, a láthatón túli tartományból érkező jelek értelmezésére.

Tanulóink diákkonferencián is bemutatták eredményeiket. Egy diákunk a csillagászat iránt kezdett érdeklődni, mostanában épp a sötét anyaggal és energiával foglalkozik. Másik, elmélyült tanulási orientációjú, kutató diáknak további ötletét (saját testhőmérséklettel nem rendelkező állapot megfigyelése és felvétele) mostanában valósítottuk meg, hogy az eredményeket esszé formájában egy pályázatra benyújthassa.

9. A hanggal kapcsolatos kutatásunk

Tanulói ötleteket is felhasználva öt diákkal hangtani felvételeket készítettünk, majd az Audacity programmal elemeztük például a metronóm, a hangvilla, különböző hangszerek és járművek hangját. A hanglebegést, a visszhangot és a Doppler-effektust vizsgáltuk a rezgésszám, a hullámhossz és a hangerő fogalmának mélyebb megértése céljából. Visszhangot például – többek közt, a Határtalanul program keretében – a Tordai sóbányában rögzítettek a tanulók. A Doppler-effektushoz a hangfelvételeket városunk határában, kis forgalmú úton kezdtük készíteni. Közeledő és távolodó, közben dudáló autó volt mérésünk első tárgya. Érdekes volt a hangot láthatóvá tenni, a hangerősség és a hangmagasság fogalmát különválasztani. Gyülekező emberek tömegének hangerősségét is több helyszínen és alkalommal vizsgáltuk a létszám függvényében. Gondolkodóba ejtett minket, hogy a tömeg létszámát miért nem követi lineárisan a hangerő. Készítettünk fel-

gondolkodóba ejtett minket, hogy a tömeg létszámát miért nem követi lineárisan a hangerő

a hangtani más tantárgyak anyagával is összekapcsoltuk

vételeket ballagásra érkezők, kiállítás-megnyitóra vagy előadásra gyülekezők, áhítatra bevonulók, felnőttek és gyerekek körében, kisebb és nagyobb létszámú jelenlét esetében is. Azóta is kutatjuk a témát – a végén talán a csoportlélektan felé kell vennünk az irányt. A „Hangtan” témaköre a 2015/2016. tanévtől

került az általános iskolai fizika-kerettantervbe, így a tanulást segítő központi szemléltető anyagok egyelőre nem érhetőek el. E hiányt pótolja az egyre bővülő hangfájl gyűjteményünk. A hangtani más tantárgyak anyagával is összekapcsoltuk; például a görög mitológiai Ekhó legendája és a magyar Tihany visszhangja nemcsak az irodalomban, hanem a földrajzban és a fizikában is releváns, a hangtani elemzések pedig IKT-eszközökkel történnek.

Eredményeinket a tanulók először a járási Diákszimpoziumon mutatták be 2016. novemberében.

A PROJEKTEK HATÁSA

A projektek hatásának egzakt mérési módszerei között szerepelhetnek szintfelmérések, személyiségtesztek, attitűdskálák, esettanulmányok, tanulási stílusról szóló kérdőív, dokumentumelemzés, interjúk, megfigyelések, esetleg szerkezeti kontroll is, mellyel viszonyítani lehet a projektekből részt nem vett csoportok indikátor értékeihez.

Megfigyeléseink alapján általánosságban elmondható: iskolánkban a tantervi témákhoz kapcsolódó projektek eredményeképp erősödött a tanulmányi aktivitás,

sikeresebbek a középiskolai felvételik, jellemzőbbé vált az önálló tanulás, nőtt az önművelés igénye. Ezen túl javult a szülők iskolához való viszonyulása. Méréseink arra irányulnak, mennyire fejlődtek a diákok természettudományos képességei és ezzel hogyan függ össze attitűdjük.

Az eredmény jelentős mind az azonosított tehetségek, mind a tantervi követelményeket alacsonyabb szinten teljesítők körében. Tanítványaim közel fele aktívan részt vett valamelyik kedve szerinti

projektben, és a fizikához való viszonya láthatóan javult. Az SNI és BTMN tanulók bevonódása is sokkal jellemzőbb a más órákon tapasztaltaknál. Olyan tanulók értek el eredményeket, akik a fizikában jellemző, feladatok megoldására épülő versenyeken nem tudtak indulni, a szükséges matematikai kompetenciák hiányában. Középiskolába felvételt nyert tanítványaink hozzánk kapcsolódva készülnek versenyekre, szimpóziumra, esszé- és poszterpályázatra, s versengenek a lehetőségért, hogy NTP-pályázatainkban diákmentorként részt vehessenek.

Ha a tanulási-tanítási folyamat *tervezésébe* is bevonjuk a tanulókat, érdeklődésük szerint szervezzük a tananyagot, az jobban motiválja őket, a problémákat és az eredeti megoldások lehetőségét is könnyebben felismerik. Eközben az önálló tanulás-hoz szükséges képességeik fejlődnek. A különleges bánásmódot igénylők esélyei megnőnek az élethosszig tartó tanulásra azzal, hogy kevesebb kudarcot és szoron-

gást okozó élményt, inkább a kíváncsiságot élhetik meg. A változatos tartalmak és tevékenységi formák lehetőséget adnak arra, hogy a különböző tanulási stílusú és más-más kognitív képességekkel bíró gyerekek mind megtalálják helyüket a megfelelő projektben. A bevonódás által pedig minden diákunk esélye megnő

arra, hogy napjainak minden történéseivel a kíváncsi válaszkeresés igényével, attitűdjével nézzen szembe. „Learning by chance”, így nevezik a nemzetközi szakirodalomban ezt a

az SNI és BTMN tanulók bevonódása is sokkal jellemzőbb az órákon tapasztaltaknál

hozzáállást.⁹

Csak egy példa a bevonódás természetes hasznára: az élelmiszerek és az energia témája magától értetődő, életszerű kontextus a fenntarthatóság értelmezéséhez. Így az NTP MTTD 2016-hoz kapcsolódó projektünkben tudományos laboratóriumokban tevékenykedtettük a tanulókat; kalóriatáblázatokban és élelmiszerek csomagolásán tájékozódunk, az emberi

szervezet működéséhez szükséges energiával vetettük össze a fellelt mennyiségeket és jellemzőket, nemcsak kvalitatív módon. Az eredményeket, sőt, magukat a

pár órán belül reagált a Coca-Cola Magyarország egy képviselője

kutatásainkkal kapcsolatos történéseket is megosztottuk a közösségi felületeken. Ezek közül egy kritikai megjegyzésre, amely az üdítőitalok vizsgálati eredményeiről szólt, s az Instagramon jelentette meg egyik diákom, pár órán belül reagált a Coca-Cola Magyarország egy képviselője, felajánlva, hogy forduljunk hozzájuk bármilyen kérdésünkkel.

⁹ Itt arra is gondolni kell, hogy sok tanulónak szüksége van külső motivációra ahhoz, hogy informális tanulásuk során szerzett mindennapi tapasztalataikat „beengedjék” a formális tanulás terepére, így mi azokra is építhessünk. A fizika köré épített projektek ebben is segítenek, s így autentikusabbá teszik a tanulást magát.

TUDOMÁNYOS MŰHELYEK HOLDUDVARÁBAN

A Magyar Tudományos Akadémia (MTA) kiemelt stratégiai céljai között szerepel a tantárgy-pedagógia megújítása. A 19 kutatócsoport egyike az MTA–ELTE Fizika Tanítása Kutatócsoport, amely 2016 óta dolgozik. A fejlesztési folyamat keretében, a fizikatanári doktori iskola hallgatóit bevonva konferenciákat is szerveznek. Első, korszerű paradigmákat megjelenítő tanulmányokat felvonultató, angol nyelvű konferenciakötetük mindenki számára elérhető (*Király és Tél, 2016*).

Bár az említett konferenciakötetben minden tanulmány a középiskolás korosztályról szól, nagyon fontosnak tartom, hogy foglalkozzunk a 7–8. osztályokban alkalmazható módszerekkel is. Hiszen mire középiskolába jelentkezik a tanuló, már kialakult az attitűdje a fizika iránt, s ennek hatása volt és lesz a továbbtanulására. Így természetesen kíváncsi voltam, hogy a kutatócsoport által képviselt paradigmák vajon megerősítenek-e abban, hogy megfelelő módon végezzük a munkánkat. *Úgy vélem, igen. Több lényeges kapcsolódási pontot is találtam az ötleteink és a kutatócsoport szemlélete között.*¹⁰ *Az alábbiakban ezeket veszem sorra.*

A kutatócsoport általános céljainak egyike „a magyarországi fizika módszertan szerves bekapcsolása a nemzetközi szakmai közösségek, kutatóműhelyek munkájába.” Mi iskolánkban az Arduino-projektet tet-

tünk e felé lépéseket, együttműködésben a Göteborgi Egyetemmel. A projekt fenntartását a mindig megújuló tanulói érdeklődés teszi lehetővé.

A kutatócsoport *Környezetfizika munkaközösségének* fő témái többek közt a megújuló energiaforrások fizikai alapjai, felhasználásuk, a klímaváltozás fizikai

hátterének tanítása, az űrkutatás és a csillagászat új eredményeinek feldolgozása. Egyértelmű, hogy ehhez hitelesen illeszkedik több megvalósult projektünk: a Coriolis-erő vizsgálata (ennek során egyébként tanulmá-

nyoztuk a kutatócsoport vezetőjének, *Tél Tamás*nak egy 2006-os cikkét is), napelemeink működésének és termelésének figyelmesebb vizsgálata, a tanulók egyedül vagy kis csoportban készített csillagászati bemutató anyagai, melyeknek felhasználásával egymást tanítják, illetve az Energy Factory projekt tanulói innovációi.

A *Science Centerek munkaközösség* felderíti az iskolán kívüli tanulási, tanítási módszerekben rejlő lehetőségeket, s vizsgálja hasznosíthatóságukat korosztályok, illetve tan-

anyagterületek szerint. Mindennapi munkánk során – kisvárosi iskolaként – ugyan nem érünk el science centerekig, de NTP pályázataink táboraiban erre is lehetőséget teremtettünk. Emellett iskolán kívüli színterek bevonásához tudunk ötleteket adni. Az „Odüsszeusz”-tól az Energy Factoryig szinte minden projektünk jó példa erre.

A *Tehetség gondozás munkaközösség* célja egy újfajta, az iskolától a nemzetközi

a magyarországi fizika módszertan szerves bekapcsolása a nemzetközi szakmai közösségek, kutatóműhelyek munkájába

iskolán kívüli színterek bevonásához tudunk ötleteket adni

¹⁰ E szemléletről és a célkitűzésekről itt lehet olvasni: <http://mta.hu/tantargy-pedagogiai-kutatasi-program/mta-elfizika-tanitasi-kutato-csoport-107105>

színtérig tartó, a diákok kísérletező munkájára építő tehetséggondozási módszer kidolgozása és meghonosítása. Iskolánkban – kiváló minőségű, akkreditált, Európai Tehetségpontként – saját tehetséggazdálkodási eljárásrendet dolgoztunk ki. Emellett az Nemzeti Tehetség Program részeként meghirdetett

MaTalent 2 tehetséggazdálkodási programhoz is kapcsolódunk.¹¹ Azt a célt is elértük, hogy az általánosan jól teljesítő tanulókon kívül az egyes területeken lemaradókat is olyan helyzetbe hozzuk, ami segíti képességeik kibontakoztatását. Az Öveges József fizikaversenyeken kívül is tudunk eredményeket felmutatni. A kutdiak.hu és a Természet Világa pályázatainak díjazottjairól már esett szó, s nem szabad lebecsülni a helyi és a körzeti diák-konferenciák, diákszimpóziumok – az ezen való szereplések, sikerek – hatását sem.

A kutatócsoport *Tanárképzés munkaközössége* a hazai fizikatanár-képzés és tanártovábbképzés helyzetének és gyakorlatának nemzetközi összehasonlításban történő vizsgálatával,¹² a hazai viszonyokhoz illeszkedő jó gyakorlatok kidolgozásával, szakmai segédanyagok fejlesztésével foglalkozik. Ehhez mi tudásmegosztással járunk hozzá. Jó gyakorlataink az iskolataska.educatio.hu oldalon, szakmai segédanyagaink a *Fizikai Szemle* és az *Iskolakultúra* szakmai folyóiratokban, valamint Facebook-megosztásokban elérhetőek. Az Oktatási Hivatal által kialakított vezető szaktanácsadói hálózatban fizika tantárgygondozóként is feladatul kaptuk, hogy jó gyakorlatok kidolgozására ösztönözzük a

tanárokat, s azok gyűjtésében és megosztásában segítsünk. Tanácsadói munkaközösségi munkatervünkben segédanyagok készítése is szerepel. Eredményeinket organikussá teszi, hogy iskolánkban a tanulók egymástól tanulásának igénye és hatása jelentős, ezért maguknak és egymásnak is készítenek szemléltető anyagokat.

A kutatócsoport *Nagy-mintás oktatási kísérletek munkaközösségének* célja egy, a közoktatás teljes spektrumát lefedő tanári gárda összegyűjtése,

melynek tagjai képesek a szakmódszertani újításokat tesztelni. Míg azonban ennek a munkának az eredménye jelentkezik az iskolákban, addig is saját újításokat alkalmazunk, amelyek többsége a tanulók kezdeményezéseiből nő ki (*Csapó*, 2016).

ÖSSZEGZÉS

A PISA 2015 összefoglaló jelentése alapján a diákoknak a természettudományi műveltség lényegét jelentő kompetenciákat tudományos vagy technológiai tudást igénylő konkrét kontextusokban kell használniuk, amelyek általában valamilyen helyi vagy globális kérdéshez kapcsolódnak. Marx György szerint „az ismeretlenben való tájékozódás az, ami minden fiatal számára fontos. Erre pedig a természettudományos kutatás munkamódszere a leghatékonyabb eljárás, »a fizika lehet az új idők latinja az iskolában«” (*Radnóti*, 2002). Azt, hogy a gyerekek képesek-e sikeresen alkalmazni a

¹¹ A meghirdetett programról lásd: https://www.oktatas.hu/koznevels/nemzeti_tehetség_program/tehetségpalyazatok_2016_2017/

¹² Nemrég egy rövid tanulmányomban a finn tanárképzésben megjelenő elvárásokkal hasonlítottam össze a magyart (*Nagy-Czirok*, 2016). A hasonlóság jelentős.

kompetenciáikat, befolyásolja a természettudományhoz, a tudományos módszerekhez és a problémához fűződő viszonyuk. Projektjeinkkel ezeknek az elvárásoknak a teljesítéséhez dolgoztunk ki általános iskolás korú tanulók körében is jól bevált módszereket.

Tanulmányom benyújtása idején kaptam a hírt, hogy a finn LUMA Center Start pályázatán, ami a projektalapú tanulást népszerűsíti, az MTA-SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport és az MTA-SZTE Képességfejlődés Kutatócsoport két projektjét is beválogatták a közönségdíjra jelöltek közé. A projektnaplók elérhetőek, s megerősítenek abban, hogy mi is jó úton járunk.

Küldetésemnek érzem, hogy tanulóim gyermeki kíváncsiságát megőrizsem, kritikai gondolkodásukat fejlesszem. Nem a reprodukív tudás gyarapítása, nem a memóriafejlesztés a legfontosabb célom, hanem lehetőségeket biztosítani a tágabb értelemben vett tanulásra. Olyan generációt nevelni, mely természettudományos

lehetőségeket biztosítani a tágabb értelemben vett tanulásra

műveltségére építve a világot megérteni és befolyásolni képes.

Köszönettel tartozom a projektötletek egy részéért és a magas szintű kidolgozásokban nyújtott segítségért *Dr. Horváth Gábornak*, az ELTE TTK docensének, aki nélkül a Fizikai Szemlében és a Természet Világában közzétehető módon nehezen teljesítettük volna vállalásainkat.

IRODALOM

- Chrappán Magdolna (2015): Mit kutat a „tudóstanár”? In: Károly Krisztina és Perjés István (szerk.): *Tanulmányok a tudós tanárképzés műhelyeiből*. ELTE Eötvös, Budapest. Letöltés: http://www.eltereader.hu/media/2016/01/Tanulmanyok_READER.pdf (2017. 05. 04.)
- Csapó Benő (2016): Tudomány az oktatás szolgálatában. *Tudományünnepi előadás* (videó). Letöltés: http://mta.hu/tudomany_hirei/tudomany-az-oktatas-szolgalataban-csapo-beno-tudomanyunnepi-eloadasa-videon-107164 (2016. 11. 09.)
- Gloviczki Zoltán (2016): ...ha betartják, úgy jó? *Új Pedagógiai Szemle*, **66**, 1–2. sz. Letöltés: <http://folyoiratok.ofi.hu/uj-pedagogiai-szemle/ha-betartjak-ugy-jo>
- Halász Gábor (2007): Képességfejlesztés, iskolavezetés és pedagógiai paradigmaváltás. In: Kiss Éva (szerk.): *Pedagógián innen és túl. Zsolnai József 70. születésnapjára*. Pannon egyetem BTK – Pécsi Tudományegyetem BTK, 366–387. Letöltés: http://halaszg.ofi.hu/download/Iskolavezetes_tanulas.htm
- Dr. Horváth Gábor (2009): *Biomechanika: A mechanika biológiai alkalmazásai* (egyetemi tankönyv, 3., átdolgozott, bővített kiadás). ELTE Eötvös, Budapest.
- Kárpáti Andrea és Király Andrea (2016): Collaborative, Icts Supported Learning Solutions For Science Education Based On The SSIBL Framework. In: Király Andrea és Tél Tamás (szerk.): *Teaching Physics Innovately. New Learning Environments and Methods in Physics Education*. ELTE, Budapest. Letöltés: <http://csodafizika.hu/fiztan/letolt/konfketet2015.pdf>
- Király Andrea és Tél Tamás (2016, szerk.): *Teaching Physics Innovately. New Learning Environments and Methods in Physics Education*. ELTE, Budapest. Letöltés: <http://csodafizika.hu/fiztan/letolt/konfketet2015.pdf>
- Nagy-Czirok Lászlóné (2016): International experience of Hungarian school headmasters in Finnish continuing professional teacher training environment. *Opus et Educatio*, **3**, 6. sz., 751–759. Letöltés: http://epa.oszk.hu/02700/02724/00011/pdf/EPA02724_opus_et_educatio_2016_06_751-759.pdf
- Nagy-Czirok Lászlóné, Csányi Andrea és Kárász Péter (2009): *Arduino – Foglalkozás intelligens anyagokkal és eszközökkel*. APC Stúdió Bt., Gyula

- Nagy-Czirok Lászlóné Kiszi Magdolna, Tihanyi Janka, Király Kata, Gudmon Olivér, Kövecss Levente és Horváth Gábor (2016): Odüsszeusz íjának titka: Az új feszítési görbéjének hőmérsékletfüggése, avagy hogyan tudta Odüsszeusz feljarni az erős íját? *Fizikai Szemle*, **66**, 3. sz., 98–103.
Letöltés: http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz1603/Nagy-Czirok_KisziM_TihanyiJ_KiralyK_GudmonO_KovecsL_HorvathG.pdf (2017. 05. 10.)
- Nagy-Czirok Lászlóné Kiszi Magdolna és Horváth Gábor (2016): Coriolis a lefolyóban? Egy elterjedt tévhit iskolai vizsgálata probléma-, élmény- és kutatásalapú módszerrel. *Iskolakultúra*, **26**, 5. sz., 111–122. Letöltés: <http://www.iskolakultura.hu/ikultura-folyoirat/documents/2016/05/09.pdf> (2017. 05. 01.)
- Nagy-Czirok Lászlóné Kiszi Magdolna, Gudmon Olivér, Nagy Norbert, Szerle Tamás és Horváth Gábor (2016a): A talajról köszörülve visszapattanó labda mechanikája I.: Mikor pattan föl a labda függőlegesen vagy vissza az eldobó kezébe? *Fizikai Szemle*, **66**, 11. sz., 340–346. Letöltés: https://arago.elte.hu/sites/default/files/Koszorulo-visszapattano-labda-I_FSz.pdf
- Nagy-Czirok Lászlóné Kiszi Magdolna, Gudmon Olivér, Nagy Norbert, Szerle Tamás és Horváth Gábor (2016b): A talajról köszörülve visszapattanó labda mechanikája II.: A visszapattanási módok tornatermi előállítására és filmdokumentációja. *Fizikai Szemle*, **66**, 12. sz., 382–387. Letöltés: https://arago.elte.hu/sites/default/files/Koszorulo-visszapattano-labda-II_FSz.pdf
- Nagy-Czirok Lászlóné és Kárász Péter (2012): *Tudástérképek – Tanulásmódszertan és gondolkodásfejlesztés tudástérképek segítségével* (2., bővített kiadás). APC Stúdió Bt., Gyula.
- Pető Mária (2016): Robotics, Cansat, Arduino – Physics At Székely Mikó Science Club. In: Király Andrea és Tél Tamás (szerk.): *Teaching Physics Innovately. New Learning Environments and Methods in Physics Education*. ELTE, Budapest. Letöltés: <http://csodafizika.hu/fiztan/letolt/konfketet2015.pdf>
- Suhonen, S. és Tiili, J. (2014): *Simple measurement assignments as activators in elementary engineering physics*. Tampere University of Applied Sciences (Finland).
Letöltés: <https://drive.google.com/file/d/0B4xR4KRjxO10Ym9rTm1RSzNBanc/view>
- Radnóti Katalin (2002): A fizika tantárgy helyzete és fejlesztési feladatai. *Új Pedagógiai Szemle*, **52**, 5. sz.
- Radnóti Katalin és Nahalka István (2002, szerk.): *A fizikatanítás pedagógiája*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Tél Tamás (2006): A Coriolis-erő és a modern környezetfizika: a lefolyótól a ciklonokig. *Fizikai Szemle*, **56**, 8. sz.
- Tihanyi Kata (2016): *Lovak és más négy lábú állatok jármódjai és ábrázolásuk* (kézirat).
- Veréb Sándor Andor (2016): A postagalamb versenyteljesítményét befolyásoló tényezők. *Természet Világa*, **147**, 6. sz. (melléklet).

Mezőtúr, egykori iskolaváros



A Rákóczi Általános Iskola (ez is angol-magyar kéttannyelvű).