

A KUTATÁSALAPÚ TANULÁS/TANÍTÁS LEHETŐSÉGEI A FIZIKAOKTATÁSBAN*

Radnóti Katalin^{a,b,^} – Hasznosi Tamásné^{b,c,^^}

[^]főiskolai tanár, ^^tanár

^aELTE TTK Fizikai Intézet

^bMTA-SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport

^cSashalmi Tanoda

ABSZTRAKT

Kutató- és fejlesztőmunkánk fő célkitűzései a természettudományos szemlélet érvényesítése, az ismeretszerzés menetének támogatása és a tanulók gondolkodásának fejlesztése voltak. A munka során a kötelező tananyagot feldolgozó tanórákba illeszthető foglalkozásterveket készítettünk általános és középiskolás diákok számára, melyekben nagy hangsúlyt fektettünk a természettudományos megismerési folyamat módszereinek tanulmányozására. Közülük többet kipróbáltunk pilotjelleggel néhány osztályban. Jelen írásban a hőtani témakör kutatási szemléletű feldolgozási lehetőségét mutatjuk be.

Kulcsszavak: kutatásalapú tanulás/tanítás, oktatási kísérlet, problémamegoldás, gondolkodásfejlesztés

THE POSSIBILITIES OF INQUIRY-BASED LEARNING/TEACHING IN THE EDUCATION OF PHYSICS

ABSTRACT

The main goals of our research and development work are to validating the scientific approach, to supporting the process of acquisition of new knowledge and to improving the students' way of thinking. Throughout the whole work process, we created activity plans for both primary and secondary school students. These activities could be easily built in the lessons that are meant to teach the compulsory curriculum. In these activity plans, we paid special attention to the study of the methods of the scientific process of knowledge acquisition. A number of these plans have been tried out as pilot projects in some classes. In this essay, we present the possibilities of dealing with the topic of thermodynamics from the perspective of research.

Keywords: inquiry-based learning/teaching, teaching experiment, problem-solving, development of thinking

* A kutatást a Magyar Tudományos Akadémia Tantárgypedagógiai Kutatási Programja támogatta.

Bevezetés

Napjainkban *kutatásalapú társadalomban* élünk, melyre fel kell készíteni diákjainkat. Számptalan, a legkülönbözőbb témákról szóló kutatással kapcsolatos hír lát napvilágot az írott sajtóban, TV-ben, rádióban. Sokszor egy-egy termék reklámozása esetében is a fejlesztést kutatási folyamat eredményeként állítják be. Ezeket kritikával kell kezelni! El kell tudni dönteni, hogy az ténylegesen kutatás lehetett-e. Kérdéseket kell tudni megfogalmazni a kutatással kapcsolatban.

A háromévente lebonyolított PISA-mérés természettudományi részének fontos témaköre a természettudományos megismerés. Az eddigi vizsgálatok eredményeinek elemzése azt mutatta, hogy a magyar diákoknak hiányosságai vannak a fent említett területeken. Nem igazán tudtak válaszolni a diákok az olyan jellegű kérdésekre egy-egy konkrét példa kapcsán, mint:

- mit is jelent az, hogy egy kérdést tudományos vizsgálat tárgyává tenni,
- mi a kontrollkísérlet szerepe,
- mit jelent egy vizsgálat megtervezése, majd abból következtetések levonása,
- ok-okozati viszonyok felismerése,
- mi tekinthető természettudományos bizonyítéknak? (*Ostorics et al. 2016*)

Diákjaink nem ismerik fel a természettudományos problémákat, melyeket tudományosan lehet vizsgálni, például kísérletet tervezni, majd elvégezni és a kapott adatokból következtetéseket levonni. A magyar tanulók eredményei összességében romló tendenciát mutatnak. Ez adódhat persze abból is, hogy esetleg fejlődés ugyan van, de az nálunk gyengébb, mint a többi ország esetében. Hasonló a helyzet, mint például az olimpiai futás, úszás esetében, melyeknél mindig a relatív végeredmény a fontos, vagyis, hogy az adott versenyen éppen akkor ki érkezik be elsőnek. A magyar tanulók egyre hátrébb sorolódnak a versenyben, ami nem kedvező tendencia az elkövetkezendő évtizedek munkaerőpiacán való megjelenés szempontjából. Tehát oktatási szokásainkon drasztikusan változtatni kell.

A kutatásalapú tanulás/tanítás alapvetései

Több országban elterjedt gyakorlat, napjaink szakmódszertani fejlesztéseinek egyik meghatározó eleme a természettudományos nevelésben a kutatásalapú természettudomány-tanítás koncepciója. Több nemzetközi projekt is feladatául tűzte ki ennek a tanítási gyakorlatban való elterjesztését, ezért fejlesztőmunkánk során mi is ehhez nyúltunk (*Csapó, Csíkos & Korom 2016*). A módszer lényege az, hogy a kutatás képezi a természettudományos nevelés alapját, irányítja a

tanulói tevékenységek megszervezésének és kiválasztásának alapelveit. A *kutatásalapú tanulás* (*Inquiry-Based Learning, IBL*) olyan módszer, amely biztosítja, hogy a tanulók ténylegesen átéljék a tudásalkotás folyamatait, minél jobban lásák az ismeretszerzés teljes menetét, legyenek annak aktív részesei.

A kutatásalapú tanulás esetében a tananyag feldolgozásának menete (*Nagyiné 2010; Nagyné et al. 2015; Makádi et al. 2015; McLoughlin et al. 2014*):

- problémák keresése, kutatásra érdemes kérdések megfogalmazása,
- hipotézisek megfogalmazása,
- különböző alternatív magyarázatok megalkotása és elemzése,
- kutatások tervezése, vezetése,
- megfelelő eszközök és technikák használata az adatok gyűjtéséhez,
- az adatok elemzése,
- a természettudományos érvek/indokok közlése.

Fontos feladat a *kutatási készségek* fejlesztése a fizika tantárgy tanulása során is, mely elsősorban az empirikus vizsgálatokhoz, a kísérletezéshez köthető, bár a számítási feladatok esetében is megjelenhet. Az empirikus tapasztalatszerzés nemcsak egyszerűen a kísérletek elvégzését jelenti előre megfogalmazott recept alapján, hanem azt, hogy a tanuló részt vesz, mintegy átéli a teljes megismerési folyamatot. Ez nem csak azon diákok számára fontos, akik majd természettudományos területen szeretnének továbbtanulni, hanem mindenkinek. A diákok egyrészt egy fegyelmezett gondolkodásmódot, megismerési algoritmust tanulnak, de – reményeink szerint – ezzel a gondolkodásmóddal felvértezve képesek lesznek eligazodni napjaink sokféle tudományos és áltudományos híre közt is. Meg tudják majd ítélni egy hír igazságtartalmát. Képesek lesznek lényegi kérdéseket feltenni a hírrel kapcsolatban, és nem fognak bedőlni a különböző áltudományos babonáknak.

Kutatási célkitűzések, kérdések

Kiemelten fontosnak tartjuk az általános iskolai oktatásra való odafigyelést, mert az alapozza meg a tanulók későbbi érdeklődését, sikerességét, illetve a szakkörökbe, tehetséggondozó foglalkozásokba való későbbi bekapcsolódását. Jelen írásunkban ismertetett oktatási kísérletünket ezért általános iskolások részére fejlesztettük ki.

Kutatásunk és az ahhoz kapcsolódó fejlesztőmunkánk fő célkitűzései az alábbiakban foglalhatók össze: (1) a természettudományos szemlélet érvényesítése, (2) az ismeretszerzés menetének támogatása, (3) a tanulók gondolkodásának fejlesztése. Ehhez kapcsolódóan kutatásunkban két fő kérdésre keressük a választ:

1. Javul-e a diákok fogalmi megértése, tantárgyi tudása, ha a kötelező tananyag kísérletes részeit a kutatásalapú tanulás módszerével dolgozzák fel? Van-e kimutatható különbség a hagyományosnak mondható tanítással összehasonlítva?
2. Miként értékelik maguk a diákok a fenti módszerrel való tanulási folyamatot?

Elképzelésünk szerint a kutatásalapú szemlélet bevihető a normál tanítási folyamatba, erre a feltevésre alapozva szerveztük meg oktatási kísérletünket. Jelen írásban szeretnénk bemutatni, hogy ez nem igényel extra eszközöket, csak olyanokat, amelyek egy normál iskolai szertárban is megtalálhatók, vagy háziilag előállíthatók. Továbbá a módszer bármilyen tanterv, tankönyv használata esetében alkalmazható. *Hipotézisünk* az volt, hogy a tanulók szívesen dolgoznak az általunk elkészített kutatási szemléletű feladatlapokkal, és eredményesebb lesz a tanulási folyamat.

A kutatás elméleti háttere

A kutatás elméleti keretét a konstruktivista tanuláselmélet adta. A konstruktivista tanulás szemlélet központi fogalma az *előzetes tudás* (*prior knowledge*) (Dochy 1999; Nahalka 2002; Korom 2005). A konstruktivista elmélet szerint akkor tanítjuk jól a természettudományos tantárgyakat, ha figyelembe vesszük, hogy a tapasztalatszerzés lehetőségének biztosításán túl döntő jelentősége van annak, hogy a tanulóknál milyen elképzelések keretei között nyernek értelmet az ilyen tevékenységek eredményei. Egy adott kísérletnek a tanítási folyamatba való beépítésére azt tartjuk jó megoldásnak, ha előbb tisztázzuk, mit gondolnak a diákok az adott jelenségről, meglévő tudásuk szerint minek kell bekövetkeznie.

Az oktatási kísérletben javasolt módszerünk fontos a megfelelő *fogalmi váltások* elérése céljából is, mivel a diákok sok esetben nem a jelenlegi tudományos elképzeléseknek megfelelően gondolkodnak. A fogalmi váltás nem képzelhető el a meglévő tudás explicit megfogalmazása nélkül. Ki kell mondatnunk a gyerekekkel, hogyan gondolkodnak, mit várnak egy-egy folyamattal (például kísérlettel) kapcsolatban, és miért azt várják. Írásunk további részében sok példát mutatunk erre.

A kutatás módszere és megvalósítása

A témakör kiválasztása

A kutatás első lépéseként elemeztük az általános iskolában kötelezően feldolgozandó fizikatémaköröket, melyek közül a hőtant választottuk ki a kutatásalapú kísérleti tanítás megvalósításához. Azt feltételeztük, hogy mivel a témakörrel kapcsolatban a tanulóknak sok előzetes ismerete van a mindennapi életből, illetve a természetismeret tantárgy tanulása kapcsán, így ezekre építve képesek hipotéziseket megfogalmazni, kísérleteket tervezni. Előzetesen tanulmányozva a témakört a kísérletes részekhez olyan feladatlapokat fejlesztettünk ki, melyekben érvényesítettük a kutatásalapú tanulás alapvetéseit. Vagyis nem új kísérleteket találtunk ki, hanem a régieket – melyek a legtöbb tankönyvben szerepeltek – alakítottuk át, fogalmazzuk meg a diákok számára kutatási szemléletűen.

A kutatás megvalósítása

A hőtán témakör iskolai feldolgozása átlagosan 16 tanórát vesz igénybe, melyek közül 7 alkalommal dolgoztak a diákok az általunk készített feladatlapokkal. A feladatlapok közül 6 kifejezetten az egyes kötelező tanítási tartalmak feldolgozásához készült. Az utolsó feladatlap összefoglaló jellegű mérési feladat volt, mely számítást is tartalmazott a saját mérési adatok felhasználásával. A többi órán az elméleti anyag feldolgozása és gyakorlása történt meg.

A feladatlapokat két hetedikes osztályban próbáltunk ki egy budapesti általános iskolában, összesen 52 tanuló részvételével. Ez egy pilot típusú vizsgálat volt, melynek tapasztalatai alapján, nagyobb mintán, kísérleti és kontrollcsoportos vizsgálatot tervezünk az elkövetkezendő időszakban. A tanórákról videofelvételek készültek, melyek alapján részletesen le is írtuk az órai történéseket. Ezeket használjuk a nagyobb mintán történő kipróbálásban részt vevő tanárok felkészítéséhez.

A feldolgozás során alapvetően építettünk az anyag részecskeképeinek, mint *modellnek* a felhasználására, mely egyik alapvető momentum a természet megismerésében, és hazánkban a 7. évfolyamon mind a fizika, mind pedig a kémia tantárgy tananyagában szerepel. A diákoknak ezt a modellt kellett alkalmazniuk hipotéziseik megfogalmazásához és az empirikus vizsgálatok eredményeinek értelmezéséhez, a következtetések levonásához. A hőtán témaköre erre kifejezetten alkalmas. Továbbá a témakör a fizikai tanulmányok elején került feldolgozásra, így a tanulók viszonylag korán megismerkedhetnek a fizika tudomá-

nyában alkalmazott megismerési módszerrel, mely reményeink szerint felkelti több diák érdeklődését is a tantárgy iránt. Ezen kívül az olyan gondolkodási műveletek fejlesztése is megvalósulhat, mint az összehasonlítás, arányossági gondolkodás, kísérlettervezés, kísérlet kivitelezése és oksági magyarázatok adása.

A kísérletes feladatok megfogalmazásakor arra törekedtünk, hogy minél inkább bevonjuk a tanulókat a teljes megismerési folyamatba, annak algoritmusába. Ezért szándékosan nem kész recepteket adtunk a diákok kezébe. Sőt, magát a vizsgálandó kérdés megfogalmazását is a tanulóktól vártuk el. A diákok mint megoldandó problémákat kapták meg a kísérletes feladatokat. Fontos gondolkodásfejlesztő elem volt a *hipotézisalkotás*, majd annak alapján a vizsgálat tényleges megtervezése.

A feladatlapok egy része egyszerű *jelenségek vizsgálatát* tűzte ki célul, melyhez megadtuk a szükséges eszközöket, de a kísérlet-összeállítást már maguknak a diákoknak kellett megalkotni.

A feladatlapok másik része *mérés elvégzését* kérte a diákoktól. Ebben az esetben nem kaptak tálcán előre összekészített eszközöket a diákok, mivel a mérési folyamat megtervezését is tőlük vártuk el. A diákoknak el kellett gondolkodniuk azon, hogy *milyen mennyiségeket is szeretnének mérni, és ahhoz milyen eszközökre van szükségük*. A diákoknak át kellett gondolniuk azt is, hogy miként rögzítik az adatokat, meddig mérnek, hogyan fogják az adatokat ábrázolni. Ez utóbbihoz négyzetrácsos papírt kaptak segítségül. A tanulóknak meg kellett gondolni azt is, hogy milyen mennyiség mérőszáma kerül a vízszintes és mi a függőleges tengelyre, hogy veszik fel az egységeket, esetlegesen hány grafikon kerül egy ábrába stb.

A *jegyzőkönyvek* szerkezetét is önállóan alkották meg a tanulók. A következtetések levonása, a hipotézisekkel való összevetés is fontos elem volt a tanulói vizsgálatokat követően.

Az oktatási kísérlet során természetesen az első feladatlapos kísérletek/mérések esetében több *tanári segítségre*, elsősorban segítő kérdésekre, volt szükség, de a célkitűzés az volt, hogy a tanulók minél önállóbbá váljanak. Továbbá a tanár részéről nagyon nagy *türelemre* volt szükség az általunk javasolt feldolgozásmód követéséhez. Ugyanis a feldolgozás lényeges pontja volt az, hogy ne mondjunk mindent el a diákoknak, hanem a problémamegoldás lényeges elemeként hagyjuk őket kicsit a saját ütemükben gondolkodni, tevékenykedni, még akkor is, ha néha tévútra kerülnek. Továbbá fontos információ a tanítás szempontjából a diákok előzetes tudása, mely így felszínre kerül nemcsak a tanár számára, hanem a diákok előtt is. Látják, hogy miként gondolkodtak korábban és onnan hová jutottak. Ezek is fontos tapasztalati alapot jelentettek a csoportos tevékenységek összegzésénél, amikor a lényeges, már ténylegesen megtanulni való ismereteket rögzítették a táblán, illetve a füzetben. Például a termikus kölcsönhatás

vizsgálatokor volt olyan csoport, akik nem tették egymásba a meleg és a hideg vizes edényt. Így a különböző hőmérsékletű testek nem érintkeztek, és így nem is egyenlítődtött ki a hőmérsékletük. És ez fontos tapasztalásként került elő az összegzésénél. A tudomány története során is számtalan esetben találkozunk olyan elméleti rendszerekkel, melyek egy adott korszakban meghatározóak voltak a tudományos közösség számára, napjainkban pedig már csak mint téves elképzelést emelgetjük. Például ilyen az éppen a hőtan témaköréhez tartozó hőanyag elmélet, miszerint a hő egy külön anyagfajta lenne, nem pedig a részecskék mozgásával kapcsolatos.

A feladatok kiadása után szinte minden esetben érzékeltük, hogy a gyerekek először nem tudtak azzal mit kezdeni. Ekkor a tanár néhány segítő kérdést tett fel, ismételten elmondta a feladatot. De ezt a pár percet *érdemes volt kívánni*, hiszen ez után minden esetben megindult a gyerekek fantáziája, elkezdtek „ötletelni”, és végül egészen jó elképzelések születtek meg. És ez az, ami maradandóvá teszi a végül megszerzett ismeretet. Tehát maga a problémamegoldás folyamata is fontos volt, nem csak a végeredmény.

Az osztályzattal történő értékelésnek természetesen helye van, de csak a témakör, vagy egy résztémakör feldolgozása után. A gondolkodásfejlesztő feladatok a tanulási folyamatban kaptak helyet, mint például a mérések, kísérletek megtervezése, hipotézisek megfogalmazása. Ez ténylegesen nem ment minden diáknak egyformán jól, és voltak, akiket ez zavart. Erre a szakirodalom is felhívja a figyelmet (*Cheung 2011*). De ne feledjük el, egyik módszer sem felel meg 100 százalékosan mindenkinek, ezért is kell az oktatás során sokféle módszert alkalmazni. Az empirikus vizsgálatok elvégzését követően, nem egy alkalommal a következő órán, a tanár és a diákok közösen minden esetben részletesen rögzíteték azok tanulságait, a megfelelő grafikonokat, a megtanulandó ismeretanyagot. Az osztályzattal való értékelésnek ezek képezték az alapját. A tanulási folyamat közben csak a formatív, segítő értékelésnek volt helye (például segítő kérdések feltétele, miközben a diákok tervezték a vizsgálatot).

Az értékelés nagyon fontos elem az oktatási folyamatban. Az a jó, ha mind a végén, a témazáró dolgozatban jól teljesítők és a „kitalálási” folyamatban jól teljesítők is kapnak elismerést, jó osztályzatot. Ezzel azt is látják a diákok, hogy ők nem egyformák, van, aki egyik, mondjuk úgy, hogy az ismeretek alkalmazási fázisában teljesít jól, van, aki inkább a másokban. De mindkettő fontos, és elismerést érdemel.

A csoportos feladatok, a megbeszélések, majd a kísérletek elvégzése és azok közös értelmezése a diákok nagyon sokféle képességét fejleszti a gondolkodásfejlesztésen kívül is (például kommunikációs képességek, szociális képességek). Az iskola vezetése, ahol az oktatási kísérlet folyt, ezt is nagyon pozitívan értékelte.

A kutatásalapú tanórák tapasztalatai

A tanórák felépítése általában a következő volt: (1) házi feladat ellenőrzése, ismétlő kérdések; (2) az adott témakörrel kapcsolatos hétköznapi tapasztalatok közös összegyűjtése; (3) rövid közös megbeszélés az aznapi kísérletes feladatról, majd az osztály csoportokba rendezése; (4) a tanulók csoportos munkája a feladatlappal, az egyes csoportok más-más részfeladaton dolgoztak, ahol az célszerű volt; és (5) végül az egyes csoportok tapasztalatainak összefoglalása és közös értelmezése, táblán, illetve füzetben történő rögzítése, mely rész néhány esetben átcsúszott a következő tanóra.

A kutatásalapú tanórák során az alábbi kísérletes feladatokat oldották meg a diákok:

1. a hőtágulás jelenségének vizsgálata a különböző halmazállapotok esetében,
2. az energiaterjedés módjainak vizsgálata,
3. a termikus kölcsönhatás vizsgálata,
4. az olvadás vizsgálata,
5. a forrás vizsgálata,
6. a párolgás sebességének különböző tényezőktől való függésének vizsgálata,
7. a borszeszegő teljesítményének és melegítése hatásfokának meghatározása.

Az oktatási kísérlet számára készített feladatlapokat és a tanórákról készített részletes leírásokat terjedelmi okok miatt nem tudjuk közölni. Így jelen írásban a kutatásalapú tanórákból csak érdekes részleteket mutatunk be, elsősorban a diákok gondolkodásában megjelenő téves elképzelésekre fókuszálva.

A hőtágulás jelenségének vizsgálata a különböző halmazállapotok esetében

Az *első* kutatásalapú feladatlapos órán a diákok a *hőtágulás* jelenségét vizsgálták a különböző halmazállapotú anyagok esetében. Az egyes csoportok feladata kísérlet tervezése volt adott jelenségre (szilárd, folyékony, illetve gáz halmazállapotú anyagok hőtágulásának kimutatása), melyekhez előre összekészített tálcán megkapták az eszközöket. Érdekes *tévképzetek* jelentek meg a téma feldolgozása során, miszerint a hőtágulás mértéke kapcsolatban lenne az anyag *sűrűségével*, továbbá egyik tanuló részéről az, hogy *a gázoknak nincs hőtágulása*.

Azt, hogy a hőtágulás nem függ az anyag sűrűségtől, ténylegesen nem tudták megvizsgálni, csak kvalitatív magyarázat született, illetve a táblázati adatok

tanulmányozása. A gázok hőtágulásának kimutatása viszont lehetséges volt kísérletileg. Az egyik csoport kísérlete az volt, hogy egy nagy flakon szájára húztak egy leeresztett lufit, majd meleg vízbe állították azt. Szépen látszott, hogy a lufi elkezd felfújódni, amikor a flakon a meleg vizes környezetbe került. Tehát a gázok is tágulnak, vonták le a következtetést a diákok. A hideg vízben pedig összezsugorodott a lufi. A gázokkal kapcsolatos gyermeki elképzelésekkel sokan foglalkoztak, az egyik jellegzetes ezek közül az, hogy több gyerek nem tartja azt meglegíthetőnek (Séré 1985). Ezt a képet árnyalja a fentebb leírt tévképzet.

A tanórán a diákok gondolkodásának fejlődésére több lehetőség is volt. Az *arányossági* gondolkodás fejlesztésére a hőtágulás mértékének térfogattól és a hőmérséklettől való függése szolgált. Az *összehasonlítás* fejlődésére a hőtágulás mértékének számbavétele az anyag különböző halmazállapotaiban. Továbbá hipotézisek megfogalmazása, kísérletek tervezése és kivitelezése, oksági magyarázat adása.

Az energiaterjedés módjainak vizsgálata

A *második* kutatásalapú módszerrel feldolgozott témakör az *energiaterjedés módjaira* fókuszált. A diákok differenciált csoportmunkában dolgozták fel a hővezetés, hőáramlás és a hőszugárzás jelenségeket, kísérletet terveztek bemutatásukra, melyhez tálcán összekészített eszközöket kaptak. Tévképzetet nem azonosítottunk, mindössze egyetlen esetben tapasztaltak a gyerekek hipotézisükkel ellentétes jelenséget, amikor egy kémcső aljára jeget erősítenek, majd arra vizet töltenek, és a vizet felmelegítik. Érdekes volt a diákok számára – mivel nem ezt várták –, hogy a víz a melegítés helyén forrt, de a jégdarab mégsem olvadt el.

A hőáramlás kapcsán szépen alkalmazták a korábban tanult Arkhimédész törvényt a jelenség magyarázatára. Sőt ebben az esetben tantárgyközi kapcsolatot is kialakítottak a földrajzzal.

A termikus kölcsönhatás vizsgálata

A *harmadik* kutatásalapú óra a *termikus kölcsönhatás* vizsgálata volt. Az óra eleji megbeszélés során nem jött elő az a tipikus tévképzet, amikor a diákok össze akarják adni a hőmérsékleteket a közös hőmérséklet becslésekor (Carlton 2000). Ellenben egyéb érdekes tanulói meggondolások jelentek meg a vizsgálat során a különböző diákcsoportok esetében. Ez már olyan óra volt, ahol a diákok nem kapták meg a szükséges eszközökkel összekészített tálcát, hanem a közös be-

szélgetés során kellett elgondolkozni azon, hogy milyen eszközökre lehet szükség, azokkal mit és meddig kell mérni, hogyan rögzítsék a kapott adatokat, illetve később miként jelenítsék meg azokat.

A diákok a következő megállapításokra jutottak: egy hideg vizet tartalmazó pohárba célszerű egy kisebb, meleg vizet tartalmazó poharat tenni. A vízmennyiségek legyenek azonosak. A hőmérsékletet az idő függvényében célszerű mérni mindkét pohár víz esetében, és ennek megfelelően célszerű a táblázatot kialakítani. A fejlécben az idő szerepeljen, míg az alatta lévő két sorban a hőmérsékletek. A diákok rájöttek, hogy az adatokat grafikusán célszerű szemléltetni, az x tengelyen az időt, míg az y tengelyen a hőmérsékletet érdemes felmérni és egy grafikonba ajánlatos mindkét pohár víz hőmérsékletének alakulását ábrázolni. Ennek ellenére az egyik csoport nem helyezte egymásba a két poharat, hanem egymástól körülbelül 5 cm távolságban tartotta azokat, és úgy mérte a két pohárban lévő víz hőmérsékletének alakulását. A rajzukon is ez szerepelt. Majd később egymásba helyezték a poharakat, de csak a meleg víz hőmérsékletét kezdték el mérni. Egy másik csoport 21°C , illetve 31°C -nál abbahagyta a mérést. Több csoport csak az egyik pohár víz hőmérsékletét mérte, és azt is csak addig, míg a saját maguk által kialakított táblázatban volt hely a mérési adatoknak. A tanóra végére azért néhány csoport esetében elkészült a grafikon, és azt nézegetve az egyik diák megszólalt: „*Ez jól néz ki! Ez tetszik!*”.

A következő órán megbeszélték az egyes csoportok hibáit (nem tették egymásba a poharakat, csak az egyik pohárban lévő víz hőmérsékletét mérték), majd egy jó grafikon ábrájáról leolvasták, hogy ténylegesen mi is történt. Megbeszélték azt is, hogy mi volt a hipotézis, nevezetesen, hogy kiegyenlítődnek a hőmérsékletek, tehát akkor eddig kellett volna mérni a hőmérsékleteket. Ezt követően a diákok elkezdték összegyűjteni és lejegyezni a termikus kölcsönhatással kapcsolatos dolgokat a táblára, illetve a füzetbe. Ekkor szépen előkerült, hogy hiába van hőmérséklet-különbség, ha nem érintkeznek a testek, akkor nincs termikus kölcsönhatás. Tehát *a hibás mérések is fontos tapasztalati alapot szolgáltatottak.*

Az, hogy a diákok nem kapják meg előre a mérés leírását, fontos a gondolkodás fejlesztése szempontjából, még akkor is, ha közösen megbeszéljük a mérés előtt akár pontról pontra, hogy mit is kell csinálni. Így is egy nagyon fontos gondolkodási folyamaton mennek keresztül a diákok. Fontos, hogy átgondolják, mit is szeretnének vizsgálni (ami jelen esetben egy folyamat volt), milyen lesz a mérési elrendezés, ehhez milyen mennyiségeket és meddig is kell mérni és azokat hogyan fogják lejegyezni.

Az olvadás vizsgálata

A *negyedik* kutatásalapú órán az *olvadás* jelenségét dolgozták fel a diákok. A diákok sejtették a korábbi termikus kölcsönhatás vizsgálatából, hogy itt is időt és hőmérsékletet kell majd mérni. Megbeszélték, hogy hőmérőre, főzőpohárra és jégre lesz szükség. Az időt pedig a mobiltelefonnal mérhetik. Itt is feladat volt a mérési táblázat megtervezése. Az alábbi fontos tanári kérdések voltak iránymutatóak a diákok munkájához:

- Mi az, amit a hőmérsékleten és az időn kívül még figyelni kell? Mi az, amit a szemekkel látsz?
- Hogy vehető észre, hogy a jégkása teljesen megolvadt?
- Meddig kell mérni? Amíg hőmérséklet-változás van, vagy amíg halmazállapot-változás?

Ez sem volt minden csoport számára egyértelmű, mivel egyik csoport nem írt hőmérséklet adatokat az óra végéig, hiszen végig körülbelül 0°C-ot mutatott a hőmérőjük. A mérés során többször ki kellett venni jeget a poharakból, mivel azok az óra végéig nem olvadtak volna meg, viszont így néhány esetben lehetett látni, hogy csak a teljes mennyiség megolvadása után kezdett növekedni a hőmérséklet. Több csoport először szisztematikusan növekvő hőmérsékleteket írt a táblázatába, mivel ezt várták, ami egy ismert jellegzetes tévképzet (*Thomaz et al 1995*). Majd egy idő után észrevették, hogy az állandó.

A következő órára a diákok nagy része jól kitöltött feladatlappal érkezett. Ugyanis a diákok a két fizikaóra között is beszélgettek a mérésről, továbbá utána is néztek a jelenségnek és annak megfelelően módosították a feladatlapot. Vagyis a diákok érdeklődést mutattak a téma, a fizika és a fizika tanulása iránt. Az alkalmazott módszer tehát komoly tanulási motivációval is bírhat.

A forrás vizsgálata

Az *ötödik* kutatásalapú tanóra a *forrás* jelenségének vizsgálata volt. A diákok felidéztek az egyes halmazállapot-változásokat, többek közt a forrást és a párolgást. Majd a következő tanári kérdésre kellett válaszolni: *Mi a különbség a forrás és a párolgás között?*

Érdekes tanulói válaszok születtek, miszerint a párolgás hő nélkül is végbe megy, melyen ténylegesen arra gondoltak, hogy ehhez nem kell az anyagot melegíteni. Másik tanuló szerint ilyenkor a vízből levegő lesz. Megbeszélték, hogy nem minden légnemű anyag levegő, valamint tisztázták, hogy az anyag részecskéi eltávolodnak egymástól (de a vízből azért nem lesz hidrogén és oxigén). Ezek

jellegzetes tévképzetek, melyek sok országban a korábbi kutatások során is felszínre kerültek (*Horton 2007*).

A diákok a fenti megbeszélést követően azt a feladatot kapták, hogy tervezzék meg a forrás jelenségének vizsgálatát az olvadáshoz hasonlóan. Ehhez nem kaptak külön feladatlapot. Volt csoport, akiknél szépen működött az olvadás vizsgálatával való analógia, ahhoz hasonlóan állandó hőmérsékletet vártak a halmazállapot-változás, a forrás teljes ideje alatt. Mások úgy gondolkodtak, hogy 100°C-ig nő a hőmérséklet, majd utána is növekszik, csak lassabban, mely szintén jellegzetes tévképzet (*Thomaz et al. 1995*). Egyik csoport mintegy felháborodva jelezte is a mérése során, hogy nem megy feljebb a víz hőmérséklete. Néhányan 100°C körül abba is hagyták a mérést. Az egyik csoport azt is megfigyelte, hogy a víz hőmérsékletének növekedése közben az egyre jobban párolog. Végül a legtöbben levonták azt a következtetést, hogy amíg a víz teljes mennyisége el nem forr, addig nem növekszik a hőmérséklete.

A párolgás sebességének különböző tényezőktől való függésének vizsgálata

A hatodik kutatásalapú órán a diákok a *párolgás* jelenségét vizsgálták. Minden csoport kapott egy-egy tényezőt, melytől a párolgás függhet, és annak vizsgálatára *kell*ett kísérletet tervezniük. A tanár jelezte a diákok felé, hogy olyan eszközöket kapnak, természetesen az eddigi kísérletek alatt megismertek közül, amit kérnek, például üveg pohár, borszeszégő, hőmérő. A tanár többször hangsúlyozta, hogy úgy gondolkodjanak a diákok a kísérleti tervről, hogy azokat *össze kell hasonlítaniuk*. Továbbá kiemelte, hogy egy adott tényezőtől való függés vizsgálatát úgy kell elvégezni, hogy csak azt az egy tényezőt változtatjuk, míg a többi állandó marad, illetve azonos.

A *hőmérséklettől való függés* vizsgálata úgy történt, hogy a diákok vettek két főzőpoharat, mindkettőbe közel azonos mennyiségű vizet töltöttek, majd az egyiket elkezdtek melegíteni borszeszégővel. Ez utóbbi a melegedés hatására egyre jobban párologott. Ezt az edény falára lecsapódott párából lehetett látni. A megbeszélés során előkerült, hogy ezt úgy is lehetett volna vizsgálni, hogy két papírlapot megnedvesítenek és az egyiket borszeszégő fölé tartják. Ez utóbbi hamarabb megszárad. Ezért is érdemes napsütéses időben teregetni.

A *felület nagyságától való függést* úgy vizsgálták a diákok, hogy bevizeztek egy szétterített és egy másik ugyanakkora területű, de összehajtott papírlapot, és figyelték, hogy ez utóbbi lassabban száradt meg.

Az *anyagi minőségtől való függést* alkohollal és vízzel vizsgálták. A diákok egy-egy cseppet helyeztek papírlapra, és figyelték a száradás sebességét.

A *levegő páratartalmától való függést* pedig úgy vizsgálták a diákok, hogy két azonos területű papírlapot nedvesítettek be és az egyiket legyezték egy fűzettel, míg a másikat nem. Egy másik módszer az volt, hogy az egyiket letakarták egy lombikkal, így idézve elő nagyobb páratartalmat annak környezetében.

A borszeszegő teljesítményének és melegítése hatásfokának meghatározása

A hetedik kutatásalapú tanórán a *borszeszegő teljesítményének és melegítése hatásfokának meghatározása* volt a tanulók feladata. Ez a feladat annyiban különbözött a korábbiaktól, hogy nem csak egy-egy jelenség vizsgálatához kellett demonstrációs kísérletet tervezni, vagy méréssorozatot elvégezni, hanem a saját mért értékekkel számításokat is el kellett végezni. A mérés során a diákoknak több dolgot is át kellett gondolni: hogyan is lehet kiszámítani a kért mennyiségeket, és azokhoz milyen mennyiségeket kell megmérni és melyeket kell kikeresni a táblázatból?

A borszeszegő teljesítményének meghatározásához a melegítés során felszabadult energia számításához szükség van az *elégett borszesz tömegének* a mérésére. Ezt például úgy tehetik meg, hogy lemérik a borszeszegő teljes tömegét a vízmelegítés előtt és utána, és veszik a két tömeg különbségét. Táblázatból ki kellett nézni a borszesz *égéshőjét* (a számítás menete: $Q_1 = L \cdot m_{\text{borszesz}}$). Az előzetes beszélgetések során tisztázni kellett, hogy bizonyos mennyiségű borszesz elfogy, ezért kell azt mindig újratölteni. Továbbá voltak, akik nem az égésre, hanem a borszesz párolgására gondoltak.

Tisztázni kellett azt is, hogy az égés során felszabaduló energia, mint olyan, nem mérhető, hanem azt számítani kell, a tanult módon. Az égő teljesítményének meghatározásához még a *melegítés idejét* is meg kell mérni. Tisztázni kellett azt is, hogy az égő által leadott teljesítményt kell meghatározni. Az előzetes beszélgetés során el kellett gondolkodni, hogy mire is fordítódik a borszesz égése során felszabaduló energia, hogy ennek csak egy része lesz számunkra hasznos, mely a vizet melegíti. Tehát a víz által felvett energiát kell meghatározni. Ekkor ismét előkerült, hogy energiát nem tudunk mérni, hanem azt számítani kell. A víz melegítésére fordítódott energia meghatározásához szükség van a *víz tömegére*. Ezt vagy a víz térfogatának és sűrűségének szorzataként számítják ki a diákok, vagy pedig az üres és a vízzel teli pohár tömegének különbségéeként.

Táblázatból ki kell nézni a víz fajhőjét. Továbbá mérni kell a víz hőmérsékletének megváltozását (a számítás menete: $Q_2 = c_{\text{víz}} m_{\text{víz}} \Delta T_{\text{víz}}$).

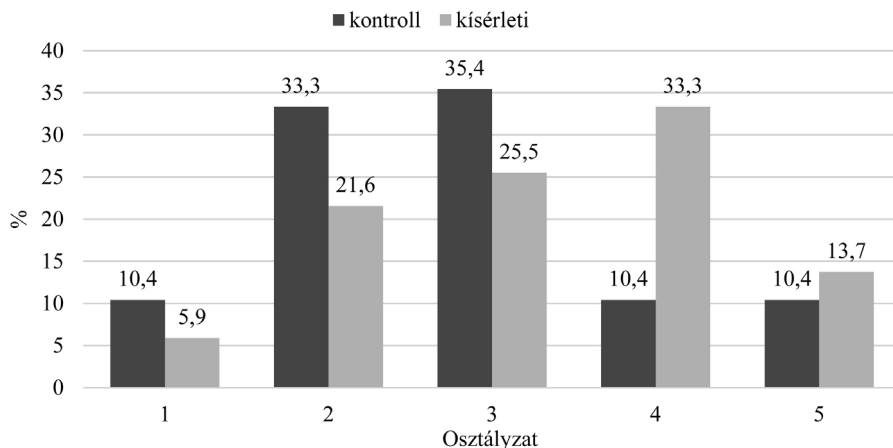
A melegítés során a hasznos energia az, ami a víz melegítésére fordítódik, tehát a hatásfok Q_2/Q_1 lesz.

A csoportok 12–15 százalékos hatásfokokat kaptak, mely eredményeket értelmezniük kellett, hogy az elfogadható-e. A csoportok alkották meg a tényleges mérési eljárást, és az ahhoz szükséges elrendezést, melynek rajzát rögzítették is a feladatlapon. Néhány diákcsoport néhány át nem gondolt dolgot is csinált a feladat elején. Például az egyik csoport meggyújtotta borszeszégőt, de *nem* tette arra rá a vizet melegedni. Ezért ismét meg kellett mérniük a borszeszégő tömegét. Így látták, hogy a borszesz tömege tényleg kevesebb lett. Egy másik csoport előre meg akarta határozni, hogy mennyi ideig fognak mérni. Ezért az egyik csoporttag azt akarta, hogy több vizet tegyenek a pohárba, hátha azalatt az felforr és akkor nincs hőmérséklet-változás és ezért nem tudnak majd rendesen mérni és abból a belső energia megváltozására következtetni.

A kutatási készségek értékelésének eredményei

A kísérleti tanítás zárásaként a diákok a hagyományos, a *témához tartozó dolgozat* megírása mellett még egy, a *kutatási készségek értékeléséhez készített feladatlapot* is kaptak, továbbá néhány *attitűdkérdésre* is válaszoltak.

A *témazáró dolgozat* azonos volt az előző évben megíratott dolgozattal, így az eredmények összehasonlíthatók. Az iskolába a közvetlen környékről járnak a tanulók, ezért feltételezhető, hogy az előző évi hagyományos módon tanuló diákok azonos családi háttérrel rendelkeztek, mint a vizsgálatba bevont tanulók. Az előző évi tanulók előzetes tudására is elmondható, hogy azonos volt a kísérleti tanulókéval. Az előző évben 48 tanuló írt dolgozatot és az arra kapott osztályzatok átlaga 2,7 volt, míg az új módszer esetében 51 tanuló dolgozatának átlageredménye 3,3, mely független két mintás t-próba alapján statisztikailag is szignifikáns különbséget jelent. Ezt jól mutatja, hogy a kísérleti oktatásban részt vett diákok csaknem fele (47,1%) írt 80 százalék feletti – azaz jó vagy jeles – dolgozatot, míg az összehasonlításként használt előző tanévben mindössze egyötödük (20,8%). (1. ábra)



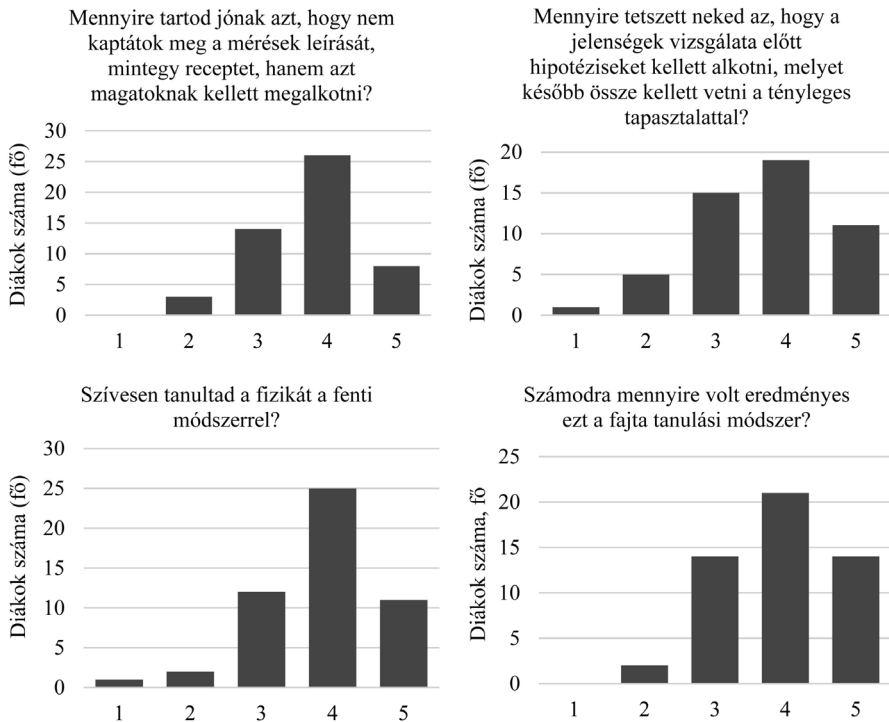
1. ábra. A tanulói teljesítmények (témazáró dolgozatokra kapott érdemjegyek) alakulása

A kutatási készségek értékelését mérő feladatlapot csak a kísérleti osztállyal tudtuk megíratni. Kontrollként ebben az esetben más iskolák diákjai által korábban ezt a feladatlapot megírt eredményeivel tudunk csak összehasonlítást tenni. A kontrollnak tekintett 143 diák nem vett részt semmiféle speciális fejlesztésben, teljesítményük 30 százalékos volt, míg a kísérleti osztályok tanulói 47 százalékos teljesítményt értek el, mely különbség statisztikailag is szignifikáns.

A kísérleti csoport esetében a dolgozatkérdések után néhány, a módszerrel kapcsolatos attitűdkérdést is feltettünk a diákoknak, melyekre egy ötfokú skálán (1=egyáltalán nem; 5=nagyon) kellett válaszolniuk (2. ábra):

- Mennyire tartod jónak azt, hogy nem kaptátok meg a mérések leírását, mintegy receptet, hanem azt magatoknak kellett megalkotni? (átlagérték: 3,76)
- Mennyire tetszett neked az, hogy a jelenségek vizsgálata előtt hipotéziseket kellett alkotni, melyet később össze kellett vetni a tényleges tapasztalattal? (átlagérték: 3,67)
- Szívesen tanultad a fizikát a fenti módszerrel? (átlagérték: 3,84)
- Számodra mennyire volt eredményes ezt a fajta tanulási módszer? (átlagérték: 3,92)

Az attitűdkérésekre adott válaszártékek átlagai a kutatásalapú tanórák kedvező fogadtatását jelzik, főleg, ha összehasonlítjuk az utóbbi évtizedekben bármikor mért tanulói tetszésnyilvánítás eredményeivel a fizika tantárgy esetében.



2. ábra. A módszerrel kapcsolatos attitűdkérdésekre ötfokú skálán (1=egyáltalán nem; 5=nagyon) adott értékelések megoszlása (n=51)

Összegzés

Tanulmányunkban bemutattuk, hogy a kutatásalapú tanulási/tanítási módszer a normál, kötelező iskolai tantárgyi témák feldolgozása során alkalmazható. Pilot oktatási kísérletünkben a fizika tantárgy tananyagához tartozó egyik témakör, a hőtan kutatásalapú feldolgozási lehetőségeit mutattuk be. A diákok számára érdekes volt a módszer, tanulmányaik elősegítéséhez hasznosnak ítélték, tantárgyi teljesítményük is jobb volt azon diáktársaikkal összehasonlítva, akik nem így tanultak.

A pilotkísérlet tapasztalatainak alapján összességében elmondhatjuk, hogy az új módszer kapcsolatba hozható azzal, hogy jobb lett a diákok tantárgyi tudása, a fogalmi megértés szintje, hiszen méréseink szerint a kísérleti csoport diákjai szignifikánsan jobb teljesítményt nyújtottak, mint a kontrollesoportként azonosított diákok. Hozzáteve, hogy a diákok is kedvezően nyilatkoztak a

módszerről. A pilotkísérletben ugyanaz a tanár tanított az új módszerrel, mint korábban hagyományos módon. A diákok azonos iskolából kerültek ki, hozzávetőleg azonos családi háttérrel és előzetes tudással rendelkeztek, így a jobb teljesítmény és kedvezőbb hozzáállás nagy valószínűséggel leginkább az új módszer használatának köszönhető.

További feladatunk, hogy az írásunkban vázolt oktatási kísérletet több osztályban, több iskola és tanár bevonásával is megvalósítsuk, elő- és utóméréssel vizsgáljuk a kísérleti és kontrollosztályok tanulmányi teljesítményének változását és attitűdjeik alakulását.

Irodalom

- CARLTON, K. (2000) Teaching about heat and temperature. *Physics Education*, Vol. 35. No. 2. pp. 101–105.
- CHEUNG, D. (2011) Teacher beliefs about implementing guided-inquiry laboratory experiments school chemistry. *Journal of Chemical Education*, Vol. 88. No. 11. pp. 1462–1468.
- DOCHY, F. 1999. The Relation Between Assessment Practices and Outcomes of Studies: The Case of Research on Prior Knowledge. *Review of Educational Research*, Vol. 69. No. 2. pp. 145–186. <http://rer.sagepub.com/content/69/2/145.full.pdf> [Letöltve: 2019. 07. 25.]
- HORTON, C. (2007): *Student preconceptions and misconceptions in chemistry (Student alternative conceptions in chemistry)*. www.daisley.net/hellevator/misconceptionsmisconceptions.pdf [Letöltve: 2019. 07. 25.]
- KOROM E. (2005) *Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás*. Budapest, Műszaki Könyvkiadó.
- KOROM E., CSÍKOS CS. & CSAPÓ B. (2016) A kutatásalapú tanulás megvalósításának feltételei a természettudományok tanításában. *Iskolakultúra*, Vol. 26. No. 3. pp. 30–42.
- MAKÁDI M., RADNÓTI K., RÓKA A. & VIKTOR A. (2015) *A természetismeret tanítása és tanulása*. TÁMOP 4.1.2.B.2-13/1-2013-0007 „Országos koordinációval a pedagógus-képzés megújításáért” <http://ttomc.elte.hu/kiadvany/termeszetismeret-tanitasa-es-tanulasa> [Letöltve: 2019. 07. 25.]
- McLOUGHLIN, E., FINLAYSON, O. & van KAMPEN, P. (2012) *Report on mapping the development of key skills and competencies onto skills developed in IBSE*. SAILS Project. <http://www.sails-project.eu/sites/default/files/d1.1.pdf> [Letöltve: 2019. 07. 25.]
- NAGY L.né (2010) A kutatásalapú tanulás/tanítás ('inquiry-based learning/teaching', IBL) és a természettudományok tanítása. *Iskolakultúra*, Vol. 20. No. 12. pp. 31–51.
- NAGY L.né, KOROM E., PÁSZTOR A., VERES G. & B. NÉMETH M. (2015) A természettudományos gondolkodás online diagnosztikus értékelése. In: CSAPÓ B., KOROM E. és MOLNÁR Gy. (eds) *A természettudományos tudás online diagnosztikus értékelésének tartalmi keretei*. Budapest, Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet. pp. 35–116.

- NAHALKA I. (2002) *Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben?* Budapest, Nemzeti Tankönyvkiadó.
- OSTORICS L., SZALAY B., SZEPESI I. & VADÁSZ Cs. (2016) *PISA 2015 Összefoglaló jelentés*. Budapest, Oktatási Hivatal.
- SÉRÉ, M. G. (1985) The Gaseous State. In. DRIVER, R., GUESNE, E. és TIBERGHIE, A. (eds) *Children's Ideas In Science*. Milton Keynes, Philadelphia, Open University Press. pp. 105–123.
- THOMAZ, M. F., MALAQUIS, I. M., VALENTE M. C. & ANTUNES M. J. (1995) An attempt to overcome alternative conceptions related to heat and temperatura. *Physics Education*, Vol. 30. No. 1. pp. 19–26.