

Az egyszerű matematikai modellünk úgy lesz teljes, ha az $x = \pm L/2$ határon túl a hullámot állandó 0-ra vágjuk, ez fejezi ki a kötés véges hosszát. A levágás matematikája mögött az a fizika működik, hogy az ionok vonzása a kötésen belül szabad mozgást enged az elektronhullámnak, de – amint el akarna távolodni – visszahúzza az elektront. Ez a vonzóerő készteti arra a tigris, hogy lábaival megragadja a két atomot (1. ábra).

Ami még változhat, az a kötés L hossza; ettől egyaránt függ a potenciális és a kinetikus energia. A kettő összege, a teljes energia valamilyen L_0 hosszúságnál lesz a legkisebb, ez határozza meg a kötés hosszúságát, amit például röntgendiffrakciós kísérletekben lehet megmérni. A megvalósuló energiaminimum mélysége – ahogy már mondtuk – a kötés energiája, amelynek a fenti játékos modellnél pontosabb kiszámítása a kvantumkémia egész apparátusát igénybe veszi; az eredményt ellenőrizni termodinamikai vagy spektroszkópiai mérésekkel tudjuk.

Végül egy kitekintés a „kvantumrejtélyek” népszerű témája felé: az elterjedt mese szerint Schrödinger macskája, ahogy rápillantunk, beugrik vagy az élő,

vagy a halott állapotba, és a továbbiakban már ott marad. A kémiai kötés életerős tigrisével ilyen nem történik; egy rápillantástól nem ugrik be egyik vagy másik atom vonzó gödrébe, ilyen csak akkor tesz, ha befektetjük a kötés energiát. Schrödinger élő-halott macskája a maga összes vélt vagy valós rejtélyeivel a klasszikus-kvantum határ magas hegyein lakik; a stabil molekulák kémiájának lakhelye a biztonságos kvantumvölgy. „Hullám is, részecske is” – ilyen csak oda-fönt létezik. Idelent csak hullám van, különben nem lennének a molekulák, amelyekből felépülünk.

Irodalom

1. Számos cikk foglalkozik a témával az *American Journal of Physics* folyóiratban, lásd például R. Piela és E. Huggins, 43 (1975) 482; V. F. Weisskopf, 53 (1985) 399; R. D. Harcourt, 56 (1988) 660; lásd még: J.-P. Grivet, *Journal of Chemical Education* 79 (2002) 127; népszerű magyar feldolgozása Marx György: *Életerelő atomok*. Akadémiai Kiadó, Budapest (1978).
2. Peter W. Atkins, Ronald S. Friedman: *Molecular Quantum Mechanics*. 5. kiadás, Oxford University Press (2010); régebbi kiadásai internetről szabadon letölthetők.
3. Geszti Tamás: *Kvantummechanika*. 3. kiadás, Typotex, Budapest (2014) 15.6 pont.

A DIÁKOK MINT KIS TUDÓSOK

A hőtán témakör kutatásalapú feldolgozása az általános iskolában

Radnóti Katalin – ELTE TTK Fizikai Intézet, MTA–SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport
Hasznosi Tamásné – Sashalmi Tanoda, MTA–SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport

Munkánkat az MTA Szakmódszertani Pályázatának a Szegedi Tudományegyetemen belül létrejött Természettudomány Tanítása Kutatócsoport¹ keretein belül végeztük. A Kutatócsoport vállalt feladata „oktatási segédanyagok kidolgozása a közoktatás és a tanárképzés számára”, amely program elsősorban az általános és középiskolában járó tanulók *természettudományos gondolkodásának fejlesztését célozza meg a természettudományos tantárgyak kötelező tananyaga-*

gába ágyazott feladatokon, tevékenységeken keresztül. A Kutatócsoportban hat munkacsoport dolgozik különböző témákon, mint:

- a természettudományos gondolkodás vizsgálata;
- természettudomány gyerekeknek;
- biológia, fizika, kémia;
- interdiszciplináris kapcsolatok, komplex témák.

Jelen írás szerzői a fizika munkacsoport tagjai. Kutató- és fejlesztő munkánk fő célkitűzései a tanulók gondolkodásának fejlesztése, a természettudományos szemlélet [1] érvényesítése és az ismeretszerzés menetének támogatása voltak az általunk kidolgozott módszerrel. Jelen írásban a hőtán témakör úgynevezett kutatási szemléletű feldolgozási lehetőségét mutatjuk be.

A 2019. évi Fizikus Vándorgyűlésen elhangzott előadás írott, szerkesztett változata.

A kutatás a Magyar Tudományos Akadémia Szakmódszertani Pályázata támogatásával készült.

¹A csoport munkájáról a <http://edu.u-szeged.hu/ttkcs/kutatasi-program> webhelyen található részletes információ.



Radnóti Katalin az ELTE TTK-n végzett kémia–fizika szakos tanárként. Több éves középiskolai tanári munkája mellett egyetemi doktorátust szerzett fizikából, majd az ELTE Tanárképző Főiskola oktatójaként a neveléstudomány kandidátusa lett a fizika tanítása témaköréből. Jelenlegi munkahelye az ELTE TTK Fizikai Intézet, főiskolai tanár. Több mint 200 publikációja van, tanári segédletek, tanulmányok, könyvek, könyvfejezetek. Kutatási területe a fizika és a természettudományos tanításának módszertana.



Hasznosi Tamásné a Budapest XVI. kerület Sashalmi Tanoda Általános Iskola matematika–fizika szakos tanára, 2013 óta a kerület matematika–fizika tantárgygondozója. Fizika szakos kollégáival életre keltette a Sas Elemér Kerületi Fizika Csapatversenyt, amelyet 2013 óta minden tanévben megrendeznek. Feladatot vállal az ELTE fizika tanárszakos hallgatóinak gyakorlati képzésében. 2017-ben elnyerte a XVI. kerületi Önkormányzat és az Észak-Pesti Tankerületi Központ által alapított „Az Év Pedagógusa” díjat.

A kutatásalapú tanulás/tanítás alapvetései

A természettudományos nevelésben több országban elterjedt gyakorlat, napjaink szakmódszertani fejlesztéseinek egyik meghatározó eleme a kutatásalapú természettudomány-tanítás koncepciója. Több nemzetközi projekt is feladatául tűzte ki e tanítástípus gyakorlati elterjesztését, ezért fejlesztőmunkánk során mi is ehhez nyúltunk [2]. A módszer lényege, hogy a diákok valamilyen kutatási tevékenysége képezi a természettudományos nevelés alapját, irányítja a tanulói munka szervezését. A *kutatásalapú tanulás* (Inquiry-Based Learning, IBL) olyan módszer, amely biztosítja, hogy a tanulók ténylegesen átéljék a tudásalkotás folyamatait, minél jobban lássák az ismeretszerzés teljes menetét, annak aktív részesei legyenek.

A kutatásalapú tanulás esetében a tananyag feldolgozásának menete [3–6]:

- 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 következtetések levonása,
- a természettudományos érvek/indokok közlése.

A fent felsorolt *kutatási készségek* fejlesztése a fizika tantárgy tanulása – amely elsősorban az empirikus vizsgálatokhoz, a kísérletezéshez köthető, bár a számítástechnikai feladatokban is megjelenhet – során is fontos feladat. Az empirikus tapasztalatszerzés nem csupán a kísérletek előre megfogalmazott recept alapján való elvégzését jelenti, hanem azt, hogy a tanuló részt vesz, átéli a teljes megismerési folyamatot. Ez nem csak azon diákok számára fontos, akik majd a természettudomány területén fognak továbbtanulni, hanem mindenkinek. A tanulók egyrészt fegyelmezett gondolkodásmódot, megismerési algoritmust tanulnak, másrészt – reményeink szerint – e gondolkodásmóddal felvértezve képesek lesznek eligazodni napjaink sokféle tudományos és áltudományos híre között is. Meg tudják majd ítélni egy hír/információ igazságtartalmát, képesek lesznek róla lényegi kérdéseket feltenni, és a különböző áltudományos babonák nem tudják rabul ejteni őket.

Kiemelten fontosnak tartjuk *az általános iskolai oktatásra való odafigyelést, mert az alapozza meg a tanulók későbbi érdeklődését, sikerességét, illetve a szakkörökbe, tehetség gondozó foglalkozásokba való későbbi bekapcsolódását.*

Az oktatási kísérlet előkészítése

Írásunk további részében a 7. évfolyamon feldolgozásra kerülő hőtán témakörre kidolgozott fejlesztő programunkat mutatjuk be, továbbá beszámolunk annak iskolai kipróbálásáról.

Kutatási kérdéseink

1. Javul-e a diákok fogalmi megértése, tantárgyi tudása, ha a kötelező tananyag kísérletes részeit a kutatásalapú tanulás módszerével dolgozzák fel? Tapasztalunk-e kimutatható különbséget 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 bemutatjuk, hogy ez a fajta tanulás nem igényel extra eszközöket, csak amelyek egy normál iskolai szertárban is megtalálhatók, vagy házilag előállíthatók. Továbbá a módszer bármilyen tanterv, tankönyv használata esetében alkalmazható.

Hipotézisünk szerint a tanulók szívesebben dolgoznak az általunk készített kutatási szemléletű feladatlappal, és a tanulási folyamat is eredményesebb lesz.

A témakör kiválasztása

A kutatás első lépéseként az általános iskolában kötelezően feldolgozandó fizikai témaköröket elemeztük, amelyek közül a kutatásalapú kísérleti tanítás megvalósításához a hőtán választottuk ki. A tanulóknak e témakörrel kapcsolatban sok előzetes ismerete van a mindennapi életből, illetve a természetismeret tantárgy tanulása kapcsán, ezért azt feltételeztük, hogy ezekre építve képesek lesznek hipotéziseket megfogalmazni, kísérleteket tervezni. A témakört előzetesen tanulmányozva a kísérletes részekhez olyan feladatlappokat fejlesztettünk ki, amelyekben érvényesítettük a kutatásalapú tanulás alapvetéseit. Vagyis nem találtunk ki új kísérleteket, hanem a diákok számára a régieket – amelyek a legtöbb tankönyvben szerepeltek – kutatási szemléletűen átalakítottuk, átfogalmaztuk.

A kutatás előkészítése

A hőtán témakör iskolai feldolgozása átlagosan 12 tanórát vesz igénybe, amelyek közül a diákok 6 alkalommal az általunk készített feladatlappal dolgoztak. Ezek kifejezetten az egyes kötelező kísérletes tanítási tartalmak feldolgozásához készültek. A többi órán az elméleti anyag feldolgozása és gyakorlása történt meg.

A feladatlappokat először 2016-ban egy budapesti általános iskola két 7-es osztályában, összesen 52 tanuló részvételével próbáltunk ki. Ez egy pilot típusú vizsgálat volt, amelynek tapasztalatai alapján, nagyobb mintán, kísérleti és kontrollcsoportos vizsgálatot terveztünk. A tanórákról videofelvételek készültek, amelyek alapján részletesen leírtuk az órai történéseket. Ezeket a nagyobb mintán történő kipróbálásban résztvevő tanárok felkészítéséhez használtuk 2017-ben.

A kísérleti és kontrollcsoportos, elő- és utómérés típusú oktatási kísérletünk 2018 őszén indult a 7. évfolyamon, 129 fős kísérleti és 160 fős kontrollcsoporttal. A kísérleti oktatásban 3 iskola 3 tanára vett

részt.² A kontrollosztályokban nem ők tanítottak. Elő- és utómérésben vizsgáltuk a tanulók fizikatudását, a természetismeret, illetve a fizika tanulásának motivációit is. Az előzetes kísérleti oktatás és a tényleges nagymintás kísérlet során is tanórai megfigyeléseket végeztünk, rendszeresen látogatva a kipróbálásban résztvevő tanárokat és diákjaikat. A tanórák megfigyelési szempontjai a következők voltak: a diákok hipotézisalkotása, kísérlet tervezése, a kísérleti eszközök használata, a tapasztalatok rögzítése, jegyzőkönyv készítése, következtetés levonása, a diákok csoporton belüli kommunikációja, az idővel való gazdálkodás.

A hőtan kutatási szemléletű feldolgozásának megvalósulása

A feldolgozás során alapvetően az anyag részecskeképeinek, mint *modellnek* felhasználására építettünk, amely egyik fontos elem a természet megismerésében, és hazánkban a 7. évfolyamon mind a fizika, mind pedig a kémia tantárgy tananyagában is szerepel. A diákoknak ezt a modellt kellett alkalmazniuk mind hipotéziseik megfogalmazásához, mind pedig az empirikus vizsgálatok eredményeinek értelmezéséhez, a következtetések levonásához. A hőtan témakörét kifejezetten alkalmasnak találtuk erre. Továbbá a témakör a fizikai tanulmányok elején került feldolgozásra, így a tanulók viszonylag korán megismerkedhetnek a fizika tudományában alkalmazott megismerési módszerrel, amely reményeink szerint felkelti több diák érdeklődését is a tantárgy tanulása iránt. Esetünkben ez volt az első fizikai témakör, amely feldolgozásra került. A mechanikai jellegű témakörök ez után következtek. A feldolgozás során a következő gondolkodási műveletek fejlesztése valósult meg, mint összehasonlítás, arányossági gondolkodás, kísérlettervezés, kísérlet kivitelezése és oksági magyarázatok adása.

A kísérletes feladatok megfogalmazásakor arra törekedtünk, hogy a tanulókat minél inkább bevonjuk a teljes megismerési folyamatba. Ez a következőket jelentette: 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, elvégzése, végül a következtetések megfogalmazása.

Különösen a hipotézisalkotás fontosságát emelnénk ki. Ne gondoljuk azt, hogy ezek a diákok még túl fiatalok ahhoz, hogy előrejelzéseket tudjanak megfogalmazni. Több diák kifejezetten élvezte, tetszett nekik, hogy elmondhatják elképzeléseiket.

A diákok a következő kísérletes feladatokat oldották meg:

- a hőtágulás jelenségének vizsgálata a különböző halmazállapotok esetében,
- az energiaterjedés módjainak vizsgálata,

- a termikus kölcsönhatás vizsgálata,
- az olvadás vizsgálata,
- a forrás vizsgálata,
- a párolgási sebesség különböző tényezőktől való függésének vizsgálata.

A feladatlapok egy része egyszerű *jelenségek vizsgálatát* tűzte ki célul, amelyekhez megadtuk a szükséges eszközöket, de a kísérleti összeállítást már a diákok maguk alkották meg.

A feladatlapok másik része *mérés elvégzését* kérte a tanulóktól. Ebben az esetben nem kapták meg tálcán az előre összekészített eszközöket, hiszen a mérési folyamat megtervezését is tőlük vártuk. A gondolkodás fejlesztése szempontjából fontos, hogy a diákok nem kapják meg előre a mérés leírását. Ez akkor is igaz, ha a tanár és a tanulók közösen, a mérés előtt akár pontról pontra, kérdés-felelet formájában megbeszéljük, hogy mi lesz a teendő. Ebben az esetben is jelentős gondolkodási folyamaton mennek keresztül a diákok. Fontos, hogy átgondolják, mit szeretnének vizsgálni. *Milyen lesz a mérési elrendezés? Milyen eszközökre lesz szükségük? Ebhez milyen mennyiségeket kell mérni? Meddig fognak mérni? Az adatokat hogyan fogják lejegyezni? Mindegy, hogy a táblázat vízszintes vagy függőleges. Hány oszlop (sor) legyen? A mérési adatokat miként jelenítik meg? Mi lesz a függőleges és mi a vízszintes tengelyen? Hogy veszik fel az egységeket? Hány grafikont készítenek? Az(ok) várhatóan hogyan fog(nak) kinézni? Az ábrázoláshoz négyzetrácsos papírt kaptak segítségül a diákok.*

A mérési adatok ábrázolása nem minden esetben volt problémamentes, mivel ez – attól függetlenül, hogy matematikából már tanultak derékszögű koordináta-rendszerben pontokat ábrázolni – új elem volt a diákoknak. Hiszen az adott esetben egy adott pont egy konkrét, a diákok által leolvasott mérési eredményt jelentett, például adott időponthoz tartozó hőmérsékletet. Az ábrázolt pontok pedig jellegzetes rendszerben helyezkedtek el, amely alapján következtetést kellett levonni az adott fizikai folyamatról. Ez a meglévő matematikai ismeretek alkalmazását jelentette, de újszerű környezetben. Bár sok esetben látszott, hogy ez nem egyszerű számukra, de amint megértették, érdekessé vált.

A *jegyzőkönyvek* szerkezetét is önállóan alkották meg a tanulók.

Természetesen az első feladatlapos kísérletek/mérések esetében több *tanári segítségre*, elsősorban segítő kérdésekre volt szükség. Tehát szó sincs arról, hogy a diákok magukra lettek hagyva! De a tanár nem mondta el a „megoldást”, hiszen az volt a célkitűzés, hogy a tanulók minél önállóbbá váljanak.

A tanár részéről – különösen az első időkben – *türelemre, empátiára* van szükség az általunk javasolt feldolgozásmód követéséhez. A tananyag ilyen feldolgozásának lényeges pontja, hogy ne mondjunk el mindent a diákoknak, hanem – a problémamegoldás lényeges elemeként – hagyjuk őket a saját ütemükben gondolkodni, tevékenykedni, még abban az esetben is, ha néha tévútra kerülnek. Nem szabad ezek miatt le-

²Hasznosi Tamásné, Kemény Gabriella, Sági Gabriella.

korholni a diákokat, hiszen, ha mindent tudnának, akkor iskolába sem kellene járniuk! A tanítás szempontjából a diákok előzetes tudása fontos információ, amely így felszínre kerül nem csupán a tanár számára, hanem a diákok előtt is. A tanulók saját maguk is világosan láthatják, hogy miként gondolkodtak korábban és onnan hová jutottak. Ezek is fontos tapasztalati alapot jelentenek a csoportos tevékenységek összegzésénél, amikor a lényeges, már ténylegesen megtanulni való ismereteket rögzítik a táblán, illetve a füzetben.

Szinte minden esetben érzékeljük, hogy a gyerekek először nem tudtak mit kezdeni a kapott feladatokkal. Ekkor a tanár néhány segítő kérdést tett fel, ismételt elmondta a feladatot. Ezt a pár percet *érdemes volt kívánni!* Ezután a gyerekek fantáziája minden esetben megindult, elkezdtek „ötletelni”, és végül egészen jó elképzelések születtek. Ez az a folyamat, ami végül maradandóvá teszi a megszerzett ismeretet. Tehát maga a *problémamegoldás folyamata* is fontos, nem csak a végeredmény!

Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy ez a fajta tanulási módszer nem minden diáknak ment egyformán jól, és voltak, akiket zavart. Erre a szakirodalom is felhívja a figyelmet [7]. De ne feledjük el, 100%-osan egyik módszer sem felel meg mindenkinek! Az oktatás során ezért is kell sokféle módszert alkalmazni.

Az empirikus vizsgálatokat követően – nem egy esetben a következő órán – a tanár a diákokkal közösen és mindig részletesen rögzítették azok tanulságait, a megfelelő grafikonokat, a megtanulandó ismeretanyagot. Ezek képezték a témazáró dolgozat, vagyis az osztályzattal való értékelés alapját. A tanulási folyamat közben csak a formatív, segítő értékelésnek volt helye!

A csoportos feladatok, a megbeszélések, majd a kísérletek elvégzése és azok közös értelmezése a diákok gondolkodásán túl nagyon sokféle képességet – mint kommunikációs képességek, szociális képességek stb. – fejleszt. Az iskola vezetése, ahol az oktatási kísérlet folyt, ezt is határozottan pozitívan értékelte.

A kutatásalapú tanórák

A tanórák felépítése általában a következő volt:

- házi feladat ellenőrzése, ismétlő kérdések,
- az adott témakörrel kapcsolatos hétköznapi tapasztalatok közös összegyűjtése,
- rövid közös megbeszélés az aznapi kísérletes feladatról, majd az osztály csoportokba rendezése,
- a tanulók csoportos munkája feladatlappal, az egyes csoportok más-más részfeladaton dolgoztak ahol az volt a célszerű,

Feladatlap

Termikus kölcsönhatás

Miként lehet a forró vízből langyosat készíteni?

Hogy lehet a forró kávéból langyos tejeskávét készíteni?

Írd le, hogy szerinted miként lehet az anyagokat lehűteni, illetve felmelegíteni?

.....
Mit gondolsz, ha összeöntünk 1 dl 20 °C-os és 1 dl 60 °C-os vizet, mekkora lesz a közös hőmérséklet?

.....
Miként lehet a hideg, illetve a melegebb test hőmérsékletének **változását nyomon követni?**

.....
Milyen mennyiségeket kell mérni? Milyen eszközökre lesz szükség a méréshez?

.....
Alkosd meg a *mérési elrendezést!* Rajzold vagy fényképezd le!

.....
Alkosd meg a mérési táblázatot!

.....
Mit gondolsz, mekkora lesz az egyensúlyi hőmérséklet?

.....
Mit vársz, milyen lesz a változás jellege?

.....
Hogyan tudnád a változást szemléltetni?

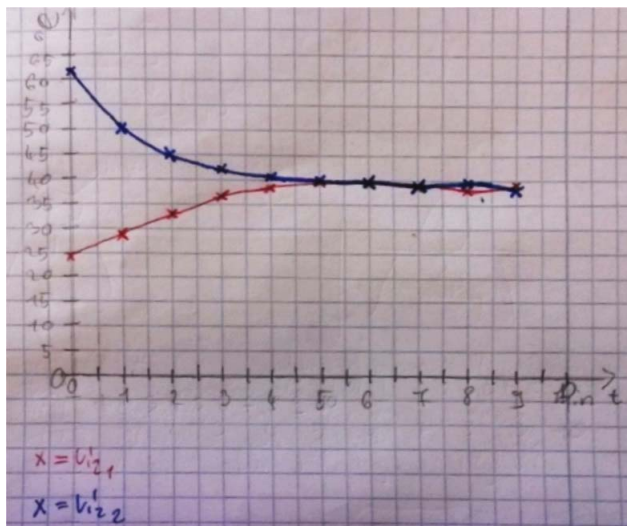
– végül az egyes csoportok tapasztalatainak összefoglalása és közös értelmezése, a következtetések megfogalmazása, táblán, illetve füzetben történő rögzítése. Ez a rész néhány esetben a következő órára csúszott át.

A következőkben néhány érdekes és tanulságos részletet mutatunk be a tanórákról: miként valósultak meg a fentebb leírtak a tanítási gyakorlatban.

Az egyik kutatásalapú tanóra témája a *termikus kölcsönhatás* vizsgálata volt. A vizsgálandó probléma az volt, hogy miként is tudnánk nyomon követni a *hőmérséklet-változás folyamatát* (lásd a keretezett feladatlapot fenn).

A hangsúly a folyamaton volt, nem egyszerűen a végeredményen, vagyis a közös hőmérséklet kialakulásán. De előbb a végeredményről is kellett beszélgetni, feltárni a diákok előzetes elképzeléseit. Az óra eleji megbeszélés során ugyanis több esetben előkeült az a tipikus tévképzet, amikor a közös hőmérséklet becslésekor a gyerekek össze akarják adni a hőmérsékleteket [8].

A diákok a következő megállapításokra jutottak, néhány esetben csak több segítő kérdést követően, hogy 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 mérési adatokat tartalmazó *táblázatot* kialakítani. A fejlécben az idő szerepeljen, míg az alatta lévő két sorban a hőmérsékletek. Vagy három függőleges oszlopban gyűjteni a mérési adato-



1. ábra. A hőmérséklet változása az idő függvényében a két egymásba helyezett pohárban.

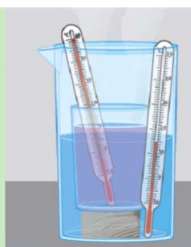
kat. Ahogy a diákoknak kényelmesebb. De fontos, hogy rendezett, áttekinthető táblázat legyen.

A diákok rájöttek, hogy a mérési adatokat lehet *grafikusan* szemléltetni, az x tengelyen az időt, míg az y tengelyen a hőmérsékletet célszerű felmérni és egy grafikonban célszerű mindkét pohár víz hőmérsékletének időbeli 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.

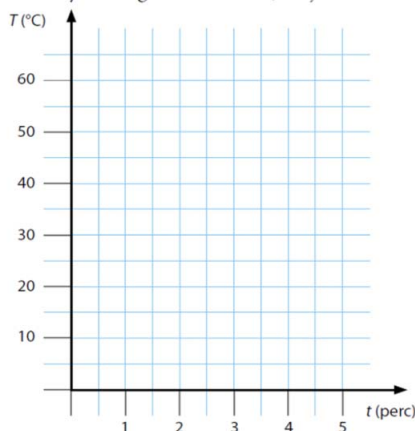
2. ábra. A tankönyvi kísérletleírás és a munkafüzeti ábra.

Tegyél egy nagyméretű főzőpohárba hideg vizet, majd állíts bele egy kisebb főzőpoharat, amelyben forró víz van! Tegyé le mind a két hőmérőt félpercenként, méréseidet rögzítsd a munkafüzetedben található táblázatba! Figyeld meg, hogyan változott a főzőpoharakban a víz hőmérséklete!
Tapasztalat: A hideg víz hőmérséklete egy ideig növekedett, a meleg víz hőmérséklete egy ideig csökkent. Egészen addig tartott a hőmérséklet-változás, ameddig azonos nem lett a hőmérséklet a két főzőpohárban.
 Ábrázold ugyanazon a grafikonon a hideg, és a meleg víz hőmérsékletének változását!



Végezd el a tankönyvben leírt első kísérletet! A mérési eredményeket foglald táblázatba, majd ábrázold a mellékelt grafikonon!

	idő (perc)								
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
hideg víz hőmérséklete (°C)									
meleg víz hőmérséklete (°C)									



Egy másik csoport 21 °C, illetve 31 °C-nál abbahagyta a mérést.

Volt olyan csoport, aki csak az egyik pohár víz hőmérsékletét mérte, és azt is csak addig, míg a diákok által saját maguk által kialakított táblázatban volt hely a mérési adatoknak.

Ezekből a példákból talán érzékelhető, hogy miért is szükséges *óriási türelem és empátia* a tanár részéről.

A tanóra végére azért néhány csoport esetében elkészült a grafikon is (1. ábra), és azt nézegetve az egyik diák megszólalt: „Ez jól néz ki! Ez tetszik!” Éppen az ilyen diákokat „keressük”, akik élvezik az ilyen és hasonló tevékenységet, és feltehetően természettudományos-műszaki pályára fognak menni!

A *következő órán* megbeszélték az egyes csoportok hibáit, mint:

- nem tették egymásba a poharakat,
- csak az egyik pohárban lévő víz hőmérsékletét mérték.

Majd egy jó grafikon ábrája alapján megfogalmazták, hogy ténylegesen mi is történt.

Megbeszélték, hogy mi volt a hipotézis? – kiegyenlítődnek a hőmérsékletek. Akkor eddig kellett volna mérni.

Majd a diákok elkezdtek összegyűjteni és lejegyezni a termikus kölcsönhatással kapcsolatos fontos tudnivalókat 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!* Ezért érdemes türelmesnek lenni, nem megmondani a jó megoldást, hagyni, hogy néhány diák kicsit zsákutcába jusson, természetesen óriási empátiával kell kezelni ezeket az eseteket.

A fent leírt mérőkísérletet sok osztályban elvégzik a diákok, de általában a munkafüzetben leírt munkalap alapján [9], amelyben le van rajzolva az üres táblázat az adatoknak és a grafikon elkészítéséhez a felcímkézett tengelyek, a tankönyvben pedig megtalálható a mérési elrendezés rajza [10] (2. ábra). Vagyis teljes receptet kapnak a diákok a mérés „bamba” elvégzéséhez.

Tehát elmondható, hogy nem új kísérletet találtunk ki, ellenben a feldolgozás módja jelentősen különbözik a hagyományos, a diákok minden lépését előíró gyakorlattól. Ez kétségtelenül több időt vesz igénybe, de biztosabb és maradandóbb tudással vétezi fel a diákokat, amint arra cikünk végén rámutatunk.

Egy másik kutatásalapú tanórán az *olvadás* jelensé-

gével foglalkoztak a diákok. A probléma az *olvadás folyamatának* vizsgálata volt (lásd a keretezett feladatlapot).

A részecskekép felhasználásával megbeszéltek, hogy miként is lehet mikroszkopikus szinten elképzelni a folyamatot, majd rátértek arra, hogy makroszkopikusan mit is lehetne megfigyelni, illetve mérni.

A diákok a korábbi termikus kölcsönhatás vizsgálatából sejtették, hogy itt is időt és hőmérsékletet kell majd mérni. Megbeszéltek, hogy az olvadás folyamatának vizsgálatához hőmérőre, főzőpohárra és jégre lesz szükség. Az időt pedig a mobiltelefonnal mérhetik.

Továbbá a tanulóknak le kellett írni, vagy rajzolni hipotézisüket. Elég sok diák azt írta, hogy folyamatosan növekvő hőmérsékletet vár, amely ismert jellegzetes tévképzet [11]. Sőt, volt, aki ezt le is rajzolta (3. *ábra*). A diák már fel tudta használni azt az új tudását, hogy a mérési adatokat derékszögű koordináta-rendszerben lehet ábrázolni, rajza szinte matematikai módon megfogalmazott hipotézisnek is tekinthető!

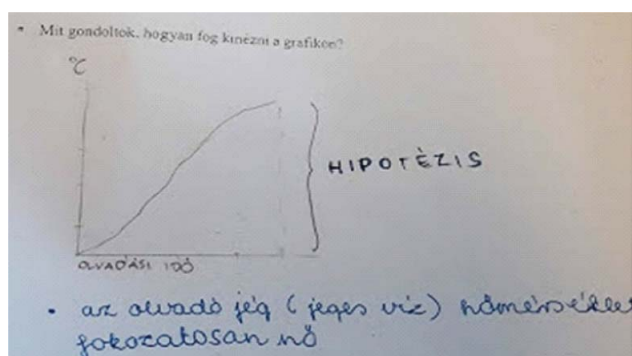
Ebben az esetben is a diákok feladata volt a mérési táblázat megtervezése. Az alábbi fontos tanári kérdések voltak iránymutatóak a diákok munkájához.

- 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?
- A korábbi mérési tapasztalatokból többen mondták, hogy amíg változás van. De ez ebben az esetben mit jelent? Amíg hőmérséklet-változás van, vagy amíg halmazállapot-változás?

Ez sem volt minden csoport számára egyértelmű, mivel egyik csoport nem írt hőmérsékletadatokat az óra végéig, hiszen végig körülbelül 0 °C-ot mutatott a hőmérőjük.

A mérés során többször ki kellett venni jeget a poharából, 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.

3. *ábra*. Tanulói hipotézis.



Feladatlap

Olvasás

Mi történik az anyag hőmérsékletével olvadás közben? Mit gondoltok? Írjátok le!

Vizsgáljátok meg a kérdést!

A rendelkezésetekre álló eszközök és anyagok: főzőpohárban jégkása, hőmérő, stopper/mobiltelefon

- Milyen mennyiségeket fogtok mérni?
- Hogyan fogjátok az adatokat lejegyezni?
- Miként fog kinézni a mérési táblázat?
- Készítsetek grafikont a mérésről!

Milyen fizikai mennyiségek fognak szerepelni az egyes tengelyeken?

Mit gondoltok, hogyan fog kinézni a grafikon?

- Vessétek össze a tapasztalatokat az előzetes várakozásaitokkal!

Hány rész különíthető el a grafikonon?

Az egyes részek milyen jelenséghez tartoznak?

- Amikor elolvadt az összes jég, utána hogyan változott a hőmérséklete? Ez hogy látható a grafikonon?

Több csoport először szisztematikusan növekvő hőmérsékleteket írt a táblázatába, mivel azt várták. Majd egy idő után észrevették, hogy a hőmérséklet 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 bír!

A kutatási szemléletű feldolgozás tapasztalatai és eredményei

Az oktatási kísérlet tapasztalatai alapján elmondhatjuk, hogy az új módszer eredményeképp jobb lett a diákok tantárgyi tudása, a fogalmi megértés szintje. Ez kimutatható már egy témakör feldolgozása során is. A kísérleti oktatásban részt vett diákok szignifikánsan jobb teljesítményt nyújtottak.

Az előméréshez a természetismeret tantárgy hőtani jellegű kérdéseit használtuk.

– A *kísérleti* csoport *előmérésben* nyújtott teljesítménye 50,7%, szórása 15,3% volt.

– A *kontrollcsoport* *előmérésben* nyújtott teljesítménye 47,5%, szórása 14,6% volt.

Az előmérés eredményei alapján elmondható, hogy nincs szignifikáns különbség a két csoport között.

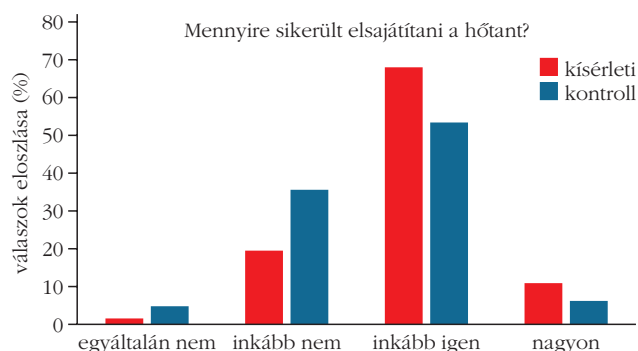
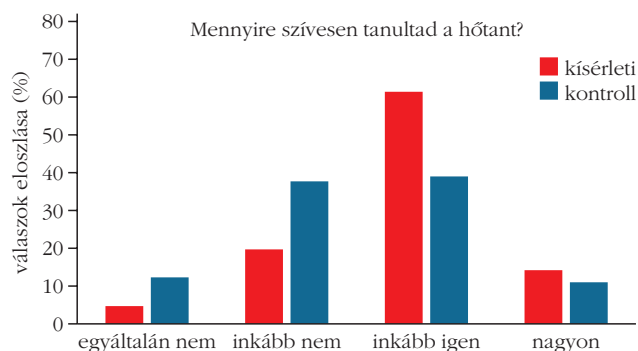
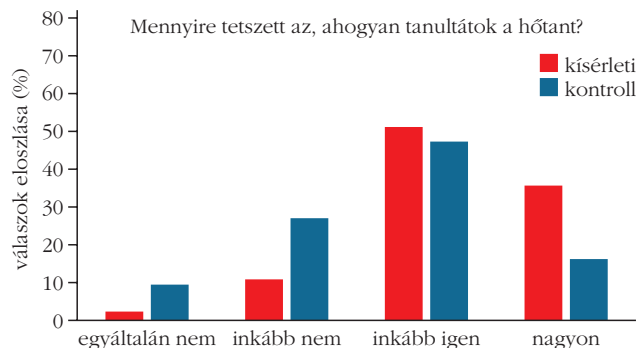
– A *kísérleti* csoport *utómérésben* nyújtott teljesítménye 61,2%, szórása 13,6% volt.

– A *kontrollcsoport* *utómérésben* nyújtott teljesítménye 49,7%, szórása 18,6% volt.

Az összehasonlíthatóság miatt az utómérés esetében több kérdés azonos volt az előméréssel.

Az adatok alapján látható, hogy az utómérésben jelentős különbség van a kísérleti csoport javára. A szórási is kisebb lett, míg a kontrollcsoport esetében nagyobb. A kontrollcsoport gyakorlatilag alig fejlődött.

Az attitűdkérdések válaszai alapján elmondható, hogy a diákok abszolút kedvezően nyilatkoztak a módszerről (4. *ábra*).



4. ábra. A diákok fizika iránti attitűdje.

A kísérleti és a kontrollcsoportokba járó diákok közel azonos családi háttérrel és előzetes tudással rendelkeztek. Tehát a jobb teljesítmény és a kedvezőbb hozzáállás egyértelműen az új módszer hatásának tekinthető, amely igazolta hipotézisünket.

Az adatokból azonban az is látható, hogy a kontrollcsoportban lévő diákok attitűdje is kedvező volt a fizika iránt. A témakör feldolgozása a tanév elején szerepelt, rögtön a méréssel kapcsolatos bevezető órák után. Tehát elmondható, hogy ekkor, a fizikatanítás kezdetén a diákok még szeretik a fizikát! Azonban ez a pozitív hozzáállás mintegy elapad a fizikatanulás időszaka alatt. Ez további kutatást igényel.

A 7. évfolyamon a fizikával párhuzamosan belépő tantárgy a kémia is, amely tanórákon szintén végez-

nek kísérleteket a diákok. A kipróbálásban résztvevő iskolák esetében a kémiaórákon nem ezt a módszert alkalmazták, hanem a diákok kész receptek alapján dolgoztak. A kipróbáló tanárok elmondták, hogy a diákok megjegyzései alapján a kutatásalapú módszer jobban tetszett nekik. És ez – nem elhanyagolható módon – visszahatott a kísérleti oktatásban résztvevő tanárookra. Őket is motiválta, lelkesítette a gyerekek fokozódó érdeklődése.

A kísérleti csoportokban tanító tanárok elmondása alapján a későbbiekben is észrevehető volt a kutatási szemléletű feldolgozás hatása. A diákok sokkal jobban emlékeztek a kísérletekre, amelyeket például a dolgozatokban le kellett írniuk. Ez valószínűleg több, a kísérleti oktatásban használt módszernek is köszönhető, mint például a diákoknak folyamatosan kommunikálniuk kellett egymással, hipotéziseket kellett megfogalmazniuk az előzetes várakozásaikról, a feladatlapon szerepeltek a kísérletet felvezető kérdések, amelyek mindegyikéhez a szaknyelvet kellett használniuk.

Az eredmények alapján javasoljuk, hogy a tanárközlégák minél több kísérletes feladatot dolgozzanak fel a diákokkal hasonló módszerrel az általános iskolában is.

Irodalom

1. Radnóti Katalin: *Óráról órára. Fizikaórák megjegyzésekkel ellátva*. Hallgatói segédlet a fizikatanítási gyakorlathoz. MTA – SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport, Szeged (2017) 160 oldal, <http://edu.u-szeged.hu/ttkcs/content/radnoti-katalin-2017-orarol-orara-fizikaorak-megjegyzesekkel-ellatva>
2. Korom Erzsébet, Csikos Csaba, Csapó Benő: A kutatásalapú tanulás megvalósításának feltételei a természettudományok tanításában. *Iskolakultúra* 26/3 (2016).
3. Makádi Mariann, Radnóti Katalin, Róka András, Viktor András: *A természetismeret tanítása és tanulása*. TÁMOP 4.1.2.B.2-13/1-2013-0007 „Országos koordinációval a pedagógusképzés megújításáért” (2015)
4. McLoughlin, E., Finlayson, O., van Kampen, P.: *Report on mapping the development of key skills and competencies onto skills developed in IBSE*. SAILS Project (2012).
5. Nagy Lászlóné: A kutatásalapú tanulás/tanítás ('inquiry-based learning/teaching', IBL) és a természettudományok tanítása. *Iskolakultúra* 20/12 (2010) 31–51.
6. Nagy Lászlóné, Korom Erzsébet, Pásztor Attila, Veres Gábor, B. Németh Mária: A természettudományos gondolkodás online diagnosztikus értékelése. In: Csapó Benő, Korom Erzsébet, Molnár Gyöngyvér (szerk.): *A természettudományos tudás online diagnosztikus értékelésének tartalmi keretei*. Oktatókutatás és Fejlesztő Intézet, Budapest (2015) 35–116.
7. Cheung, D.: Teacher beliefs about implementing guided-inquiry laboratory experiments school chemistry. *Journal of Chemical Education* 88 (2011) 1462–1468.
8. Carlton, K.: Teaching about heat and temperature. *Physics Education* 2 (2000) 101–105.
9. Dégen Csaba, Kartaly István, Sztanó Péterné, Urbán János: *Fizika 7. Munkafüzet*. Oktatókutatás és Fejlesztő Intézet, Eger, 2015.
10. Dégen Csaba, Kartaly István, Sztanó Péterné, Urbán János: *Fizika 7. Tankönyv*. Eszterházy Károly Egyetem, Eger, 2017.
11. Thomaz, M. F., Malaquis, I. M., Valente M. C., Antunes M. J.: An attempt to overcome alternative conceptions related to heat and temperature. *Physics Education* 1995/1 19–26.

Szerkesztőség: 1092 Budapest, Ráday utca 18. földszint III., Eötvös Loránd Fizikai Társulat. Telefon/fax: (1) 201-8682

A Társulat Internet honlapja <http://www.elft.hu>, e-postacíme: elft@elft.hu

Kiadja az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, felelős kiadó Groma István főtájtár, felelős szerkesztő Lendvai János főszerkesztő.

Kéziratokat nem őrzünk meg és nem küldünk vissza. A szerzőknek tiszteletpéldányt küldünk.

Nyomdai előkészítés: Kármán Stúdió, nyomdai munkálatok: OOK-PRESS Kft., felelős vezető: Szathmáry Attila ügyvezető igazgató.

Terjeszti az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, előfizethető a Társulatnál vagy postautalványon a 10200830-32310274-00000000 számú egy számlán.

Megjelenik havonta (nyáron duplaszámmal), egyes szám ára: 1000.- Ft (duplaszámmal 2000.- Ft) + postaköltség.

HU ISSN 0015–3257 (nyomtatott) és HU ISSN 1588–0540 (online)

