Radnóti Katalin

ÓRÁRÓL ÓRÁRA

Fizikaórák megjegyzésekkel ellátva

Óráról órára
Fizikaórák megjegyzésekkel ellátva

Hallgatói segédlet a fizikatanítási gyakorlatokhoz

ÓRÁRÓL ÓRÁRA

Fizikaórák megjegyzésekkel ellátva

Hallgatói segédlet a fizikatanítási gyakorlatokhoz

Radnóti Katalin

Szeged, 2017

Szerző:
Radnóti Katalin

Lektor:
Adorjánné Farkas Magdolna
Kopasz Katalin

Műszaki szerkesztő: Király Béla
Technikai szerkesztő: Börcsökné Soós Edit
Olvasószerkesztő: Korom Erzsébet

ISBN 978-963-306-522-8

Kiadó:
Szegedi Tudományegyetem Bölcsészettudományi Kar
Neveléstudományi Intézet és
MTA-SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport

Felelős kiadó:
Korom Erzsébet, SZTE BTK Neveléstudományi Intézet,
az MTA-SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport vezetője

Készült:
Innovariant Nyomdaipari Kft.
www.innovariant.hu
Felelős vezető: Drágán György ügyvezető

Tartalom

Bevezetés **7**

1. Az óraelemezések szempontjai és elméleti hátterük **10**

1.1. Természettudományos szemlélet 10

1.2. A konstruktivista ismeretelmélet és szerepe napjaink fizikatanításában 12

1.3. A fizika tantárgy tanulása során alkalmazható gondolkodásfejlesztési lehetőségek 14

1.4. További elemzési szempontok 22

2. Mechanika **27**

2.1. Egyenes vonalú egyenletesen gyorsuló mozgás 27

2.2. A szabadesés vizsgálata 33

2.3. A dinamika alapjai, összefoglalás 38

2.4. Kepler-törvények 47

3. Hőtan és az anyag részecske-szerkezete **53**

3.1. Molekuláris erők folyadékokban 53

3.2. Termikus kölcsönhatás 60

3.3. Az energiaterjedés módjai, hővezetés 66

3.4. Olvadás, olvadásban lévő víz hőmérsékletének mérése 72

3.5. Gázok izochor állapotváltozása 75

3.6. A gázrészecskék sebessége és energiája 81

3.7. A barometrikus magasságformula 85

3.8. Halmazállapot-változásokkal kapcsolatos számítási feladatok 90

4. Elektromos áram 97

4.1. Az áramerősség és mérése 97
4.2. Ohm törvényének bevezetése 102
4.3. Fogyasztók soros kapcsolása 108
4.4. Galvánelem, belső ellenállás, elektromotoros erő 111

5. Optikai képalkotás 116

5.1. Gömbtükrök, a homorú tükör képalkotása 116
5.2. Optikai lencsék képalkotása 122

6. Mágneses kölcsönhatás 127

6.1. Kölcsönhatások, mágneses kölcsönhatás 127
6.2. A mágneses mező bevezetése 131

7. Kutatásalapú tanulás fakultációs foglalkozáson 137

7.1. A Hubble-törvény felfedezése 138
7.2. Kozmikus méterrúd 141
7.3. Az atomerőművek működése és típusaik 145

8. A megfigyelések összegzése, zárógondolatok 153

Bevezetés

A kiadvány abból a célból készült, hogy komplett óraleírások segítségével megpróbáljam bemutatni, hogyan lehet a fizikatanítás alapvető céljait, az ismeretek elsajátítását és a tanulók gondolkodásának fejlesztését megvalósítani a fizikaórákon. Nem kiragadott részleteket mutatok be, melyek beemelhetők a tanórába, nem is több tanórát felölelő témakörök tanítási vázlatát írom le, hanem a mindennapok gyakorlatához kapcsolódó komplett tanórák leírását és néhány kiemelt szempont szerinti elemzését adom közre változatos témakörökben.

Kiemelten fontosnak tartom az általános iskolai oktatásra való odafigyelést, mert az alapozza meg a tanulók későbbi érdeklődését, sikerességét, illetve a szakkörökbe, tehetséggondozó foglalkozásokba való későbbi bekapcsolódását. Több példa ezért általános iskolai szintű.

A tanári munka jelentős része a tanórák megtartásából és az azokra való felkészülésből áll. Szinte minden tanóra egy kisebb „*műalkotás*”, *igazi alkotómunka*. Az előkészítés során számos kérdés merül fel: Melyik gondolattal mennyit és milyen mélységben foglalkozzanak a diákok? Mi legyen a feldolgozás sorrendje? Milyen tanulásszervezési módot alkalmazzunk? Iktassunk-e be párhuzamos történéseket, például differenciált csoportmunkát? Hogyan induljon az óra, és miként záruljon? Honnan hová jussunk el, mi az üzenet? Hogyan áll össze a részekből az egész?

Ezért nagyon fontos a tanórában mint „*egységben*” gondolkozni, és a tervezéshez minél több segítséget, ötletet adni. Mintegy „*kiállítani*” az alkotásokat, reflexiókkal, értelmezésekkel együtt, ahogy azt egy képzőművészeti kiállításon szokás.

A leírások alapjait minden esetben konkrét, általam különböző célból (bemutatóórák, vizsgaórák) látogatott tanórák adják, természetesen a tanár nevének és iskolájának említése nélkül. Csak annyit említek meg, hogy melyik évfolyam tanórájáról van szó, esetleg utalok a tankönyvhasználatra, ahol ez érdekes lehet. A tanórák egyes részeihez megjegyzéseket is fűzök, melyeket háttérrel kiemelve külön jelzek. A megjegyzések alternatív feldolgozási lehetőségekre utalnak, vagy kiemelik az adott szakmódszertani megoldást valamilyen szempontból.

Korábban is voltak hasonló törekvések. Halász Tibor munkacsoportja a 30 évvel ezelőtt megjelent általános iskolai 6-7-8. évfolyamok tankönyveihez készült

tanári segédkönyvekben részletes útmutatásokat adott óráról órára (Halász és mtsai, 1980, 1985, 1986). Ezek rendkívül hasznosak voltak a tanítási órákra való felkészüléshez. Jelen leírások ellenben nem fiktív, hanem ténylegesen megtörtént tanórákat írnak le.

A 2003-as és a 2005-ös Általános Iskolai Fizikatanári Ankétokra tanórarészleteket bemutató videofelvételeket készítettünk részletes óraleírásokkal együtt (Radnóti és mtsai, 2003 és 2005). Azonban ezeket csak korlátozott számban tudtuk a kollégák rendelkezésére bocsátani. És persze ez több, mint 10 évvel ezelőtt történt. A tantervi és a szemléletbeli változások következtében napjainkban is szükséges lenne videófelvételeket készíteni tanórákról. A technikai megvalósításhoz eddig nem volt anyagi lehetőségünk, de bízunk benne, hogy a kémiához hasonlóan (Szalay és mtsai, 2015) hamarosan erre is lehetőségünk lesz. Így ez a *reflexiókkal ellátott óraleírás-gyűjtemény* hiánypótló szerepet tölt be. Bízom benne, hogy haszonnal fogják forgatni mind az egyre népesebb számú fizikatanár-jelöltek, mind pedig a már pályán lévő tanárkollégák.

Meg kell még említeni a pedagógusok minősítéséhez készítendő portfólióhoz összeállított segédanyagokat. Azonban ezek is csupán minták, óratervek és nem megvalósult tényleges tanórákról szólnak. Természetesen ez nagyon fontos segítség a tanárok számára. Ehhez szeretnék saját eszközeimmel hozzájárulni.

Az óraleírások előtt az alábbiakban röviden áttekintem a fizikatanítás jellegzetességeit, feladatait, és azok tanórai vetületeit, az óramegfigyelések speciális szempontjait.

Az óraleírások szerkezete

A leírások közlése a tanárok nevének és iskolájuk említése nélkül történik[1]. Csak annyit jelzek, hogy hányadik évfolyam tanórájáról van szó, illetve esetleg a tankönyvhasználatra utalok, ahol ez érdekes lehet. Az egyes tanórarészekhez fűzött megjegyzések például alternatív feldolgozási lehetőségekre utalnak, vagy éppen kiemelik az adott didaktikai, szakmódszertani megoldást valamilyen szempontból. Mivel a leírt órák általában bemutatóórák voltak, így azok bizonyos értelemben nem valóságosak, annyiban, hogy a szóbeli feleltetés nem jelenik meg. Általában minden óra a korábban tanultak ismétlésével kezdődik. A tanári kérdések ezekre irányulnak. Valós helyzetben ez sok esetben 1-2 tanuló szóbeli feleltetéseként valósul meg.

[1] A látogatott tanárok/tanárjelöltek: Bakosné Sági Gabriella, Bogár Eszter, Boros Zsófia, Csatári Tamara, Hegedűs Nikolett, Hofer Eszter, Horváthné Szűcs Mónika, Horváth Zsuzsanna, Kiskéri Beáta, Kovács Roland, Lasetzky Márton, Nagy Dóra, Piliszky András, Simon Júlia, Vékonyné Kveck Andrea, Vitkóczi Fanni, Wagner Éva

Kiemelem a tananyag feldolgozása szempontjából fontos tanári kérdéseket is. Ezek általában olyanok, melyekkel a tanár a tanulók gondolkodását tudja fejleszteni, például valamilyen mérési módszert kell megalkotni, több, egymástól elszigetelt ismeretelemet összefüggésbe hozni, a tanultakat rendszerezni stb., nem egyszerűen csak a korábbi ismeretekre kérdeznek rá. Az óralátogatások során fő megfigyelési szempontjaim (1) a *természettudományos szemlélet érvényesítése* (2) az *ismeretszerzés menetének támogatása* (3) a *tanulók gondolkodásának fejlesztése,* melyeket az első fejezetben részletezek. Így a tanórák leírása során is elsősorban ezeket a momentumokat emelem ki általában a tanári kérdések mentén.

Nem alkalmaztam a táblázatos módszert, mivel azt gondolom, hogy az inkább a tervezés szakaszában jellemző és indokolt, nem pedig a tényleges történések bemutatására. Azonban mégis igyekeztem kialakítani a leíráshoz egy sablont, mely a következőkből áll:

- Az óra *címe*
- Az óra *célkitűzése:* hányadik évfolyamon és milyen témakörhöz tartozik, milyen fogalmak bevezetése, gyakorlása történt meg az adott tanórán.
- Az óra *előzményei*: milyen előzetes tudásra lehet számítani akár a korábbi tananyagból, akár a diákok bármilyen korábbi tapasztalatából.
- Az óra *felépítése*: a tanóra fő tematikus egységeinek, részeinek címszerű felsorolása.
- Az alkalmazott *óravezetés*: az alkalmazott tanulásszervezési eljárások itt jelennek meg.
- Az óra *leírása:* a tanóra menetének leírása, illetve annak írásos rekonstrukciója, összefoglalója, a látogató megjegyzéseivel együtt.

A kiadvány az MTA Tantárgy-pedagógiai Kutatási programjában az MTA-SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport munkájához kapcsolódik. Az első része egy négy éven át tartó fejlesztő- és kutatómunkának a fizika szakmódszertan területén. Ahhoz, hogy ez a tanárok és tanárjelöltek számára készült könyv létrejöjjön, nagyon sok ember munkájára volt szükség. Szeretném köszönetemet kifejezni az órát tartó tanároknak, továbbá a lektoroknak és a szerkesztőknek a kötet elkészítésében nyújtott munkájukért, hasznos tanácsaikért, valamint az MTA-SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoportnak, hogy lehetővé tette a kiadvány megjelenését.

Radnóti Katalin

1. Az óraelemezések szempontjai és elméleti hátterük

Az óraelemzéseknek három fő szempontja volt: (1) miként valósult meg a látogatott tanórán a diákok természettudományos szemléletének formálása, (2) a konstruktivista tanulásfelfogás alapelveinek megvalósítása és (3) a gondolkodásfejlesztés. Az alábbiakban ezeket az alapelveket tekintem át.

1.1. Természettudományos szemlélet

Nagyon sok tantervben és egyéb dokumentumban, melyek a természettudományok, a fizika oktatásához készültek, olvasható az, hogy fontos a diákok természettudományos szemléletének kialakítása és/vagy fejlesztése. De mit is jelent az, hogy *természettudományos szemlélet*? A kérdésre nem lehet egyetlen mondatban, mintegy definíciót adni. Például a következőket lehet elmondani: Azt az attitűdöt kell a gyerekekben kialakítani, hogy *a természet megismerhető, vannak természeti törvények,* a Világ nem random, összevissza működik. A világot *önmagából és önmagával* magyarázzuk.

Világunk *megismerésének vannak módszerei*, szabályai, algoritmusai. Egyre több jelenséget tudunk megmagyarázni úgy, hogy alapvetőbb jelenségekre vezetjük azokat vissza. Ennek elengedhetetlen feltétele, hogy különböző *fogalmakat konstruáljunk* meg, melyekkel jellemezni tudjuk az adott dolgot, jelenséget. Ezek minél nagyobb részéhez számértékeket is rendelünk az összehasonlíthatóság miatt.

A természetben előforduló jelenségek törvényekkel leírhatók, melyhez a *matematika jelrendszerét* alkalmazzuk, amikor csak lehet. A természettudomány feladata elsősorban a világ *működésének* leírása, a „Hogyan működik? kérdésre való válaszok keresése egyre alapvetőbb és átfogóbb törvények segítségével, azokból kiindulva, sokszor *hosszú logikai láncok* felhasználásával. Ez jelenti azt, hogy a „Miért, mi az oka? kérdésekre is választ keres. De el kell mondjuk azt is, hogy alapvető kérdésekre (pl. Miért négy alapvető kölcsönhatás létezik, és azok miért olyanok? Miért éppen akkora az elektron töltése, tömege stb.?, Mi az élet értelme?) nem tud választ adni.

Fontos az empíria és az elmélet összhangja a megismerési folyamatban: a dolgok lehetséges működéséről, a megfigyelt jelenségek létrejöttének okáról *hipotéziseket* alkotunk, és ezek beválását megfigyelésekkel és kísérletekkel képesek vagyunk *alátámasztani*.

A természet leírásához, megismeréséhez *egyszerűsítő feltételek* bevezetése, analógiák és modellek alkalmazása, a lényeges és lényegtelen momentumok elkülönítése, minél több tényező fokozatos figyelembevétele, a sokaság leírásához statisztikai, valószínűségi módszer alkalmazása szükséges.

Mai *technikai világunk* alapja a természettudomány. A technika egyben *segítője* a további természettudományi kutatásnak és az oktatásnak egyaránt. A számítógépek megjelenése és fejlődése fontos momentum, mely a megismerésnek is egyik alapvető eszközévé vált egyrészt a számítások gyorsabb elvégzésével, a *hatalmas adatbázisok kezelési* lehetőségeivel, a *szimulációknak* a modellalkotásban és annak tesztelésében nyújtott lehetőségeivel. Ezzel egyben *kitágult a vizsgálható jelenségek köre*. Továbbá az internet megteremtette a *gyors tudásmegosztás* lehetőségét is. A természettudományos szemlélet elveti a „parajelenségeket" amelyek nem reprodukálhatóak, nem lehet a fenti vizsgálatoknak alávetni azokat.

A természettudományos szemlélet alakításának fontossága miatt az óralátogatások során az egyik fő megfigyelési szempontom az *ismeretszerzés menetének bemutatása* az alábbi kérdések mentén:

- Hogyan vezette be a tanár a tananyaghoz kapcsolódó fogalmi rendszert, miként történt a fogalmak kialakítása az órán?
- Miként sikerült a fizika tantárgy sajátos logikáját bemutatni a tananyag feldolgozása során?
- A tanulók honnan indultak és hová jutottak el a tanulási folyamatban az adott tanórán?
- Milyen volt a *tudományos megismerési módszerek* alkalmazásának módja és eredményessége a diákok életkori sajátosságainak figyelembevételével?
- Miként jelentek meg a tanórán a természettudományos megismerési, gondolkodási folyamat lépései: problémafelvetés, kérdés megfogalmazása, hipotézisek generálása és ellenőrzése, kísérletek tervezése és kimenetelük ellenőrzése, következtetések levonása és azok megfogalmazása? Különös tekintettel a *tanulói hipotézisekre* és azok felhasználására a tanítási folyamatban.

Ez azért is fontos szempont, mivel a fizika tanítása során sok esetben keverednek a megismeréssel kapcsolatos fogalmak. Például, hogy mi a *definíció*, mi a *törvény*, mi a felfedezés alapjául szolgáló *tények rendszere*, melyek fogalmazhatóak meg matematikai formában is; mi a tapasztalat és mi a következtetés.

A minket körülvevő valóság leírásához különböző mennyiségeket definiálunk, majd azokat megpróbáljuk kapcsolatba hozni egymással. Ha sikerül, akkor további mennyiségeket definiálhatunk. Például az út és az idő fogalmakból a sebességet és a gyorsulást.

1.2. A konstruktivista ismeretelmélet és szerepe napjaink fizikatanításában

Az órák elemzésének elméleti hátterét a konstruktivista didaktika adja. Ezen elméleti rendszer szerint a tudás a megismerő rendszer és a környezet kölcsönhatása folytán alakul, formálódik, az ismeret nem csupán lenyomata a környezetnek.

A konstruktivista tanuláselmélet filozófiai alapjait elsősorban a *Thomas S. Kuhn* nevével fémjelzett megközelítésmódban lehet megtalálni (Kuhn, 1984). *Kuhn* nézeteinek alapját a tudományos fejlődés általa megkülönböztetett két típusa alkotja, a *normál és a forradalmi periódus*. E tudományos folyamatoknak megfelelő, a gyermeki megismerésben jelentkező radikális gondolkodásmód átalakulásra a didaktikában a *fogalmi váltás* kifejezést használják (Radnóti és Nahalka, 2002; Korom, 2005).

A konstruktivizmus azt vallja, a diák fejében nem információfelvétellel formálódik a tudás, az nem közvetítődik a gyerekek fejébe, hanem a tanuló maga konstruálja meg, és ebben a folyamatban meghatározó szerepe van az *előzetes tudásnak* (Nahalka, 2002).

Valójában a diákoknak minden témával kapcsolatban van valamilyen, „jó" vagy „rossz" előzetes elképzelésük, amely meghatározza a tanulás folyamatát, és nem egy esetben nehezíti azt. Ezért fontos, hogy a pedagógus fokozottan figyeljen ezekre, hiszen ellenkező esetben félő, hogy a diákban nem alakul ki az új tudás, s csak megtanult versike (pl. Archimédesz törvény) lesz az adott törvény (Nahalka, 2002).

Fontos az előzetes ismeretek tudatosítása a diákokban, mintegy metakognitív tudásrendszerként. Így később azt is fel lehet mérni, hogy az előzetes tudáshoz, elképzelésekhez képest milyen mértékben változott egy-egy tanuló tudása, szemlélete, gondolkodásmódja az adott kérdésről a téma feldolgozása során. Ezzel a mintegy saját mentális élménnyel elősegíthetjük a helyesnek tartott magyarázatok rögzítését a tanulók gondolkodásában (Driver, 1983).

A gyermekeknek a természeti jelenségek magyarázatára használt fogalomrendszere leírható *néhány fogalomhalmaz fokozatos differenciálódásaként*. Van például egy inkább a *statikus* viszonyok jellemzésére használt fogalomhalmaz, amely a mennyiséggel áll kapcsolatban. Ilyen a sok, a nehéz, a nagy, a sűrű, a kemény és ezek ellentétei. A másik nagy fogalomhalmazt nevezhetjük *dinamikus-*

nak. Ide tartozik a mozgás, az erő, a gyorsaság (ez nagyon nehezen differenciálódik sebességre és gyorsulásra), a nyomás, a hő, a hőmérséklet, energia. E fogalomhalmazzal kapcsolatos a gyermektudomány elemeinek az a jellegzetessége, hogy a diákok erősen keverik az úgynevezett *extenzív és intenzív* fizikai mennyiségeket, vagyis a folyamatok során összeadódó, illetve kiegyenlítődő mennyiségeket. Pontosabban a kiegyenlítődő mennyiségeket is összeadódóként kezelik. Ennek legjobb példája a hő és a hőmérséklet fogalmak keverése. Ez a két fogalom a tudomány története során is viszonylag későn vált ketté (Chi, Slotta és deLeeuw, 1994).

A *gyermektudomány* azoknak a rendszerré szerveződő tudáselemeknek az összessége, amelyeket a gyerekek a világról alkottak meg magukban. Azért kapta a „tudomány" megnevezést, mert valóban a tudományos ismeretrendszerekéhez hasonló funkciókkal bír: előrejelzi az eseményeket, folyamatokat, magyarázza mindazt, ami a gyermek tapasztalati világában megjelenik, s végső soron irányítja a cselekvést. A gyermektudomány is ugyanúgy tételekből, elméletekből áll, mint a „nagy tudomány", csak formalizáltságuk nem éri el a tudományos ismeret formalizáltságát (Nahalka, 2002).

A gyermektudomány meglehetősen alaposan vizsgált jelenségvilág, kutatását már maga Piaget (1993) elkezdte. Könyvtárnyi irodalma van annak, hogyan gondolkodnak a gyerekek a mozgásokról, az elektromosságról, a hőről, a fényről, az anyagszerkezetről, a gázokról stb. (ld. pl. Korom, 1997, 2005).

A gyerekek nagyon sok esetben szinte pontosan követik azokat a *tudomány történetében* is létezett elképzeléseket, amelyeket ma már legfeljebb érdekeseknek, túlhaladott elméleteknek tekintünk. Ezért fontos tudás a tanár számára a tudomány története, a fogalmi rendszer formálódása az éppen feldolgozni kívánt témakör esetében.

A tanítás során ki kell alakítani azokat a feltételeket, amelynek során a tanár képet kaphat a diákok fejében lévő elképzelésekről. Például lehet b*eszéltetni* a gyerekeket meglévő elképzeléseikről, *ütköztetni* az egymásnak ellentmondó elképzeléseket, például vitákat rendezni. Ki kell alakítanunk a tanulókban egy *attitűdöt*, amely lehetővé teszi, hogy ugyanarról a jelenségvilágról képesek legyenek többféleképpen is gondolkodni, fogadják el, hogy az elméleteink modellek, és több modell is létezhet. Sok-sok megfigyelés, kísérlet, mérés szükséges ahhoz, hogy a tanulók egyre közelebb jussanak annak belátásához, hogy az újonnan elsajátított értelmezés tényleg hasznos lehet (Nahalka, 2002; Korom, 2005).

A konstruktivista tanulásfelfogás legfontosabb jellemzői:

- A tudást a tanuló aktívan *létrehozza*, s nem csak passzívan elfogadja.
- A tanulók az új tudományos ismeretet *a már általuk birtokolt tudásra reflektálva*, s abba integrálva hozzák létre.

- Az egyének tanulási folyamataiban a világról egyéni interpretációk születnek meg, amelyek „jóságát” *adaptivitásuk* dönti el.
- A tanulás egyéni konstrukciós folyamat, amely azonban nagyon gyakran *társas folyamatok* során zajlik, melyekben a gondolatok megmagyarázása és megvitatása döntő jelentőségű.
- A tanulók magukkal hozzák *a világról alkotott saját elképzeléseiket* az osztályterembe, s meg kell kapniuk minden lehetőséget arra, hogy azokat kifejezhessék.

A *konstruktivista tanulásfelfogás alapján* fontos megfigyelési szempontok a tanórán a következők:

- A tanár miként veszi figyelembe a gyerekek előzetes tudását a tanítási folyamatban?
- Megjelent-e a tanórán, és ha igen, akkor milyen jellegzetes tévképzet?
- Kapcsolatba hozható-e a tévképzet a fizikai fogalmak kialakulásának történetével? Például:
  - a mozgásokkal kapcsolatos arisztotelészi szemlélet,
  - nehezebb test azonos magasságból leejtve hamarabb ér földet,
  - folytonos anyagkép,
  - áramerősség és feszültség fogalmak keverése, illetve annak differenciálatlan volta,
  - hő és hőmérséklet fogalmak keverése, illetve annak differenciálatlan volta,
  - erő, energia, impulzus, teljesítmény fogalmak keverése, illetve annak differenciálatlan volta, stb.
- Sikerült-e azt még a tanórán kiküszöbölni, vagy legalábbis elkezdeni a folyamatot?
- Hogyan derült fény a tévképzetre a tanórán? Kísérletezés során, a tanulói hipotézisek kérése alapján?
- Sikerült-e a tanulói hipotéziseket visszacsatolni az oktatási folyamatba, elősegítve ezzel a diákok megfelelő tudáskonstrukcióját?

A hipotézisek generálása és ellenőrzése, kísérletek tervezése és kimenetelük ellenőrzése a legtipikusabb természettudományos gondolkodási folyamatok közé tartoznak.

1.3. A fizika tantárgy tanulása során alkalmazható gondolkodásfejlesztési lehetőségek

Az óramegfigyelések harmadik fő szempontja a *tanulók gondolkodásának fejlesztése.* A fizika tanulása a gondolkodás számos formájának, műveletének fejlesztésében játszik szerepet, illetve a fizika tanítását is fel lehet használni a diákok

gondolkodásának fejlesztéséhez (Adey és Csapó, 2012; Csapó, Korom és Molnár 2015; Nagy L-né, Korom, Pásztor Veres és B. Németh, 2015). A fizika tanulása a gondolkodás számos formájának, műveletének fejlesztésében játszik szerepet, melyeket az alábbiakban tekintek át röviden.

Az *analógiás gondolkodásnak* fontos szerepe van a fizika tanulása során. Az egyes leckék szövegében, az új ismeretek bevezetésekor, azok magyarázataként sok esetben jelenik meg. A fizika jellegzetes munkamódszere a *modellalkotás*, mely az analógiás gondolkodás egyik fajtája. Ide tartozik egy-egy jelenség vizsgálata, magyarázata során a lényeges momentumok kiválasztása, a lényegtelennek ítéltek elhanyagolása, illetve a pontosabb leírásoknál való fokozatos figyelembevétele. Például a mozgások vizsgálatakor számtalan esetben hanyagoljuk el első közelítésben a súrlódást, közegellenállást.

A fizika történetében Galilei volt az, aki első ízben beszélt a *mellékes hatások elhanyagolásának* szükségességéről, elképzelte, hogy milyen lehet az úgynevezett „ideális" eset. Ő volt az, aki ezzel bevezette a modellalkotást a természettudományos jelenségek leírásához, mely kiemeli a lényeges elemeket és a többit elhanyagolja; egyszerűsít, és ezzel a jelenséget hozzáférhetővé teszi a matematikai tárgyalás számára (Galilei, 1638/1986). „Minthogy a súly, sebesség és az alak végtelen sokféleképp változhat, ezeket a jelenségeket nem tudjuk szigorú törvényekbe foglalni, ha tehát mégis tudóshoz méltóan akarjuk tárgyalni anyagunkat, el kell vonatkoztatni tőlük, majd miután felismertük és bebizonyítottuk az összes zavaró körülménytől elvonatkozatott tulajdonságokat, a mindennapi tapasztalat megtanít, hogy törvényeink milyen korlátozások mellett érvényesek a gyakorlatban." (Galilei, 1638/1986. 284. o.)

A kvantitatív jelleg, a matematikai eszközök erőteljes felhasználása a fizika jellegzetessége, mely nem maradhat ki annak oktatásából sem. A fizika tantárgy tanulása során fejlődhet a diákok *arányossági gondolkodása* a sokféle számítást igénylő feladatok megoldása során. Az arányosság fogalmát némileg kiterjesztetten értelmezzük, hiszen a fizikában nemcsak egyenes, vagy fordított arányosság szerepel, hanem egyéb jellegű kapcsolatok is. A 9. évfolyamon a *négyzetes és a gyökös* kapcsolat, illetve a 11-en néhány esetben az exponenciális kapcsolat is előkerül. Ehhez kapcsolódnak a különböző függvény jellegű kapcsolatok. A fizikai törvények jelentős része ténylegesen függvénykapcsolat. Fontos a függvények ábrázolása, például a mérési eredmények megjelenítése, azok elemzése, illetve az éppen szükséges adatok kikeresése további elemzésekhez.

A fizika kvantitatív volta *példaként szolgált* a tudomány története során a többi természettudomány kialakulásához, fejlődéséhez. Napjainkban pedig a különböző társadalomtudományok is alkalmazzák a fizika története során kialakult kvantitatív leírást, mint például a szociológia, de a gazdasággal foglalkozó tudományok

is. Vagyis *a fizika tanulása során a diákok egy széleskörűen alkalmazható gondolkodásmódot, a körülöttünk lévő világ leírására, megismerésére alkalmazható szemléletmódot sajátítanak el* (Radnóti és Adorjánné Farkas, 2010, 2012, 2013).

A fizikában sok az *összehasonlítást* kérő feladat. Ezek lehetnek egyben számításos feladatok is. De összehasonlítás az is, amikor megkérjük a diákokat, hogy egy feladat megoldása során kapott eredményeket vessék össze a tapasztalatokkal. Ellenőrizzék, hogy reális-e a kapott eredmény, ténylegesen megengedhetők-e a feladat megoldása során, a jelenség magyarázatához feltételezett elhanyagolások. Fontos szerepe van a *becslésnek* is, a várható mérési eredmények és a számításos feladatok esetében.

Sok esetben kérik a tanárok egy-egy jelenség *oksági magyarázatát* a diákoktól. Továbbá jellegzetessége a fizika tantárgynak az, hogy nagyon sok esetben lép túl a fizika határain, mind a feladatok, mind pedig az egyes leckék ismeretanyaga tekintetében. A fizikai ismereteknek széles körű alkalmazási lehetőségei vannak más tudományterületeken is. A fizika alaptudomány jellegét is be kell mutatni a diákok számára. De nemcsak a természettudományos területekre gondolhatunk ebben a tekintetben, hanem például történelmi vonatkozású utalásokra is. Sok esetben kérik a fizikatankönyvek és a tanárok a diákoktól, hogy nézzenek utána az *interneten* különböző érdekességeknek.

A tantárgy számos lehetőséget biztosít a *kritikai gondolkodás* fejlesztésére is. Ilyenek például az energia felhasználásával, előállításával kapcsolatos témák.

Fontos a *konzerváció*, mely gyakorlatilag az energia és a lendület megmaradásával, illetve a töltésmegmaradással kapcsolatos számítási feladatokban, vagy a jelenségek magyarázataiban jelenik meg. Az általános és középiskolai tananyagban előforduló jelenségeknél a tömeget – kevés kivételtől eltekintve – megmaradó mennyiségnek tekintjük.

Az egyik legjellegzetesebb fizikatanári feladat a *kísérletezés*, a kísérleti eszközök használata, a szertár gondozása és fejlesztése, az előadóterem berendezése. A kísérletezés során célszerű az ismeretszerzés teljes menetét követni még akkor is, ha nem ténylegesen az osztályteremben történik a kísérlet, hanem például videón nézik meg. Ezeket a lehetőségeket is ajánlatos alkalmazni, hiszen nem lehet mindent az osztályteremben bemutatni, és nagyon sok jó felvétel érhető már el az interneten.

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 a tanítási gyakorlatban való elterjesztését (Csapó, Csíkos és 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 lássák az ismeretszerzés teljes menetét, legyenek annak aktív részesei.

A kutatásalapú tanulás esetében a tananyag feldolgozásának menete (Nagy L-né, 2010; Nagy L-né, Korom, Pásztor Veres és B. Németh, 2015; Makádi, Radnóti, Róka és Victor, 2015):

- 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 is a fizika tantárgy tanulása során, mely az empirikus vizsgálatokhoz, a kísérletezéshez köthető. De ez nem csak egyszerűen a kísérletek elvégzését jelenti recept alapján, hanem a teljes megismerési folyamatot. Ez nem csak azon diákok számára fontos, akik majd természettudományos területen szeretnének továbbtanulni, hanem mindenkinek. Egyrészt egy fegyelmezett gondolkodásmódot 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 azzal kapcsolatban, és nem fognak bedőlni a különböző áltudományos babonáknak.

Jelen írás egyik fontos célkitűzése annak bemutatása, hogy ezt a módszert miképp lehet bevinni *a napi tanórai gyakorlatba, a tananyag feldolgozása során*. A kutatási készségek közül a hipotézisek megfogalmazásának fontosságát külön is kiemelem.

Mi lehet a hipotézisalkotás szerepe az oktatási folyamatban?

Mielőtt rátérek a hipotéziseknek az oktatási folyamatban betöltött lehetséges szerepére, érdemes pár gondolatot megemlíteni a mai pszichológiai megismerési modellek közül az egyikről, melynek neve: evolúciós pszichológia. Ennek alapja a szelekciós tanulásfelfogás, mely szerint az emberi elmében hipotézisek vannak, és a próbálkozások eredményeiből tanulunk. Amelyik hipotézis beválik, annak kapcsolatrendszere az agyban megerősödik. A konstrukciós folyamatok során a hipotézisek már meglévő rendszere alapján építjük fel tudásunkat (Pléh, 2015).

Napjainkban a diákok nagyon sok helyről szereznek ismereteket. Nem az iskola a tudásuk kizárólagos forrása. Ellenben fontos szerepe van az iskolának abban, hogy a legkülönbözőbb helyekről származó ismereteket rendszerbe helyezze

a gyermeki gondolkodásban. Ezt viszont csak úgy lehet megtenni, ha ezekről információja van a tanárnak. Ennek egyik lehetősége az, ha hipotéziseket kérünk a gyerekektől egy-egy jelenség vizsgálata során (Glasersfeld, 1995; Nahalka, 2002; Korom, 2005).

Ennek a módszernek az alkalmazása valójában időspórolás, hiszen nem kell az egyszer már feldolgozott, vagy annak hitt tananyaggal ismételten sokat foglalkozni, mondván, hogy a diákok több dolgot félreértettek, másként értelmeztek, mint ahogy azt a tanár gondolta.

A *diákok számára* egy ilyen fajta feldolgozás komoly *motivációval* is bír. Hiszen a diák úgy érzi, fontos az ő véleménye, gondolatai az adott témakörrel kapcsolatban. Egy kísérlet várható eredményének megbeszélése ráirányítja a diákok figyelmét az éppen tanulmányozandó jelenségre, teljesen ráhangolódnak a tanulmányozandó témára. Továbbá a hipotézisek megalkotása nagyon *fontos gondolkodásfejlesztési lehetőség*, hiszen előre el kell képzelni a jelenséget, és elgondolni, hogy az miként is mehet végbe (Adey és Csapó, 2012). Ez komoly absztrakciót igényel.

A tanulói hipotézisek *értékelésének* fő szempontjaként az tekinthető, hogy azok *empirikusan vizsgálhatók-e*, nem pedig azt, hogy ténylegesen az történjen a kísérlet során, amit a tanulók várnak. Az várható el a tanulóktól, hogy a hipotézis egy *gondolatsor logikus következménye* legyen.

A tanulói hipotézisalkotás minősége *többszintű* lehet, melyet a tanári értékelés során figyelembe lehet venni, ami meghatározza a további fejlesztés irányát.

A hipotézisek megfogalmazásának szintjei (Radnóti és Adorjánné Farkas, 2015; Csapó, Csíkos és Korom, 2016; Radnóti, 2016):

- A legegyszerűbb esetben mintegy „megjósoljuk”, hogy egy adott kísérleti elrendezés során milyen jelenség fog bekövetkezni. *Kvalitatív* előrejelzést adunk. Általános iskolai szinten körülbelül ennyi várható el a diákoktól.
- *Némileg kvantitatív* előrejelzést adunk, matematikai formában fogalmazzuk meg a hipotézist, például a változók között egyenes, vagy fordított arányosság lehet, vagy más jellegű összefüggés. Általános iskolai tanulóktól már néhány esetben elvárható ez a szint is, például hogyan függhet a vezető drót ellenállása annak hosszától és keresztmetszetétől.
- Megpróbálunk ténylegesen *mérhető, számszerű* előrejelzést adni a feltételezett függvénykapcsolat alapján.

Nagyon fontos a felállított hipotéziseket minden esetben összevetni a tényleges tapasztalattal. Nem tekinthető hipotézisalkotásnak az egyszerű *tippelés*. Ténylegesen nem minden esetben lehet a tanulóktól elvárni azt, hogy addigi ismereteik alapján hipotézist alkossanak. De ennek is fontos szerepe van, mivel ráirányítja a

tanulók figyelmét a konkrét jelenségre, hogy mire is legyenek figyelemmel a kísérlet elvégzése során.

Néhány tanórai példa a tanulói hipotézisalkotásra

Fizikaórán a tanulók sínen mozgó kiskocsik mozgását tanulmányozták.

- Az *első* esetben két azonos tömegű kiskocsit (és a közöttük levő rugót) szorította a tanár egymáshoz. A kocsikat középre helyezve és elengedve azok egyszerre koppantak a sín két végén lévő ütközőkhöz.
- A *második* esetben a kocsik tömegaránya 1:2-höz volt.
- Hová kell helyezni a sínen a rugóval egymáshoz szorított kocsikat, hogy azokat elengedve egyszerre koppanjanak a sín két végén lévő ütközőkhöz? – hangzott el a tanári kérdés.

A gyerekek élénk vitába kezdtek. Egyikük most is azt javasolta, hogy *középre*.

A tanár középre helyezte a kocsikat, és elvégezte így a kísérletet. Természetesen nem egyszerre koppantak a kiskocsik. Majd rájöttek a gyerekek, hogy 2:1 arányban kell osztani a távolságot a sínen.

Ebben a példában a tanári munka fontos eleme volt, hogy a nem jó, illetve a majdani tapasztalat által nem alátámasztott hipotézist megfogalmazó diák kedvéért a tanár elvégezte a diák által javasolt módon is a kísérletet, középre helyezve a kiskocsikat. Így a diák láthatta, hogy, *hipotézise nem igazolódott*. És ez nem időpocsékolás! Az a hipotézis, amelyik nem válik be, mindig fontos eleme volt az ismeretszerzésnek a tudósok esetében is. És ez a diákoknál sincs másképp.

A víz forráspontjának tanulmányozása

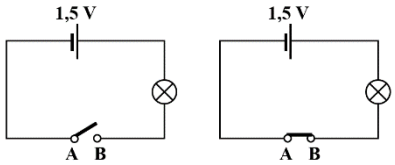
A diákok vizet melegítettek, miközben mérték a víz hőmérsékletét. A 100 °C fokhoz érkezve többen is igyekeztek egyre magasabb hőmérsékleteket leolvasni, mivel azt várták, hogy a hőmérséklet továbbra is emelkedni fog. Amikor ez nem ment, a diákok a tanárhoz fordultak azzal, hogy elromlott a hőmérő. A tanár ténylegesen *többször ki is cserélte* a hőmérőt. Míg végül rájöttek a diákok, hogy amikor forr a víz, nem emelkedik a hőmérséklet, hanem 100 °C-on marad.

A tanári munka fontos eleme ebben az esetben is a diákok tanulási folyamataival szembeni türelem volt. A tanár hagyta, hogy a diákok jöjjenek rá saját tévedésükre.

A következő példa az *áramerősség* és a *feszültség* fogalmak differenciálása tanulókísérlet keretében. A diákok ténylegesen megépítették az alábbi ábrán látható egyszerű áramkört:

Feladat

Mekkora feszültség mérhető az *AB* pontok között ideálisnak tekinthető feszültségmérővel az ábrán látható két esetben?



A diákoknak mérni kellett a *feszültséget* az AB pontok között mind a két esetben, tehát a kapcsoló nyitott és zárt állása esetében is. A zárt állás esetében 0 V-ot mutat a műszer, ami több diák számára érthetetlen volt, mivel a lámpa világított. Többen a tanárhoz fordultak azzal a problémával, hogy elromlott a műszer, az előbbi példához hasonlóan. A tanár ténylegesen *többször ki is cserélte* a műszert. Míg végül rájöttek a diákok, hogy a feszültségmérő műszer jól működik. Csak éppen nem az áramerősséget méri, hanem a kapcsoló két végpontja közti feszültséget, és a zárt áramkör esetében azon alig van potenciálesés.

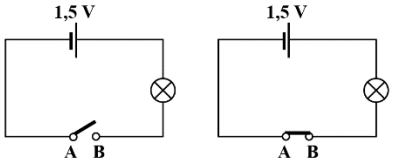
A potenciálesés a zárt áramkörben magán az izzón következik be, mivel az a legnagyobb ellenállás. Ellenben a kapcsoló ténylegesen csak egy rövid fémhuzal, melyen alig van potenciálesés, tehát gyakorlatilag nulla feszültség mérhető a két végpont között. Nyitott kapcsolóállás esetében a kapcsoló két végpontja között 1,5 V-os feszültség mérhető, mely gyakorlatilag a telep feszültsége. Ebben az esetben, mivel nem zárt az áramkör, nem világít a lámpa.

A diákok számára a problémát az áramerősség és a feszültség fogalmak differenciálatlan volta, azok gyakorlatilag azonosnak tekintése okozza. Vagyis a feszültség fogalma nem különül el az áramerősség fogalmától, ha van áram a körben, akkor nem szabadna sehol 0-nak lenni a feszültségnek. A feszültség a diákok számára ugyanúgy az „áram erősségére", energiájára, „hatékonyságára" jellemző mennyiség, mint az áramerősség, sőt, az Ohm-törvénnyel még meg is erősítjük bennük a két mennyiség azonosítására vonatkozó elképzelést. A feszültség tehát az áram tulajdonsága, s lényegében azonosul az áramerősséggel. A nyitott áramkör esetén nincs áram, tehát a feszültség is 0 V. Ha zárjuk az áramkört, az 1,5 V-os elem miatt 1,5 V lesz a kapcsoló kivezetésein a feszültség, hiszen ebben az esetben van áram.

A feladat több esetben szerepelt különböző tudásszintmérő feladatlapokban is. Ilyenkor többféle válaszlehetőséget is megadtunk a diákok számára.

Feladat

Mekkora feszültség mérhető az *AB* pontok között ideálisnak tekinthető feszültségmérővel a vázolt két esetben?



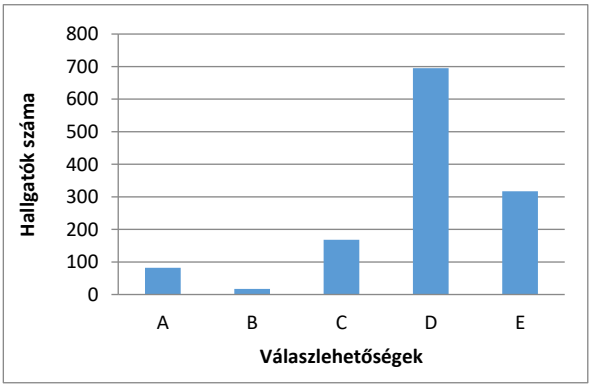
1) 2)

A) 1,5V és 1,5V
B) 0V és 0V
C) 1,5V és 0V
D) 0V és 1,5V
E) Nem dönthető el, mert nem tudjuk az izzó ellenállását.

2008 őszén 1324 fő, a felsőoktatás mérnöki és fizika BSc szakjaira beiratkozó diák írt meg egy, a hallgatók fizikatudás-szintjét vizsgáló dolgozatot, melynek egyik kérdése volt a fenti feladat. A megoldottság 17,9 %-os volt. Mivel ötféle válaszlehetőség volt megadva, ezért véletlenszerű választás esetében is 20%-os teljesítési átlagnak kellett volna adódnia. A kapott érték ez alatt van, tehát „tudatos" volt a helytelen válaszadás. A feladat még azon hallgatók körében is okozott nehézséget, akik emelt szinten érettségiztek. Sokan írtak le a feladathoz olyan téves megjegyzéseket, hogy ha nem zárt az áramkör, akkor nem is lehet feszültséget mérni. Ehhez hasonló gondolatmenet alapján jutottak arra a következtetésre is, hogy csak a D) válasz lehet a jó (Radnóti és Pipek, 2009; Radnóti, 2014).

2015 őszén egy újabb felmérésben szerepelt a feladat, melyben 1320 fő vett részt, az adott évben érettségizett diákok, de az előbbi felméréssel ellentétben nem csak mérnök, illetve fizika BSc-s hallgatók. A teljesítés mindössze 12,7%-os volt. Mivel mindkét esetben a véletlenszerű találat esélye 20%-os lett volna, és a kapott érték alacsonyabb, tehát *valódi tévképzetről van szó* (Korom, Radnóti, Nagy L-né, Orosz és Molnár, 2016)!

A 2015-ös felmérés esetében nem csak azt vizsgáltuk, hogy a válasz jó, vagy nem, hanem azt is, hogy hányan választották az egyes lehetőségeket. A kapott adatok megerősítették a fentebb írtakat, miszerint a diákok keverik az áramerősség és a feszültség fogalmakat.



Egyszerű áramkör tesztfeladat megoldottsága (AB pontok közt mérhető feszültség)

Mint az ábrán látható, a legtöbben a D) választ, vagyis éppen a fordítottját jelölték meg a helyes válaszként jónak tartott C) helyett. Ez a feszültség és az áramerősség fogalmak *differenciálatlan* voltát jelenti a frissen érettségizett hallgatók esetében. Az E) válaszlehetőséget megjelölők pedig minden bizonnyal egy számításos feladatnak tekintették és kevésnek találták a megadott adatokat. Az eredmények azt mutatják, hogy fontos a fizika tanulása során a ténylegesen megépített áramköri méréseket elvégezni és az eredményeket elemezni.

1.4. További elemzési szempontok

Feladatmegoldás a fizikában

Fontos megfigyelési szempont a fizikai jellegű *problémák, feladatok megoldásában* és azok tanórai feldolgozása során a segítő kérdések megfogalmazása. Például többféle megoldási út számbavételére az eredmények diszkussziójában, vagy annak mérlegelésére, hogy reális-e a kapott eredmény.

Az a jó feladat, ami minél inkább tényleges tapasztalatokhoz kapcsolódik. Ezek persze nem minden esetben lehetnek a diákok személyes tapasztalatai, de akkor is fontos, hogy a természetben, vagy a technikai környezetben megfigyelhető dolgokra, jelenségekre vonatkozzanak, életszerűek legyenek a feladatok/problémák.

Fontos, hogy a diákok lássák, a természetet kvantitatív módon írjuk le, melyre utaltam a természettudományos szemlélet fejlesztési lehetőségeinél is. Különböző mérhető, tehát számszerűen jellemezhető mennyiségeket vezetünk be, melyek között összefüggések vannak. Ezeket a matematika segítségével írjuk le, mely a fizika egyik jellegzetessége, ami egyben módot ad arra, hogy akár ténylegesen egy adott jellemző még nem megmért értékére is következtessünk, mely gyakorlatilag matematikai formában megfogalmazott hipotézisnek is tekinthető. Ez fontos gondolkodásfejlesztési lehetőség is egyben a fizika tanulása során.

Néhány megjegyzés a matematika szerepéhez a természet leírásában Wigner Jenő gondolatai alapján (Wigner, 1959/2005):

- „… a matematika roppant hasznos volta a természettudományokban a titokzatossággal határos, és kielégítő magyarázatot nem tudunk rá adni.” (153. o.)
- „… csoda, hogy a világ zavarba ejtő bonyolultsága ellenére bizonyos szabályszerűségek fedezhetők fel az eseményekben.” (157. o.)
- „… a „természettörvények” létezése egyáltalán nem természetes, még kevésbé az, hogy az ember képes azokat felfedezni.” (159. o.)

– „… a fizikus gyakran durva tapasztlatainak matematikai megfogalmazása kísértetiesen sok esetben a jelenségek kiterjedt osztályának bámulatos pontosságú leírásához vezet.” (165. o.)

A valóság leírásának folyamataiban a matematika eszközként szolgál. Minden esetben a valóság jelenségeiből indulunk ki, majd egy attól különböző formában, más minőségben, de a matematikai elemzést követően oda térünk vissza. Sok esetben a megszerzett új tudást további új tudás megszerzésére, gépek, eszközök berendezések tervezéséhez stb. lehetett hasznosítani. A fenti gondolatokat érdemes a diákok számára is közvetíteni, hogy a feladatokra ne mumusként gondoljanak, hanem érezzék a kvantitatív leírás nagyszerűségét. Ehhez persze ténylegesen az is szükséges, hogy a számítási feladatok szövege, kontextusa érdekes legyen, mind a gyakorlás, mind a számonkérés alkalmával.

Célszerű a témazáró dolgozatban többféle típusú feladatot is szerepeltetni, hasonlókat, melyek a fizika érettségi írásbelin is helyet kapnak, mint például zárt kérdések, kísérleti adatsorok értelmezése, illetve azokkal való számítások elvégzése, grafikus ábrázolások, esszék íratása, sőt, akár szövegfeldolgozás.

Újszerű pedagógiai módszerek alkalmazása

A konstruktivizmusról írtak szerint a diákoknak fontos biztosítani annak lehetőségét, hogy elképzeléseiket megbeszéljék, megvitassák a tanulás során. Elmondják hipotéziseiket, elképzeléseiket, a jelenségek magyarázatához alkotott gondolataikat stb. Ehhez sok esetben a csoportmunka megfelelőbb tanulásszervezési mód, mint a frontális; a gyakran alkalmazott kérdve kifejtés. Ez utóbbi esetben ugyanis nem szólal meg mindenki. A feladatok előkészítésekor és az összegzéskor a frontális módszer az ajánlott.

Érdemes a *technika új vívmányait*, mint például a számítógépet, okostelefont minél gyakrabban alkalmazni a tanítási gyakorlatban, nemcsak információkeresésre, hanem a jelenségek megörökítésére, vagy például mérőeszközként. Lehet használni adatbázis-kezelő programot, például az Excel programot különböző tevékenységekhez, mint például grafikonok készítéséhez a tanórán végzett mérőkísérletek mérési eredményeinek kiértékeléséhez, vagy a probléma- és feladatmegoldások során. Az egyes órák leírását követően több esetben teszek erre javaslatot.

Pályaorientáció

Jelen időszakban a fizikáról sajnos elmondható, hogy a nem kedvelt tantárgyak közé tartozik. Ugyanakkor mai technikai életünk alapját képezi, ezért sok olyan szakma van, ahol különböző szinteken ugyan, de elvárt a fizika ismerete. Ilyenek a különböző mérnöki, orvosi, földtudományi, környezeti pályák, de egyéb területeknek is van kapcsolatuk a fizikával. Ezért nagyon fontos, hogy a tanárok a fizika

tanítása során erre is figyelemmel legyenek, bemutassák a műszaki és természettudományos pályaorientáció lehetőségeit. Mivel a fizikát elsősorban „fiús” tantárgynak tekintik, így hazánkban is, a fizikatanítás folyamatába a *lányok bevonásának* kiemelt szerepe van. Fontos hogy számukra is vonzóak legyenek a műszaki és a természettudományos pályák (pl. a Lányok Napja című rendezvénysorozaton való részvétel megszervezése az iskolában stb.).

Kapcsolat a többi tantárggyal, azok ismeretanyagával és tanításával

Fontos elem, hogy az adott fizikai tartalom tanításához szükséges, vagy ahhoz kapcsolódó, más tantárgyak ismeretanyagával való kapcsolatteremtés megjelenik-e a tanórán. Erre számos témakörnél adódik lehetőség. Például:

- a galvánelemek a kémiával jelent kapcsolatot,
- az optika esetében a szem és a különböző mikroszkópok működésének fizikai alapjai, mely a biológiával jelent kapcsolatot,
- a különböző technikai eszközeink működésének alapjai is a fizikában érthetők meg, melyek napjainkban elengedhetetlenek normál életünk fenntartásához stb.

Irodalom

Adey, Philip és Csapó Benő (2012): A természettudományos gondolkodás fejlesztése és értékelése. In: Csapó Benő és Szabó Gábor (szerk.): *Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 17–58.

Chi, M. T. H., Slotta, J. D. és deLeeuw, N. (1994): From Things to Process: A Theory of Conceptual Changes for Learning Science Concepts. *Learning and Instruction*, 4. 27–43.

Csapó Benő, Csíkos Csaba és Korom Erzsébet (2016): Értékelés a kutatásalapú természettudomány-tanulásban: a SAILS projekt. *Iskolakultúra*, **26**. 3. sz. 3–16. http://www.iskolakultura.hu/ikultura-folyoirat/documents/2016/03/02.pdf

Csapó Benő, Korom Erzsébet és Molnár Gyöngyvér (2015, szerk.): *A természettudományos tudás online diagnosztikus értékelésének tartalmi keretei*. Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet, Budapest.

Driver, R. (1983): *The Pupil as Scientist?* Milton Keynes and Philadelphia: Open University Press.

Galilei, G. (1638/1986): *Matematikai érvelések és bizonyítások két új tudományág, a mechanika és a mozgások köréből.* Európa Könyvkiadó. Budapest.

Glasersfeld, E. (1995): Radical Constructivism. A Way of Knowing and Learning. The Palmer Press, London.

Halász Tibor, Kovács László, Miskolczi Józsefné és Szántó Lajos (1985): *Hogyan tanítsuk a fizikát a 6. osztályban? Tanári kézikönyv.* Tankönyvkiadó, Budapest.

Halász Tibor, Kovács László, Miskolczi Józsefné és Szántó Lajos (1986): *Hogyan tanítsuk a fizikát a 7. osztályban? Tanári kézikönyv.* Tankönyvkiadó, Budapest.

Halász Tibor, Kovács László, Kövesdi Pál, Miskolczi Józsefné és Szántó Lajos (1980): *Hogyan tanítsuk a fizikát a 7. osztályban? Tanári kézikönyv.* Tankönyvkiadó, Budapest.

Korom Erzsébet (1997): Naiv elméletek és tévképzetek megjelenése a természettudományos fogalmak tanulása során. *Magyar Pedagógia*, **97**. 1. sz. 19–41.

Korom Erzsébet (2005). *Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.

Korom Erzsébet, Radnóti Katalin, Nagy Lászlóné, Orosz Gábor és Molnár Gyöngyvér (2016): Felsőoktatási tanulmányi alkalmasság mérése: a természettudományi teszt eredményei. In: Molnár Gyöngyvér, Bús Enikő (szerk.): *PÉK 2016. XIV. Pedagógiai értékelési Konferencia*, Szeged.

Kuhn, T. S. (1984): *A tudományos forradalmak szerkezete.* Gondolat Kiadó, Budapest.

Nahalka István (2002): *Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben? Konstruktivizmus és pedagógia*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

Nagy Lászlóné (2010): A kutatásalapú tanulás/tanítás ('inquiry-based learning/teaching', IBL) és a természettudományok tanítása. *Iskolakultúra*, **20**. 12. sz. 31–51.

Nagy Lászlóné, Korom Erzsébet, Pásztor Attila, Veres Gábor és B. Németh Mária (2015): A természettudományos gondolkodás online diagnosztikus értékelése. In: Csapó Benő, Korom Erzsébet és Molnár Gyöngyvér (szerk.): *A természettudományos tudás online diagnosztikus értékelésének tartalmi keretei*. Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet, Budapest. 35–116.

Piaget, J. (1993): *Az értelem pszichológiája*. Gondolat Kiadó, Budapest.

Pléh Csaba (2015): *A tanulás és gondolkodás keretei*. Typotex, Budapest.

Radnóti Katalin és Nahalka István (2002, szerk.): *A fizikatanítás pedagógiája.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. http://members.iif.hu/rad8012/

Radnóti Katalin és Pipek János (2009): A fizikatanítás eredményessége a közoktatásban. *Fizikai Szemle,* **59**. 3. sz. 107–113. http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz0903/ FizSzem-200903.pdf

Radnóti Katalin és Adorjánné Farkas Magdolna (2010): Mit tanítsunk fizikából az általános iskolában? *Fizikai Szemle,* **60**. 3. sz. 84–91. http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz1003/FizSzem-201003.pdf

Radnóti Katalin és Adorjánné Farkas Magdolna (2012): A fizika tanításához szükséges tanári tudás rendszere I.–II. *Fizikai Szemle,* **62**. 11. sz. 391–395., 12. sz. 422–425. http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz1211/FizSzem-201211.pdf http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz1212/FizSzem-201212.pdf

Radnóti Katalin és Adorjánné Farkas Magdolna (2013): Az iskolai természettudományos oktatás szemlélete. *Iskolakultúra,* **23**. 9. sz. 49–63. http://www.iskolakultura.hu/ikultura-folyoirat/documents/2013/2013_9.pdf

Radnóti Katalin (2014, szerk.): A *természettudomány tanítása. Szakmódszertani kézikönyv és tankönyv*. Mozaik Kiadó, Szeged.

Radnóti Katalin és Adorjánné Farkas Magdolna (2015): A kutatás alapú tanulás lehetőségei a fizikaórán. *Fizikai Szemle*, **65**. 6. sz. 198–204.

Radnóti Katalin (2016): A hipotézisalkotás szerepe a fizika oktatásában. *Fizikai Szemle,* **66**. 4. sz. 136–142.

Makádi Mariann, Radnóti Katalin, Róka András és Victor András (2015): *A természetismeret tanítása és tanulása.* TÁMOP 4.1.2.B.2-13/1-2013-0007 „Országos koordinációval a pedagógusképzés megújításáért" http://ttomc.elte.hu/kiadvany/termeszetismeret-tanitasa-es-tanulasa

Wigner Jenő (1959/2005): A matematika meghökkentő hatékonysága a természettudományokban. In: Ropolyi László és Szegedi Péter (szerk.): *Wigner Jenő válogatott írásai*. Principia Philosophiae Naturalis sorozat. Typotex Kiadó, Budapest.

Elektronikus publikációk

Radnóti Katalin, Wagner Éva, Bakacsi Judit és Kovács Miklós (2003): *A fizikatanítás pedagógiája a gyakorlatban.* Általános Iskolai Fizikatanári Ankét 2003. CD videó tanórafelvételekkel, mely a KOMA támogatásával készült.

Radnóti Katalin és Wagner Éva (2005): *Hogy is van ez? Problématár.* CD videó tanórafelvételekkel. Általános Iskolai Fizikatanári Ankét 2005. CD kiadvány, mely a KOMA támogatásával készült.

Tantervek, oktatási segédanyagok

Radnóti Katalin honlapján:
http://members.iif.hu/rad8012/index_elemei/tanterv.htm

12 kémiaóráról készült videofilm (Szalay Luca és mtsai, 2015).
http://ttomc.elte.hu/kiadvany/12-kemiaorarol-keszult-videofilm-elerhetosegei

Kiegészítés az Oktatási Hivatal által kidolgozott Útmutató a pedagógusok minősítési rendszeréhez felhasználói dokumentáció értelmezéséhez, Fizika, OFI.
https://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/pem/fizika.pdf

2. Mechanika

Az alábbi óraleírásokban a mechanika legfontosabb alapfogalmainak (sebesség, gyorsulás, erő) bevezetési és alkalmazási lehetőségei olvashatók. A gyorsulás és a sebesség fogalmak differenciálására különösen nagy hangsúlyt fektettek az órákat tartó tanárok, mivel e két fogalom sok esetben keveredik még a felsőbb évfolyamokon is. Több esetben kis időutazásban lehet részünk, például Galilei korába, az ő módszerét használva a gyorsuló mozgás leírásához. Majd a Newton törvények alkalmazása következik. Végül visszautazhatunk Kepler korába, kicsit átélve helyzetét a törvényeinek megtalálásához vezető úton.

2.1. Egyenes vonalú egyenletesen gyorsuló mozgás

Az óra *célkitűzése:* 7. évfolyamon fél osztályban az egyenes vonalú egyenletesen változó mozgások leírásának elkezdése. A tanulók képesek legyenek különbséget tenni az egyenes vonalú egyenletes és az egyenletesen változó mozgások között. Tudjanak ezekre példákat mondani a mindennapi életből. A kapjanak képet az egyenes vonalú egyenletesen változó mozgás megismeréséhez, leírásához vezető kísérletekről.

Az óra *előzményei*: az egyenes vonalú egyenletes mozgás leírása, kísérleti vizsgálata, az út, idő és sebesség fogalmak ismerete.

Az óra felépítése

- Az egyenes vonalú egyenletes mozgásról tanultak felelevenítése, példák a mozgásra
- Változó mozgások, egyenes vonalú egyenletesen változó mozgás, példák a mozgásra
- Galileo Galilei munkássága
- Kísérletek, mérések a Galilei-lejtőn

– A mérési adatok feldolgozása, ábrázolása

Az alkalmazott *óravezetés*: alapvetően frontális feldolgozás volt, de mivel kis létszámú csoport vett részt a tanórán, gyakorlatilag minden diák aktív résztvevő volt.

Az óra leírása

Az óra a mozgásokkal kapcsolatos, ténylegesen az *egyenes vonalú egyenletes mozgásról tanultak ismétlésével* kezdődött az alábbi tanári kérdések mentén:

- *Milyen mozgással foglakoztatok eddig?*
- *Hogy hívjuk a mozgást?*
- *Milyen eszközöket használtatok a mozgás vizsgálatához?*
- *Hogy nézett ki a Mikola-cső?*
- *A buborék milyen mozgást végzett?*
- *Mit állapítottatok meg?*
- *Melyik két mennyiséget vizsgáltátok?*
- *Milyen megállapítást tettetek?*
- *Ha az idő kétszeresére nőtt, hogyan változott a megtett út?*
- *Milyen volt az út és az idő kapcsolata?*
- *Milyen példákat tudnátok mondani az egyenes vonalú egyenletes mozgásra a hétköznapi életből?*

Az előző kérdések ténylegesen csak tények felidézését szolgálták, ellenben az utolsó már megmozgatta a diákok fantáziáját, gondolkodtató kérdésnek tekinthető.

A kérdésre sokféle példát beszéltek meg, mint például a metró vagy bármely más közlekedési eszköz mozgása két megálló között, amikor már elérte a megfelelő sebességet. Majd a következő kérdések következtek:

- *Milyen mozgás fordul elő gyakrabban?*
- *Mi változhat?*
- *Milyen példát tudtok mondani az egyenletesen változó mozgásra?*

A *változó mozgásokkal* kapcsolatos példák sora ténylegesen arra vonatkozott, amikor valamilyen jármű elindul, illetve amikor leejtünk egy tárgyat és az felgyorsul. Csak rövid említés szintjén jelent meg a lassulás jelensége.

Megjegyezzük, hogy a gyorsulás mint fizikai mennyiség magában foglalja a lassulást, tehát a sebesség csökkenését is! Véleményem szerint célszerű a megbeszélések során folyamatosan *foglalkozni* ezzel az esettel is. Később az erő fogalma, amellyel a test környezetével való kölcsönhatását jellemezzük, a gyorsulás fogalmával lesz szoros kapcsolatban. El kell kerülni azt, hogy a diákok az erőt a testeknek csak a megmozdításához kössék. Ugyanilyen fontos a már mozgó test lassulása, végül megállása. Ha csak a megmozdításhoz kötődik a gyorsulás, illetve később az erő fogalma, az erősítheti azt a tévképzetet, hogy a mozgáshoz erőhatás szükséges, hiszen a tárgy mozgásba hozásához is kell.

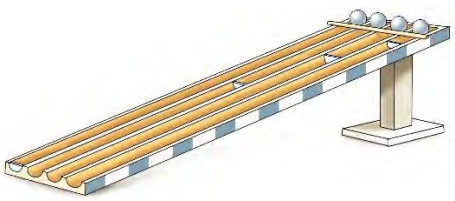
Az óra következő részében *Galileo Galilei munkásságáról* beszélgetett a tanár a diákokkal.

- *Ki volt az, aki először ezzel a mozgással foglalkozott?*
- *Mit tudtok róla?*

Galilei munkássága előtt már évszázadok óta foglalkoztatta az akkori művelt, a tudományok iránt érdeklődő embereket, hogy miként is mozognak a testek, hogyan írható le a szabadesés folyamata. Többféle elképzelés született, de Galilei volt az, aki erre ténylegesen megfelelő leírást adott.

A tanár megmutatta a tudós portréját, és beszélt csillagászati felfedezéseiről. Megbeszélték, hogy nem égették meg tanai miatt, de házi őrizetbe kényszerítették. Majd rátértek az óra fő témáját jelentő lejtős kísérletre.

A tanár lediktálta, hogy mit nevezünk *Galilei-lejtőnek*: több vájattal (4) ellátott, állítható hajlásszögű lejtő, melyben mozgatható akadályok vannak.



Ezt követően a diákok a lejtő köré gyűltek, a tanár pedig további kérdéseket tett föl:

- *Szerintetek ezzel a lejtővel milyen kísérletet végezhetett Galilei?*

A diákok rövid válaszokat adtak, mint például gyorsuló mozgást, utat és időt mért.

- *Hogyan vizsgálhatta?*

A gyerekek közül többen úgy válaszoltak, hogy például négy egyenlő szakaszon mért időt, és megállapította, hogy melyik golyó megy gyorsabban.

- *Hogyan mérhette meg az időt?*

- *A Mikola-csőnél hogyan vizsgáltátok a mozgást?*
- *Hogyan mértétek ki az 1 másodpercet?*
- *Galileinek volt-e erre lehetősége?*

Beszéltek az ingáról, melynek a lengésidejét Galilei a saját pulzusával mérte. De erre a lejtőnél nem volt lehetőség, mutatott rá a tanár. Nem tudta egyszerre a távolságokat bejelölni és a pulzusát is figyelni.

- *Egyenlő időtartamonként hogyan tudom a golyó mozgását vizsgálni?*
- *Hogyan tudom megállapítani, hogy egyenletes időközönként érkeznek a különböző távolságokat megtett golyók az akadályokhoz, melyeken koppannak?*
- *Hogyan helyezzük el a golyókat, hogy azonos időközönként koppanjanak?*

A különböző vájatokban egymástól egyenlő távolságban elhelyezett akadályokon a lejtő tetejéről indított golyók nem azonos időközönként koppantak.

- *Változtassuk meg a lejtő hajlásszögét! Ez volt az egyik tanuló ötlete.*

Így is megfigyelték a mozgást, azonban ebben az esetben sem azonos időközönként koppantak a golyók.

Végül a tanár megmondta, hogy miként célszerű elhelyezni a golyókat. Az első vájatban guruló golyótól 1 dm távolságra helyezte el az akadályt, melyen a golyó koppant. A másodikban 4 dm, a harmadikban 9 dm, míg a negyedikben 16 dm távolságban. Fentről elindították a golyókat, és figyelték a koppanások közt eltelt időket, melyek így egyformának adódtak. A diákok kérésére itt is megnövelték a lejtő hajlásszögét.

- *Mit vártok, hogyan alakul a koppanások közt eltelt idő az előzőhöz képest?*

Leengedték az előbbi elrendezésben elhelyezett golyókat, és megállapították, hogy a koppanások közt eltelt idő rövidebb volt, de egyformák voltak ebben az esetben is.

Az óra záró részében a tanár a táblánál, a diákok a füzetükben dolgozva elemezték a kapott adatokat. Először táblázatba rendezték az adatokat. Az utak mértékegysége dm volt. Ezzel nem volt probléma. De mi volt az idő mértékegysége? Megbeszélték, hogy az ténylegesen önkényes egység (ö. e.) volt, de a mozgás leírásához ennek ellenére jól használható, mivel ennek a többszörösei fordultak elő a mérésben.

s (dm)	t (ö. e.)
1	1
4	2
9	3
16	4

Mivel a diákok a távolságokat mérték meg, ezért az került a táblázat első oszlopába. De az is lehet egyfajta logika, hogy az időadatokat írjuk inkább az első oszlopba, mivel azt növeljük egyenletesen.

- *Milyen összefüggést állapíthatunk meg az út és az idő között?*
- *Hogyan tudnánk folytatni a táblázatot?*

Több diák rájött, hogy itt négyzetes összefüggésről van szó.

Majd a diákok tanári diktálásra leírták a következő összegzett tapasztalatot a füzetbe:

Ha nyugvó helyzetből induló golyó mozgása során 2x, 3x, 4x szer annyi idő telik el, akkor az általa megtett út 4x, 9x, 16x szer annyi lesz.

Ezt négyzetes arányosságnak nevezzük. Ami azt jelenti, hogy a megtett út egyenesen arányos az idő négyzetével.

- *Ebből mi következik?*

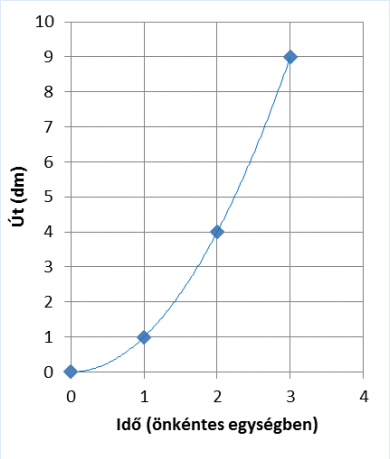
Hányadosuk állandó. s/t^2 = állandó. Tehát új fizikai mennyiséget lehet bevezetni – mondta azonnal az egyik diák. De erre ezen az órán nem került sor. Viszont ábrázolták az eredményeket út-idő grafikonon.

- *Milyen értékeket mérjünk fel az egyes tengelyeken?*

Megbeszélték, hogy a vízszintes tengelyen az idő szerepel, a függőleges tengelyen pedig az út. Csak az első 3 pontot ábrázolták, illetve még egy negyediket, a 0 időpillanathoz tartozó nulla távolságot.

A pontok összekötésénél megbeszélték, hogy ez egy parabola pozitív ága, bár a parabola matematikából még nem szerepelt. Egyenessel viszont semmiképpen sem lehet a pontokat összekötni!

Ez egy nagyon fontos megállapítás! Ugyanis a diákok, de ténylegesen a felnőttek is szívesen gondolkodnak lineáris összefüggésekben, egyenes arányokban. De a világunk nem ilyen! Sőt, amikor annak mutatjuk, az is sok esetben csak a lineáris közelítés! Ebben az esetben pedig meg is beszélték, hogy négyzetes arányosságról van szó.



Kiemelendők

Az órán nagyon sok kérdés hangzott el. Ezek jelentős része, különösen az óra első felében, ténykérdés volt. De ezekre szükség van, elsősorban a tanulók korábbi ismereteinek feltérképezése és előhívása céljából. Az új anyag feldolgozása során viszont szinte kizárólag komoly gondolkodásra ösztönző kérdések szerepeltek. A diákok sok felvetést fogalmazhattak meg. És ezeket a tanár, persze ésszerű keretek közt maradva, engedte is kipróbálni! Így tesztelhették a tanulók hipotéziseiket. Ezek a momentumok rendkívül fontosak az ismeretszerzés szempontjából! Nem biztos, hogy rögtön a jó megoldás jut eszünkbe. A tudományos kutatás ezért hosszú, rögös folyamat, melyeknek az iskolában általában csak a végeredményét tanítjuk meg. És ebbe némi betekintést nyerhettek a diákok.

A tanár által alkalmazott szakdidaktikai módszer *a kutatásalapú tanulás/tanítás* egyik példája, ami megmutatja, hogy annak alapgondolatait miként lehet a tanórán, a kötelező tananyag feldolgozása során érvényesíteni.

Az óra jó hangulatú volt. A diákok szívesen vettek részt a közös tevékenységben.

Mit lehetett volna másképp csinálni?

Az órán nem volt semmilyen úgynevezett „modern eszköz” jelen. Kérdés, hogy hiányzott-e? A válasz lehet az, hogy nem, így is teljes volt az óra. A diákok szépen jegyzeteltek, aktívak voltak a kísérlet elvégzésében. A táblán minden lényeges elem megjelent, a táblázat és az adatokból készített grafikon közösen készült. A tanár a táblánál, a diákok vele együtt gondolkodva a füzetükben dolgoztak.

De lehet az is a válasz, hogy például Galilei életének és munkásságának a bemutatásához lehetett volna prezentációt készíteni, bemutatni például az arcképét, a távcsövét, Arcetri-ben lévő házának fényképét (ahol házi őrizetben volt), síremlékének képét, csillagászati felfedezéseit tartalmazó könyvét, valamint két nagy művéből részleteket, melyek elérhetők az interneten. Ezek internetes kutatása lehet azonban differenciált feladat is az érdeklődő diákok számára.

Modern eszközként megjelenhet a számítógépes grafikonkészítés is. (Egy érdeklődő csoportban további lehetőség a linearizálás is.)

2.2. A szabadesés vizsgálata

Több ilyen témájú órát látogattam mind a 7., mind pedig a 9. évfolyamokon. Ezért ténylegesen csak az egyik megtörtént órát ismertetem részletesebben. Ellenben megjegyzéseim ebben az esetben nemcsak a leírt órára vonatkoznak, hanem ide írtam le a többi órából származó ötletes megoldásokat is.

Az óra *célkitűzése:* 9. évfolyamon félosztály számára a szabadesés témakörét leíró törvényszerűségek és azok alkalmazásának a megismerése. A szabadesés, mint nulla kezdősebességű egyenes vonalú egyenletesen változó mozgás leírása. A nehézségi gyorsulás fogalmának bevezetése, értékének megállapítása, becslése mérésen keresztül.

Az óra *előzményei*: A 7. évfolyamról már ismert a jelenség és a nehézségi gyorsulás körülbelüli értéke is. Ismert a különbség az egyenes vonalú egyenletes és az egyenes vonalú egyenletesen változó mozgások közt.

Az óra felépítése

- A szabadesés jelenségéről általában, ismétlés
- Kísérletek ejtőzsinórral
- A nehézségi gyorsulás mérése
- A szabadesés matematikai leírása
- A levegő hatásának figyelembevétele
- Az új tudás alkalmazása, egyszerű számítások és az eredmények értelmezése

Az alkalmazott *óravezetés*: alapvetően kérdve kifejtő módszerrel zajlott a téma feldolgozása. Azonban a beszélgetésben majd minden tanuló részt tudott venni, mivel csak fél osztályban zajlott az óra. A mérőkísérletben ténylegesen csak négy tanuló vett részt a tanárral együtt, de a többiek aktív figyelmétől kísérve.

Az óra leírása

Az óra rövid *ismétléssel* kezdődött a szabadesésről korábban tanultakkal kapcsolatban, melynek során ténylegesen a tanár és a diákok közösen megfogalmazták, hogy mit is értünk szabadesés alatt:

- ha a testre csak a Föld által kifejtett erő hat, és egyéb hatásoktól (pl. légellenállás) eltekintünk;
- nulla kezdősebességű egyenes vonalú egyenletesen változó mozgás;
- a test gyorsulása körülbelül 10 m/s^2 és ezt *g*-vel jelöljük;
- a jelenséggel Galilei foglalkozott behatóan.

Ezt követően hangzott el a következő fontos tanári kérdés:

- *Hogyan lehetne belátni, hogy a szabadesés egyenes vonalú egyenletesen változó mozgás?*

Kis szünet után következett a következő rávezető kérdés:

- *Láttatok-e ilyen mozgást például a megelőző fizikaórákon?*

A tanulók az előző órákon a lejtőn leguruló golyók mozgását tanulmányozták. Megállapították, hogy ebben az esetben azonos időközök alatt egyre nagyobb utakat tesz meg a test. Tehát a szabadesésnél is hasonló lehet a helyzet.

Ez egy nagyon szép analógiás gondolatmenet, mely fontos a megismerés során. Az ismeretlen dolgokat a már ismerthez szoktuk hasonlítani.

A tanulók visszaemlékeztek a 7. évfolyamon elvégzett *ejtőzsinóros* kísérletre, melyet most megismételtek.

Először olyan zsinórt ejtett le a tanár, melyen egyenlő távolságban voltak elhelyezve csavarok, és figyelték a diákok a koppanásokat. Majd egy másik zsinórt, ahol az egymást követő csavarok távolságának aránya a következő volt: 1:3:5:7.

Közösen megállapították, hogy a második esetben egyenletesen követték egymást a koppanások a padlón.

Ebből arra következtettek, hogy a szabadesés is egyenes vonalú egyenletesen változó mozgás.

Ezt követte a következő kérdés:

- *Hogyan lehetne kimérni, hogy mekkora a szabadon eső test gyorsulása?*

Ez nagyon fontos gondolkodásfejlesztő kérdés, a tanulóknak egy mérési eljárást kellett megalkotni, természetesen tanári segítséggel.

A tanulók előzetes ismereteik alapján rájöttek, hogy a szabadon eső test útját és mozgásának idejét kell megmérni, és ezekből a gyorsulás már számolható. A tanár

és az osztály megállapodtak abban, hogy az esés távolságát célszerű előre meghatározni, vagyis mindig azonos magasságból kell leejteni a testet. Majd e távolság megtételéhez szükséges időt kell lemérni.

Mielőtt elkezdődött a mérés, a tanár egy nagyon fontos kérdést tett fel:

- *Hogyan lehet az időmérést pontosabbá tenni?*

Ez a kérdés is fontos, mivel a tanulókat gondolkodásra serkenti.

Megbeszélték, hogy több mérést kell elvégezni, majd azokból átlagot számolni. De a többitől nagyon eltérő értéket el kell hagyni, mivel az biztosan hibás.

A szabadon eső test által megtett út 296 cm volt, az osztályban található egyik lámpa alsó széle és a terem padlója közti távolság. Mindig a lámpa mellől engedték el a testet. Az esés idejét négy tanuló mérte stopperrel, illetve mobiltelefonnal.

A mobiltelefon órai alkalmazását – melyet már számos helyen látni – nagyon jó ötletnek gondolom. Használható mérőeszközként, továbbá fényképes dokumentációk készítésére stb.

Az időmérést, az elindítást és a leállítást a mérés előtt a diákok begyakorolták. Majd több mérést is végeztek, melyekből átlagot számoltak. Végül 0,74 s -ot határoztak meg az esés idejéül.

A számoláshoz természetes módon alkalmazták a $h = a \cdot t^2/2$ összefüggést, hiszen már korábban megállapították, hogy a szabadesés nulla kezdősebességű egyenes vonalú egyenletesen változó mozgás. Azonban ebben az esetben speciálisan a gravitációs gyorsulás lép fel, ezért az összefüggésben a gyorsulásra általánosan használt a betűjel helyett g lesz, ezért $h = g \cdot t^2/2$ alakban is felírták az összefüggést, melyből $g \approx 10{,}76$ m/s^2 értéket kaptak.

A diákok a számolás után az általuk mért adatokból számított eredményt összehasonlították az irodalmi értékkel, és megállapították, hogy egészen jól sikerült a mérés az egyszerű eszközökkel.

Fontos hangsúlyozni, hogy nem szabad azt várni egy iskolai méréstől, hogy ennek alapján pontosan megkapjuk a gravitációs gyorsulás irodalmi értékét. Jó, hogy a tanár úgy értékelte a megkapott számot, mint egy sikeres mérés eredményét. Esetleg érdemes kiszámítani, hogy hány százalékos a hiba, valamint megbeszélni, hogy milyen tényezők okozhatták a hibát, és hogyan lehetne azokat kiküszöbölni, ha nem is tantermi körülmények között.

Megjegyezzük, hogy a nehézségi gyorsulás meghatározására kevésbé akrobatikus módszerek is vannak. A fent leírthoz ugyanis nagy távolságból, majd

3 m-es magasságból kellett a testet leejteni. Ehhez fel kellett mászni a tanári asztal tetejére, és onnan ejtegetni, hogy minél hosszabb legyen az út, illetve hogy minél hosszabb esési időt lehessen mérni. A mérést végző diákoknak nagyon be kellett gyakorolniuk a stopper lenyomását, vagy a mobiltelefon időmérőjének elindítását, majd megállítását, mivel 1 másodpercnél kevesebb időt kellett mérni, ennek pedig óhatatlanul nagy a hibája.

Tehát célszerű lenne például kisebb távolságon mérni, és pontosabb időmérést alkalmazni. A mai technikai világban erre van is lehetőség, még egy átlagos iskola fizika előadójában is, ahol van projektor és számítógép, az *Audacity* ingyenesen letölthető program segítségével, mely egy másik, hasonló témájú tanórán ténylegesen meg is történt.

Egy golyó gurult le a tanári asztalról az alá elhelyezett székre. Ez volt a lemérendő távolság. Az asztalon leguruló golyónak volt egy kis „zaja”, majd az *esés idején nem volt hang*, a székre éréskor pedig a koppanás hangját rögzítette a program. Ezek alapján az esés ideje meghatározható volt.

Egy másik tanórán a mérendő út hosszát és ezzel az esés idejét úgy növelték meg, hogy néhány emelet magasságból ejtették le a testet.

A mérést követően a tanár a már ténylegesen felhasznált analógiára hivatkozva felírta a szabadesésre vonatkozó *matematikai összefüggéseket* a táblára.

A szabadon eső test sebessége az esés kezdő pillanatától számított t idő eltelte után $v = g \cdot t$, míg a megtett útja $h = g/2 \cdot t^2/2$.

Majd a tanár a következő kérdést tette fel a diákoknak:

- *Szerepel-e a táblára felírt összefüggésekben a szabadon eső test tömege vagy térfogata?*

Közösen megállapították, hogy egyik sem szerepel az összefüggésekben, tehát a szabadon eső test sebessége és megtett útja csak az esés idejétől függ. Ezt követte egy kísérlet. A tanár elmondta, hogy akkor ezt össze kellene vetni a tapasztalatokkal. És a következőt kérdezte:

- *Mit gondoltok, ha egy vasgolyót és egy tollpihét azonos magasságból egyszerre leejtünk, azok egyszerre érnek-e földet?*
- *Vagy egy összegyűrt és egy sima papírlapot leejtve azok egyszerre érnek-e földet?*

Ezek nagyon fontos gondolkodtató kérdések. Továbbá szép átvezetés a matematikai modelltől a valóság irányába!

A tanár egyrészt *hipotézist* kért egy kísérlet várható eredményével kapcsolatban. Ehhez el kellett képzelni a jelenséget, gondolatban lejátszani, összevetni a korábbi tapasztalatokkal.

Másrészt a tanár, mintegy kognitív konfliktust idézett elő a diákokban, mivel korábbi hétköznapi tapasztalataik alapján ezek a testpárok nem egyszerre érnek földet, azonban az éppen akkor tanult összefüggések nem ezt mutatják.

A tanulók mondták, hogy valószínűleg nem.

Majd ténylegesen el is végezték a kísérletet. És persze, hogy nem egyszerre érkeznek a földre.

Ezt követően megbeszélték, hogy akkor mi lehet a konfliktus oka. A problémát úgy oldották fel, hogy a különbség oka minden bizonnyal az lehet, hogy a levegő által kifejtett fékező erő az eltérő alakú tárgyak esetében különböző nagyságú. Ha a testek vákuumban esnének, akkor minden bizonnyal egyszerre érnének földet.

Érdemes felhívni a tanulók figyelmét arra, hogy a szokásos földi körülmények között elejtett testek gyorsulását a testre ható erők eredője határozza meg, amelynek a gravitációs vonzóerő csupán az egyik összetevője.

Videó segítségével be lehet mutatni olyan felvételeket, ahol vákuumban ejtenek le különböző testeket, és hangsúlyosan mutatják, hogy azok végig egyszerre, egymás mellett esnek. De ilyen a Holdon készült híres felvétel is, ahol egy kalapácsot és egy tollpihét ejtettek le az űrhajósok. A Holdnak nincs légköre, tehát itt semmi nem fékezi az eső tárgyakat. A kísérlettel kapcsolatban érdemes azt is megjegyezni, hogy a nehézségi gyorsulás ott kb. csak hatoda a földinek.

Ezt követően a diákok a hétköznapi életből is gyűjtöttek olyan példákat, ahol az esés jó közelítéssel szabadesésnek tekinthető, és olyanokat is, ahol ez nem tehető meg.

Az órát néhány érdekes eredményre vezető számításos feladat zárta.

- *Az egyikben azt kellett kiszámítani, hogy ha valaki leugrik 1 m magasról, akkor mekkora sebességgel érkezik a talajra.*

Először ki kellett számítani az esés idejét a $h = g \cdot t^2/2$ összefüggésből, amely 0,45 s, majd ebből a sebességet, amely $v = g \cdot t = 4{,}5$ m/s érték lett. De ezt átváltották a hétköznapi életben használatos egységre, ami 16,2 km/h melyet összehasonlítottak ismert járművek sebességeivel. Ez körülbelül egy biciklis sebessége. Tehát nem elhanyagolható érték!

Itt nagyon fontos elem a kapott eredmény értelmezése és az összehasonlítás mint gondolkodási művelet fejlesztése.

A következő feladat az előző feladat folytatása volt:

- *Milyen magasságból kellene leugrani a Holdon, hogy az előző feladatban kapott sebességgel érjünk talajt? A Holdon a nehézségi gyorsulás 1,6 m/s^2.*

Az esés idejét a $v = g_H \cdot t$ összefüggésből kellett számolni, mely hatszorosa a földinek, 2,7 s, majd ebből a magasságot, ami 6,09 m.

Ebben az esetben is tettek összehasonlítást, megbeszélték, hogy ez kb. két emelet magassága, tehát mintha a 2. emeletről ugrana ki valaki.

Gyakorlásként más égitestre is el lehet „utazni” gondolatban, például a Marsra vagy a Merkúrra és az ottani nehézségi gyorsulással számolni. Azonban arra figyeljünk, hogy a választott égitestnek ténylegesen legyen szilárd felszíne. Például ne a Napot vagy a Jupitert válasszuk.

Külön összefoglalás nem volt. Gyakorlatilag a feladatok megoldása és a hozzájuk fűzött megjegyzések foglalták össze az órán tanult legfontosabb új tudnivalókat.

Végül néhány házi feladatként adott példa zárta az órát.

2.3. A dinamika alapjai, összefoglalás

Az óra *célkitűzése:* 9. évfolyamon egész osztály számára tartott összefoglaló óra a dinamika alapfogalmaiból (Newton törvények és értelmezésük, a súrlódás), mely egyben előkészítése a következő órai dolgozatnak. Továbbá a feladatmegoldás lépéseinek gyakorlása: becslés, hipotézisalkotás, a logikus gondolkodás fejlesztése.

Az óra *előzményei*: a dinamika alapjai, Newton törvények és alkalmazásuk, feladatok megoldása a témából.

Az óra felépítése

- Ráhangolódás, az óra menetének ismertetése
- Házi feladat ellenőrzése, ismétlés
- Számításos feladat a nehézségi erő, súly, súlytalanság témakörben
- Newton törvényeinek ismétlése szövegelemzés segítségével
- Súrlódás ismétlése, számításos feladat a súrlódás témaköréből

Az alkalmazott *óravezetés*: frontális, egyéni és páros munka váltakozva.

Az óra leírása

A tanár az óra elején vázlatosan ismertette, hogy mi lesz az óra menete, milyen témákat fognak megbeszélni.

Ezt nagyon fontos elemnek tartom, pedig sajnos csak kevés alkalommal találkoztam hasonlóval. Hasznos, ha a diákok tisztában vannak vele, körülbelül mi fog történni az elkövetkezendő 45 percben, hogy arra rá tudjanak hangolódni.

A ráhangolódás után következett a *házi feladatok* megbeszélése. Három tesztkérdést kellett a diákoknak megválaszolni, melyek az 1. számú mellékletben olvashatók.

Az elvárt válaszok: B), C) és B)

A következő rész a nehézségi erő, súly, súlytalanság fogalmakkal kapcsolatos kérdésekkel kezdődött:

- *Mit tudunk a nehézségi erőről?*
- *Mivel egyenlő?*
- *Milyen az iránya?*

Megbeszélték, hogy $F_{neh} = m \cdot g$ és a Föld felé mutat. Majd további kérdések következtek.

- *Ehhez képest mi a súly?*
- *Mi az, amiben eltér a nehézségi erőtől?*
- *Mikor beszélünk súlytalanságról?*

Majd ezt követte az alábbi feladat:

Egy panelház liftjének gyorsulása 2 m/s^2. A panelház 6. emeletén lakik egy enyhén molett hölgy, aki, amikor elérte a 90 kg-ot, úgy döntött, hogy személyi edzőhöz fordul, aki segít neki lefogyni. Hónapokkal később rá is szánja magát, és elindul első edzésére. Az edző azt kérte tőle, hogy az első edzés előtt mérje meg hány kg. A hölgy azonban időhiány miatt útban az edzőhöz, a liftben méri meg a tömegét, és nagyon megörül, amikor meglátja a mérleg mutatóját. Mivel a mérleg pont az áhított tömegét mutatja, úgy dönt, hogy nem is megy el az edzésre. Mennyivel kevesebb a hölgy áhított tömege, mint a valódi tömege?

A feladat ismertetését követően a tanár *hipotézisalkotást* kért a diákoktól, miszerint:

- *Mennyit mutathatott a mérleg?*

Az egyik diák azt tippelte, hogy fele akkora tömeget jelezhetett a mérleg.

Ezt követően megbeszélték, hogy ténylegesen mit is mér a mérleg, és mit lehet leolvasni a skáláról. (A mérlegre ható nyomóerőt, melyet elosztva a nehézségi gyorsulással mint tömeget tüntetnek fel a mérleg skáláján.) A megbeszélés során a következő tanári kérdések hangzottak el:

- *A liftben megváltozik a tömeg?*
- *Mit mér a mérleg? Ha lefelé megy a mérleg, akkor hogyan változik a súly?*

Majd elkezdték a feladat megoldását. Először egyszerű vázlatrajzot készítettek, melybe bejelölték a mérlegre ható erőket. Majd szépen követve a feladatmegoldások során rendszeresen használt *algoritmust*, kigyűjtötték az adatokat, majd meghatározták, hogy mi a tényleges kérdés, illetve ahhoz mit kell először kiszámítani:

$a = 2\ \mathrm{m/s^2}$
$m = 90\ \mathrm{kg}$

$\Delta m = ?$
$F_{ny} = ?$

Meg kellett állapodni a pozitív irányban, melyet a mozgás irányában, lefelé vettek fel, majd felírták Newton II. törvényét, a mozgásegyenletet a vizsgált esetre.

$F_e = m \cdot a$

$m \cdot a = m \cdot g - F_{ny}$	Az egyenletet lépésenként oldotta meg egy diák a táblánál.
$F_{ny} = m(g - a) = 720\ \mathrm{N}$	Tehát a tömegkülönbség, amit a hölgy érzékelt 18 kg.

Az óra következő részében a diákok kézhez kaptak egy „dolgozatot”, mely *Newton életéről* és törvényeiről szólt. A 2. számú mellékletben olvasható. A tanár a felvezető szövegben elmondta a diákoknak, hogy fizikából az emelt szintű érettségi vizsgán kell esszé kérdésre kifejtős választ írni, és a szöveg egy ilyen dolgozatot imitál. A tanulók feladata az volt, hogy páros munkában dolgozva találják meg és javítsák ki a hibákat a szövegben. A tanár hangsúlyozta azt is, hogy amennyiben a pár két tagja nem ért egyet, akkor érveljenek, és győzzék meg egymást. A tanár megadta, hogy összesen 10 hibát kell megtalálni. A teendőket ppt-n is kivetítette, hogy teljesen világos legyen a feladat minden tanuló számára.

A tanár elmondása szerint a szöveget a diákok dolgozatainak hibái alapján állította össze, mely így különösen jó gyakorlásnak tekinthető.

A szöveg hibáit bekezdésenként beszélték meg, melyekhez a tanár nagyon ötletes ppt-ket is bemutatott, érdekességekkel együtt vagy Newton életéből, vagy egyéb példákat felhozva, érdekes, jópofa rajzok kísérletében, melyek a 3. számú mellékletben láthatók.

A rajzok humorosak, melyek sok esetben nagy mértékben segítik a sokszor nem könnyű tananyag megértését. Vannak, akik úgy gondolják, hogy a tanulás komoly tevékenység, ott nincs helye játszadozásnak, viccelődésnek. Holott éppen a jó humor tud nagyon lényeges dolgokra rávilágítani, amiért azt gondolom, hogy ilyen esetekben helye van az oktatásban.

A szövegbeli hibás részek a következők voltak:

- Newton nem német volt, hanem *angol*.
- Nem lencsés, hanem *tükrös* távcsövet alkotott.
- A tehetetlenség törvényének kimondásához első sorban nemcsak a nyugalom, hanem az *egyenes vonalú egyenletes mozgás* is beletartozik.
- Az autóbusz fékezésekor nem hátra, hanem *előre* billenünk, hiszen megtartanánk az aktuális mozgásállapotunkat.
- A leves nem ránk ömlik, hanem az *ellenkező* irányba.
- A testre ható erő mind a test gyorsulásával, mind a test tömegével *egyenesen arányos*.
- Az erő és az ellenerő *különböző* testekre hatnak.
- Hiányzik, hogy az erő és az ellenerő iránya *ellentétes*.
- Továbbá a III. és a IV. törvény fel van cserélve, ami két hibának számított.

Meg kell, hogy jegyezzem, Newton ténylegesen csak három axiómát írt le, a sok tankönyvben megtalálható, a negyedikként tárgyaltat a második axióma megjegyzésében írta le, nem pedig külön axiómaként. Továbbá ezek ténylegesen axiómák, mivel nem bizonyítjuk ezeket, hanem elfogadjuk.

Az óra következő részében a súrlódásról tanultak ismétlése következett az alábbi kérdések mentén:

- *Mit tudunk a súrlódásról?*
- *Miért van súrlódás?*
- *Milyen típusú súrlódásról beszélhetünk?*
- *Hogyan vezettétek be a csúszási súrlódást?*
- *Mitől nem függ a csúszási súrlódás?*
- *Mikor beszélünk tapadási súrlódásról?*
- *Hogyan számolható a tapadási súrlódási erő maximuma?*

- *Mit mondhatunk a csúszási és a tapadási súrlódási erőkről?*
- *Hogyan viszonyulnak egymáshoz képest adott felület esetében?*
- *Hogyan írhatjuk fel a gördülési ellenállási erőt?*
- *Mi volt még fontos ebben az esetben?*
- *Hogyan függ a kerék sugarától?*

Majd rátérek a tanóra utolsó részéhez tartozó *érdekes feladatra*, mely a következő kérdéssel kezdődött:

- *Szoktatok-e bobversenyeket nézni a TV-ben?*
- *Mit gondoltok, mekkora lehet a bob tömege?*

A diákok közül néhányan 100 kg-ra tippeltek, de elhangzott 40 kg-os elgondolás is. Ezt követte az alábbi feladat megoldása:

Egy bobversenyen a két versenyző együttesen 720 N erővel tolja a bobot, aminek hatására az 1 m/s^2 gyorsulással mozog. Mekkora a bob tömege, ha tudjuk, hogy a jég és a bob talpa közötti csúszási súrlódási együttható 0,1?

A megoldás kezdetén az előző feladathoz hasonló algoritmust követve először egyszerű ábrát rajzolt a tanár a táblára, melybe berajzolta a közös megbeszélés alapján a bobra ható erőket.

Az előzetes óratervben a számítás házi feladat lett volna, de mivel maradt elegendő idő, a tanár a diákok aktív közreműködésével felírta a táblára megoldást.

Adatok: $F_t = 720$ N
$a = 1$ m/s^2
$\mu = 0{,}1$

$m = ?$

Megbeszélték, hogy Newton II. törvényét, a dinamika alaptörvényét, $F_e = m \cdot a$, kell felírni y és x irányban, majd abból lehet számítani a bob tömegét.

y irányban az erők eredője nulla: $F_{ny} - m \cdot g = 0$

x irányban pedig $F_e = F_t - F_s = m \cdot a$

$m \cdot a = F_t - \mu\, m \cdot g$

$m(a + \mu \cdot g) = F_t$

$m = F_t/(a + \mu \cdot g) = \underline{\underline{360 \text{ kg}}}$

Az eredményen rendkívül meglepődtek a diákok!

Jó ötlet volt a tanár részéről, hogy még az órán elvégezték a számolást, és azt a dolgozat előtt megbeszélhették.

Az óra jó hangulatban telt, a diákok végig aktívan dolgoztak. Ez köszönhető az *érdekes feladatoknak* és a *változatos módszereknek*. Egyik szép példája annak, hogy egy sokszor unalmasnak mondott tananyagrészt is lehet érdekessé, izgalmassá tenni. Mindkét *feladat szövege érdekes volt* és illeszkedett a mai korhoz. A fogyókúra sokakat érint, a bob egy érdekes, bár hazánkban kevéssé ismert sport. Vagyis a feladatok valós jelenségekről szóltak. Érdekes ötlet a diákoktól való tipp, *hipotézis kérése számításos feladat esetében*. Ennek azonban több szempontból is fontos szerepe van. Egyrészt ráirányítja a diákok figyelmét az adott témára, motiválóan hat, gondolkoznak azon, kíváncsiak lesznek az eredményre, érdekeltek lesznek az eredmény kiszámításában. Egyben megtanulják, hogy a hipotézist össze kell vetni a tapasztalattal, illetve jelen esetben a tapasztalati tényekből számítható eredménnyel.

A szövegfeldolgozás szintén jó és fontos momentuma volt az órának. És nagyon jó volt a tanórán belüli elhelyezése a két számításos feladat között! Egyrészt azért, hogy nem számítás, hanem elméleti rész volt, tehát kicsit más, továbbá a frontális munkát is megszakította, változatossá tette a beiktatott pármunka.

A tanári kérdések egy része a tanórai feladatok jellegéből adódóan a korábban tanult tényanyagokra kérdezett rá ismétlő jelleggel. De nem maradtak el a gondolkodásfejlesztő kérdések sem az óra különböző részeiben.

A természettudományos ismeretszerzés egyes elemei is megjelentek az órán, például a hipotézisalkotás, majd visszatekintés a hipotézisre, és a számítások elvégzése, melyek során tényleges mérési eredményekből kiindulva számítottak ki szintén méréssel ellenőrizhető értékeket.

Mellékletek

1. melléklet: Tesztkérdések

Karikázd be a helyes állítást! (Minden feladatnál csak egy helyes állítás van.)

1. feladat

A) A közegellenállási erő szabaderő, mert létezik rá erőtörvény: $F_{kö} = c \cdot A \cdot \rho \cdot v/2$

B) A kényszererők a szabaderők eredőjének irányát a test valódi mozgásának irányába módosítják.

C) A nehézségi erő kényszererő.

D) A hintázó kisgyerek mozgása szabad mozgás, mert nincsen egy felület, ami meghatározná, hogy milyen irányba mozogjon.

2. feladat

Egy 5 N és egy 12 N nagyságú erőhatás egy adott pontban egymásra merőlegesen hat. Az eredő erő nagysága ebben az esetben:

A) 7 N

B) 17 N

C) 13 N

D) 60 N

3. feladat

A) Pontrendszernek nevezünk minden olyan rendszert, mely több testből áll.

B) A pontrendszer mozgása közben a rendszer tagjai között fellépő erőket belső erőknek, a más testek által kifejtett erőket külső erőknek nevezzük.

C) Pontrendszeres feladatok megoldásánál a rendszer egyes elemeinek mozgásegyenletét külön-külön kell felírni, és csak a külső erőket kell figyelembe venni.

D) A Napból, a Földből és a Holdból álló rendszer nem tekinthető pontrendszernek nagy mérete miatt.

2. melléklet: Páros munka – dolgozatjavítás

Keressétek meg a dolgozatban a hibákat és javítsátok ki! (összesen 10 db hiba)

Isaac Newton (1643–1727): Német természettudós, fizikus, matematikus. Nevéhez fűződik az égi és földi mechanika egységes rendszerbe foglalása, az általános tömegvonzás törvényének igazolása. 1687-ben jelent meg A természetfilozófia matematikai alapjai (röviden Principia) című műve, melyben megfogalmazta a tömegvonzás törvényét és a dinamika alaptörvényeit. A fizikán belül híresek még optikai felfedezései. Vizsgálta a fény különböző tulajdonságait – mint a fénytörést, fényvisszaverődést, elhajlást –, és ezen következtetései alapján megalkotta a Newton-féle lencsés távcsövet. Matematikai munkássága révén pedig igazolta a bolygómozgás törvényeit.

Newton I. törvénye a tehetetlenség törvénye, mely kimondja, hogy minden test nyugalomban marad, mindaddig, amíg külső erővel nem hatunk rá. Például ezért történik az, hogy amikor az autóbusz hirtelen fékez, akkor hátrabillenünk, sőt, ha nem kapaszkodunk, még el is esünk.

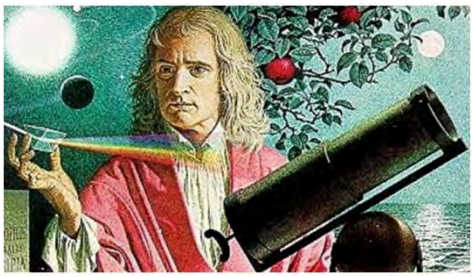
Vagy ha hirtelen húzzuk magunk felé a leveses tálat, akkor a leves ránk ömlik. Valójában Newton I. törvénye azt fejezi ki, hogy dinamikai szempontból a testek nyugalmi állapota és egyenes vonalú egyenletes mozgása egyenértékű.

Newton II. törvénye értelmében a testre ható erő egyenesen arányos a test gyorsulásával, és fordítottan arányos a test tömegével. Ha a testet egyszerre több erőhatás éri, akkor az erőhatáson az erők eredőjét értjük, és a dinamika alapegyenletéről beszélünk.

Newton III. törvénye az erőhatások függetlenségének elvét fejezi ki. Ennek értelmében ha egy testre egyszerre több erő hat, akkor az erők egymástól függetlenül fejtik ki hatásukat. Összességében a test úgy mozog, mintha az erők vektori összegzésével meghatározható egyetlen erő hatott volna a testre. Ezért e törvényt szoktuk a szuperpozíció elvének is nevezni.

Newton IV. törvénye a hatás-ellenhatás törvénye. Kimondja, hogy ha egy test erőt fejt ki egy másik testre, akkor a másik test is ugyanakkora nagyságú erőt fejt ki. Szokták az erő-ellenerő törvényének is nevezni. A két fellépő erő azonos nagyságú, közös a hatásvonaluk és ugyanarra a testre hatnak. Például a pofon nemcsak annak fáj, aki kapja, hanem annak is, aki adja.

3. melléklet: Diasor a páros munka megbeszéléséhez



Newtont *négy* dologgal szokták ábrázolni,
tükrös távcsöve, alma, prizma és a bolygók.

A tehetetlenség törvénye
gyorsuló járműben.

A második törvény szerint a
gyorsulás az erő nagyságától függ.

Az erőhatások függetlensége

Hatás - ellenhatás

2.4. Kepler-törvények

Az óra *célkitűzése:* 9. évfolyamon egész osztály számára a Kepler-törvények megismerése és alkalmazása, betekintés a korabeli tudományos kutatás folyamatába, modellalkotás.

Az óra *előzményei*: a Föld alakjára és mozgására vonatkozó korábbi ismeretek, néhány tudománytörténeti előzmény az ókortól Tycho Brahe munkásságáig.

Az óra felépítése

- A Föld alakjára és mozgására vonatkozó előzetes ismeretek feltárása
- Kepler 1. törvénye, az ellipszis tulajdonságai animáció segítségével
- Kepler 2. törvénye animáció segítségével
- Tudománytörténeti érdekességek
- Kepler 3. törvényének felfedeztetése a Naprendszer bolygóira vonatkozó adatok segítségével csoportmunkában

Az alkalmazott *óravezetés*: alapvetően frontális feldolgozás rövid csoportmunka közbeiktatásával.

Az óra leírása

Az óra az előzetes ismeretek – nemcsak az elmúlt órákon tanultak, hanem még korábbi, gyerekkori elképzelések – felelevenítésével kezdődött. Leszögezték, hogy a diákok már korábbi tanulmányaikból ismerik, hogy a Föld gömb alakú. Ezt kiegészítették azzal, hogy valójában geoid alakú. Továbbá a Föld kering a Nap körül. Ezt követően a tanár a következő kérdést tette fel:

- *Mit gondoltok, a Föld milyen alakú pályán kering a Nap körül? Kör vagy ellipszis alakú a pálya?*

Majd megszavaztatta az osztályt. Többen sejtették, hogy a pálya alakja ellipszis lehet, melyben meg is állapodtak, és le is írták a füzetbe, de kihagytak egy kis helyet a mondat végén, mivel „oda még majd kerül valami”.

- *Hol van a Nap?*

Hangzott el a tanári kérdés. Erre már kevesebb jó válasz érkezett, mivel a legtöbben azt gondolták, hogy a Nap az ellipszispálya középpontjában található.

Ezt követően egy kis matematikai kitérő következett. A tanár elmondta az ellipszis definícióját, táblai rajzon szemléltetve a fő jellemzőit. Ezzel kapcsolatban szorgalmi házi feladatot is adott, miszerint külön lapon be lehet adni egy ellipszis

rajzát, továbbá le kellett azt is írni, hogy miként készült a rajz, milyen segédeszközöket használtak fel. Leszögezte, hogy nem adható be kinyomtatott ábra, és nem használható ellipszis sablon.

Az ellipszis tulajdonságainak ismertetése után a tanár közölte, hogy a Nap az ellipszis egyik fókuszában található, majd a diákok korrektül leírták *Kepler 1. törvényét*, a félbehagyott mondatot ezzel kiegészítve.

- *Az egyik diák meg is kérdezte, hogy ezek szerint az ellipszis középpontjában nincs semmi?*

A Föld ellipszis pályájának megbeszélése során esetleg meg lehet keresni *a pálya tényleges adatait*, vagy szorgalmi feladatként feladni. A napközeli pont 147 millió km-re van a Földtől, míg a naptávolpont 152 millió km. (Ezt szokták 150 millióra kerekíteni, illetve közepes naptávolságnak nevezni.) Tehát a két fókusz nagyon közel van egymáshoz. És a pálya ténylegesen nagyon közel van a kör alakhoz. Ezt is lehet méretarányosan szemléltetni. A Nap átmérője 1,4 millió km.

El lehet mondani, vagy szintén szorgalmi feladatnak adni, hogy a bolygópályákat, azoknak a körtől való eltérését, az *ellipszispálya lapultságát*, az úgynevezett excentricitással szokták jellemezni a különböző bolygótáblázatokban. Ennek értéke az ellipszis centruma és az egyik fókuszpont közötti távolság és az ellipszis fél nagytengelyének a hányadosa.

A pálya excentricitása, lapultsága a Merkúr esetében a legnagyobb, 0,2065, de a Mars esetében sem kicsi 0,0934. Ez utóbbit csak azért említem, mert Kepler a pályaalak meghatározásához a Mars megfigyelési adatait használta fel. A Föld esetében mindössze 0,0167. Érdemes esetleg ezeket az adatokat is tanulmányozni a diákoknak.

Az óra következő részében Kepler 1. törvényét bemutató animációt néztek meg. A tanár megjegyezte, hogy az animációkban az ellipszis lapultságát általában eltorzítottan, túl nagynak szokták bemutatni. Majd megfigyelési feladatot adott a diákoknak:

- *Hogyan változik a bolygó sebessége a pálya különböző részein?*

A diákok észrevették, hogy a bolygó napközelben gyorsabban mozog, mint naptávolban. Azaz naptávolban kisebb a kerületi sebesség. (Azért ábrázolják torzítottan a ténylegesen majdnem kör alakú ellipszis pályát, hogy ez észrevehető legyen.)

Ezt követte a következő animáció, ahol Kepler 2. törvényének, a területi sebesség állandóságának jelzésére az egyes egyforma területű pályarészek kék, illetve fehér színezést kaptak. A tanár szerette volna, ha erre rájönnek a diákok, ezért a következő kérdést tette fel:

- *Mit gondoltok, milyen a különböző színnel jelölt területek aránya? Mit jelent ez?*

A diákok nem jöttek rá, hogy ebben az esetben a területi sebesség lehet állandó. Nem ismerték a fogalmat, így ténylegesen a tanárnak kellett azt megfogalmazni, majd lediktálni.

Az első két Kepler-törvény megfogalmazását követően néhány *tudománytörténeti* érdekességet közölt a tanár az osztállyal Tycho Brahe és Kepler munkakapcsolatáról. Elmondta, hogy Brahe kiváló megfigyelő volt, aki komoly adatbázist hozott létre, de ezt saját maga nem tudta elméletépítésre felhasználni. Ez a feladat ténylegesen Keplerre várt, aki Brahe halála után, az ő adatait felhasználva alkotta meg a róla elnevezett törvényeket.

A tudománytörténeti kitekintés fontos momentum a fizika oktatása során, mivel a legfontosabb tudósok élete és munkássága szerepel az érettségi követelmények között, és általában felkelti a tanulók érdeklődését.

Az óra következő részében Kepler 3. törvényének mintegy „felfedezése” történt meg a diákok csoportos tevékenysége segítségével Kepler nyomán.[2]

A diákok négyfős csoportokat alkottak, az egymás mellett ülőkből. A tanár a Naprendszer hét bolygójának relatív távolság és keringési idő adataiból válogatva adott oda négyet a különböző csoportoknak. A távolságadatok csillagászati egységben voltak megadva, míg a keringési adatok földi években. A bolygóadatok közt a Merkúr nem szerepelt.

Megbeszélték, hogy mi a csillagászati egység.

Majd a tanár úgynevezett „tippelőlapokat” osztott ki, melyen különböző lehetséges kapcsolatokat fogalmazott meg matematikai formában a bolygók nagytengelye és keringési ideje között. Ezzel mintegy utalva arra, hogy Kepler csak sejtette, lehet valamilyen matematikai formában megragadható összefüggés a bolygók említett adatai között. Azokat ő még nem tudta elméleti úton levezetni. Valószínűleg több lehetőséget próbált ki, míg ráakadt a 3. törvényre.

A tanár által adott lehetséges tippek a következők voltak:

$a^3 \cdot T^2$
$a^2 \cdot T^3$
a^3/T^2
egyik sem.

[2] A bemutatott kutatásalapú feldolgozás Vitkóczi Fanni órája alapján került leírásra.

A diákok először tippeltek. A legtöbben a harmadik lehetőségre szavaztak.

Majd a tippelést követően ténylegesen el kellett végezni a megadott adatokkal a számításokat. A tanár azt kérte, hogy a négyfős csoporton belül a következő legyen a munkamegosztás:

- mindenki válasszon ki egy bolygót, és arra számítsa ki a megadott három lehetséges matematikai kapcsolatot,
- majd nézzék meg a csoporttagok a kapott értékeket, és vizsgálják meg, hogy melyik számított érték lesz közel azonos minden csoporttag, vagyis mind a négy bolygó esetében.

Ezt követően megnézték, hogy az egyes csoportok esetében kapott értékek ténylegesen közel azonosak lettek minden csoportnál. Így megállapították, hogy a jó matematikai kapcsolat a harmadiknak megadott. Ezt követően a tanár lediktálta a törvényt.

A tippelőlapon felkínált lehetőségek közt esetleg lehetett volna még más kapcsolatot is megadni, mint egyszerű egyenes vagy fordított arányosságot. Az órának ez a része a kutatásalapú tanulás/tanítás alapgondolatainak tanórai alkalmazására is példát mutat.

Az óra utolsó részében egy számításos feladatot kezdtek el, mely a csoportmunka során kimaradt: a Merkúrnak a Naptól való átlagos távolságának kiszámítása Kepler 3. törvényének felhasználásával. A befejezés házi feladat lett, de előbb néhány lényeges dolgot megbeszéltek. Mint például, hogy az idő és a távolságadatokat ebben az esetben nem kell feltétlenül átváltani SI egységre, hiszen arányokkal számolnak. Továbbá ugyan tudjuk, hogy a bolygópályák ellipszis alakúak, a középiskolai számítások esetében azokat körrel fogják közelíteni. A számításhoz szükséges adatokat az internetről keresték ki a diákok.

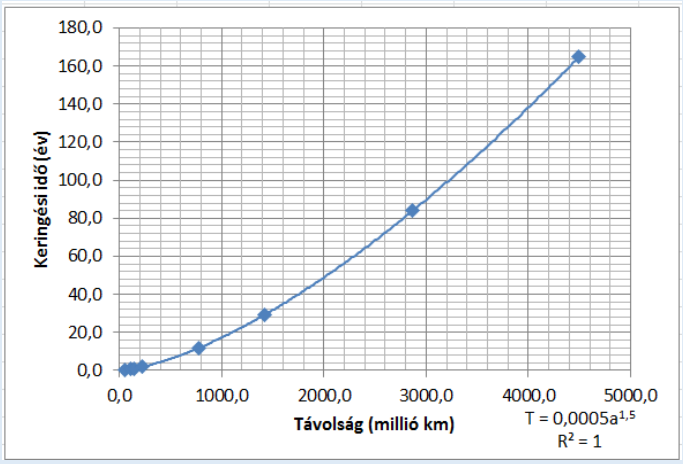
A jó hangulatú órán a diákok aktívan vettek részt. A tanár változatos óravezetést alkalmazott. Kísérlet ugyan nem volt, de ez a téma nem is ilyen jellegű. Ennek hiányát a bemutatott animációk pótolták. Ezekhez minden esetben valamilyen feladat, gondolkodtató kérdés is társult, melyekre adott válaszok nem egy esetben meglepték a diákokat. Az internetről sok animáció, szimuláció elérhető, továbbá különböző adatbázisok. A tanár ezzel példát mutatott arra, hogyan lehet a számítógépet felhasználni a tanuláshoz.

A tanár igyekezett a tudományos kutatás módszereibe is betekintést adni a diákoknak, miszerint adatokat kell gyűjteni, majd azokat rendszerezni, mely nem könnyű feladat. Keplernek ez sikerült.

Az óra utolsó része a *kutatásalapú tanuláshoz*, mint újszerű szakmódszertani irányzathoz kapcsolható, melynek egyik fontos eleme az, hogy a diákok kicsit váljanak részeseivé egy tudományos kutatási folyamatnak. Az adatokat ugyan készen kapták, azokat ebben az esetben nem lehet önállóan összegyűjteni. Sor került viszont a lehetséges kapcsolatra vonatkozó hipotézis megalkotására, az adatelemzésre, a számítások elvégzésére, majd a hipotézissel való összevetésre, a következtetések megfogalmazására és a megszerzett új tudás alkalmazására. Mindez példát mutat arra, hogy miként lehet ezt a módszert a kötelező iskolai tananyagrészek feldolgozása során alkalmazni.

A függvénykapcsolat kereséséhez az Excel program is felhasználható. A diákok ábrázolják az összetartozó adatokat, és megpróbálnak függvényt illeszteni azokra. Esetleg ez is szerepelhet szorgalmi feladatként. A diákok informatikából tanulják a program használatát.

Bolygó	Távolság (millió km)	Keringési idő (év)
Merkúr	57,9	0,2
Vénusz	108,2	0,6
Föld	150,0	1,0
Mars	227,9	1,9
Jupiter	778,3	11,9
Szaturnusz	1427,0	29,5
Uránusz	2869,6	84,0
Neptunusz	4496,6	164,8

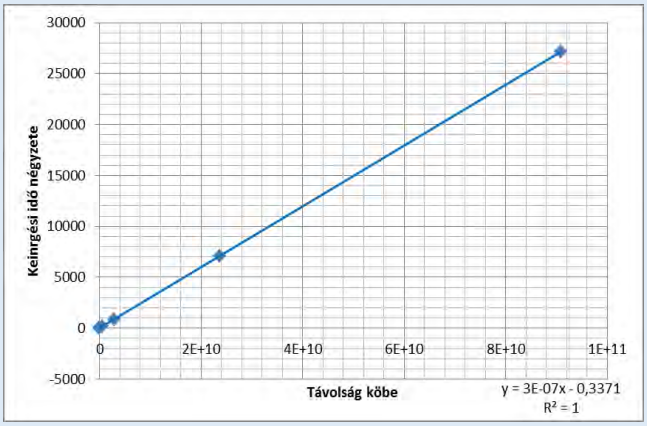


Ugyan az ábrán a km-ben megadott távolságok szerepelnek, de mint az órán is elhangzott, a matematikai kapcsolat alakján az nem változtat, hogy milyen egységet használunk.

A grafikon szándékosan nincs linearizálva, mivel a függvénykapcsolat összefüggése látható a grafikon alján, ami szépen mutatja a megfelelő hatványfüggést.

Bolygó	Távolság (millió km) köbe	Idő (év) négyzete	Hányadosuk	Reciprok
Merkúr	194104,54	0,06	3369870,47	2,97E-07
Vénusz	1266723,37	0,38	3295326,14	3,03E-07
Föld	3375000,00	1,00	3375000,00	2,96E-07
Mars	11836763,64	3,53	3349016,42	2,99E-07
Jupiter	471455917,69	140,66	3351750,74	2,98E-07
Szaturnusz	2905841483,00	867,89	3348161,78	2,99E-07
Uránusz	23630020097,54	7056,00	3348925,75	2,99E-07
Neptunusz	90918606020,70	27159,04	3347636,96	2,99E-07

A számítások elvégzése Excel program segítségével a^3/T^2. (A számításokat az adott cellákra ráhúzott megfelelő összefüggés segítségével végezve.) Látható, hogy a hányadosok jó közelítéssel azonosak. A reciprok értékek csak azért lettek kiszámítva, mivel az egyenes meredekségeként az szerepel. De fordítva is fel lehetne venni a tengelyeket. Azért választottam ezt, mivel az előző ábrán is a függőleges tengelyen szerepel a keringési idő, míg a vízszintesen a Naptól mért távolság. A linearizált kapcsolat:



Hasonló problémákkal azért is érdemes foglalkozni, mivel az érettségi feladatok között több éve szerepelnek például exobolygókkal kapcsolatos problémák.

3. Hőtan és az anyag részecske-szerkezete

A hőtan és az anyag részecsketermészetével kapcsolatos órák leírásait egy csokorba szedtük, mivel ez a két terület több ponton is találkozik. A hőtani folyamatok megértéséhez szükség van az anyag részecskékből állóként való elképzelésére. A leírt órákon szó volt a folyadékok és a gázok szerkezetéről, a gázrészecskék mozgásáról egy teremben vagy egy tartályban, de a földi légkörben való elhelyezkedéséről. Szó volt a halmazállapot-változásokról és arról is, hogy miként is hűthetjük le a forró kávénkat egy kis hideg tejjel.

3.1. Molekuláris erők folyadékokban

Az óra *célkitűzése:* 9. évfolyamon egész osztály számára a folyadék halmazállapotban lévő anyagok néhány jellegzetes tulajdonságának kísérleti vizsgálata, a tapasztalatok értelmezése, példák keresése a hétköznapi életből.

Az óra *előzményei*: a folyadékok és gázok nyomása, felhajtóerő fogalma, Arkhimédész törvényének ismerete.

Az óra felépítése

- Ismétlés, tesztek és feladatok megoldása csoportmunkában
- Folyadék halmazállapot jellemzése
- Közlekedőedények a mindennapokban
- Hajszálcsövesség
- Adhézió és kohézió

Az alkalmazott *óravezetés*: alapvetően frontális módszer, az óra elején rövid csoportmunkával.

Az óra leírása

Az óra az elmúlt órákon tanultak ismétlésével kezdődött. A diákok egyszerű választásos, illetve számításos feladatokat kaptak, melyeket 3-4 fős csoportokban oldottak meg, amit közös megbeszélés követett. A feladatok a mellékletben olvashatók, megoldásuk: B, B, C, B, C

Az egyik tesztfeladat megoldása során a Hold esetében megjelent az a jellegzetes tévképzet, hogy ott nincs súlya a testeknek.

Ezt követően megbeszélték a különböző halmazállapotok jellemzőit, mint alakállandóság, térfogatállandóság. Megállapították, hogy a szilárd halmazállapotú anyagok esetében mind az alak, mint pedig a térfogat állandó, a folyadékok esetében csak a térfogat, míg a gázoknál egyik sem, azok kitöltik a rendelkezésükre álló teret.

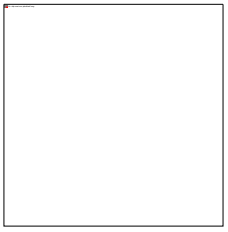
- *Kémiaórán már biztos foglalkoztatok az anyagok szerkezetével. Miből épülnek fel az anyagok?*

Megbeszélték, hogy az anyag részecskékből épül fel, melyek lehetnek atomok, ionok vagy molekulák. Ezt követően megbeszélték, hogy a részecskék miként helyezkednek el a különböző halmazállapotú anyagokban. A szilárd anyag esetében egymáshoz közel és szabályos rendben. A gázokban egymástól távol vannak, és csak akkor lépnek kölcsönhatásba egymással, amikor éppen összeütköznek. A folyadékok esetében a szilárd halmazállapothoz hasonlóan közel vannak egymáshoz a részecskék, és e miatt a kölcsönhatás köztük ugyanolyan erős, ellenben nem helyezkednek el szabályos rendben, hanem elmozdulhatnak, gördülhetnek egymáson. A folyadékokat meg lehet keverni, míg a szilárd halmazállapotban lévő anyagot nem.

Sok helyen lehet olvasni, illetve hallani olyan tévképzetet, hogy a folyadékok esetében mintha gyengébb lenne a részecskék közötti kölcsönhatás, mint a szilárd halmazállapotban, és a részecskék is távolabb lennének egymástól, ami nem így van!

Érdemes megnézni a különböző anyagok olvadás- és forráshőjének nagyságát. Ez utóbbi minden anyag esetében többszöröse az olvadáshőjének. Ez azért van így, mert az olvadás során ténylegesen csak a részecskék mozgási energiája nő meg, mivel már nem csak a rácspontok körül rezeghetnek, de a közöttük lévő távolság nem növekszik. Ezért a térfogat ténylegesen alig nő meg az olvadás során. Sőt, van olyan anyag, melynek nagyobb a sűrűsége folyékony halmazállapotban, mint például a víz esetében. Továbbá a folyadékok sem nyomhatók össze (illetve csak nagyon nehezen). Ellenben a forrásnál ténylegesen elszakadnak egymástól a részecskék, megszűnik a köztük lévő kölcsönhatás (ideális

gáz), ami jóval több energiát igényel. A térfogat pedig több nagyságrendnyit növekszik. Például 1 mól víz tömege 18 g, térfogata folyékony halmazállapotban 18 cm^3. Ha elforraljuk, az ideális gáz közelítést alkalmazva 20 °C-on 24 dm^3 lesz a térfogata. Tehát kb. ezerszeresére növekszik!



Ezt követően bemutatta a tanár az úgynevezett közlekedőedényt[1] a tanulóknak, majd megkérdezte:

- *Mit gondoltok, hogyan fog állni a vízszint, ha vizet töltünk bele?*
- *És hogyan áll majd a vízszint, ha megdöntjük az edényt?*

A tanulók jól sejtették, hogy a vízszint minden esetben azonos magasságban vízszintesen lesz.

- *Miért nevezik ezt az edényt vajon közlekedőedénynek?*

Majd közösen megállapították, hogy ezek

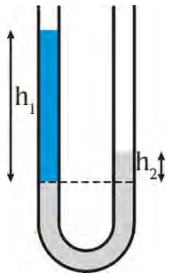
- felül nyitott edények,
- szárai úgy vannak alul összekötve, hogy benne a folyadék szabadon tud mozogni, „közlekedni”,
- ha a közlekedőedényben a folyadék nincs egyensúlyban, akkor arra áramlik, ahol ugyanabban a vízszintes síkban kisebb a hidrosztatikai nyomás (teáskanna megdöntése),
- nyugvó folyadékban az azonos nyomású pontok vízszintes síkban vannak,
- ezért van minden szárban azonos magasságban a folyadék, mint például a teáskannában.

Majd ezt követően megbeszélték, hogy mi a hidroglóbusz és miért van rá szükség.

- *Előfordul-e, hogy egy házban a felső emeleteken a csapból nem folyik víz, lent viszont igen?*
- *És fordítva?*

Ezt követően az U alakú csövekben lévő folyadékszinteket kezdték tanulmányozni.

[1] http://taneszkozok.hu/termek/kozlekedoedeny.html



- *Mit gondoltok, van-e különbség, ha az U alakú cső két szárában lévő folyadékok sűrűsége nem egyezik meg? Hogyan helyezkednek el ebben az esetben a folyadékszintek?*
- *Melyik lehet az ábra szerint a víz, és melyik a higany?*
- *Milyen arányosság lehet a folyadék sűrűsége és a folyadékszint magassága között?*

A tanár a fenti ábrát[2] vetítette ki digitális táblán.

A higannyal való kísérletezés komoly odafigyelést igényel, veszélyes anyag. Az interneten nagyon sok higannyal végrehajtott kísérlet megtekinthető videón. Azonban lehetőleg minden diáknak legyen élménye arról, hogy ténylegesen látta az anyagot, esetleg higanyt tartalmazó üveget kézbe is foghatott. Viszonylag kis térfogatú higanynak is feltűnően nagy a tömege, hiszen nagy a sűrűsége az általunk megszokott köznapi anyagokhoz viszonyítva.

Ebben az esetben megfelelő volt egy rajz bemutatása. Azonban figyelni kell arra, hogy milyen rajzot mutatunk be! A két szint magassága között ténylegesen nagy különbség kell legyen, ha vizet és higanyt szeretnénk összehasonlítani!

A diákok rájöttek, hogy minden bizonnyal a kisebb magasságú szürke folyadék lehet a higany, és a másik, kék színű a víz. Tehát fordított arány lehet a sűrűség és a folyadékszint magassága között, mely összefüggést matematikai jelekkel is felírták. A tanár a táblára, míg a diákok a füzetükbe.

$$\rho_{\mathrm{Hg}} > \rho_{\mathrm{víz}}$$
$$h_{\mathrm{Hg}} < h_{\mathrm{víz}}$$
$$\rho_{\mathrm{Hg}}/\rho_{\mathrm{víz}} = h_{\mathrm{víz}}/h_{\mathrm{Hg}}$$

Az óra következő részében egy *hajszálcsöveket* tartalmazó közlekedőedényt[3] mutatott a tanár a diákoknak. Elmondta, hogy a hajszálcsövek átmérője ténylegesen a hajszál átmérőjének nagyságrendjébe esik.

- *Mit gondoltok, ha ebbe a hajszálcsöveket is tartalmazó edénybe vizet öntünk, mi várható? Hol lesz a vízszint?*
- *Egyik tanuló érdekes ötlettel állt elő, miszerint a szűkebb csőben azért lesz magasabb a vízszint, mert kevesebb víz fér bele.*

[2] http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termeszettudomanyok/fizika/fizika-7-evfolyam/kozlekedoedenyek/ketfolyadekos-kozlekedoedeny

[3] http://taneszkozok.hu/termek/hajszalcsoves_kozlekedoedeny_muanyag_talpon.html

- *Figyeljük meg a vízszintet! Mit tapasztaltunk? Azt, amit vártunk?*

Megnézték, hogy ténylegesen magasabb a hajszálcsőben a vízszint. És minél kisebb a hajszálcső átmérője, annál magasabb.

- *Mit gondoltok, mi történik, ha víz helyett higanyt öntünk a hajszálcsöves közlekedőedénybe? Miért?*

A diákok fordított eredményre tippeltek, majd ténylegesen megnézték.

A diákok ebben az esetben mintegy csak tippeltek, de különösebb elméleti meggondolás nélkül. Azonban ez is hasznos, hiszen figyelmük ilyen esetben is teljes mértékben ráirányul a kísérletre és annak megfelelő részletére. Tudják, hogy a széles csőhöz viszonyított folyadékmagasságokat kell megfigyelni az egyes hajszálcsövekben.

A megfigyelést követően a tanár kérdéseivel vezette rá a diákokat arra, hogy gondoljanak vissza az anyagot alkotó részecskék közötti kölcsönhatásokra.

- *Van-e kapcsolat a víz részecskéi között?*
- *Vajon a higany esetében mi történik? Miért van lejjebb a higanyszint?*
- *Csak azonos anyagok részecskéi között van kölcsönhatás?*
- *Lehet különböző anyagok részecskéi között is vonzóerő?*
- *Ha erő, hogyan mérhetem meg?*

Megbeszélték, hogy rúgós erőmérőt lehetne erre a célra használni. A tanár előzőleg elkészített egy kampóval ellátott üveglapot. Ebbe a kampóba lehetett beakasztani a rúgós erőmérőt, amit rá lehetett tenni a folyadék felszínére.

- *Mit csináljunk először?*

Először mérjük meg a kampóval ellátott üveglap súlyát!

- *Mit gondoltok, ha rátesszük az üveglapot a vízfelszínre, van-e közöttük kölcsönhatás?*

Majd ezt követően tette rá a tanár a lapot a folyadék felszínére.

- *Mi történik, ha az üveglapot a víz felszínéről megpróbáljuk felemelni? Kell-e hozzá erő? Hogyan dönthetjük ezt el?*
- *Mekkora erő kell hozzá?*

Nézzük meg! (A tanár kihívott egy diákot, aki segített leolvasni az erőmérőt, az erő 0,2 N volt.)

- *Mit tapasztaltunk? Mekkora erő kellett a vonzóerő legyőzéséhez?*

Tapasztalat: Az üveglapnak a vízfelszínről történő felemeléséhez nagyobb erőre volt szükség, mint amikor csak a levegőben lógott. Továbbá a felemelt üveglap nedves volt.

Következtetés: A két erő különbsége a vízrészecskék egymás közötti kölcsönhatásából adódott, hiszen az üveglap nedves volt. Tehát a vízrészecskék váltak el egymástól.

Vigyázat, a fenti kísérlet során, mivel a víz az üveglapot nedvesíti, így ténylegesen vízmolekulákat választunk el egymástól, nem pedig víz- és üvegrészecskéket!

A víz nedvesíti az üveget, a víz és az üveg részecskéi nem válnak el egymástól, tehát a víz és az üveg részecskéi közt erősebb a kölcsönhatás, mint a víz-víz részecskék közt. Ezért áll magasabban a vízszint a hajszálcsőben. Ellenben a higany esetében más a helyzet. Ott a higanyrészecskék egymás közti vonzása a nagyobb, a higany nem nedvesíti az üveget, ezért alacsonyabb a hajszálcsőben a folyadékszint.

Az óra végén a nedvesítésre példaként a pamutból készült ruha kellemes viselete – melynek oka a nedvesség hajszálcsövekbe történő felszívódása – és a kockacukor példája hangzott el.

Házi feladatként további példákat kellett keresni a diákoknak a közlekedőedények és a hajszálcsövesség témakörében.

Az órán ugyan nem sikerült mindent megbeszélni a témával kapcsolatban, de ez nem is lehet cél. A fontos az, hogy a diákok egy adott modell, nevezetesen az anyag részecskemodelljének felhasználásával alkottak empirikusan vizsgálható hipotéziseket, melyeket ténylegesen el is végeztek, illetve megbeszéltek. A tanár folyamatosan olyan kérdéseket tett fel, melyek gondolkodásra sarkallták a diákokat.

Melléklet: Az órán megoldott feladatok

Ismétlő feladatok (1. csoport)

1. Mit nevezünk légnyomásnak?
   A) A dugattyúval összenyomott levegő nyomását.
   B) A Földet körülvevő légkör súlyából származó nyomást.
   C) A levegőben lévő vízpára nyomását.
   D) A vízben oldott levegő nyomását.

2. A folyadékok belsejében nagyobb a nyomás, mint a folyadékok felszínén. Miért?
   A) Mert a Föld felszínéhez közelebb nagyobb a nyomás.
   B) Mert a felszíni nyomáshoz hozzájárul a folyadékoszlop hidrosztatikai nyomása.
   C) Mert a folyadék belsejében felhajtóerő is működik, ami növeli a nyomást.
   D) Mert a vízben oldott levegő van.

3. Két egyforma, alul zárt, hosszú cső egyikében 1 liter forró víz, a másikban 1 liter hideg víz van. Melyik csőben nagyobb a fenékre ható nyomás?
   A) Ugyanakkora a nyomás a csövekben, mert ugyanannyi folyadék súlya nyomja a csövek fenekét.
   B) A folyadékszintek magassága az egyforma térfogat miatt azonos a csövekben, tehát a nyomás is azonos.
   C) Igaz, hogy a folyadékszintek magassága azonos, de a meleg víz sűrűsége kisebb, mint a hideg vízé, tehát a hideg vizes csőben nagyobb a nyomás.
   D) A meleg víz kitágul, így a meleg vizes csőben magasabb a vízoszlop, tehát ott nagyobb a nyomás.

Fontos kérdést vet fel a feladat. Felületes olvasó gondolhat arra, hogy az 1 liter forró vizet egy liter hideg víz melegítésével nyertük (így közben kitágul), és ezért várható, hogy többen rossz választ adnak. A szöveg azonban pontosan meghatározza, hogy egy liter a forró víz is, tehát azonos a térfogat. A szövegértés szempontjából fontos és jó feladat!

4. Miért építik a folyón a gátakat alul sokkal szélesebbre és ferdébbre, mint felül?
   A) Nem is építik szélesebbre és ferdébbre alul.
   B) Mert nagyobb hidrosztatikai nyomás nehezedik rá.
   C) Mert a gátak alsó része nincs a víz színe alatt.
   D) Ez véletlenül van így.

5. Hat-e a Holdon a nyugvó folyadékba merülő testre felhajtóerő?
   A) Nem, mert a Holdnak nincs légköre.
   B) A Holdon nincs súlya a testeknek.
   C) A Holdon is hat felhajtóerő, mert van súlya a kiszorított folyadéknak.
   D) Nem, mert a Holdon a folyadékok belsejében a légkör hiánya miatt nulla a hidrosztatikai nyomás.

Számítási feladat (2. csoport)

Egy 20 dm^3 térfogatú alumíniumtest a vízben elmerül. Mekkora a testre ható felhajtóerő?

3.2. Termikus kölcsönhatás

Az óra *célkitűzése:* 7. évfolyamon kis létszámú teljes osztályban a termikus kölcsönhatás témaköréhez kapcsolódó legfontosabb fogalmak tárgyalása, továbbá néhány, a tanultak alkalmazására szolgáló példa megbeszélése, kísérletek elvégzése.

Az óra *előzményei*: az energiaterjedés különböző módjait és a hőszigetelési lehetőségeket tanulták a diákok a korábbi órákon az OFI kísérleti tankönyve és munkafüzete alapján.

Az óra felépítése

- Csoportalakítás és a korábban tanultak ellenőrzése
- A feldolgozandó új témakörhöz tartozó kísérleti munka előkészítése, a legfontosabb új fogalmak bevezetése
- Tanulói kísérletezés csoportmunkában, 6 csoport dolgozott, csoportonként 3-4 fővel
- A kísérleti eredmények közös megbeszélése
- Az óra zárása, összefoglalás, mit kell megtanulni, házi feladat

Az alkalmazott *óravezetés*: a diákok csoportos tevékenysége és frontális megbeszélés igény szerint váltakozva.

Az óra leírása

Az óra *csoportalakítással* kezdődött, melynek egyben ismétlő jellege is volt. A gyerekek kis papírokat kaptak, melyeken különböző mennyiségek neve, mértékegysége, jele, mérőeszközének megnevezése szerepelt, és a csoporttagoknak ezek alapján kellett megtalálniuk egymást. A következő elnevezésű csoportok alakultak így meg: sűrűség, idő, tömeg, hosszúság, térfogat, hőmérséklet. A gyerekek helyet foglaltak a már eleve csoportmunkához berendezett terem összefordított asztalainál. Ezután a csoportok kijelöltek maguk közül szóvivőt, témafelelőst, időfelelőst és jegyzőt, majd elkezdődött a tényleges órai munka.

Először a munkafüzetből, illetve a tankönyvből kaptak egy-egy feladatot a csoportok, melyet 3 perc alatt kellett közösen megoldaniuk. Majd közös, osztályszintű megbeszélés következett. Így ismételték át a tanulók az energiaterjedés különböző módjait és a hőszigetelési lehetőségeket.

A megbeszélés során a tanár projektorral kivetítette az éppen aktuális kérdést, hogy azt az egész osztály láthassa.

Látszott, hogy a diákok rendszeresen szoktak csoportmunkában dolgozni. A csoportmunkát fegyelmezetten végezték, majd miután készen voltak a feladatokkal, természetes volt számukra, hogy az óra következő szakaszában már nem beszélnek egymással. Osztályszintű megbeszélés következik, amikor a tanár a csoportban megválasztott szóvivőnek adja meg a beszéd lehetőségét, illetve jelentkezés alapján lehet megszólalni.

A következő részben a *kísérleti munka előkészítéseként* további, a témához kapcsolódó kérdéseket beszéltek meg osztályszinten:

- *Hogyan lehet a forró kávét minél gyorsabban lehűteni?*

A diákok több megoldási lehetőséget is felvetettek: jégkockával, tejjel, és megbeszélték, hogy a tejnek hidegnek kell lennie.

- *Mi változik a forró kávé és a hideg tej összeöntésének hatására?*

A diákok ebben az esetben is többféle választ adtak: a tömeg, térfogat, hőmérséklet, szín stb. Végül megállapodtak abban, hogy jelen téma szempontjából a hőmérsékletek változása a fontos. A forró kávé lehűl, míg a hideg tej felmelegszik, és kialakul egy közös hőmérséklet.

A két kérdés kifejezetten gondolkodtató, a diákok korábbi, a mindennapi életből származó előismereteit hivatott előhívni. Az első egy problémát vet fel, melyre többféle választ is lehetett adni. Tehát divergens gondolkodást igényelt. A probléma megoldása szempontjából fontos elemet kellett ebből kiválasztani, hideg legyen, melyből tovább lehetett menni. A második kérdést már e mentén tette fel a tanár. Érdekes megfigyelni, hogy a diákok még erre is többféle választ adtak. Tehát a gyerekek divergens módon gondolkoznak, melyből ki kell szűrni a probléma szempontjából lényeges elemet.

A 15. perc végén került sor az aznapi *kísérleti feladat* feldolgozásának elkezdésére, mely a tankönyv 28. oldalán található. A feladat szövegét, a munkafüzetben lévő táblázatot és a négyzethálós részt kivetítette a tanár. A diákok figyelmét kifejezetten felhívta arra, hogy ne nyissák ki a tankönyvet (hiszen abban le van írva a kísérleti tapasztalat).

A tanár részletesen elmagyarázta, hogy mit kell csinálni a diákoknak a mérés során. Például, nem az ábrán látható két üvegpoharas módszert fogják követni, mivel a nagyobb üvegpohár helyett fémből készült poharat fognak használni. A csoportok számára szükséges eszközöket tálcán előkészítette. A tanár először minden csoportnak öntött hideg vizet, és kérte, hogy rögtön tegyék bele a hőmérőt. Megbeszélték, hogy ez azért szükséges, hogy a hőmérő felvegye a víz hőmérsékletét. Majd közösen beírták a táblázatba az első adatot. Megbeszélték, hogy amint a

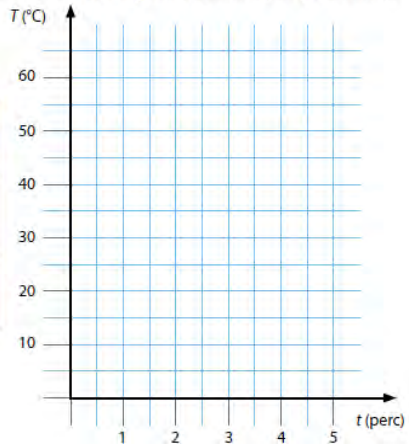
csoport megkapja a meleg vizet, abba is azonnal beleteszik a hőmérőt. Ezt követően a tanárnő a meleg vizet is odavitte az egyes csoportokhoz.

1. Kísérlet

Tegyél egy nagyméretű főzőpohárba hideg vizet, majd állíts bele egy kisebb főzőpoharat, amelyben forró víz van! Tegyél mind a kettőbe 1–1 hőmérőt! Olvasd le mind a két hőmérőt fél percenként, méréseidet rögzítsd a munkafüzetedben található táblázatba! Figyeld meg, hogyan változott a főzőpoharakban a víz hőmérséklete!

1. 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)									



Meg lehetett volna beszélni a mérés elvégzése előtt, hogy mit várnak a gyerekek. Alkossanak hipotézist arra, hogy mi fog történni a meleg és a hideg vízzel! Beszéljék meg, milyen közös hőmérsékletre számítanak!

Ez azért lehet érdekes, mert elő szokott fordulni, hogy a gyerekek nem köztes értéket *várnak, hanem összeadják a hőmérsékleteket. Bár ténylegesen fogalmilag szerintem nagyon* jól elő volt készítve a dolog a forró kávé és a hideg tej esetével. A diákok ebben az esetben készen kapták a kísérleti leírást és az eszközöket. Nem maguk alkották meg a vizsgálati módszert.

El lehet képzelni olyan feldolgozást, hogy ezt is a diákok alkotják meg, mely ugyan időigényesebb, viszont jobban fejleszti a gondolkodást. Például a következő lehet a *problémafelvető kérdés*:

– Hogyan tudnánk nyomon követni a közös hőmérséklet kialakulását a forró kávé és a hideg tej esetében?

Majd a további segítő tanári kérdések:

– Hogyan lehet a problémát leegyszerűsíteni?
– Mit/miket kellene mérni?
– Milyen mérési elrendezést lehet kitalálni?
– Hogyan lehetne az adatokat felvenni, milyen mérési táblázatot kellene kialakítani?
– Hogyan lehetne grafikusan szemléltetni a közös hőmérséklet kialakulását?
  – Hány grafikont kellene készíteni?
  – Mit minek a függvényében kellene ábrázolni?
  − Mit fogtok a függőleges és a vízszintes tengelyre felmérni? (Itt fontos azt tudatosítani a diákokban, hogy a koordináta-rendszerben ábrázolt egy-egy pont egy tényleges mérésnek felel meg.)
  − Milyen grafikont vártok? Várhatóan hogyan fog az kinézni? (Ebben az esetben az is fontos, hogy a grafikon várhatóan nem egyenes lesz, nem lineáris a függés. Ezt külön tudatosítani kell a diákokban. Először csak a pontokat ábrázolják, és a görbét csak később, a tisztázó beszélgetés után rajzolják meg. Beszéljék meg, hogy milyen grafikont vártak, mi volt a hipotézis, és ehhez képest milyet kaptak.)

– További kutató kérdéseket is lehet ajánlani a diákoknak, mint például: A hideg vizes edénybe helyezzük a meleg vizes edényt, vagy fordítva?

A fent vázolt megközelítés a *tanulás folyamatára* helyezi a hangsúlyt, melynek a diák aktív résztvevője. Utat mutat az ismeretszerzés módszerei, az élethosszig tartó tanulás, a tudáskonstruálás felé, mivel nem készen kapja, mintegy receptszerűen, a vizsgálati módszert, a kitöltendő táblázatot, az ábrázolandó függvénykapcsolathoz a koordináta-rendszert. Azt meg kell alkotnia, persze segítséggel, amit meg is kap, de nem csak kizárólag a tanártól, ebben társai is segítik. Ez szélesebb körű kompetenciafejlesztést eredményezhet, a tanuló gondolkodásának fejlődése mellett. A következő órai „visszakérdezés” során pedig érdemes elemezni az új tudás megszerzésének folyamatát is, mintegy „metakognitív” tudásrendszerként (ezt persze nem kell a diákoknak így kimondani). Ez más minősége a tudásnak, mintha csak egyszerűen kikérdezzük a diákoktól a megtanult fogalmakat és a vizsgálati módszert.

A látogatott órán a diákok fél percenként leolvasták a megfelelő hőmérsékleteket. Abszolút tanulságos volt figyelni a tanár mozgását a diákok csoportos tevékenysége közben. Minden csoporthoz odament és kérdéseivel segítette a munkájukat, a teljes tanórán a gyerekek közt volt. Ezt nagyban elősegítette a terem berendezése, a székek, az asztalok és az aktív tábla elrendezése is.

A mérés után következett a frontális formában tartott közös megbeszélés az alábbi tanári kérdések mentén:

- *Mi történt a meleg vízzel?*
- *Mi okozta a meleg víz hőmérsékletének csökkenését?*
- *Mi történt a hideg vízzel?*
- *Mi okozta a hideg víz hőmérsékletének növekedését?*
- *Ha csak egymás mellé tettük volna a két pohárban lévő vizet, akkor is ez történt volna a hőmérsékletekkel?*

Ezt követően általánosságban beszélték meg a termikus kölcsönhatás lényegét.

- *Mi szükséges ahhoz, hogy termikus kölcsönhatás jöjjön létre?*

Válasz: meleg test, hideg test és ezek érintkezése.

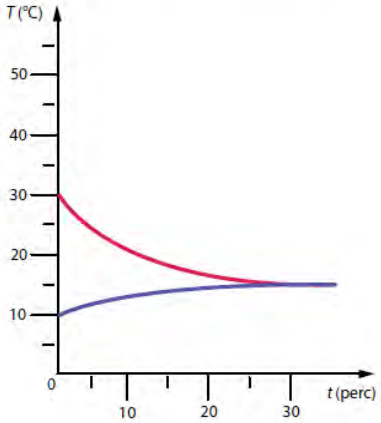
További tanári kérdések a tanultak elmélyítéséhez:

- *Mit gondoltok, mi történik, ha a 28 °C-os vizet (ez lett a közös hőmérséklet a legtöbb csoportban) itt hagyjuk a kb. 20 °C-os szobában?*
- *Meddig marad 28 °C-os a hőmérséklete?*
- *Meddig fog hűlni? Mekkora lesz végül a hőmérséklete és miért?*

Végül összefoglalásként a munkafüzet 25. oldalán lévő 5. feladat kérdéseire válaszoltak a diákok.

5. Az alábbi grafikon azt a hőmérséklet-változást mutatja, amit akkor tapasztaltunk, amikor a napsütötte dinnyét hideg vízbe tettük. Jelöld a grafikonon, melyik görbe tartozik a dinnyéhez, melyik a vízhez!

	dinnye	víz
Hány °C-os volt kezdetben a hőmérséklete?		
Hogyan változott a hőmérséklete?		
Hány °C-os lett végül a hőmérséklete?		



Ezt a jelenséget ..... nevezzük!

Mi a feltétele ennek a jelenségnek?

– .....

– .....

Mitől függ a közös hőmérséklet nagysága?

– .....

A tanár megjegyezte, hogy most nem a füzetbe fogják lejegyezni a legfontosabb megállapításokat, hanem a feladat kérdései alapján tekintik át az órán tanult fontos dolgokat.

A feladatot a tanár kivetítette, majd a helyes válaszokat is így mutatta meg a tanulói válaszokat követően.

A kitöltés után még rögzítették a következő kérdésekre adott válaszokat:

- *Mitől függhet a közös hőmérséklet nagysága? (tömeg, kezdeti hőmérséklet, anyagi minőség)*

Az anyagi minőség megjegyzés a következő óra előkészítését szolgálta, hiszen azt ezen az órán nem tudták vizsgálni. Ellenben a következő óra anyaga a fajhő fogalmának bevezetése. Végül elhangzott az óra anyagát összegző kérdés:

- *Tehát miként is lehet lehűteni a forró kávét?*

Ezt követően a tanár értékelte a diákok munkáját. Mindenki kapott kisötöst, mivel ügyesen elvégezték a kísérletet, és még néhány diák plusz pontot is az órai szereplésért.

A tanár *csak pozitív értékelést* alkalmazott. A kísérletezésből rossz jegy nem születik. Azonban a tanár elmondása szerint természetesen a felelések, dolgozatok esetében azért ilyen is előfordul.

Végül a tankönyvből való tanulnivaló és a házi feladat (egy tankönyvi és egy munkafüzeti feladat) megadásával *zárult az óra*. A mérési adatok ábrázolása is a házi feladat része volt. Az összefoglalásnál látták a diákok a görbe jellegét. De nem töltöttek ezzel időt a bemutató órán, mivel a grafikus ábrázolás ebben az időben tananyag a matematikából is, ezért a következő órán foglalkoznak azzal részletesebben.

Külön ki kell emelni az alábbiakat:

A tanár sok, pontos és a téma szempontjából lényegi *kérdést* tett fel. Ezeket minden esetben részletesen megbeszélték.

Az *aktív tábla* alkalmazása nagyon jó volt. Csak akkor használták, amikor ténylegesen szükség volt rá. Nagyban segítette az óra menetét, hogy például nem a táblára kellett felrajzolni a kísérleti elrendezést, továbbá a kérdések, a feladatok szövege és a megoldások jól követhetőek voltak. A tanár ezzel teljes figyelmét az osztályra tudta fordítani, az óra teljes idejében a diákok közt volt.

Az óra *jó hangulatú*, változatos, érdekes volt, köszönhetően a sokféle módszer alkalmazásának.

3.3. Az energiaterjedés módjai, hővezetés

Az óra *célkitűzése:* 7. évfolyamon egész osztály számára a hővezetés fogalom kísérletekre alapozott feldolgozása.

Az óra *előzményei*: a termikus kölcsönhatás fogalma.

Az óra felépítése

- Házi feladat ellenőrzése
- Felelés a munkafüzet feladatainak felhasználásával
- A hővezetéssel kapcsolatos hétköznapi tapasztalatok
- A hővezetéssel kapcsolatos kísérletek
- Összefoglalás

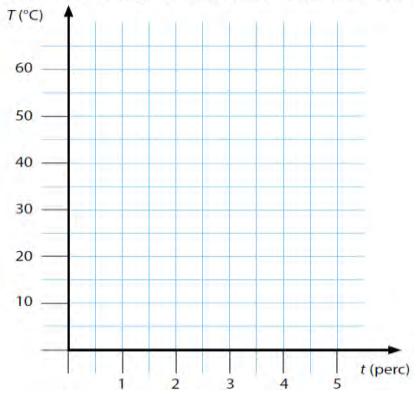
Az alkalmazott *óravezetés*: a tananyag frontális módú feldolgozása.

Az óra leírása

Az óra a *házi feladat ellenőrzésével* kezdődött, mely a munkafüzet 24. oldalán lévő 1. feladat volt, mely az előző órai méréshez kapcsolódott. A diákoknak az általuk kapott mérési eredményeket kellett a megadott koordináta-rendszerben ábrázolni.

1. 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)									

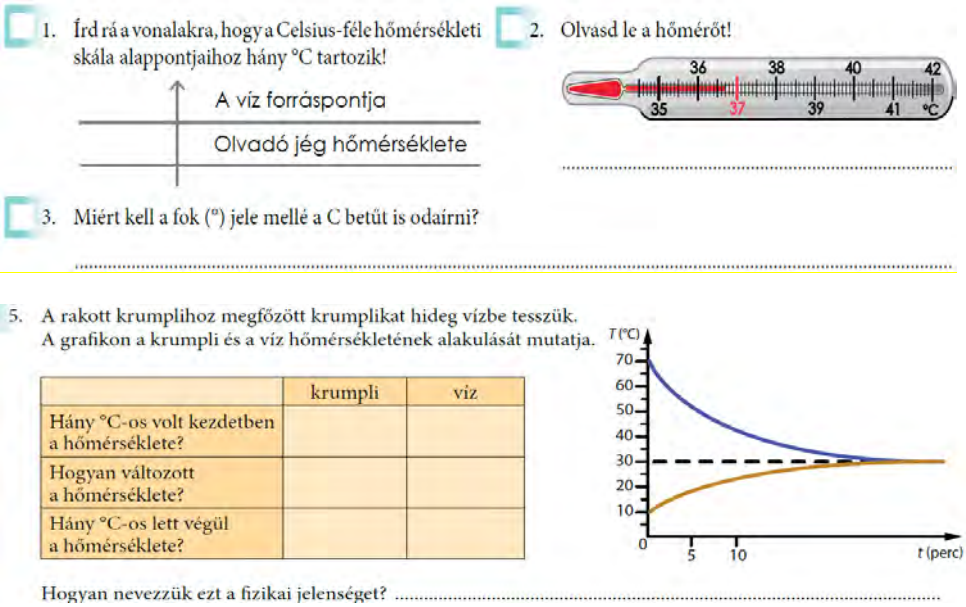


Ez után néhány egyszerű kérdést tett fel a tanár.

- *Mi melegítheti fel az 50 °C-os vizet?*
- *Egy -10 °C-os hőmérsékletű test tud-e bármilyen testet melegíteni?*

A kérdések kapcsán megbeszélték, hogy minden test képes melegíteni egy nálánál hidegebb, alacsonyabb hőmérsékletű testet.

Az óra következő részében „*felelés*” volt, vagy nevezzük inkább számonkérésnek, melyhez a munkafüzet 27. oldalának néhány feladatát használta fel a tanár. A tanulóknak a Tudáspróba 1., 2., 3. és 5. feladataiban szereplő kérdésekre kellett válaszolniuk írásban, egyéni munkában.



1. Írd rá a vonalakra, hogy a Celsius-féle hőmérsékleti skála alappontjaihoz hány °C tartozik!

A víz forráspontja

Olvadó jég hőmérséklete

2. Olvasd le a hőmérőt!

.....

3. Miért kell a fok (°) jele mellé a C betűt is odaírni?

.....

5. A rakott krumplihoz megfőzött krumplikat hideg vízbe tesszük. A grafikon a krumpli és a víz hőmérsékletének alakulását mutatja.

	krumpli	víz
Hány °C-os volt kezdetben a hőmérséklete?		
Hogyan változott a hőmérséklete?		
Hány °C-os lett végül a hőmérséklete?		

Hogyan nevezzük ezt a fizikai jelenséget? .....

A válaszok megadása után a gyerekek úgynevezett „javítószínű” ceruzát vettek elő, mely esetünkben zöld volt, és a feladatok megbeszélése során javították és pontozták saját válaszaikat.

A pontszámok a válaszlehetőségek függvényében a következőképp alakultak, melyeket a tanár a táblára írt: 2+1+1+2+2+2+1 = 11 pont. Tehát összesen 11 pontot lehetett elérni. Ezt a tanár beskálázta jegyekre: 10-11 pont jeles (5), 8-9 pont jó (4) és 6-7 pont közepes (3). Alacsonyabb pontszám nem fordult elő. A diákok összeadták a pontjaikat, és csak azoknak, akik kérték, a tanár gyorsan beírta az osztályzatot is.

Ez a módszer nagyon jó példa arra, hogy miként lehet gyorsan, viszonylag sok diák teljesítményét értékelni, a folyamatos készülést, tanulást és otthoni gyakorlást elérni a diákoknál. A kérdések, feladatok nem voltak nehezek, és nem különösebben gondolkodtató jellegűek, de ilyenekkel inkább azután lehet foglalkozni, ha a diákok megszerezték a megoldásukhoz szükséges tudást.

Az óra második részében került sor az új anyag feldolgozásra, mely a *hővezetés* volt.

A téma felvezetéséhez a tanár példákat vett elő a *hétköznapi tapasztalatokból*. A következő kérdéseket tette föl:

- *Hűvös időben kirándultok, és mivel elfáradtatok, le szeretnétek ülni. Egy fa- és egy kőpad van a közelben. Melyikre ülnétek le?*
- *Miért jó a réteges öltözködés?*
- *Az ablakok általában két üvegtáblát tartalmaznak. Mit gondoltok, miért?*
- *Főzéskor az étel kavarásához inkább fakanalat használunk, nem pedig fémkanalat. Mi lehet ennek az oka?*
- *Mi kapcsolja össze az említett példákat: fapad vagy kőpad, réteges öltözködés, dupla üvegablakok, termosz, fakanál vagy fémkanál?*

A mai téma az energia terjedése lesz.

A fémkanálnak az a része is meleg lesz, amelyet nem is melegítünk.

- *Hogyan jut el az energia a meleg levesből oda, ahol a fémkanalat megfogjuk? – tette fel a kísérletet felvezető motiváló kérdést a tanár.*

Első kísérlet

A kísérlet során a tanár borszeszégővel melegített egy fémrudat. A fémrúdra a tanár előzetesen egymástól közel egyforma távolságra rajzszögeket ragasztott fel gyertyaviasszal. Elmondta, hogy a rudat az egyik végén fogja melegíteni a borszeszégő lángjával és majd azt kell figyelniük a diákoknak, hogy a rajzszegek milyen sorrendben esnek le a melegítés hatására. Mielőtt ténylegesen elkezdte a melegítést, a következő kérdést tette fel a diákoknak:

- *Mit gondoltok, melyik rajzszög fog legelőször leesni?*

A gyerekek kórusban válaszolták azt, hogy amelyik a legközelebb van a melegítés helyéhez. Majd az azt követő, majd a következő és így tovább. Közösen pontosították az előzetes várakozást, miszerint tehát a diákok azt várták, hogy minél távolabb van a rajzszög a melegítés helyétől, annál később várható a leesése.

A tanulók hipotéziseinek kérése, előzetes várakozásaik megfogalmazása nagyon fontos gondolkodásfejlesztési lehetőség, mellyel a tanár élt. A tanulók már picit kvantitatívan is fogalmaztak, amikor a melegítés helyétől való távolságot figyelembe vették.

Ezen kívül érdemes megfigyelni, hogy a tanár a tanórát nem rögtön a megfelelő kísérletek bemutatásával kezdte, hanem problémafelvetéssel, a hétköznapi életből származó tapasztalatokkal Ezt követte csak a tényleges, kutatásra, vizsgálódásra alkalmas kérdések megfogalmazása, a kísérleti szituáció meghatározása.

A tanár megengedte a gyerekeknek, hogy aki igényli, felveheti az órán elvégzett kísérleteket okostelefonjával videóra, hogy otthon megnézhesse.

A megbeszélést követően a tanár elvégezte a kísérletet, melynek eredményeképp teljes mértékben beigazolódott a gyerekek előzetes várakozása. Majd a tanár a következőt kérdezte:

- *Csodálkoztatok volna, ha nem a melegítés helyéhez legközelebbi rajzszög esik le először, hanem mondjuk a 3. rajzszög? – Kórusban: igen.*
- *Ha mégis így történt volna, hogyan tudnánk azt megmagyarázni?*

Közösen megbeszélték, hogy ez úgy lehetséges, ha például a 3. rajzszög kevesebb viasszal van csak odarögzítve, mint a többi rajzszög.

Ezt követően a tanár előhívta a diákok *kémiából tanult ismereteit*, mely a 7. évfolyamon a fizikához hasonlóan belépő tantárgy. A kémia tantárgy tanulásához elengedhetetlen az anyag részecskékből álló felépítettségének modellje, így a diákok már ismerték a szilárd anyag egyszerűsített modelljét. E szerint a szilárd anyagot úgy képzelték el, mint sok részecske rendezett halmazát. A részecskék egy kristályrács rácspontjaiban helyezkednek el és erős kémiai kötéssel kapcsolódnak egymáshoz, de ettől még mozoghatnak a rácspontok közelében. A tanár a diákok kémiai ismereteit felhasználva egy egyszerűsített modellt is mondott a gyerekeknek a hővezetés jelenségének elképzeléséhez. Eszerint a kristályos anyagot úgy képzelhetik el, hogy a sok gyerek rendezett módon, esetünkben egy sorban helyezkedik el, és közöttük például egy kötél van, mely a kémiai kötést modellezi. A melegítés úgy képzelhető el a modellben, hogy az egyik gyerek elkezd élénken mozogni, miközben rángatja a kötelet. Ennek következtében a mellette lévő is hasonlóan kezd el mozogni, majd az ő mellette lévő is, és így tovább. A gyerekek rögtön mondták, hogy a sportesemények esetében a lelátón lévő közönség hullámzása is hasonló folyamat.

Majd táblára került egy egyszerű megállapítás, a tényleges kísérleti tapasztalat:

Hővezetés: a melegítés helyétől távolabb is melegedett a test.

Fontos elem a más tantárgyban éppen tanultakra való hivatkozás. Ténylegesen a természet egységes egész, melyet megismerése során néha érdemes részekre bontani, ezért vezetik be a 7. évfolyamon a négy természettudományos tantárgyat a magyar iskolákban. De azért célszerű időnként hivatkozni egymásra.

A következő kísérlet előkészítéséhez a tanár az alábbi kérdést tette fel:

- *Az előbb tanulmányozott jelenség vajon ugyanolyan gyorsan megy végbe minden anyag esetében?*

A gyerekek véleménye megoszlott. Voltak, akik szerint igen, és voltak, akik szerinte ez függ az anyagi minőségtől.

Második kísérlet

A tanár olyan előre elkészített eszközt vett elő, melyben *három különböző anyagi minőségű*, vas, alumínium és réz, de azonos hosszúságú fémrúd volt egyik végénél összeerősítve. A másik végén fogó volt. A tanár előzetesen a közös végétől azonos távolságban rajzszegeket erősített fel viasszal az előző kísérlethez hasonló módon. Majd a melegítés elkezdése előtt a következő kérdést tette fel:

- *Mit gondoltok, melyik fémről fog leghamarabb leesni a rajzszög?*

A gyerekek többféle sejtést fogalmaztak meg. Voltak, akik szerint egyszerre esnek le, voltak, akik sorrendet is alkottak. Kialakultak kis „szurkolói körök”, hogy ki melyikre gondolt.

A kísérletet, a melegítést elvégezve a sorrend a következő lett: először az alumínium-, majd a réz- és végül a vasrúdról esett le a rajzszög. A gyerekek lejegyezték a tapasztalatokat, majd a tanár lediktálta az általános megállapítást: a különböző anyagok hővezetése általában különböző.

Az egyik diák elmondta, hogy vannak hőszigetelő anyagok. Ami kevésbé jó hővezető, az szigetelő. Ennek nyomán elkezdték csoportosítani az anyagokat, mely fokozatosan felkerült a táblára is:

Jó hővezető: alumínium, fémek, kő

Jó hőszigetelő: fa, műanyagok, víz, levegő

- *Lehet mást is vezetni? – hangzott el a tanári kérdés.*

Megbeszélték, hogy lehet szó például az elektromos áram vezetéséről is.

Megbeszélték azt is, hogy például az előbbi két kísérlet során a tanár a fémrudak egyik szélét melegítette, de a fémrudakhoz műanyag nyél tartozott, és ő azt fogta a melegítés közben. A kémiából ismert kémcsőfogó fából készült.

A tanár a következőt kérdezte:

- *Mit gondoltok, a víz inkább hővezető, vagy hőszigetelő?*

A diákok véleménye ismét megoszlott. Néhányan visszaemlékeztek a víz nagy fajhőjére, melynek az a következménye, hogy lassan melegszik és lassan is hűl le. Ezt követte a 3. kísérlet elvégzése.

Harmadik kísérlet

A tanár egy kémcsőben lévő vizet melegített, de nem a kémcső alján, hanem majdnem a vízszint tetejénél. Egészen forrásig melegítette a vizet. Majd megkérdezte:

- *Hány fokos a víz?*

A diákok kórusban mondták, hogyha forr, akkor éppen 100 °C a hőmérséklete.

- *Van, aki megfogná a kémcső alját? – kérdezte a tanár.*

Néhány gyerek vállalkozott rá, és elmondták tapasztalatukat, miszerint a kémcső alja hideg. Ezekből levonták a diákok a következtetést, hogy a víz hőszigetelő. Amikor forralni szeretnénk, akkor az alján szoktuk melegíteni.

- *Mi van az ablaküvegek közt? – hangzott a következő tanári kérdés.*

Megbeszélték, hogy a régebbi ablakok esetében két üvegtábla is volt, melyeket külön kellett nyitni és ezek közt levegő volt. A levegő jó hőszigetelő. Ezért jó hőszigetelő a dupla falú termosz. Majd *összefoglalásként* visszatértek az óra elején feltett kérdésekhez. A levegő jó hőszigetelő hatása miatt célszerű a réteges öltözködés is. És a fa is jó hőszigetelő, míg a kő kevésbé.

- *Minek is az energiáját vezeti el a kőpad?*

Megbeszélték, hogy a padra ülő embertől veszi el az energiát.

Végül következett a házi feladat feladása, mely tanulnivaló a tankönyvből és a füzetből. Továbbá két diák kapott plusz pontokat az órai jó szereplése miatt.

A tanóra mintaszerű volt. Az óra első részében a tanulók tudásának ellenőrzése érdekes volt, de egyben fontos, hogy a tanulók lássák, miként is érdemes készülni a tanórákra.

Nagyon ötletesen történt meg az új anyag felvezetése a hétköznapi tapasztalatokkal, majd azok segítségével az órai kísérletek megtervezése és a tanulók bevonása a feldolgozásba. A tanulók hipotézisalkotása mint fontos gondolkodásfejlesztési elem mindhárom kísérlet esetében megjelent. A tanulók kifejezetten örültek annak, hogy tanárukat ennyire érdekli az, hogy miként is gondolkodnak, szívesen mondták el elképzeléseiket. Minden felvetésükre, közben felmerült kérdésükre választ kaptak.

3.4. Olvadás, olvadásban lévő víz hőmérsékletének mérése

Az óra *célkitűzése:* 7. évfolyamon egész osztály számára a halmazállapot-változások témakörében a víz *olvadáspontjának* meghatározása, a megolvadt víz további melegítése során a *hőmérséklet mérése és ábrázolása az idő függvényében*.

Az óra *előzményei*: a termikus kölcsönhatás vizsgálata és hőmérséklet-idő grafikon készítése, az anyag különböző halmazállapotainak és a halmazállapot-változások ismerete.

Az óra felépítése

- Előzetes ismeretek felelevenítése
- A mérési feladat előkészítése
- Csoportokban történő mérés
- A tapasztalatok megbeszélése, mérési adatok kiértékelése, következtetések levonása

Az alkalmazott *óravezetés*: csoportmunka, öt 4 fős csoport dolgozott az órán. Az óra elején és végén frontális felvezetés, illetve összegzés.

Az óra leírása

A diákok ebben az évben kezdték el fizika tanulmányaikat, ez mindössze a 9. órájuk volt. Az óra *az elmúlt néhány órán tanultak ismétlésével* kezdődött. A tanár első megjegyzése a termikus kölcsönhatás vizsgálatához tartozó mérési grafikonnal volt kapcsolatos. E mérés során hideg vizes pohárba meleg vizet tartalmazó poharat tettek a gyerekek és két hőmérő segítségével mérték a közös hőmérséklet kialakulását. Majd közös koordináta-rendszerben kellett ábrázolni a közös hőmérséklet kialakulását az idő függvényében. A tanár arra hívta fel a gyerekek figyelmét, hogy az egységek felvétele következetes legyen a mérési eredmények alapján. Az egységek felvételét segíti a négyzethálós füzet.

A tanár elmondta a beszélgetés során, hogy a tanév első részében sok mérést fognak végezni a gyerekek, és a kapott eredményeket grafikusan ábrázolniuk kell a négyzethálós füzetükben. Erre azért van szükség, mert a későbbiek során különböző szenzorokkal fognak mérni, és a megfelelő grafikonokat a számítógép fogja kirajzolni. Ezeket csak akkor tudják majd megfelelően értelmezni, ha előtte saját maguk is készítettek grafikonokat.

A következő kérdéssor arra vonatkozott, hogy a gyerekek az anyag milyen halmazállapotait ismerik, illetve milyen halmazállapot-változásokat ismernek. Megbeszélték, hogy a szilárd halmazállapotú anyag, ha megolvad, akkor folyékony lesz, míg a folyadékból gőz lesz, ha elforr. És „visszafelé” is elmondták.

- *Mi történik az anyag hőmérsékletével olvadás közben?*

Vetette fel a kérdést a tanár. A mai órán ez lesz a vizsgálat tárgya. Elmondta, hogy ezt miként fogják megnézni a gyerekcsoportok. Minden csoport kap majd egy főzőpohárba kevés jégkását, melybe hőmérőt kell helyezni, melyet fél percenként kell majd leolvasni.

Azonban mielőtt a tanár kiosztotta az eszközöket és a jeget, megbeszélték, hogy miként kell az *adatokat lejegyezni*. Tanácsokat adott a *mérési táblázat* elkészítéséhez. Elmondta, hogy elég hosszú táblázatot kell készíteni, de nem tudja megmondani, hogy majd ténylegesen milyen hosszúra is lesz szükség. Mindenesetre, akinek kis alakú füzete van, az egy dupla oldal bal felén kezdje el a táblázatot.

idő (perc)									
hőmérséklet (°C)									

Tanácsokat adott arra vonatkozóan is, hogy a táblázat első rubrikájába kell beírni, hogy mit mérünk, továbbá a mérendő mennyiség mértékegységét is. Aki ismeri a betűjeleket, azt is használhatja (T a hőmérséklet helyett és t az idő helyett). A többi rubrika pedig célszerűen két négyzet szélességű legyen.

Amennyiben a diákok már részt vettek különböző mérési feladatok megoldásban, a mérési táblázat elkészítése is lehet már az ő feladatuk. Önállóan, illetve a csoportban gondolkodjanak el azon, hogy miként célszerű az adatokat rögzíteni. Azonban ilyen esetben is célszerű, ha a tanár ellenőrzi, illetve megfelelő segítő kérdésekkel látja el a csoportot, de csak ahol és amennyivel szükséges.

Amíg a gyerekek a táblázatot rajzolták, a tanár a nagyobb jégdarabokat összetörte. Ezt követően megkapták a gyerekek egy kis méretű főzőpohárban a jégkását és a méréshez szükséges hőmérőt. Az idő az aktív táblára volt kivetítve analóg és digitális formában egyaránt.

Az óra következő részében a diákok mérték a jégkása hőmérsékletét az idő függvényében. A tanár közben különböző instrukciókat adott:

- A jeget nem lehet megkóstolni!
- A hőmérővel kell óvatosan kevergetni a jeget.
- Ne vegyék ki a mérés során a hőmérőt!

– Szabad kézzel kell melegíteni a jeget tartalmazó főzőpoharat.
– Ha már nagyon hideg a kezük, akkor adják át a poharat a csoportból másvalakinek.

Annak, hogy a gyerekek a kezükkel melegítették a jeget tartalmazó főzőpoharat, a későbbiek során lesz jelentősége. Ugyanis így saját bőrükön tapasztalták meg, hogy valahonnan energiát kell kapnia a jégnek az olvadáshoz. Így a tanár majd az energiafogalom alakításánál tudja ezt a tapasztalatot felhasználni.

A tanár folyamatosan járkált a csoportok között a mérés közben. Több esetben segített a hőmérő leolvasásában, magyarázta, hogy miként kell értelmezni a beosztásokat. Az egyik csoport egy kicsit sok jeget kapott, mely nehezen olvadt meg, így tőlük elvett belőle, hogy hamarabb felolvadjon. Cél volt az is, hogy a már felolvadt jégdarab folyékony formájában még tovább melegedjen, és néhány hőmérsékleti értéket akkor is olvassanak le a diákok a tanórán. Azt, hogy mikor fejezhették be a mérést, a tanár jelezte az egyes csoportok felé.

Az óra következő, utolsó részében került sor a *tapasztalatok* megbeszélésére, a mérési eredmények *grafikus ábrázolására*, a *következtetések* levonására.

- *Mit tapasztaltatok, amíg a jég olvadt, miként változott a hőmérséklete?*

Majdnem mindenki számára nyilvánvaló volt, hogy a hőmérséklet a folyamat során állandó maradt. A bizonytalanságot az okozta, hogy a gyerekek által leolvasott hőmérséklet valóban nem mindig 0 °C volt, hanem ingadozott, hol 0 °C, hol 1 °C.

- *Mi lehetett az ingadozások oka? – kérdezte a tanár.*
- *Megbeszélték, hogy például nem egyenletesen kevergették, a hőmérőnél volt a gyerek keze stb.*

Ez azért volt fontos tapasztalat a gyerekek számára, mivel a tankönyvekben az szerepel kijelentésként, hogy a víz 0 °C-on olvad meg. De a konkrét mérés sok esetben mást mutat, mivel vannak egyéb jelenségek is, melyek befolyásolják a mért értékeket.

Végül megállapították, hogy 0 °C a víz olvadás-, illetve fagyáspontja.

- *Amikor elolvadt a jég, utána hogyan változott a hőmérséklet?*

Megbeszélték, hogy természetesen minden csoportnál növekedett a hőmérséklet.

Ezt követően került sor a mérési adatok grafikus ábrázolására. A tanár egy kinagyított négyzethálós füzetlapot vetített ki az aktív táblára. Megbeszélték, hogy a vízszintes tengelyen mérik fel az időt, és egy kocka osztása legyen az 1 perc, a fél

percek pedig a felénél. Míg a függőleges tengelyen a hőmérséklet ábrázolták, és egy kockaosztás lehet 1 °C. Azonban ezt a tengelyt úgy vegyék fel, hogy legyen még alatta is hely, mert a következő órán is ebbe fognak dolgozni, amikor majd a fagyást vizsgálják.

Nem egyszerű feladat úgy elkészíteni a grafikont, hogy abból látni is lehessen az éppen tanulmányozott jelenség lényegét. A tengelyek beosztásának elkészítése kulcsfontosságú momentum, és komoly, elsősorban arányossági meggondolásokat igényel. Az órának ebben a szakaszában ennek a gondolkodási műveletnek a fejlesztése zajlott.

A diákok elkezdték az ábrázolást. Azok, akik ezzel hamar készen voltak, a tanár kérésére segítettek a többi, még az ábrázoláson dolgozó társuknak. Felhívta a tanár azonban a figyelmüket arra, hogy ne ők készítsék el a grafikont, hanem segítsenek az elkészítésében. Az óra végére minden diáknak készen lett a grafikonja, pont a csengetésre. Megállapították, hogy az körülbelül vízszintes a víz olvadása közben, majd amikor a víz már teljes mértékben megolvadt, csak akkor kezd növekedni a függvény értéke.

Az óra mintaszerű volt mind szakmai, mind pedig pedagógiai vonatkozásban, annak ellenére, hogy „semmi különös dolog” nem történt. A diákok szívesen végezték a számukra kitűzött feladatokat, fegyelmezetten mértek, majd készítették a grafikont. Az óra végén egyikük meg is jegyezte, hogy a fizikaórák olyanok, mint egy sorozat, mindig a „legjobb résznél hagyják abba”. A tanári előkészítés, majd az óra vezetése mind az eszközök, mind pedig a gyerekek aktuális tudásának, képességeinek ismeretében, annak megfelelően történt. Külön kiemelendő az, hogy arra bíztatta a tanár a diákokat, hogy segítsenek egymásnak, működjenek együtt egy-egy feladat megoldása során.

Az órán a természettudományos gondolkodás alapjait jelentő mérésekbe és az eredmények grafikus ábrázolási lehetőségeibe kaptak betekintést, illetve előkészítést a tanulók.

3.5. Gázok izochor állapotváltozása

Az óra *célkitűzése:* 9. évfolyamos diákok megismertetése az izochor állapotváltozás jellemzőivel, Gay-Lussac II. törvényének megfogalmazása szimulációs program segítségével. A diákok tudjanak gyakorlati példákat felsorolni az izochor állapotváltozásra.

Az óra *előzményei*: a gázok állapotjelzőinek ismerete, a levegő nyomásának ismerete, izobár állapotváltozások ismerete.

Az óra felépítése

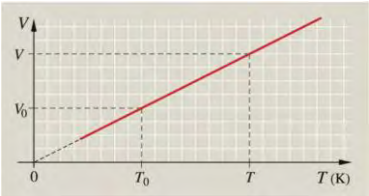
- Ismétlő kérdések
- Az izochor állapotváltozás legfontosabb jellemzőinek megismerése szimulációs program segítségével
- Szimulációs mérés, a mérési eredmények feldolgozása, következtetések levonása
- Gyakorlati példák

Az alkalmazott *óravezetés*: alapvetően frontális.

Az óra leírása

Az óra ismétlő kérdésekkel kezdődött.

A diákok szó- és képkártyákat kaptak. Feladatuk a kártyákon levő fogalom, törvény, jelenség, vagy kísérlet ismertetése volt. A szókártyákon az alábbi fogalmak, voltak: Állapotjelzők; A levegő nyomása; Izobár állapotváltozás; Gay-Lussac I. törvénye; A gázok egyensúlyi állapota; A gáz térfogatának mérése; Torricelli, valamint az alábbi képek:



Az ismétlő, a témára való ráhangolódást jelentő beszélgetés után rátért az osztály az aznapi új anyag tárgyalására, mely a gázok izochor állapotváltozása volt. A tanár előzetesen elmondta, hogy a gázok állapotváltozásait úgy vizsgálták, hogy valamelyik állapotjelzőt állandónak vették. Jelen esetben ez az állapotjelző a térfogat volt. Még egy ismétlő kérdés elhangzott:

- *Az izobár állapotváltozásnál mi állandó? (nyomás)*

Jelen esetben pedig a térfogat lesz az állandó. Ezt követően egy, az érdeklődést felkeltő motiváció, a gyakorlati életből származó példa bemutatása következett. A tanár egy lekvárral teli lezárt befőttes üveget mutatott ppt-n, majd a következő kérdés hangzott el:

- *Vajon hogyan kapcsolódik a mai témához a lezárt befőttes üveg?*

Megbeszélték, hogy a befőtt felett levegő található, és a nyáron lezárt üveget, amikor télen elővesszük, kicsit nehéz felbontani. Amikor nyáron eltesszük, a meleg (a levegőnél jóval melegebb) lekvárt zárjuk le, ami aztán lehűl, így alakul ki nyomáskülönbség az üveg tetején lévő gáz és a külső légkör között.

- *Mit szoktunk ilyenkor csinálni?*

Megbeszélték, hogy például kés segítségével kevés levegőt engednek a lekváros üvegbe, és ezt követően már könnyen le lehet csavarni a kupakot. Ezután rátértek a gázok izochor állapotváltozásának tanulmányozására, melyhez egy kiváló PHET szimulációt[4] választott a tanár.

A honlapon több fizikai és természettudományos témához kapcsolódó kiváló szimulációs program található. Az egyik legsikerültebb a gázokkal kapcsolatos programcsomag, melynek egyik elemét alkalmazta a tanár az órán.

A tanár elmondta, hogy már több esetben használták ezt a programot. Jelen esetben egy *zárt tartályt* modellező esetet néztek meg. Egy „pumpa” segítségével lehet gázt juttatni a tartályba. Lehet mérni a gáz nyomását, és melegítéssel növelhető a gáz hőmérséklete, mely szintén mérhető.

A nyomás mértékegysége bar egységben olvasható le. Ezt követően megkérdezte a tanár, hogy hallottak-e erről a mértékegységről. Megbeszélték, hogy például az autók kerekében lévő nyomást így adják meg, 1 bar = 100 000 Pa.

Megfigyelték a gázrészecskék zeg-zugos mozgását is a szimuláción.

Talán érdemes hangsúlyozni, hogy a szimuláció megalkotásához az ideális gáz modelljét alkalmazták a program készítői.

- *Szerintetek hogyan változik a bezárt gáz nyomása, ha melegítjük a gázt?*

Többen azt várták, hogy a nyomás növekedni fog. Majd elkezdték „melegíteni” a tartályba bezárt gázt, és megnéztek néhány konkrét értéket. A tanár felhívta a diákok figyelmét arra, hogy megfigyelhető, hogy a gázrészecskék mozgása a hőmérséklet növelésével intenzívebb lesz. Majd hűtötte a gázt, jégkockát téve a tartály alá a szimulációban, és látszott, hogy ekkor csökkent a nyomás.

Majd a tanár leszögezte, hogy zárt tartály és adott gázmennyiség esetében a hőmérséklet növekedésével a gáz nyomása növekszik.

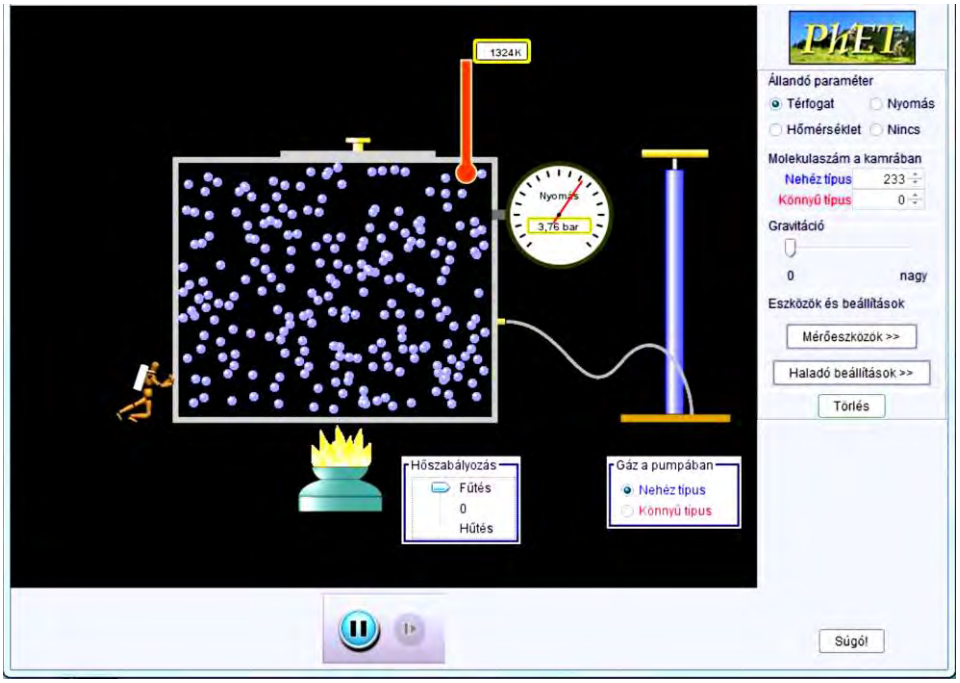
- *Ebből megállapíthatunk-e valamilyen kapcsolatot?*

[4] https://phet.colorado.edu/hu/simulation/legacy/gas-properties

A diákok a két mennyiség közötti egyenes arányosságra gondoltak.

- *Ha egyenes arányosság, akkor hogyan tudnánk ezt bizonyítani?*
- *Mikor beszélünk két mennyiség egyenes arányosságáról?*

Amikor a hányadosuk állandó – hangzott a diákok válasza.



- *Ha a bezárt gáz hőmérsékletét kétszeresére növeljük, akkor a nyomás értéke hányszorosára kell, hogy változzon? – hangzott a tanári kérdés.*

Megbeszélték, hogy kétszeresre kell növekednie a gáz nyomásának, majd a tanár a táblára, a diákok a füzetükbe elkészítették a szimuláció vázlatos rajzát. Továbbá táblázatot készítettek a *szimulációs mérés* eredményeinek lejegyzeteléséhez. Két sorban a „műszerek” által mutatott értékeket írták fel, majd ténylegesen elvégezték mind az öt esetben a hányadosok kiszámítását.

p (bar)	0,61	0,67	0,8	1,1	1,34
T (K)	279	323	349	456	593
P/T	0,0022	0,0021	0,0023	0,0024	0,0023

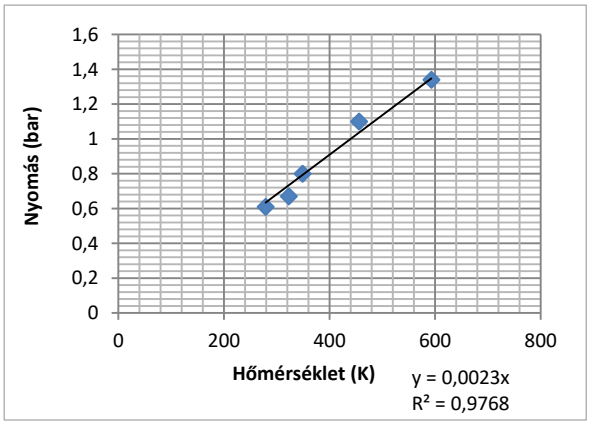
A „mérést” követően megállapították, hogy a hányadosok jó közelítéssel azonosak.

Felírták, hogy *p/T* = állandó, és ez a gáz két különböző állapotára is felírható, tehát

$$p_1/T_1 = p_2/T_2 = \text{állandó},$$

ahol a hőmérsékletet Kelvin fokokban kell megadni! Ez Gay-Lussac 2. törvénye.

A hányadosok kiszámítása után *p – T* grafikonon is ábrázolták az összetartozó értékeket. A tanár a táblánál, míg a diákok a füzetükben. Megbeszélték, hogy melyik tengelyre melyik fizikai mennyiség értékei kerülnek. Külön gondot fordítottak arra is, hogy miként vegyék fel a skálát az egyes tengelyeken. Majd megállapították, hogy valóban körülbelül egy egyenesre kerülnek a pontok, tehát ténylegesen egyenes arányosság van a két mennyiség között. Behúzták a közelítő egyenest, melyet szigorúan szaggatott vonallal meghosszabbítottak az origóig, hiszen a gáz cseppfolyósodni fog.



A leírt tanórán a táblázati adatok felvétele, a számítás és a grafikon megrajzolása a *diákok és a tanár közös munkájával* készült. A hányadosokat zsebszámológéppel számították ki, a tanár a táblára szabad kézzel rajzolt. A tanórán megjelentek a korszerű IKT elemek, de csak annyiban, amennyiben az ténylegesen szükséges volt, a szimulációban és a néhány képet és a definíciót tartalmazó ppt-ben.

Az adatok alapján a számításhoz és a grafikon elkészítéséhez felhasználható az Excel program is, hiszen az tananyag informatikából. A hányadosokat sem kell darabonként számolni, beírható csupán az egyik cellába a megfelelő összefüggés, mely már a többi cellára ráhúzható. A grafikon is elkészíthető a programmal, sőt az egyenes egyenlete is kiíratható. Látható az R^2 értékéből, hogy egészen jó az illeszkedés, és a meredekség közelítőleg éppen a kiszámított hányadosok értéke. Továbbá ebben az esetben is oda kell írni, hogy mi található az egyes tengelyeken és milyen mértékegységben. Ha magán a tanórán nem is használjuk ki ezt a lehetőséget, de házi feladatnak feladható, mintegy gyakorlásképp, illetve bemutatván, hogy mire is lehet alkalmazni a másik tantárgyból tanultakat. Az informatika napjainkban már ugyanolyan segédeszköz lehet a fizika oktatásában, mint a matematika.

A fentebb leírt mérést valóságos kísérletként is el lehet végezni lombikba zárt levegővel, melyhez nyomásmérő tartozik. Vagy videót lehet bemutatni róla.

A grafikon felrajzolása után a tanár megmutatta Gay-Lussac képét és röviden ismertette munkásságát. Ezt követően a tanultak alkalmazására egy érdekes kísérletet mutatott be a tanár.

Kísérlet: Héjától megfosztott, keményre főzött tyúktojást teszünk egy megfelelő méretű lombik szájára, melyet előzőleg forró vízzel átmelegítettünk. A lehűlő lombik egészben beszippantja a tojást. A lombikban lévő levegő hűlése elősegíthető úgy, hogy azt hideg vízzel locsoljuk.

A kísérlet elvégzése előtt a következő kérdést tette fel a tanár:

- *Hogyan tudnám a tojást egészben a lombikba juttatni? – tanulói ötleteket várok.*

Mivel a diákoknak nem volt ötlete, elmondta, hogy meleg víz is rendelkezésre áll. Majd elmagyarázta a tanár, hogy azzal a lombikban lévő levegőt fel lehet melegíti. Majd újra kérdezett.

- *Hogyan változik a levegő nyomása a meleg víz hatására?*
- *Hogyan tudnánk most elérni, hogy a tojás becsússzon?*
- *Hogyan változik a levegő nyomása, ha lehűtjük a levegőt?*
- *Miért csúszik be a tojás a lombikba?*

Majd a kísérlet után:

- *Hogyan lehet kiszedni a tojást?*

A kísérlet után, az óra végén visszatértek a témát felvezető motiváló kérdéshez, miként is lehet kinyitni a nyáron lezárt befőttes üveget. A lekvár felett található meleg levegő lehűl, kisebb lesz a nyomása, mint a külső légnyomás, és ez a külső nagyobb nyomás nyomja rá a kupakot az üvegre. Ha kevés levegőt beengedünk, akkor a nyomás kiegyenlítődik.

További záró kérdések a tanultak alkalmazására:

- *Hogyan változik az autókerékben a nyomás, ha az autóval a hűvös garázsból kiállva a nyári kánikulában közlekedünk?*
- *Miért tilos tűzbe dobni a hajtógázzal működő palackot?*

A tanórán több, a tanulói gondolkodást fejlesztő kérdés hangzott el. A tanár a szimuláció előtt és alatt, továbbá a kísérlet során is *kért hipotézisalkotást* a diákoktól.

A természettudományos *ismeretszerzés menetébe* is betekintést nyertek a diákok. Sor került szimulációs mérésre – mely napjaink újdonsága az IKT eszközöknek köszönhetően –, a mérési adatok lejegyzésére, táblázatkészítésre, számolásra az adatokkal, grafikon készítésére, az ideális gázmodell alapján adott előzetes feltevéssel való összevetésre.

Az óra keretes szerkezetű volt. Az új téma feldolgozásának elején feltett kérdést az új ismeretek alkalmazásával válaszolták meg.

3.6. A gázrészecskék sebessége és energiája

Az óra *célkitűzése:* 10. évfolyamon matematika-fizika tagozatos félosztály számára a korábban bevezetett ideális gázmodell alapján a gázrészecskék sebességének és energiájának kiszámítása. A kapott számszerű eredmények értelmezése.

Az óra *előzményei*: az ideális gázmodell, a mechanikai alapok, a Newton-törvények, az erő, lendület, energia fogalmak ismerete.

Az óra felépítése

- Az ideális gáz modelljéről tanultak ismétlése
- A levegőrészecskék sebességének becslése az ideális gázmodell alapján
- Az osztályteremben lévő levegőrészecskék összes energiájának becslése

Az alkalmazott *óravezetés*: alapvetően frontális, közös megbeszélés.

Az óra leírása

Az óra az *ideális gázmodellről tanultak ismétlésével* kezdődött az alábbi kérdések mentén:

- Hogyan építettük fel az ideális gáz modelljét?
- Hogyan próbáltuk megfogalmazni, hogy miből származik a gáz nyomása?
- Mi a nyomás?
- Hogyan alkottuk meg az erő fogalmát?
- Hogy szól Newton II. törvénye?

Megbeszélték, hogy a nyomás abból származik, hogy a gáz részecskéi a falnak ütköznek, és onnan visszapattannak, így erőt fejtenek ki a falra.

Newton II. törvénye: $\Delta I/\Delta t = F$

A nyomás definíció szerint: $p = F/A$

Tehát amennyiben az erőt meg tudjuk határozni, akkor azzal közelebb jutunk a nyomás meghatározásához.

Az ideális gázmodellt felhasználva képzeljünk el egy egyszerű esetet! Tegyük fel, hogy egy l oldalú kocka alakú tartályban van m tömegű gáz. A részecskék az általunk kiválasztott falra csak merőlegesen repülnek v sebességgel, majd a fallal tökéletesen rugalmasan ütköznek.

- *Hogyan írhatjuk fel a fallal ütköző és onnan az ellenkező irányba visszapattanó részecskék sebességének megváltozását?*

A részecskék sebessége az eredetihez képest éppen ellentétes irányú lesz, míg a nagysága ugyanakkora, tehát $-v$.

A sebesség megváltozása: $\Delta v = (-v) - v = -2v$

- *A részecskék hányad része mozog a fal felé? Milyen feltevéssel éljünk?*

Tegyük fel, hogy minden irányban (a kocka 6 határolólapjának irányában) egyidejűleg ugyanannyi részecske mozog. És az előbbi feltételezésnek megfelelően a felületre merőleges és egyforma nagyságú sebességgel. Vagyis a részecskék 1/6-od része, mely egyben $m/6$ tömegű részecskecsomag, repül v sebességgel az egyes falak irányába. Az ütközés során az impulzus megváltozásának nagysága:

$$\Delta I = \Delta v \cdot m/6 = 2v \cdot m/6 = m \cdot v/3$$

Az erő meghatározásához szükségünk van az ütközési időre is.

- *Mekkora időközönként történik ekkora impulzusváltozás?*
- *Hogyan tudjuk a Δt-t felírni?*

Annyi időnként történik impulzusváltozás, míg a részecskecsomag átjut az egyik faltól a másikig, vagyis $\Delta t = l/v$.

Ezek segítségével már az erő megadható:

$$F = \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\frac{m \cdot v}{3}}{\frac{l}{v}} = \frac{m \cdot v^2}{3 \cdot l}$$

Ebből pedig megadható a nyomás:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{\frac{m \cdot v^2}{3 \cdot l}}{l^2} = \frac{m \cdot v^2}{3 \cdot l^3} = \frac{m \cdot v^2}{3 \cdot V} = \rho \cdot \frac{v^2}{3}$$

Ahol $l^3 = V$ a kocka térfogata. A tömeg és a térfogat hányadosa pedig a gáz sűrűsége.

- *Mit tudunk ebből az összefüggésből meghatározni?*

Megbeszélték, hogy az összefüggést lehet *v*-re, a sebességre rendezni. A gáz nyomása és a sűrűsége mérhető mennyiségek, így a *gázrészecskék sebessége kiszámítható*.

$$v = \sqrt{\frac{3 \cdot p}{\rho}}$$

- *Mekkora a levegő nyomása a teremben?*
- *A levegő sűrűségét hogyan lehetne meghatározni?*
- *Mekkora a levegő átlagos moláris tömege?*
- *Hogyan tudnánk kiszámolni?*
- *Ki emlékszik kémiából?*
- *Mi lesz a mértékegysége?*

Közösen meghatározták a levegő átlagos móltömegét a levegő %-os összetétele valamint a nitrogén és az oxigén moláris tömegei alapján, melyre 28,8 g/mol értéket kaptak. A sűrűség számításhoz a 24 dm^3 móltérfogatot felhasználva 1,2 kg/m^3-t kaptak a levegő sűrűségére. A 101325 Pa és a kiszámolt sűrűséget behelyettesítve a fenti összefüggésbe, a levegőrészecskék sebességére 503,3 m/s ≈ 1811,88 km/h érték adódott.

- *Szerintetek ez mennyire nagy érték?*
- *Mivel lehetne összehasonlítani ezt a sebességet?*

Megbeszélték, hogy egy utasszállító Boeing 777 repülőgép utazási sebessége 905 km/h, mely csak kb. feleakkora, mint a levegőrészecskék sebességére kapott érték.

- *Mekkora a levegő elmozdulása?*
- *Kimennek a levegőmolekulák a teremből?*

Megbeszélték, hogy nem minden részecske mozog azonos sebességgel, és nem is azonos irányba mozognak, hiszen közben ütköznek egymással és a falakkal is. A kapott eredmény a sebességek átlaga (melyről majd a 11. évfolyamon is lesz szó). Méghozzá vektoriális átlag, így az elmozdulás ténylegesen nulla, hiszen állandó mennyiségű levegő van mindig a teremben.

- *Hogyan tudnánk általánosan felírni a képletet 20 °C-on?*
- *Mi van, ha a gáz normál állapotú?*

Az összefüggés felírható különböző móltömegű gázokra 20 °C-on és 0 °C-on is:

$$v = \sqrt{\frac{3 \cdot 101325\ \text{Pa} \cdot 0{,}024\ \text{m}^3}{M}} = \sqrt{\frac{7295\ \text{J}}{M}} \quad \text{és} \quad v = \sqrt{\frac{3 \cdot 101325\ \text{Pa} \cdot 0{,}02241\ \text{m}^3}{M}} = \sqrt{\frac{6812\ \text{J}}{M}}$$

- *Meg tudnátok-e tippelni, hogy mennyi a teremben lévő levegő részecskéinek az összes mozgási energiája?*
- *Hogyan számoljuk ki a mozgási energiát?*

Közösen felírták, hogy miként is fejezhető ki a gáz mozgási energiája:

$$E = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} m \frac{3 \cdot p}{\rho} = \frac{1}{2} m \frac{3 \cdot p}{\frac{m}{V}} = \frac{3}{2} p \cdot V$$

$$E = \frac{3}{2} p \cdot V$$

Az összefüggés alapján tehát ezt ki lehet számítani a gáz nyomása és a térfogata ismeretében. A teremben lévő nyomásnak lehet venni 101325 Pa-t, a tengerszinten mérhető nyomást, míg a levegő térfogatához a terem méreteit kell megmérni. Ezt meg is tették a diákok.

A terem méretei: a = 11 m, b= 6,5 m *és* c = 4 m.

- *Mekkora lesz a terem térfogata a mérések alapján?*

$$V = a \cdot b \cdot c = 286\ \text{m}^3$$

- *Mekkora lesz az energia?*

Az energiára 43,47 MJ adódott.

- *A kapott értéket mekkorának érezzük?*

A diákok meglepődtek a kapott eredményen. A tanár annyit hozzátett, hogy egy nehéz fizikai munkát végző férfi energiaszükséglete egy napra kb. 10 MJ, vagyis ennél kevesebb. A diákok ekkor azon kezdtek gondolkodni, hogy a terem hány ember energiaszükségletét tudná fedezni.

Az óra alapvetően új tananyag feldolgozása volt a tanulók korábbi ismereteire építve. Ezért nagyon sok tanári kérdés hangzott el. A kérdések jelentős része a tanulók korábbi ismereteinek mozgósítását célozta meg, a korábban tanult tényanyagokra kérdezett rá. De előfordult néhány olyan is, melyek kifejezetten a tanulók gondolkodásának fejlesztését célozták.

Többször hangsúlyozták, hogy *modellekkel dolgoznak, modellszámításokat* végeznek, mely elem fontos a *természettudományos megismerés* során. Különösen ebben az osztályban, mivel matematika-fizika tagozat, és valószínűsíthetően többen mennek majd a diákok közül műszaki, természettudományos pályára.

Tényleges kísérlet ugyan nem volt az órán, ugyanakkor minden esetben nyilvánvaló volt, hogy az órai számítások, a levezetések segítségével magáról *a természetről szereznek mélyebb ismereteket*. Például annak megmagyarázása, hogy igaz, hogy a levegőrészecskék nagy sebességgel mozognak, mégsem fordul elő, hogy eltűnnének a teremből.

3.7. A barometrikus magasságformula

Az óra *célkitűzése:* 11. évfolyamon általános tantervű egész osztály számára a barometrikus magasságformula bevezetése és jelentésének megbeszélése.

Az óra *előzményei*: az ideális gázmodell, a gázrészecskék különbözőképpen számolt sebessége, átlagsebesség, a sebességek átlaga, a gázok állapotegyenlete, a nyomás, a légnyomás, a hidrosztatikai nyomás fogalma.

Az óra felépítése

- A gázrészecskék sebességével kapcsolatos ismeretek felelevenítése
- A barometrikus magasságformula bevezetése és értelmezése

Az alkalmazott *óravezetés*: alapvetően frontális, közös megbeszélés.

Az óra leírása

Az óra az ideális gázmodell felidézésével kezdődött. Az ismétlés kicsit részletes volt, mivel egy szünet utáni első óra volt. A tanár első kérdése az ekvipartició tételét firtatta:

- *El tudná valaki mondani az ekvipartíció tételét?*

Ideális gáz esetén a gázrészecskék átlagos mozgási energiája az ekvipartíciós tétel miatt: $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}kT$,

- *Mit jelent a 3?*
- *Mi a k?*
- *A m milyen tömeget jelent?*

Megbeszélték, hogy a k a Boltzmann-állandó, T az abszolút hőmérséklet, m pedig *egy részecske* tömegét jelenti.

Az összefüggésből meghatározható egy sebesség: $v = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$

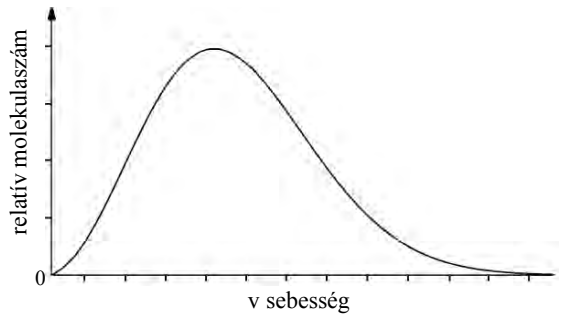
- *A részecskék hányad része mozog a fent kifejezett v sebességgel?*

Megbeszélték, hogy a gázrészecskék ténylegesen különböző sebességgel mozognak, melyről a Maxwell féle sebességeloszlás,

tehát egy függvény ad felvilágosítást: $\frac{\Delta N}{N} \sim v^2 \cdot e^{-\frac{mv^2}{2kT}}$

Mint az látható, ténylegesen csak egy arányosságot írtak fel.

- *Valaki fel tudná rajzolni a Maxwell féle sebességeloszlást?*



Megbeszélték a görbe jellegét, miszerint egy négyzetes függvény, egy parabola és egy exponenciális függvény szorzata, de ez ténylegesen egy statisztikai eloszlásfüggvény. Továbbá megbeszélték, hogy ebből adódóan többféle sebesség is megadható a gázmolekulákra, mint a kinetikus elméletből kiszámolt sebességnégyzetek átlagának a gyöke, egy átlagsebesség és a legvalószínűbb sebesség, ami a görbe maximuma. Ezek a sebességek – bármelyiket is számolva például szobahőmérsékletű levegő esetében – kb. 4-500 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ nagyságúak. A kinetikus elmélet alapján az elmúlt órán szerepelt ilyen számítás.

- *Gondoljuk el, hogy ezek mekkora sebességek!*

A diákok emlegették a hangsebességet, a mágneses vasút, illetve a repülőgép sebességét, melyek ennél kisebbek.

A tanár a Forma1 sebességet is megemlítette, mely maximálisan 372 km/h, ami körülbelül „csak” 103 m/s.

- *Miért nem ürül ki néhány századmásodperc alatt a teremből a levegő?*
- *Miért van az, hogy a levegőrészecskék nem mennek ki a teremből, ha ekkora sebességük van?*

Megbeszélték, hogy mivel a részecskék nem egy adott irányba mozognak, hanem rendezetlenül, így nem hagyják el a termet. Az egyes részecskék sebességvektorai a tér bármelyik irányába mutathatnak, a vektorok eredője zérus. Továbbá a termen kívül is levegő van. Így ha éppen el is megy néhány részecske, körülbelül annyi be is jön a terembe.

A kicsit hosszabb ismétlés után rátértek *a légnyomás magasságfüggésére*. Először egy, a légkört modellező kísérlet videóját[5] tekintettek meg, de előtte a tanár feltett néhány kérdést a diákoknak.

- *Figyeljétek meg a részecskék mozgását!*
- *Mit vártok, hogyan fognak mozogni a részecskék?*
- *Mit vártok, hogyan fognak elhelyezkedni a részecskék?*

Vagyis a tanár hipotézist kért a diákoktól egy modellkísérlettel kapcsolatban.

Az egyik tanuló rögtön mondta, hogy azt várja, hogy a gázt modellező részecskék az edény alján fognak nagyobb sűrűségben elhelyezkedni.

- *Mit láttatok?*

A hipotézis összevetése a tapasztalattal.

A videóból kivágott ábrán is látható, hogy a diáknak igaza volt, a repkedő részecskékből több található a rázkódó edény alján.

- *Van ötlet arra, hogy milyen függvénnyel lehet a részecskék eloszlását leírni?*

Az egyik tanuló elmondta, hogy ő exponenciális kapcsolatra gondol. Ezt a sejtést mintegy „eltették későbbre”, és a tanár a következő kérdést tette fel:

- *Ugye azt tanultátok, hogy a levegőnek is van nyomása?*
- *El tudja-e mondani valaki a híres kísérletet?*

Megbeszélték, hogy Torricelli volt az a tudós, aki a 17. században először megmérte a levegő nyomását. Egy rövid videó segítségével felidézték a kísérletet. Megbeszélték a nyomás különböző egységeit is, majd a tanár megmutatott, majd körbe is adott egy barométert. Leolvasták a barométeren mutatott értéket, mely 75 Hgcm volt.

[5] http://tananyag.geomatech.hu/material/show/id/512733

Ezt követően rátértek az ideális gázok állapotát leíró állapotfüggvényre.

- *El tudja mondani valaki az általános gáztörvényt?*

Általános gáztörvény: $pV = nRT$

- *Hogyan lehet másképp felírni?*

$$\frac{m}{M}RT = NkT$$

- *Mit jelentenek a betűk?*

Majd átrendezték, bevezetve a sűrűséget: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{pM}{RT}$, vagyis adott hőmérsékletű adott gáz esetén a sűrűség és a nyomás egyenesen arányos. Például a szobahőmérsékletű, normál nyomású levegő sűrűsége (az átlagos moláris tömeget már múlt órán kiszámolták, a p a tengerszint feletti nyomás):

$$\frac{101325\ \mathrm{Pa} \cdot 0{,}0288\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{mol}}}{8{,}314\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol} \cdot \mathrm{K}} \cdot 295\ \mathrm{K}} = 1{,}19\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$$

Majd következett egy érdekes gondolat a tanár részéről:

- *Számolhatjuk-e úgy a levegőoszlop nyomását, mint a folyadékok esetében?*
- *Mekkora lenne így számolva a légkör magassága?*

Ha a folyadékokhoz hasonlóan a légoszlop nyomását is a $p = h\rho g$ összefüggéssel számolnánk, akkor a légkör magassága $h = p/\rho g$, behelyettesítve 8680 m lenne, és a légkörnek volna egy éles határa, mintegy „felszíne”, hasonlóan a vízhez.

- *Ez mikor lenne így?*

Megbeszélték, hogy ez akkor lenne így, ha levegő (gázok) ugyanúgy összenyomhatatlan lenne, mint a folyadékok (itt víz).

- *Ez mit jelentene, ha tényleg éles határa lenne a légkörnek?*
- *Honnan tudjuk, hogy nincs így?*

Tudjuk, hogy a Mount Everest tetején nem nulla a légnyomás (csak jóval kevesebb, mint a tengerszinten), pedig magassága 8848 m, ami kicsivel magasabb az előbb számolt értéknél! Tehát a hegy nem „lóg ki” a légkörből. Továbbá az utasszállító repülőgépek sem az üres világűrben repülnek. Tehát a tapasztalat ellentmond az előbbi modell alapján számoltaknak!

Figyeljük meg, hogy a tanár *analógia alapján felkínál egy modellt* a diákoknak, mely segítségével *kiszámítanak valamit, majd azt összevetik a tapasztalattal*. És megállapítják, hogy az a *modell nem jó*, hiszen a tapasztalattal nem egyezik! Nagyon fontos, hogy a diákok ilyen példát is lássanak! *Ne csak sikeres elgondolásokat mutassunk be* számukra! A tudomány története során sem mindig rögtön találták meg a kutatók a legjobb leírásokat!

Ezt követően a tanár elmondta, hogy már Pascal kimutatta, hogy a nyomás a magassággal csökken. Az alsóbb rétegeket a felsőbbek nyomása összenyomja, vagyis van egy egyirányú, lefelé ható erő, a gravitáció, amely minden részecskét lefelé húz, erre szuperponálódik a hőmozgás, amely igyekszik minden irányba szétrepíteni, rendezetlenné tenni a részecskehalmazt. Ezek eredője a kialakult valódi nyomás- (és sűrűség-) eloszlás, amely egy exponenciális függvénnyel írható le, amint azt előzetesen az egyik tanuló ténylegesen megtippelte.

Képletszerűen: $p(h) = p_0 \cdot e^{-\frac{mgh}{kT}}$

Vagyis h magasságban a nyomás a tengerszinti légnyomáshoz (p_0) képest a magassággal exponenciálisan csökken.

A tanár még arra is felhívta a figyelmet, hogy az e kitevőjében ebben az esetben is negatív előjellel – ezúttal a helyzeti – *energia* és a kT hányadosa áll!

A korábban látott arányosság miatt ugyanilyen összefüggés érvényes a sűrűségre is:

$$\rho(h) = \rho_0 \cdot e^{-\frac{mgh}{kT}}$$

Végül röviden megvizsgálták a fenti összefüggések korlátait, miszerint az csak állandó hőmérséklet mellett lenne igaz, de tudjuk, hogy a hőmérséklet csökken a magassággal.

A házi feladat a légnyomás értékének becslése volt a Mount Everest tetején a fenti összefüggéssel.

Az óra jó hangulatú volt, a tanár a sok kérdéssel igyekezett bevonni a tanulókat a munkába, a közös gondolkodásba. A kérdések egy része tényanyagokra kérdezett rá, korábban tanult összefüggésekre és az azokban szereplő betűk jelentésére. De kifejezetten sok tanulói *gondolkodást igénylő kérdés* is szerepelt.

Az órán a tanulók betekintést kaptak az *ismeretszerzés különböző módszereibe* is, mint a modellalkotás, a modell alapján hipotézisek megfogalmazása, számítások elvégzése és azok összevetése a tapasztalattal. Az is érdekesség volt, hogy a tapasztalatok nem saját élményeken alapultak, az órán egyetlen kísérlet sem

volt. A barométer megtekintése nem igazán nevezhető annak. Az edényben levő részecskék mozgásának megfigyelése pedig modellkísérletnek tekinthető. De mégis fontos szerepe volt a megismerés során az empíriának, csak *mások tapasztalatai* által, mint a Mount Everest tetején mérhető nyomás, illetve a repülőgép mozgása. De a tanulás során ezek is fontosak, hiszen nem tudunk mindig mindenről személyesen meggyőződni.

3.8. Halmazállapot-változásokkal kapcsolatos számítási feladatok

Az óra *célkitűzése:* 9. évfolyamon félosztályban a hőátadással, a hőmérsékletek alakulásával, a halmazállapot-változásokkal kapcsolatban tanultak alkalmazása feladatokon keresztül.

Az óra *előzményei*: a fajhő, és a halmazállapot-változásokkal kapcsolatos hőmérsékleti adatok, mint olvadáspont, forráspont, továbbá olvadáshő, forráshő stb. fogalmak ismerete.

Az óra felépítése

- Ismétlés, ráhangolódás a témára
- Feladatlapos munka

Az alkalmazott *óravezetés*: egyéni munka, pármunka, frontális munka.

Az óra leírása

Az óra *ismétléssel, a napi témára való ráhangolódással* kezdődött. Ezt célozták az alábbi tanári kérdések:

- *Milyen témával foglalkoztunk az elmúlt órákon?*
- *Milyen halmazállapot-változásokat ismertek?*
- *A gőzfejlődésnek milyen formái vannak?*

Ezt követően az együtt dolgozó párok kialakítása történt meg egy érdekes módszer segítségével. A gyerekek kis lapokra/kártyákra a tanár által előzetes felírt kérdéseket, illetve válaszokat húztak. Minden kártyára egy kérdés, vagy egy válasz volt felírva. Majd ezek alapján kellett megtalálniuk a pároknak egymást. Ezt követően megbeszéltek minden kérdést és választ, a kis kártyák e szerint rendezve mágnes segítségével felkerültek a táblára.

Kérdéskártyák	Válaszkártyák
Melyek azok a halmazállapot-változások, amik energiabefektetést igényelnek?	olvadás, párolgás, forrás, szublimáció
Melyek azok a halmazállapot-változások, amik energiafelszabadulással járnak?	fagyás, lecsapódás
Mit mutat meg a forráshő?	Azt, hogy 1 kg tömegű, forrásponton lévő (normál légköri nyomású) anyag elforralása mennyi hőt igényel.
Mit mutat meg az olvadáshő?	Azt, hogy 1 kg tömegű, olvadásponton lévő (normál légköri nyomású) anyag megolvasztása mennyi hőt igényel.
Mekkora hő szabadul fel egy *m* tömegű, fagyásponton lévő anyag megfagyasztásakor?	$Q = - m * L_o$
Mekkora hő szükséges egy *m* tömegű, olvadásponton lévő anyag megolvasztásához?	$Q = m * L_o$
Mekkora hő szükséges egy *m* tömegű, forrásponton lévő anyag elforralásához?	$Q = m * L_f$
Mekkora hő szabadul fel egy *m* tömegű, lecsapódási hőmérsékleten lévő anyag lecsapódásakor?	$Q = - m * L_f$

A fagyás és a lecsapódás esetében megbeszélték a negatív előjel jelentését.

Majd a következő kérdéseket beszélték meg:

- *Hogyan viszonyul egymáshoz az olvadáshő és a forráshő egy-egy anyag esetében?*
- *Melyik halmazállapotban gyengébb a részecskék közti kölcsönhatás, a folyadék- vagy a gáz-halmazállapotban?*
- *Gázokban milyen kölcsönhatás van a részecskék közt?*

Megbeszélték, hogy a folyadék halmazállapotban a részecskék közel vannak egymáshoz. Az olvadás során annyi történik, hogy a szilárd halmazállapotot jellemző kristályos rend felbomlik. Ellenben a forrás során a részecskék teljesen elszakadnak egymástól, és csak az ütközések során kerülnek egymással kölcsönhatásba. Ezért a forráshő minden esetben nagyobb.

Az óra további részében *feladatmegoldásra* került sor a tanár által előre elkészített és a diákok számára kiosztott feladatlap segítségével. A feladatlapon szereplő jelek jelentését a munka előtt megbeszélték.

- egyéni munka
- pármunka
- osztályszintű megbeszélés

Bár a jelek és az utasítások a feladatlapon is rajta voltak, de mégis fontos tudatosítani a diákokban azt, hogy a tanár hogyan tervezte el az órai munkát.

Mint az a leírás után mellékelt feladatlapon látható, a feladatok megoldása előtt *hipotézist* kellett alkotni a diákoknak, melyet a feladatlapon érdekes formában rögzíteni is kellett. A tanár elmondta, hogy az indoklás lehet szöveges, de számítással is történhet. A tanár felhívta a figyelmet a tankönyvben található megfelelő táblázatok használatára.

Az *első feladat* A) része egyszerű volt, a 9. évfolyam számára ez már nem szokott problémát okozni. Mindenki a középső jelet jelölte meg. Meg is beszélték, hogy 40 °C-os vízre számítanak. A B) rész esetében pedig, mivel a 80 °C-os vízből háromszor akkora mennyiség van, ezért ahhoz lesz közelebb a közös hőmérséklet, ideális esetben 60 °C-os. A C) esetben a két anyag különböző is volt, nem csak egyszerűen a tömegek különböztek. Megbeszélték, hogy ebben a fajhők különbözőségeit is figyelembe kell venni. A közös hőmérséklet pedig a vízéhez lesz közelebb, mivel a víz fajhője kb. négyszerese az alumíniuménak, míg az alumínium tömege csak kétszerese a vízének.

Végül a tanár a következő kérdéseket tette föl:

- *Mi változott a folyamatok során?*
- *Mi nem változott a folyamatok során?*

A tanár a fenti kérdések segítségével tudatosította a gyerekekben, hogy az egyes anyagok hőmérséklete változott csak a folyamatok során, míg a halmazállapotuk nem, mintegy előkészítve a következő feladatokat.

A második feladat megoldása előtt a tanár felhívta a figyelmet arra, hogyan lehet a Függvénytáblázat adatait használni, továbbá segítő kérdéseket kérni a megoldáshoz. A diákok egy része 0 °C-os vízre, más részük pedig 0 °C-osnál melegebb vízre tippelt. A tanár a következő segítő kérdéseket tette föl:

- *Milyen folyamat zajlik le?*
- *Mi történik a jéggel, míg megolvad?*
- *Mennyi hőre van szüksége a megolvadáshoz?*
- *Hogyan lehet kiszámítani, hogy a víz lehűlése mekkora energiaváltozással jár?*
- *Mennyi a víz fajhője?*

A következő számításokat végezték el:

$$Q_0 = m_{jég} \cdot L_o = 1 \text{ kg} \cdot 334000 \text{ J/kg} = 334000 \text{ J} \quad \text{és}$$

$$Q_{hűlés} = c_{víz} \cdot m_{víz} \cdot \Delta T \qquad \text{ahol} \quad \Delta T = -80 \text{ °C}$$

$$Q_{hűlés} = 4180 \text{ J/kg} \cdot \text{°C} \cdot 1 \text{ kg} \cdot (-80 \text{ °C}) = -334880 \text{ J}$$

- *A számítás alapján mi a válasz?*

Megbeszélték, hogy a számítások alapján látható, hogy egyrészt az összes jég fel tud olvadni, és az egész rendszer hőmérséklete picit nagyobb lehet, mint 0 °C. Ezek után fel lehet tenni azt a kérdést, hogy:

- *Mekkora lehet az egyensúlyi hőmérséklet?*

Ennek kiszámolása házi feladat lett.

A *harmadik feladatra* már nem sok idő maradt a tanórából. A tanár felhívta a tanulók figyelmét egyrészt arra, hogy ismét számításokra lesz szükség, valamint utalt a feladat megoldásához felhasználható segítő kérdésekre. Majd megbeszélték az ezekre adható válaszokat. A tanulók kikeresték a megfelelő adatokat. Arányos következtetéssel számoltak fejben. A jég olvadáshőjét kettővel kell osztani, míg a víz forráshőjét, mely abszolút értékben megegyezik a lecsapódáskor felszabaduló hővel, tízzel kell osztani.

$Q_{olvadás} = 167000$ J és $Q_{lecsapódás} = -225600$ J Tehát a jég fel tud olvadni.

Így keletkezik 500 g 0 °C-os víz és 100 g 100 °C-os víz.

Van-e arra is elegendő energia, hogy az 500 g 0 °C-os víz felmelegedjen 100 °C-ra?

Kiszámolták, hogy ehhez $Q = 209000$ J hőre lenne szükség, mely már nem áll rendelkezésre a gőz lecsapódásakor. Tehát a megoldás középen van, „csak víz” keletkezik. Az óra ezzel zárult.

Kiemelendő, hogy az órán a diákok végig aktívak voltak, az óra jó hangulatban zajlott, köszönhetően a változatos módszereknek. A diákok csoportos tevékenységét a tanár végig figyelemmel kísérte, ahol kellett, külön segítséget adott. A feladatok nagyon szép, didaktikus rendben követték egymást. Egyre több dolgot kellett figyelembe venni. Először azonos tömegű és azonos minőségű anyagok léptek termikus kölcsönhatásba, majd különböző tömegűek, végül különbözött az anyagi minőség is. A második feladat esetében már egy halmazállapot-változás is történt. A harmadik feladatban pedig két halmazállapot-változást kellett figyelembe venni.

A diákoknak *hipotéziseket* kellett alkotniuk még a számítás előtt arról, hogy milyen eredményt várnak. Tehát nem csak utólag kellett értelmezni az eredményeket. Ez nagyon fontos gondolkodásfejlesztő elem, továbbá teljes mértékben ráirányítja a diákok figyelmét a feladatra, a kontextusra. Tehát hipotéziseket nem csak empirikus vizsgálatok, hanem számításos feladatok esetében is lehet kérni. Valójában egy számításos feladat akkor jó, ha ténylegesen elvégezhető vizsgálathoz, jelenséghez kapcsolódik.

A második feladat a diákoktól is elvárta kérdés feltevését.

A harmadik feladat megoldásának elősegítéséhez a tanár már előre megadott segítő kérdéseket, melyek a gyakorlás időszakában fontosak.

Az órán nem szerepelt kísérlet, de olyan jelenségekről volt szó, amelyek előhívták a diákok korábbi tapasztalatait. Továbbá egy gyakorló, feladatmegoldó órának nem is célja feltétlenül a további empirikus ismeretszerzés, hanem a megismert összefüggések alkalmazása, a fizika kvantitatív jellegének megtapasztalása.

Melléklet: Az órán használt feladatlap

1. feladat

A hőmérsékleti egyensúly beálltával kialakult hőmérséklet (T_e) melyik kezdeti hőmérséklethez esik közelebb? Írd be a jelét a megfelelő téglalapba! Választásodat indokold!

A) 1 kg 0 °C-os és 1 kg 80 °C-os vizet öntünk össze.

0 °C ☐ ☐ ☐ 80 °C

INDOKLÁS:

B) 1 kg 0 °C-os és 3 kg 80 °C-os vizet öntünk össze.

0 °C ☐ ☐ ☐ 80 °C

INDOKLÁS:

C) 1 kg 0 °C-os vízbe egy 2 kg tömegű, 80 °C-os alumíniumkockát ejtünk.

0 °C ☐ ☐ ☐ 80 °C

INDOKLÁS:

Ha végeztél, vitasd meg a pároddal a választásaidat!

Állj meg egy kicsit, közös megbeszélés következik!

Megjegyzés, kiegészítés:

2. feladat

Elhanyagolható hőkapacitású kaloriméterben 1 kg 0 °C-os jégre 1 kg 80 °C-os vizet öntünk.

Mit gondolsz, az egyensúly beállta után mi lesz a kaloriméterben? Tegyél X-et a megfelelő négyzetbe! Választásodat indokold!

☐	☐	☐
víz-jég keverék	0 °C-os víz	0 °C-nál melegebb víz

INDOKLÁS:

Vitasd meg a pároddal a választásodat és az indoklást!

Állj meg egy kicsit, közös megbeszélés következik!

Mit kérdezhetünk ezek után?

EREDMÉNY:

Vessük össze a végeredményt a hipotézissel! Alátámasztja vagy cáfolja a számolás azt, amit gondoltunk?

Megjegyzés, kiegészítés:

3. feladat

Elhanyagolható hőkapacitású kaloriméterben 500 g 0 °C-os jégre 100 g 100 °C-os vízgőzt vezetünk.

Mit gondolsz, az egyensúly beállta után mi lesz a kaloriméterben? Tegyél X-et a megfelelő négyzetbe! Választásodat indokold!

☐	☐	☐
víz-jég keverék	0 °C-os víz	0 °C-nál melegebb víz

INDOKLÁS:

SEGÍTSÉG AZ INDOKLÁSHOZ: Mennyi hő kell a jég megolvasztásához? Mennyi hő szabadul fel a vízgőz lecsapódásakor? Mennyi hő kell az 500 g víz 100 °C-ra való felmelegítéséhez? Számold ki!

Vitasd meg a pároddal a választásodat!

Állj meg egy kicsit, közös megbeszélés következik!

Megjegyzés, kiegészítés:

4. Elektromos áram

A következő órák az elektromosságtan témakör talán legfontosabb részét, az Ohm törvényt és annak alkalmazásait járják körül. Szép tudománytörténeti bevezetők, egyszerűen elvégezhető mérőkísérletek, kvantitatív leírások teszik színessé az órákat. Az elektromosságtani kulcsfogalmak, az áramerősség és a feszültség fogalmak szétválasztása és ennek nehézségei is megjelennek a leírásokban.

4.1. Az áramerősség és mérése

Az óra *célkitűzése:* 8. évfolyamon egész osztály számára az áramerősség fogalmának és mérési módjának tisztázása. Miként alakul az áramerősség a fogyasztók soros kapcsolása esetében az áramkörben?

Az óra *előzményei*: az áramkör fogalmának, az áramkör részeinek ismerete.

Az óra felépítése

- Házi feladat ellenőrzése, ismétlő kérdések
- Az áramerősség fogalma
- Az áramerősség mérése, a mérőműszer használata
- Az áramerősség mérése csoportmunkában
- Összefoglalás

Az alkalmazott *óravezetés*: frontális osztálymunka és csoportmunka.

Az óra leírása

Az óra a házi feladatok ellenőrzésével kezdődött. Az első feladat egy egyszerű áramkör felrajzolása volt, melyben a következő áramköri elemek találhatóak: rúdelem, izzó és vezetékek.

A másik feladat a munkafüzet 13. oldalán a 8. feladat volt:

8. a) Írd az áramkörbe az áramköri jelek mellé a nevüket!

b) Jelöld az ábrán nyilakkal az áram útját!

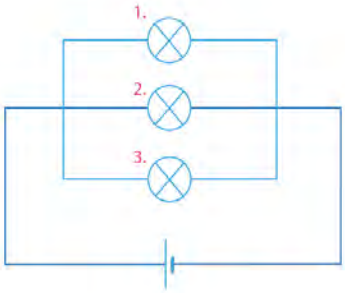
c) Jelöld be az ábrába a csomópontokat (A betűvel és B betűvel), ahol az áram útja elágazik!

d) Húzd át barna színnel az áramkörben a főágat!

e) Húzd át zöld színnel az áramkörben a mellékágat!

f) Ha a 2. számú izzó kiégne, világítana-e tovább a másik kettő?

.....



g) Miért?

.....

.....

h) Rajzolj egy kapcsolót az áramkörbe úgy, hogy azzal csak a 3. izzót tudjuk ki-be kapcsolni!

A feladat megbeszélésének végén a hibátlan, illetve a majdnem hibátlan megoldásokat készítő gyerekek plusz pontokat kaptak. Majd néhány ismétlő kérdés következett:

- *Melyek az áramkör részei?*
- *Milyen a párhuzamos kapcsolás?*
- *Milyen kapcsolás van még?*
- *Szerintetek melyik kapcsolás a praktikusabb? Soroljátok fel ezek előnyeit és hátrányait!*

Több diák a soros kapcsolást tartotta praktikusabbnak, példaként a karácsonyfaizzók soros kapcsolását említették. Majd kis gondolkodás után rájöttek, hogy a párhuzamos kapcsolás esetében egymástól függetlenül lehet működtetni a különböző fogyasztókat.

- *Mi folyik az áramkörben?*

A fenti kérdéssel tértek rá az aznapi óra témájára. A gyerekek szinte rögtön rávágták, hogy az elektronok mozognak az áramkörben. A tanár ezt kiegészítette, hogy nem kell feltétlenül elektronoknak lenniük, hanem az a lényeg, hogy töltéssel rendelkező részecskék legyenek. Majd a következő kérdést tette fel:

- *Az áram lehet erősebb és gyengébb is. Mely fizikai mennyiséggel tudjuk ezt jellemezni?*
- *Mi az áramerősség jele és mértékegysége?*
- *Miért I az áramerősség jele?*

- *Mitől függ az áramerősség nagysága?*

A diákok rájöttek, hogy két dologtól függ az áramerősség nagysága: mennyi töltés halad át a vezetőn és mennyi idő alatt. Majd felírták az óra címét: Áramerősséget mérünk.

A tanár bemutatta a rombusz alakú demonstrációs mérőműszert, majd a diákok által használt tanulókísérleti eszközt.

Megbeszélték az áramerősség-mérő áramköri jelét. Mivel elég nehéz lenne minden alkalommal lerajzolni a műszert, ezért célszerű volt bevezetni egy egyszerűsített ábrát.

Majd az alábbi analógiára kérdezett rá:

- *Mihez hasonlítottuk a vezetékben mozgó töltéseket?*

A diákok kórusban mondták, hogy egy autópályán mozgó autókhoz.

A tanár folytatta az analógiát, miszerint az áramerősség-mérő műszer (ampermérő) az autópályán lévő forgalomszámlálóhoz hasonlítható. Egyik gyerek megjegyezte, hogy „az áramerősség-mérő műszerben ül a forgalomszámláló manó”.

Az analógiás gondolkodás sokszor segít az új jelenségek megértésében, melyre a fenti ragyogó példa.

- *Milyen kapcsolásban kell az áramerősség-mérő műszert bekötni az áramkörbe?*

Megbeszélték, hogy sorosan.

- *Miért sorosan kötjük be az áramkörbe?*

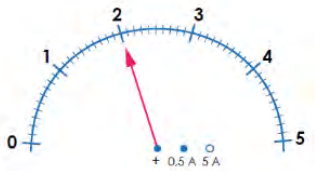
Mivel az áramnak így egy útja van, és az összes töltés átmegy rajta.

Majd a tanár a megbeszélések alapján a táblára írta fel a következőket:

Az ampermérő kapcsolása:

- sorosan,
- fogyasztó nélkül soha nem kötjük be,
- a pólusokra ügyelni kell,
- a méréshatárra ügyelni kell.

A tanár írásvetítőre kivetítette a gyerekek által a későbbiekben használt mérőműszer skáláját, és gyakorolták annak leolvasását.



- *Mi a jelentősége a + jelnek?*
- *Merre fog a mutató elmozdulni, ha fordítva kötjük be a műszert?*
- *De ez a rombuszos műszernél mindegy, mivel középállású a mutató. Tudjuk-e, hogy mekkora áramerősséget várunk? – Nem.*
- *Melyik méréshatárt kell először választani? – A 3 A-t. Az a lényeg, hogy a legnagyobbat, ami ebben az esetben 3A.*
- *Ha a 3 A -es méréshatárnál 6-ot mutat a műszer, akkor 1 beosztás mennyit jelent?*
- *2 beosztás mennyit jelent?*
- *A 0,6 A-es méréshatárnál könnyebb leolvasni, hogy 1 beosztás 0,1 A-t jelent?*

Nem egyszerű feladat a műszer leolvasása. Komoly arányossági gondolkodást igényel a gyerekektől. A digitális műszerek korában pontosan azért indokolt az analóg eszközök használatának tanítása, mert ez egy remek eszköz az arányossági gondolkodás fejlesztésére.

A megbeszélést követően tanulókísérletek következtek. Ezekhez a diákok csoportokba rendeződtek. Három 4 fős, két 3 fős, és egy 2 fős csoport alakult.

Az *első mérési feladat* az volt, hogy két egyszerű áramkört kellett létrehozni, melyekbe más-más izzót kapcsoltak. Az egyikbe karácsonyfaizzót tettek, míg a másikba zsebizzót. Mindkét áramkörben mérni kellett az áramerősséget.

- *Mit gondoltok, a két áramkörben egyforma áramerősségeket fogtok-e mérni, vagy nem?*

A gyerekek mindenféle tippet adtak, voltak, akik szerint egyformák lesznek az áramerősségek, mások szerint a színesnél nagyobbat mérnek, illetve a zsebizzónál mérnek nagyobbat. Azonban a legtöbben *egyforma* értékekre „szavaztak”.

Az eszközök tálcán ki voltak készítve, melyeket a gyerekek elvittek, összeállították az áramköröket és elvégezték a méréseket. A mérés közben a tanár sétált a csoportok közt, és ahol kellett, ott segített. A mérés körülbelül 7 percet vett igénybe.

Fontos kiemelni, hogy az órából „nem sok időt vesz el”, mégis mennyire tanulságos egy-egy tanulói kísérlet. Ha lehetőségünk van, akkor alkalmazzuk minél többször!

A mérési adatokat minden gyerek leírta, és megállapították, hogy a két különböző izzót tartalmazó áramkörben *különbözőek* lettek az áramerősségek.

A hipotézisek kérése fontos gondolkodásfejlesztési elem, hiszen a tanulóknak végig kell gondolniuk a jelenséget. Nem baj, ha nem igazolódik a hipotézis, a fontos az, hogy empirikusan vizsgálható legyen. És itt ténylegesen megtörtént a vizsgálat, majd a megfelelő következtetések levonása.

A *második mérési feladat* az volt, hogy kössék be mindkét izzót a gyerekek egyazon áramkörbe, majd több helyen is mérjék meg az áramerősséget.

- *Hány helyre lehetne bekötni a műszert?*

Három helyre. Egyszer az ábrán is látható módon, közvetlenül a zsebtelep után, majd a két izzólámpa közé, végül az izzólámpák után. De mivel nem volt annyi műszer, ezért csak két helyre kötötték be. A zsebtelepet követően és a két izzó közé. Két műszer volt az áramkörben.

- *Mit gondoltok, ugyanakkora értéket mutat majd mindkét műszer?*

Egy fő kivételével minden gyerek azt várta, hogy különbözőek lesznek az értékek. Mégpedig a két izzó közt kisebb lesz az áramerősség. Indoklásul azt mondták, hogy az első izzó miatt, mert az elfogyaszt valamennyi áramot.

Meg kell jegyezni, hogy teljesen hasonló tévképzet előfordul a középiskolai évfolyamokon is, amikor már második alkalommal dolgozzák fel a tanulók a témakört. Az indoklások is hasonlóak. Vagyis a tévképzetek rendkívül tartósak tudnak lenni a diákok tudatában!

A tapasztalat természetesen mást mutatott, az áramkör minkét pontjában azonos áramerősséget mértek. A következtetést le is írták a diákok a füzetükbe. Soros kapcsolásnál az áramkör minden pontjában ugyanakkora az áramerősség.

- *Vajon miért van ez?*

Megbeszélték, hogy a soros kapcsolás esetében az áramnak csak egy útja van, így ugyanakkora áram megy át minden egyes fogyasztón.

Végül a tanultak *összefoglalásával* zárult az óra.

- *Mit mértünk? – Áramerősséget.*
- *Milyen eszközzel mértünk? – Ampermérővel.*
- *Mire kellett ügyelni a mérés során? – Pólusok, méréshatár, sorosan kell bekötni.*
- *Mit tapasztaltunk? – Az áramerősség az egész áramkörben azonos.*

Végül házi feladat lett a munkafüzet 11. oldalán a 8. és a 11. feladat. Mivel a méréseket mindenki jól elvégezte, plusz pontokat adott a tanár.

A tanóra mintaszerű volt. A tanár sok, kifejezetten gondolkodtató kérdést tett fel az órán az ismeretek számonkérése mellett. A tanulók által elvégzett kísérletek mindkét esetben tanulságosak voltak. A gyerekeknek előzetes tudásukat, elképzeléseiket kellett mozgósítani ahhoz, hogy meg tudják fogalmazni előzetes várakozásaikat. Érdekesség, hogy a legtöbben szinte teljes mértékig azokat a tévképzeteket produkálták, melyek a szakirodalomban is megtalálhatók. A tanár ezeket kellő empátiával kezelte. Ugyanakkor a mérés után a kapott adatoknak megfelelően levonták a helyes következtetéseket, melyeket minden gyerek elfogadott.

A tanóra felépítése is mintaszerű volt. Házi feladat, bevezető kérdések, az új elméleti anyag, majd a gyakorlati megvalósítás két tanulságos méréssel. Nem maradt el a rövid összefoglalás sem, végül a házi feladat és a tanulók munkájának értékelése.

4.2. Ohm törvényének bevezetése

Az óra *célkitűzése:* 10. évfolyamon teljes osztályban Ohm törvényének kísérletekre, mérésre alapozott bevezetése. Mérési adatok felvétele, táblázatos elrendezése, ábrázolása, kapcsolat keresése, az ellenállás fogalmának bevezetése.

Az óra *előzményei*: a feszültség és az áramerősség fogalmainak és mérési lehetőségeinek ismerete, egyszerű áramkörök összeállítása.

Az óra felépítése

- A korábban tanultak ellenőrzése
- Tudománytörténet, Ampere, Volta és Ohm
- A feldolgozandó új témakörhöz tartozó kísérleti munka előkészítése, hipotézisalkotás
- A mérés
- A mérési eredmények rögzítése

– Az ellenállás fogalmának megalkotása
– A korábbi hipotézis összevetése a tapasztalattal

Az alkalmazott *óravezetés*: a diákok és a tanár frontális beszélgetése, egy-egy tanuló segítsége a műszerek által mutatott értékek leolvasásában.

Az óra leírása

Az óra az egész osztálynak feltett *ismétlő kérdésekkel* kezdődött:

- *Mit nevezünk elektromos áramnak?*
- *Mi az áramerősség?*
- *Mely fogalmakkal találkoztunk még?*

Ez utóbbi kérdésre a feszültség volt a válasz, így a következő kérdés adódott:

- *Mi a feszültség?*

A tanulói válasz érdekesen kezdődött: „Adott munkamennyiség alatt átáramló …”

Érdekes kifejezés a „munkamennyiség”, talán a „hőmennyiség” analógiája lehetett a diák gondolkodásában, mely szintén nem a legszerencsésebb kifejezés, helyette a hő ajánlott.

A többi diák is felkapta a fejét, hogy ez nem lesz jó.
– Mi a képlete? – hangzott a segítő tanári kérdés.
– Minek a munkája?

A fentiekből is látható, hogy míg az elektromos áram fogalma viszonylag könnyen érthető a diákok számára, addig a feszültség fogalma és annak az elektromos mező munkájával való kapcsolata kifejezetten nehéz.

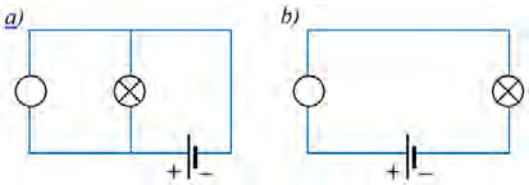
A „képlet” kifejezés nem a legszerencsésebb, inkább összefüggést célszerű mondani. Jelen esetben a fogalom definíciójára utalt a tanár, melyet betűjelek segítségével szokás felírni.

Majd folytatódtak a kérdések:

- *Mire használható az amperméró?*
- *Hogyan helyezzük el az áramkörben?*
- *Mi a voltmérő?*
- *Mire használható?*
- *Hogyan kell bekötni?*

Mint látható, a kérdések kicsit hiányosak, de mivel adott témáról volt szó az órán, a diákoknak ez nem okozott nehézséget. Továbbá a tanulók lexikális tudását ellenőrizték, de fontos szerepük volt, hiszen a tanulói válaszokból következtetni lehetett a fogalmak megértésére, vagy éppen meg nem értésére.

Majd egy ppt-n kivetített rajzos feladat következett. Két egyszerű áramkör rajza volt látható. Mindkettőben egy-egy műszer volt elhelyezve a telepen, a fogyasztón és a kapcsolón kívül. El kellett dönteni, hogy melyik áramkörben milyen műszer van bekötve.



Az egyikben a fogyasztóval párhuzamosan egy voltmérő, míg a másikban egy ampermérő volt sorosan bekötve.

A feladat kifejezetten gondolkodásfejlesztő volt. Míg a korábbi kérdések mintegy csak a diákok memóriáját tesztelték, addig ebben a tanultakat alkalmazni kellett.

Az óra következő része egy rövid *tudománytörténeti* betét volt. Az elektromosságtan szempontjából három fontos tudós – Amper, Volta és Ohm – munkásságáról volt szó. A tanár ppt-n bemutatta a portréjukat. Megbeszélték, hogy Amper nevéből az áramerősség, Volta nevéből pedig a feszültség mértékegységének neve származik. Ohm életéről az egyik tanuló tartott rövid kiselőadást.

Az óra következő részében a *kísérlet, a mérési feladat előkészítése* történt meg. A tanár a következőt diktálta le a tanulóknak:

- *Vizsgáljuk meg, milyen kapcsolat van egy adott fogyasztóra kapcsolt U feszültség és a fogyasztón átfolyó I áramerősség között!*

Majd a tanár megmutatta a diákoknak a kísérleti eszközöket.

- *Milyen készüléket láttok itt? (Egy volt/amper mérőt mutatott.)*
- *Mi lesz számunkra a fogyasztó? (Az elektrovariában található kis izzót használtak.)*
- *Mit vártok, milyen kapcsolat lehet a feszültség és az áramerősség között? Matematikai formában is próbáljátok megfogalmazni!*

Vagyis *hipotézist* kért a diákoktól a várható függvénykapcsolatra vonatkozóan. A diákok a tanárral közösen többféle lehetőséget is felsoroltak, hogy milyen kapcsolat is lehet, például egyenes arányosság, fordított arányosság, négyzetes függés. Majd megállapodtak abban, hogy minden bizonnyal egyenes arányosság várható a két mennyiség között.

A tanulói hipotézisalkotás szintén nagyon fontos gondolkodásfejlesztő elem, különösen ebben a formában, hiszen a tanár azt függvénykapcsolat formájában kérte. Ezzel egyben tudatos kapcsolatot épített ki a fizikai jelenségek leírására alkalmazható fizikai mennyiségek és azok matematikai reprezentációja között.

Ezt követően *megmérték* a méréshez felhasznált egyes telepek feszültségét a 1,5 V-os, a 4,5 V-os, illetve két sorosan összekapcsolt 4,5 V-os elem esetében. A következő kérdések hangzottak el:

- *A feszültséget mindig hány pont között mérem?*
- *Mit vártok, mit fog mutatni a műszer? (Mindhárom esetben)*

A mért feszültségek 1,5 V, 4,4 V és 8,9 V értékek voltak. Megbeszélték, hogy a telepek már nem újak, ezért kisebb a feszültség. A leolvasásokhoz tanulók jöttek ki, és megbeszélték a műszer méréshatárának beállítását és a leolvasást. Majd az áramkört létrehozva mérték a fogyasztón eső feszültséget. Ekkor a következő tanári kérdés hangzott el:

- *Mit gondoltok, ha a voltmérő egyik vezetékét kihúzom, akkor is világítani fog az izzó?*

Közben mutatta a két egymással párhuzamos vezetéket, mely a voltmérőhöz csatlakozott az izzó két végpontjáról. Majd kihúzta, és megfigyelték, hogy tovább világított a lámpa!

Ez szintén egy nagyon fontos gondolkodásfejlesztő eleme volt az órának, hiszen a diákoknak rá kellett jönni, hogy attól, hogy nem méri a fogyasztón eső feszültséget, még zárt marad az áramkör, tehát azért világított tovább az izzó.

Majd rátértek az áramerősségek mérésére. Megbeszélték, hogy a műszert át kell alakítani ampermérővé, és sorosan kötni az áramkörbe. A tanár elvégezte az átalakítást, majd ismét feltette az előbbi kérdést.

- *Mit gondoltok, ha az ampermérő egyik vezetékét kihúzom, akkor is világítani fog az izzó?*

Majd megbeszélték, hogy azért nem világít az izzó, mert az ampermérő sorosan van bekötve, tehát megszakad az áramkör, ha kihúzza az egyik vezetéket.

Lemérték a 3 feszültséghez tartozó áramerősségeket. Ezeket felírták a táblára, és a diákok füzetébe is bekerültek.

Az óra következő részében *táblázatos formában rögzítették* az előzőleg mért mérést eredményeket. Megbeszélték a táblázat szerkezetét, melynek egyelőre két sort és négy oszlopot rajzoltak, a tanár a táblára, a diákok pedig a füzetükbe.

U (V)	1,50	4,40	8,90
I (A)	0,01	0,03	0,06
$\frac{U}{I}$	150	147	148

Itt szintén fontos elem, hogy a tanár nem készítette el előre a táblázatos formát, hanem a mérési adatok csoportosítását a diákokkal közösen alkották meg. Bár ezt meg lehet tenni a mérés előtt is.

Majd megbeszélték, hogy lesz egy harmadik sor is, melybe az összetartozó feszültség- és áramerősség-értékek hányadosa fog kerülni. Ezeket rögtön ki is számolták. Majdnem azonos értékeket kaptak. A tanár megmondta, hogy az így kiszámított mennyiségeket *ellenállásnak* nevezik. A mértékegységét is megbeszélték. Ez nem volt teljesen új fogalom a diákok számára.

Ezt követően a következő tanári kérdés hangzott el:

- *Ha két mennyiség között kapcsolatot keresünk, hogyan ábrázoljuk az összetartozó mennyiségeket?*

A tanár a táblánál, a diákok a füzetükben ábrázolták az összetartozó mért értékeket (3 darab) egy koordináta-rendszerben. Megbeszélték az egyes tengelyek beosztását. Megállapították, hogy a pontok jó közelítéssel egy egyenesen helyezkednek el. Méghozzá az origón átmenő egyenesen. Vagyis *bevált a legtöbb diák által előzetesen megalkotott hipotézis*, miszerint egyenes arányosságra gondoltak.

Nagyon fontos elem volt, hogy az óra végén visszatértek az előzetes hipotézisre! És ezzel zárult az óra. Az órának a kísérletes, méréses részének tervezése a *kutatásalapú tanulás/tanítás* módszer alapelveire épült.

Miről nem volt szó? Illetve miket hanyagoltak el a tárgyalás során? Mit lehet másképp csinálni?

– Ténylegesen az elem feszültségét mérték meg, nem pedig a fogyasztón eső feszültséget. De persze tudjuk, hogy egy ilyen áramkörben a feszültség zömmel a fogyasztón esik.

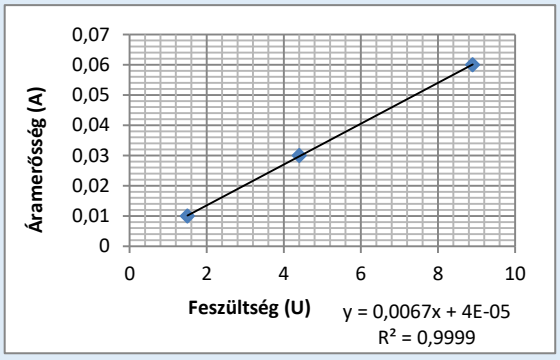
– Nem vették figyelembe, hogy az izzó melegszik, és ezért változik az ellenállása. Ez azonban nem volt jelentős. Továbbá az ellenállás hőmérsékletfüggése a későbbi leckékben előkerül, és akkor vissza lehet térni erre.

– Ha több eszköz van, akkor lehet a mérést csoportmunkában végezni.

– A mérési eredmények ábrázolása történhet Excel program segítségével, hiszen az éppen ebben az időben tananyag a diákok számára informatikából.

A metszéspont tényleg majdnem nulla. A meredekség reciproka 149, mely az ellenállás. És az R^2-ből látszik, hogy jó közelítés a lineáris.

Külön ki kell emelni az alábbi momentumokat:
– A tanár sok, pontos és a téma szempontjából fontos *kérdést* tett fel. Ezek jelentős része ténykérdés volt, de azok fontosak voltak, hiszen kiderült, hogy a feszültség fogalmával gondok voltak. Azonban néhány kifejezetten gondolkodtató, az ismeretek értő alkalmazását előhívó kérdés is szerepelt. Két esetben kért egyszerű hipotézist a tanár, amikor kiiktatta az áramkörből a mérőműszert. Továbbá a méréssel kapcsolatban matematikai jellegű hipotézist kért.



– Az *aktív tábla* használata jó volt. Nem volt túlzó a használata, csak akkor használták, amikor arra szükség volt. Egyébként a táblánál dolgoztak, mely a diákok számára teljes mértékben követhető volt.

– Az óra *jó hangulatú*, változatos, érdekes volt, köszönhetően például a tanulói hipotézisalkotásoknak. A frontális módszer ellenére a tanár sok diákot igyekezett megmozgatni kérdéseivel, illetve a műszer leolvasásával.

4.3. Fogyasztók soros kapcsolása

Az óra *célkitűzése:* 10. évfolyamon az egész osztály számára a fogyasztók soros kapcsolásának szemléltetése, a soros kapcsolású áramkörben folyó áram erősségének mérése, a sorosan kapcsolt fogyasztókon mérhető feszültségek meghatározása, valamint az eredő ellenállás fogalmának bevezetése.

Az óra *előzményei*: az elektromos áram, áramerősség, feszültség fogalmak ismerete és egyszerű áramkör összeállításának, valamint a voltmérő, az ampermérő áramkörben való elhelyezésének ismerete.

Az óra felépítése

- A korábban tanultak ismétlése, mint például, hogy milyen elemekből áll az elektromos áramkör
- A soros kapcsolás megismerése, abban az áramerősség mérése
- Feszültség mérése a sorosan kapcsolt fogyasztókon, előtte hipotézisalkotás
- Az eredő ellenállás számítása soros kapcsolású fogyasztók esetében

Az alkalmazott *óravezetés*: alapvetően frontális, közös megbeszélés.

Az óra leírása

Az óra rövid ismétlő kérdésekkel indult.

- *Milyen elemek szükségesek egy elektromos áramkör összeállításához?*

Ezt követően a tanár bemutatta az órára hozott eszközeit, melyekből majd az elektromos áramkört összeállítják (zsebtelep, áram/feszültségmérő eszköz, vezetékek és két izzó). Majd feltette a kérdést:

- *Hogyan hozhatunk létre soros kapcsolást? Mit jelent az, hogy soros kapcsolás?*

Bemutatta, hogy miként lehet a fenti áramköri elemeket, sorban egymáshoz kapcsolni a vezetékekkel.

Kapcsoljunk sorosan két fogyasztót, például izzókat egy zsebtelepre mint áramforrásra!

Megnézték, hogy az egyes áramköri elemek miként alkotnak zárt áramkört.

- *Mi történik, ha valamelyik izzó kiég, vagy kicsavarom?*

A diákok többféle elképzelést is megfogalmaztak. Volt, aki szerint attól még a másik izzó világítani fog, és volt, aki szerint egyik izzó sem fog világítani. Ezt követően elvégezték a kísérletet. Egyszer az egyik izzót csavarták ki, majd a másikat.

A kísérletek alapján megállapították, hogy ha bármelyik izzót kicsavarják, akkor a másik sem világít.

- *Az áram elágazik az áramkörben, vagy csak egy irányban tud menni?*

Megmagyarázták a jelenséget, miszerint bármelyik izzó kiégésekor, vagy kicsavarásakor megszűnik a zárt áramkör. Mivel a töltések csak egy irányban tudnak menni, ha megszakítjuk az áramkört, akkor megszűnik az áram.

- *Mérjük meg az áramkörben folyó áramerősséget!*
- *Mindegy, hogy hol nézem meg az áramerősséget?*
- *Mit gondoltok, milyen kapcsolat lehet az egyes fogyasztókon átfolyó áramok erősségei között?*

A diákok sejtették már korábbi tanulmányaik alapján, hogy az áramkör bármely részébe is kötjük be az áramerősség-mérő műszert, az ugyanazt az értéket fogja mutatni. Ténylegesen meg is mérték az áramkör több pontján az áramerősséget, melyre $I = 0{,}16$ A értéket kaptak. Bárhol mértek az áramkörben, ezt kapták, hiszen az áramkörben nincsenek elágazások, az áramnak csak egy iránya van. Természetesen közben megbeszélték, hogy a műszert sorosan kell beiktatni az áramkörbe.

Ez 10. évfolyamos osztály volt. Azonban amikor fiatalabb diákok foglalkoznak a témával, nem egy esetben előfordul, hogy nem így gondolkodnak, mint azt sok 8. évfolyamos tanórán láttam. Jellegzetes tévképzet, hogy a fogyasztó előtt és után nem ugyanakkora áramerősségre számítanak, hiszen a diákok úgy gondolják, hogy a töltéseket a fogyasztó mintegy elfogyasztja.

Ezt követően rátértek a *feszültségek* mérésére az egyes áramköri elemek kivezetésein.

A tanár a műszerek leolvasásához minden esetben diákokat szólított ki. Továbbá minden alkalommal megbeszélték, hogy a műszert hogyan kell bekötni az áramkörbe, milyen méréshatárt kell választani, és annak függvényében melyik skáláról kell éppen a mért értéket leolvasni.

Most mérjük meg az egyes fogyasztókra, esetünkben az izzókra eső feszültségeket!

- *Mit gondoltok, milyen kapcsolat van közöttük?*
- *Mindegyik fogyasztón a telep feszültségét lehet majd mérni?*

- *Vagy megoszlanak a feszültségek a fogyasztókon?*
- *Pontosan elfeleződik?*

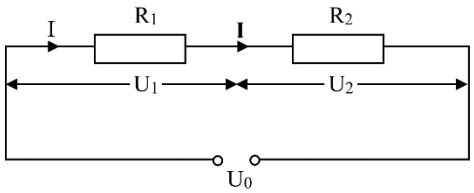
A kérdéseket követően a diákok között élénk vita alakult ki arról, hogy az izzókon eső feszültségek vajon azonosak lesznek-e vagy különbözőek? Volt, aki szerint a telep feszültsége jelenik meg mindkét fogyasztón, és voltak, akik szerint a telep feszültsége egyenletesen megoszlik a fogyasztók között.

A tanulói vitát követően elvégezték a méréseket. A tanár először az áramforrás sarkain lévő feszültséget mérte meg, melyre 4,4 V adódott, majd az egyes izzókon eső feszültségeket. Az eredmény az lett, hogy nem voltak azonosak az egyes izzókon eső feszültségek. Az egyik 2,5 V volt, míg a másik 1,7 V-nak adódott. Az eredményeket a táblán, illetve a füzetben rögzítették.

- *Mit tudunk, mekkora a telep feszültsége?*
- *Lehet ennél több a két fogyasztón eső feszültség összege?*

Ténylegesen az összeg kevesebb volt, mint a telep feszültsége, melyet a tanár a nem túl pontos mérésnek tulajdonított az osztály felé. Nem vezette be azt, hogy valójában a telepnek is van belső ellenállása, melyen szintén esik feszültség. De visszautalt a tanulói hipotézisekre, miszerint az egyes fogyasztókon nem feltétlenül esik azonos nagyságú feszültség.

Majd a következtetések matematikai megfogalmazása következett, melyek a táblára, illetve a diákok füzetébe kerültek a megfelelő ábrával együtt.



Sorosan kapcsolt fogyasztók között nincsen áramelágazás, ezért a fogyasztókon átfolyó áramerősség megegyezik: $I_1 = I_2 = I$

Az áramforrás feszültsége egyenlő a fogyasztók feszültségeinek összegével:

$$U = U_1 + U_2$$

A sorosan kapcsolt fogyasztók helyettesíthetőek egyetlen fogyasztóval. Ellenállása az *eredő ellenállás*, vagyis

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U_1 + U_2}{I} = \frac{U_1}{I} + \frac{U_2}{I} = R_1 + R_2$$

Megbeszélték, hogy ezt ugyan ebben az esetben két fogyasztóra nézték meg, de több fogyasztó esetében is az eredő ellenállás az ellenállások összegeként számítható. Továbbá a soros kapcsolásnál a nagyobb ellenállású fogyasztóra arányosan

nagyobb feszültség jut. Tehát az áramforrás feszültsége az ellenállások arányában oszlik meg a fogyasztókon.

Az óra végére egyetlen alkalmazási példa maradt, mégpedig a klasszikus karácsonyfaizzóra. Amikor bármelyik izzó kiég, a többi sem világít.

A klasszikus karácsonyfaizzóban van áthidaló ellenállás. Óvakodjunk azoktól az izzósoroktól, amelyekben ilyen nincs, általában gyengébb minőségűek!

A frontális munka ellenére elmondható, hogy szinte minden diák aktív részese volt az órának. Köszönhetően egyrészt a hipotézisek kérésének, hiszen mindenkinek volt valamilyen előzetes elképzelése, melyen kicsit vitatkoztak is a diákok. Továbbá az egyes mérési helyzetekben a tanár igyekezett minél több diákot kiszólítani a mért értékek leolvasásához.

Az órán több gondolkodtató kérdés is elhangzott, melyek színesítették az órát. A tanár valódi segítője volt a diákok tudáskonstrukciójának.

4.4. Galvánelem, belső ellenállás, elektromotoros erő

Az óra *célkitűzése:* 9. évfolyamon félosztály számára a galvánelemek működési elvének áttekintése, valamint az elektromotoros erő és a belső ellenállás fogalmak bevezetése demonstrációs mérések segítségével.

Az óra *előzményei*: áramerősség, feszültség, ellenállás, zárt áramkör fogalma, soros és párhuzamos kapcsolás, Ohm törvénye.

Az óra felépítése

- Ismétlő kérdések
- A galvánelem működésének bemutatása a Daniell-elemen keresztül
- Demonstrációs mérőkísérlet a telep belső ellenállásának bemutatásához
- Új fogalmak bevezetése: belső ellenállás, elektromotoros erő, kapocsfeszültség
- Gyümölcselem bemutatása

Az alkalmazott *óravezetés*: alapvetően frontális.

Az óra leírása

Az óra ismétlő kérdésekkel kezdődött.

- *Mondjatok összefüggést a soros kapcsolásra!*

- *Tudsz mondani egy másikat?*
- *Ugyanígy a párhuzamos kapcsolásra tudtok mondani összefüggést?*
- *Emese, tudsz másikat mondani?*

A tanár mindkét esetben a feszültségek és az ellenállások viszonyának megfogalmazását várta. Ezt követően rátértek a *galvánelemek* tárgyalására. Mint az kiderült, kémiából még nem volt szó erről a témáról. A tanár elmondta, hogy ezekben az eszközökben kémiai energiából lesz elektromos energia, melyet a *Daniell-elem* példáján fog bemutatni. Elmondta és be is mutatta az összeállítást. Egy főzőpohárban réz-szulfát oldat volt, melybe rézlemez merült, míg egy másikban cink-szulfát oldat, melybe cinklemez merült. A két oldatba sóoldatba merített, összesodort szűrőpapírt (sóhíd) tett, melynek egyik vége az egyik, másik vége a másik oldatba lógott bele. A fémlemezekhez krokodilcsipesz segítségével fémdrótot illesztett, majd mérte az így elkészített elem elektródái közti feszültséget.

Az egyik diák máris tippelt, hogy szerinte 2,5 V feszültséget lehet mérni majd a két elektróda között. Nem lett igaza, mert mindössze 0,8 V-ot lehetett mérni. Ezt követően a tanár a táblára, míg a diákok a füzetükbe lerajzolták az összeállítást.

- *A diákok kérdezték, hogy miért van szükség a sóhídra.*

Megbeszélték, hogy erre azért van szükség, hogy a kétféle oldat ne keveredjen, de azért az ionok tudjanak vándorolni a töltéskiegyenlítődés miatt.

Tanári magyarázatként elhangzott, hogy a cink-szulfát oldatba merülő cinkelemez kémiailag feloldódik, $Zn - 2e^- \rightarrow Zn^{2+}$ folyamatban elektronokat hagyva hátra, melyek a két elektródát összekötő fémdrótón (esetleg fogyasztón) keresztül a rézszulfát oldatban lévő rézlemez felé és onnan az oldatba vándorolnak, majd ennek hatására az oldatból réz válik ki:

$$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$$

Mikor merül le az elem? – kérdezte az egyik diák.

Az elem akkor merül le, ha valamelyik fémlemez, vagy az oldat elfogy.

Majd közösen megtekintettek egy animációt a Daniell-elem működéséről, mely ezt a kérdést is érintette[8].

A diákok házi feladatként kapták, hogy otthon is megnézve az animációt, jegyzeteljék le abból a legfontosabb információkat.

Nagyon jó módszernek tartom, hogy egy bemutatott „élő” kísérletet olyan animációval egészítenek ki, amely az egyébként láthatatlan részleteket bemutatja.

[8] https://www.youtube.com/watch?v=C26pH8kC_Wk&nohtml5=False

Továbbá azért is fontosak a hasonló házi feladatok, mivel a felnövekvő generáció napjainkban szereti a képeket, filmeket és azok megismételhetőségét, továbbá nem jelent, illetve nem szabad, hogy gondot jelentsen számukra az angol nyelvű szöveg megértése.

Az animáció jól mutatja a mikroszkopikus részleteket, a kémiai részecskéket mind az oldatban, mind a két fémdarabban és a sóhídban, továbbá az elektronok vándorlását is.

Ezt követően az elem belső ellenállásának szemléltetéséhez egy mérőkísérletet mutatott be a tanár. Megmérte a terheletlen telep által adott feszültséget, mely 4,85 V volt, majd zárt áramkört alakított ki különböző nagyságú ellenállások beiktatásával, és mérte az ellenállásokon eső feszültséget.

R (Ω)	320	100	55	13	1
U (V)	4,83	4,80	4,75	4,47	3

A mérések közben a diákok tippelhettek, hogy vajon mekkora lehet a következő érték, ha egyre kisebb ellenállásokat iktatnak be az áramkörbe. A diákok egyre kisebb értékekre tippeltek.

- *Mi lehet a magyarázat?*
- *Miért változik az ellenállásokon mérhető feszültség?*

Az egyik diák válasza az volt, hogy két úton halad az áram.

A tanár válaszában elmondta, hogy mivel a zárt áramkörben az elektronok a telepen is keresztülmennek, így annak is van ellenállása, melyet *belső ellenállásnak* nevezünk. És mivel van belső ellenállása a telepnek, ezért azon is esik feszültség. Ezt követően felírta a táblára a kísérlet összefoglalását, melyet a diákok a füzetükben rögzítettek.

Kísérlet: Egy elemre egyre kisebb ellenállásokat kapcsolunk, és mérjük az ellenálláson eső feszültségeket.

Tapasztalat: Egyre kisebb feszültségeket mérünk.

Magyarázat: Az áram a telepen is átfolyik, a telepnek is van ellenállása. Ezért a telep által adott feszültség egy része a saját belső ellenállásán esik.

- *Hogyan van kapcsolva az ellenállás a teleppel? – szólt a következő tanári kérdés.*

A diákok válaszoltak, hogy sorosan. A tanár kiemelte, hogy nincs elágazás az áramkörben. A soros kapcsolásnál pedig az egyes elemeken mérhető feszültségek összeadódnak. Ezzel mintegy visszautalt az egyik diák korábban megfogalmazott elképzelésére, miszerint két úton haladna az áram az áramkörben. Majd a tanár a táblán, illetve a diákok a füzetben rögzítették a következőket:

A telep belső ellenállását *belső ellenállásnak* nevezzük.

A telepen eső feszültséget *belső feszültségesésnek* nevezzük.

Az ellenálláson eső feszültséget pedig *kapocsfeszültségnek* nevezzük.

Az üresjárási feszültség a telep *elektromotoros ereje*, melyet akkor mérünk, amikor nem folyik át áram a telepen. Nevével ellentétben nem erő!

A tanár elmondta, hogy a telep szerepét az áramkörben úgy lehet elképzelni, hogy a telepen belül a töltések szétválasztásához munkát kell végezni (ez a kémiai reakció munkája), mintha például egy hegy tetejére vinnénk fel azokat, majd legurulnak, miközben munkát végeznek.

Ez egy szép analógiás példa. Az analógiáknak általában fontos szerepük van a megismerés során. Jelen esetben a számunkra láthatatlan jelenség elképzelését, megértését segítik.

- *Hogyan lehetne Ohm törvényét úgy felírni, hogy abban szerepeljen a telep belső ellenállása? – hangozott el a tanári kérdés.*
- *Milyen kapcsolásról van szó?*

Majd felírta a táblára a tanulókkal történt megbeszélést követően: $U = I \cdot R$

$$U = (R + R_b) \cdot I$$

Végül a tanár elmondta, hogy galvánelemek sokféle módon előállíthatók, például gyümölcsökből. Ezt követően bemutatott egy „*almaelemet*”. Két almagerezdet sorba kapcsolt, és mérte a fegyverzetek közti feszültséget.

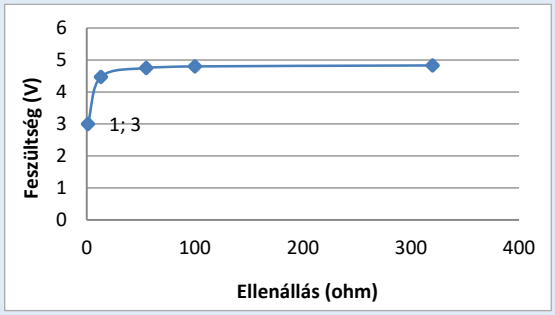
A második házi feladat így az lett, hogy a diákoknak további gyümölcselem-példákat kellett keresni.

Kiemelendő az órán a sok kísérlet, a tanulók bevonása az ismeretszerzésbe, elsősorban a hipotézisek kérése által, mely egyben fontos gondolkodásfejlesztő elem. Azt, hogy a diákok aktívak voltak, mutatják a tanulói kérdések, melyekre a tanár megfelelően reagált. Az óra fő kísérletét animáció egészítette ki, mellyel kapcsolatban házi feladatot is adott a tanár.

Kis hiányérzete azért mégis van az embernek, mivel a mérőkísérlet eredményei nem lettek teljesen kiaknázva ezen a tanórán, szinte alig foglalkoztak velük, és *házi feladatként sem kerültek elő*.

Már az órán meg lehetett volna beszélni, hogy ha minél nagyobb a külső ellenállás, akkor azon arányaiban egyre nagyobb feszültség esik éppen a többször hangoztatott soros kapcsolás miatt. És amikor nincs áramkörbe bekötve a telep, akkor ez gyakorlatilag egy végtelen ellenállást jelent, és ilyen esetben mérhető a legnagyobb feszültség, ami az elektromotoros erő.

Ha pedig ábrázoljuk a külső ellenálláson mérhető feszültséget (kapocsfeszültség) a külső ellenállás nagyságának a függvényében, akkor ez egy telítésbe menő görbe kell, hogy legyen. Excel-ben ábrázolva ez az ábra kapható, de persze ez a füzetben is megtehető. Tehát a telítési jelleg szépen látható a mért adatok alapján.



Kapocsfeszültség a külső ellenállás függvényében

A matematikai jellegű felírás is elkezdődött a tanórán, melyet lehetett volna folytatni, vagy akár *differenciált házi feladatnak* adni.

$U = (R + R_b)\cdot I$ Ahol a feszültség a telep elektromotoros ereje.

$\varepsilon = (R + R_b)\cdot I$ Innen: $I = \varepsilon/(R + R_b)$

$U_k = \varepsilon - I\cdot R_b$ Ebbe beírva a fenti egyenletből kapott áramerősséget:

$U_k = \varepsilon\cdot R/(R + R_b)$

Ebből az összefüggésből látható, hogy nagy *R* külső ellenállás esetében $U_k \approx \varepsilon$.

5. Optikai képalkotás

Az alábbi két óra az optikai képalkotás lehetőségeit mutatja be nagyon szép deduktív gondolatmenetek, analógiák alkalmazásával. A tanulók korábban már tanulták a visszaverődési, illetve a törési törvényeket, melyek alkalmazása történik meg a gömbtükrök, illetve a lencsék képalkotásának megbeszélése során.

5.1. Gömbtükrök, a homorú tükör képalkotása

Az óra *célkitűzése:* 11. évfolyamon egész osztály számára az optika témaköréhez tartozó legfontosabb fogalmak bevezetése és értelmezése, a különböző tükrök által létrehozott képek tulajdonságai, a nevezetes sugármenetek segítségével képszerkesztés.

Az óra *előzményei*: a beesési szög, visszaverődési szög, beesési merőleges fogalmak és a síktükör képalkotásának ismerete.

Az óra felépítése

- Ismétlés, házi feladat megbeszélése
- Gömbtükrök, homorú tükör
- A homorú tükör nevezetes sugármentei
- A homorú tükör képalkotása

Az alkalmazott *óravezetés*: alapvetően frontális módszer, az óra végén rövid csoportmunkával.

Az óra leírása

Az óra a fényvisszaverődésről tanultak *ismétlésével* kezdődött: beesési szög, visszaverődési szög, beesési merőleges.

- *Mit tudunk elmondani a síktükör képalkotásáról? – hangzott el a tanári kérdés.*

Majd megbeszélték, hogy a kép a tárggyal megegyező nagyságú, egyenes állású, látszólagos, valamint a bal és a jobb oldal felcserélődik. A tükör síkjára merőleges síkokban a körüljárás irányát fordítja meg (geometria, tengelyes tükrözés).

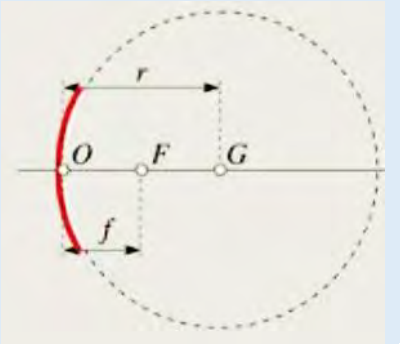
Ezt követte a házi feladat megbeszélése, mely a következő volt: Egy 2 m magas ember egész testét szeretné látni egy tükörben. Mekkora lehet az a minimális tükörnagyság, melyben láthatja magát?

A megbeszélés során megállapították, hogy 1 m magasnak kell lennie a tükörnek. Sőt, a problémát általánosságban is megbeszélték, hogy egy *h* magasságú embernek *h*/2 tükörmagasságra van szüksége ahhoz, hogy teljesen lássa magát.

Ezt követően a tanár rátért a gömbtükrök, azon belül is a *homorú tükör jellemzőinek* ismertetésére.

A témaváltás logikusan történt. Addig síktükrökkel foglalkoztak, de a tükör felülete lehet görbült is. Azonban kicsit hiányolni lehet azt, hogy az új téma elkezdése előtt a diákok köznapi tapasztalatait nem hívta elő a tanár. A 11. évfolyamos diákok számára közismert tárgyak a nagyítótükrök, például a fiúknál borotválkozáshoz, lányoknak sminkeléshez használt tükör, illetve az autók esetében a visszapillantó tükör.

A tanár felrajzolta egy gömb síkmetszetét[1], ami egy kör, és bevezetett néhány új fogalmat, mint geometriai középpont (G), optikai tengely, optikai középpont (O). Elmondta, hogyha a gömbi rész felől érkezik a fénysugár, akkor homorú tükörről beszélünk, míg ha kívülről, akkor domborúnak nevezzük a tükröt. Ezen az órán a homorú tükörrel foglalkoztak.

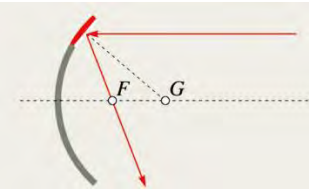


- *Mi történik azzal a fénysugárral, amelyik az optikai tengellyel párhuzamosan haladva érkezik a homorú tükörhöz?*

Mivel nem érkezett válasz, a tanár elmondta, hogy ahová a fénysugár érkezik, a tükör azon kicsiny része síktükörnek tekinthető, majd segítő kérdéseket tett fel.

- *Mi történik a síktükörre eső fénysugárral?*

[1] https://www.mozaweb.hu/Lecke-FIZ-Fizika_8-Fenyvisszaverodes_gombtukorrol-99983



- *Mi lesz a beesési merőleges ebben az esetben?*

A diákok ekkor már rájöttek, hogy a fény beesési pontján és a G geometriai középponton átmenő egyenes lesz a beesési merőleges, hiszen az merőleges a síknak tekinthető tükörrész felületére. A visszavert sugár pedig az F ponton kell, hogy átmenjen[2]. Majd felszólította a tanár a diákokat, hogy a füzetükben szerkesszék meg még egy-két, az optikai tengellyel párhuzamos fénysugár visszaverődését.

- *A visszavert fénysugarak metszik egymást?*

A tanár a diákok közt járkált. A legtöbben olyan fénysugarat rajzoltak, mely körülbelül hasonló távolságra haladt az optikai tengelytől, mint az előző, de a másik oldalon, és megállapították, hogy az is az F ponton fog áthaladni visszaverődése során. Majd megbeszélték, hogy lehet a következő sugár az, amelyik éppen az optikai tengely mentén halad, és mivel ez éppen merőlegesen esik be, ezért önmagába fog visszaverődni. És így persze az is az F ponton fog keresztül haladni.

Ezt követően *feltételezték,* hogy az összes, az optikai tengellyel párhuzamosan haladó fénysugár úgy fog visszaverődni, hogy azok az F ponton haladnak keresztül.

Ezt követően került sor a *feltételezés kísérleti vizsgálatára*. A tanár öt egymással párhuzamos fénysugarat állított elő, melyeket homorú tükörre irányított.

Az előzetes várakozásnak megfelelően a fénysugarak egy pontban metszették egymást a visszaverődést követően. Ezt a pontot el is nevezték fókuszpontnak.

Változik-e a fókuszpontnak a tükörtől való távolsága, ha az optikai tengely mentén eltoljuk a tükröt?

A kérdés érdekes volt, hiszen tudjuk, hogy nem változik. A diákok is így tippeltek. Majd ténylegesen megnézték, hogy ez így van.

Kiemelendő, hogy a kísérlet ebben az esetben tipikusan igazoló kísérlet volt. A kísérleti tapasztalat előre „kitalálható” volt a korábbi tanulmányok logikus felhasználásával. A megfelelő elemeket a tanár jól előhívta kérdései segítségével.

[2] https://www.mozaweb.hu/Lecke-FIZ-Fizika_8-Fenyvisszaverodes_gombtukorrol-99983

A következő részben a homorú tükör *jellegzetes sugármenteit*[3] vizsgálták meg, melyeket a tanár a táblára rajzolt, a diákok pedig a füzetükbe az alábbi kérdések mentén:

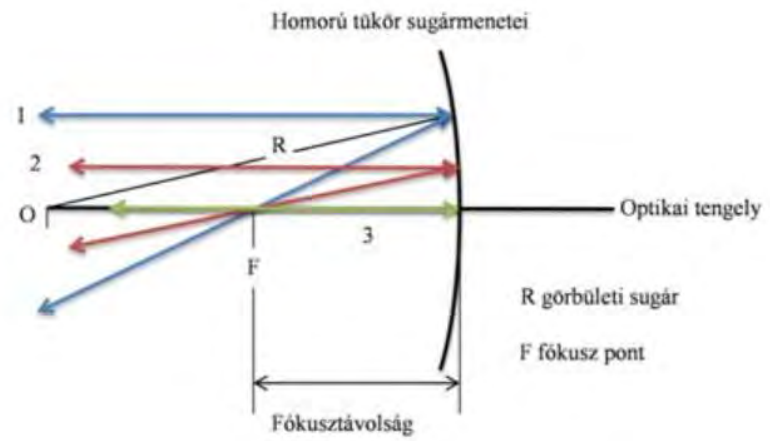
- *Mi a megérzésünk, hogyan verődik vissza, ha a fókuszponton megy át a fénysugár?*

Megbeszélték, hogy ez éppen a fordítottja annak az esetnek, amikor a fénysugár az optikai tengellyel párhuzamosan érkezik.

- *Ha a fénysugár az optikai tengely mentén érkezik, hogyan verődött vissza? – utalt vissza a tanár a korábbi megbeszélésre.*
- *Mi lehet a helyzet, ha a fénysugár az optikai középpontba érkezik, hogyan verődik vissza?*

Végül megállapították, hogy:

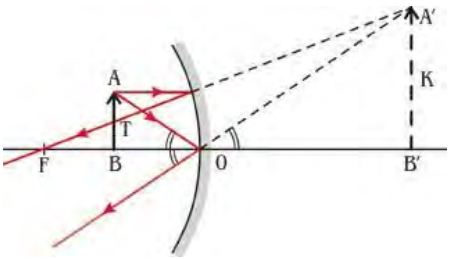
- az optikai tengellyel párhuzamos sugárnyaláb visszaverődve a fókuszponton halad át,
- a fókuszponton áthaladó sugárnyaláb az optikai tengellyel párhuzamosan verődik vissza,
- a geometriai középponton át az optikai tengely egyenesében beeső fénysugár önmagában verődik vissza,
- az optikai középpontba beeső fénysugár az optikai tengelyre szimmetrikusan verődik vissza.



[3] http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/20100019_Alkalmazott_fizika/ch08s05.html

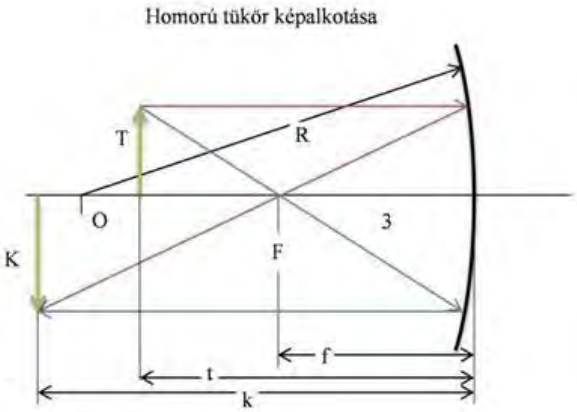
Az óra következő részében a *homorú tükör képalkotását*[4] vizsgálták meg. Először azt az esetet nézték, amikor a tárgy a fókuszponton belül helyezkedik el. A tanár a táblára, míg a diákok a füzetükbe rajzolták az alábbi ábrát.

- *Hol látjuk a tárgyat?*
- *Milyenek a visszavert sugarak?*
- *Milyen a kép állása?*



Megállapították, hogy a visszavert sugarak széttartóak lesznek, melyeket meg kell hosszabbítani a tükör mögött, ahol azok metszik egymást. És ott keletkezik a kép. A kép minőségét elemezve megállapították, hogy az nagyított, egyenes állású és látszólagos, hiszen csak a fénysugarak meghosszabbításai metszik egymást.

Ezt követően azt az esetet nézték meg, amikor a tárgy az egyszeres és a kétszeres fókusz között helyezkedik el[5].



[4] https://www.mozaweb.hu/Lecke-FIZ-Fizika_8-Fenyvisszaverodes_gombtukorrol-99983

[5] http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0019_Alkalmazott_fizika/ch08s06.html

A képet elemezve megállapították, hogy az nagyított, de most fordított állású és valódi lett. A fordított állást kicsit magyarázni kellett, hogy azt az optikai tengelyhez viszonyítjuk.

Ezután került sor a *házi feladat* feladására, mely a kétszeres fókuszon kívül elhelyezett tárgy képének a megszerkesztése volt.

Ezt követően egy rövid, csoportmunkában elvégzendő feladat következett, ami a következő volt:

- *Mi történhet akkor, ha a tárgyat az egyszeres, illetve a kétszeres fókuszpontba helyezzük el? Mit lehet a keletkező képről elmondani?*

A diákok hamar rájöttek, hogy az első esetben nem keletkezik kép, míg a második esetben azonos nagyságú, de fordított és valódi kép keletkezik.

Az óra végén sajnos nem maradt idő az összefoglalásra, bár az utolsó csoportmunkában végzett feladat sikeres megoldása arra utalt, hogy a diákok megértették a homorú tükör képalkotását.

A képalkotás kísérletes bemutatása is elmaradt, bár az előzetes tervben szerepelt. Azonban ezt a kísérletet a következő órán meg tudják majd nézni, amikor felidézik a tanultakat. Mivel a képalkotás szabályait előzetesen megismerték a tanulók, saját maguk megszerkesztették a különböző eseteket, így azok tényleges megtekintése ebben az esetben is igazoló kísérletnek tekinthető.

Elmaradt az alkalmazás is, mely akár a motiváció része is lehetett volna a tanórán, de szintén pótolható a következő órán, órákon.

Az órán egyáltalán nem szerepeltek IKT eszközök, de erre nem is volt szükség. Esetleg a képszerkesztéshez meglévő animációs programokat lehet ajánlani a későbbiekben.

A további órák feladata még, hogy a diákok számára jelezzék, hogy azért az optikai tengellyel párhuzamos sugarak csak kis nyílásszögű tükör esetében, és csak közelítőleg találkoznak egy pontban.

A tanár kiváló gondolkodásfejlesztő kérdéseket tett fel az új ismeretek egyszerű közlése helyett a magyarázatok során. A kísérlet előtt hipotézist alkottak a diákok, mely szintén komoly gondolkodásfejlesztési lehetőség. Továbbá a tanár a diákok figyelmét teljes mértékben ráirányította az éppen tanulmányozandó jelenségre, a fénysugarak találkozására, melyre előzetesen már rájöttek, hogy úgy kell lennie. Szép deduktív gondolatmenet volt.

5.2. Optikai lencsék képalkotása

Az óra *célkitűzése:* 8. évfolyamon egész osztály számára a lencsék fénytörésének és képalkotásának elméleti és kísérletes vizsgálata, nevezetes sugármenetek megismerése, a kép helyének megszerkesztése.

Az óra *előzményei*: tükrök képalkotása, fénytörés jelensége, prizma, plánparalel lemez és optikai lencse fogalma, a domború lencse nevezetes sugarai.

Az óra felépítése

- Domború lencse képalkotása a tárgy különböző helyzeteiben
- Szórólencse fogalma és nevezetes sugarai
- A szórólencse képalkotása

Az alkalmazott *óravezetés*: alapvetően frontális feldolgozás.

Az óra leírása

Az óra az előző órákon tanultak felelevenítésével kezdődött a következő tanári kérdések mentén:

- *Mit nevezünk optikai lencsének?*
- *Milyen fajtái vannak?*
- *Hogyan nevezhetjük másképp a domború lencsét?*
- *Miért?*
- *Milyen nevezetes sugármeneteket ismertünk meg?*

Igazoló kísérletként megnézték, hogy a *domború lencse* a rá bocsájtott párhuzamos sugarakat egy pontban gyűjti össze.

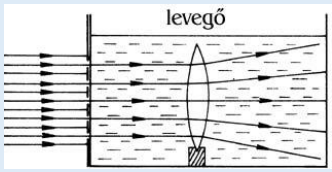
Ezt követően megbeszélték, hogy a lencse üveganyaga miként töri meg a levegőből érkező fénysugarakat. A lencsék anyaga a levegőhöz képest optikailag sűrűbb. Majd a következő kérdés hangzott el:

- *A domború lencse minden esetben csak gyűjtőlencse lehet? Mikor nem lenne az?*

Megbeszélték, hogyha a lencse anyaga optikailag ritkább lenne, mint a közeg, akkor fordított lenne a helyzet, vagyis a domború lencse a fénysugarakat szétszórná.

A megbeszélés során felmerült egy érdekes elképzelés az egyik diák részéről. Ő úgy gondolta, hogy az a tárgy távolságától függ. Ha messzebb van a tárgy a lencsétől, akkor szerinte a gyűjtőlencse szórólencseként fog viselkedni.

A lencse anyagának és környezetének a relatív törésmutatója szabja meg, hogy miként is viselkedik a lencse. Például két összezárt vékony óraüveg, mely levegőt tartalmaz, vízbe helyezve levegőlencseként fogható fel. A vízben ráeső párhuzamos fénysugarakat ez a lencse szórni fogja[6].



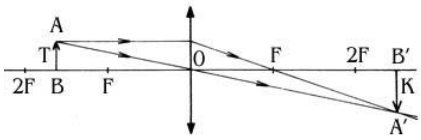
A vékony lencse fókusztávolsága a lencse adataiból számítható: $\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$

Az függ a lencse anyagának a közegre vonatkoztatott relatív törésmutatójától és a lencsét határoló gömbfelületek sugarától *(R_1 és R_2)*.

Majd a házi feladat megbeszélése következett. A nevezetes sugármenetek felhasználásával kellett képet szerkeszteniük a tanulóknak a füzetükbe.

A tárgy mérete 2 cm, melyről egy 5 cm fókusztávolságú lencse alkot képet. A tárgy távolsága a lencsétől 7,5 cm. Szerkeszd meg a képet!

A feladat adatai alapján a *tárgy az egyszeres és a kétszeres fókusztávolság között* van. Így a kép a kétszeres fókusztávolságon kívül keletkezik, 15 cm-re a lencsétől a másik oldalon, és 4 cm nagyságú, fordított állású valódi kép lesz.



Megkérdezte a tanár, hogy miként tudták elvégezni a méretarányos szerkesztést a tanulók a füzetükben. Megbeszélték, hogy a szerkesztést a méretek miatt nem tudták a füzet álló helyzetében elvégezni, csak fekvő helyzetben. Bevezették a nagyítás fogalmát, mely ebben az esetben kétszeres volt.

Ezt követően, mintegy igazoló kísérletként, optikai padon, égő gyertyát használva tárgyként, megnézték az esetet. Tehát a tanár a két fókusztávolság közé helyezte az égő gyertyát, és a lencse másik oldalán ernyővel felfogta a kb. kétszeresre nagyított képet. Majd elkezdte változtatni az egyes elemek (égő gyertya – lencse – ernyő) egymás közti távolságát, így a diákok megfigyelhették, hogy *az ernyőn keletkező valódi képek különböző méretűek lehetnek, és van, amikor az kicsinyített kép*.

[6] http://metal.elte.hu/~phexp/doc/geo/h6s2s2s2.htm

Ez azért volt érdekes, mivel az elmúlt órán csak a *fókuszponton belüli tárgy* képét vizsgálták, és az egyszeres és a kétszeres fókusz köztit, melyhez a fent említett házi feladat is kapcsolódott. Tehát vannak más esetek is, melyeket a továbbiakban vizsgáltak meg! Így a kísérlet egyben *motiváló* is volt, a diákok érdeklődésének felkeltését is szolgálta.

Harmadik esetként a tanulók a következő feladatot kapták:

Vizsgáljátok meg, mi a helyzet akkor, ha a *tárgyat a lencse fókuszpontjában* helyezzük el!

- *Előzetesen megbeszélték, hogy mik a feltételei annak, hogy valódi képet kapjunk.*
- *Mikor kapunk látszólagos képet?*

A diákok rájöttek, hogy amennyiben a fókuszban helyezzük el a tárgyat, akkor arról *nem keletkezik semmilyen kép*, hiszen a lencsén keresztülhaladó fénysugarak párhuzamosak lesznek.

A megbeszélés során a tanár kitért a lencsék képalkotásához használt sugármenetek ábrázolási lehetőségeire. A fény a lencsén áthaladva ténylegesen kétszer törik meg. Tehát a helyes ábrázolás esetében ezt jelölni kellene. De nem szoktuk. Elegendő, ha azt jelöljük, hogy miként érkezett, majd a lencsét elhagyva hogyan halad tovább. Továbbá a lencsék rajzos ábrázolása történhet úgy, hogy ténylegesen lencse alakot rajzolunk, de mivel vékony lencsékről van szó, van egy egyszerűbb lehetőség. Csupán egy függőleges vonalat rajzolunk, és annak két végpontján jelöljük, hogy milyen lencséről van szó. Az órán tárgyalt domború lencse esetében ezt a jelölést alkalmazták.

A táblára természetesen felkerült, és így a gyerekek füzetébe is bekerült minden egyes képalkotás megszerkesztése.

A következő részben azt vizsgálták, hogy milyen kép keletkezik, ha *a tárgy a kétszeres fókuszban* van. Megbeszélték, hogy a kép az ellenkező oldalon keletkezik szintén $2f$ távolságban, mely fordított állású és a tárggyal megegyező nagyságú. Majd a következő tanári kérdés hangzott el:

- *Az eddig megbeszélt négyféle képalkotási eset emlékeztet-e valamire?*
- *A diákok rájöttek, hogy a képkeletkezési esetek hasonlóak a gömbtükröknél tanultakhoz.*
- *Melyik gömbtükör képalkotásai hasonlóak a domború lencsééhez?*

A diákok rájöttek, hogy ez a homorú tükör.

Ez egy fontos analógiás gondolatmenet, melynek általánosságban is jelentős szerepe van a megismerésben. Ezért célszerű minél gyakrabban alkalmazni a tanítás során is.

A diákok ezt követően házi feladatként kapták annak a képalkotási esetnek a vizsgálatát és lerajzolását, amikor a tárgy a kétszeres fókusztávolságon kívül helyezkedik el.

Majd rátértek a *szórólencse* tulajdonságainak megbeszélésére az alábbi tanári kérdések mentén:

- *Milyen alakú a szórólencse?*
- *Mi történik az optikai tengellyel párhuzamosan beeső fénysugarakkal?*

Ezután meg is nézték a jelenséget. A demonstrációs eszközre a tanár homorú lencsét helyezett, és párhuzamos fénysugarakat bocsájtott át azon. Majd a következő kérdést tette fel:

- *Ha gondolatban meghosszabbítjuk a lencse másik oldalán a szétszórt fénysugarakat, találkoznak-e?*

Megbeszélték, hogy akkor azok egy pontban találkoznának, amit a homorú lencse fókuszpontjának nevezünk.

- *Ténylegesen valódi ez a fókuszpont?*

Megbeszélték, hogy mivel csak a fénysugarak gondolatbeli meghosszabbításai találkoznak egy pontban, így az virtuális, látszólagos fókuszpont. Majd a domború lencséhez hasonlóan elhangozott a következő tanári kérdés:

- *Minden homorú lencse szórólencse?*

Érdekes, hogy ugyanaz a diák, aki a domború lencse esetében a tárgy távolságától gondolta függőnek a lencse viselkedését, ebben az esetben is azt válaszolta, hogy ez a tárgy lencsétől való távolságától függ. Tehát ismét meg kellett beszélni, hogy az a két közeg relatív törésmutatójától függ.

Ezt követően megbeszélték a nevezetes sugármenetek alakulását a homorú lencse esetében. A tanár a táblára, a diákok a füzetükbe rajzolták azokat.

A sugármenetek után elhangzott a következő kérdés:

- *Melyik tükörnél hasonlóak a sugármenetek?*

Megbeszélték, hogy ez a domború tükör.

A domború tükör és a *szórólencse képalkotásának* tényleges összehasonlítása is házi feladat lett.

Az óra kifejezetten jó hangulatú, mozgalmas volt, annak dacára, hogy frontális módszert követett a tanár. Ez köszönhető a sok érdekes tanári kérdésnek, melyek a diákok jelentős részét megmozgatták, gondolkodásra serkentették. Az sem volt probléma, ha valaki másképp gondolkodott, hiszen ez az oktatási szakasz az új ismeretek megszerzéséről, illetve a tanultak rendszerezéséről szólt, nem pedig a számonkérésről. És *ebben a szakaszban még lehet tévedni*, sőt, *a tévedések, azok ismételt megbeszélése, tisztázása vitte előre a megismerési folyamatot*. A tanár csak dicséretet alkalmazott.

Ismét érdemes megfigyelni az *analógiás gondolatmenetek* alkalmazását az oktatási folyamatban! Ezek a következők voltak a tükrök és a lencsék képalkotásainak vizsgálata során:

– nevezetes sugármenetek,

– homorú tükör és domború lencse,

– domború tükör és homorú lencse,

– virtuális és valódi képek keletkezése, illetve ezek megszerkesztése,

– virtuális és valódi fókuszpont létezése,

– közelítési eljárok, mint nagy görbületi sugarak, illetve vékony lencsék,

– a lencsék viselkedésének függése a lencse és a közeg relatív törésmutatójától.

A téma kifejezetten alkalmas *deduktív gondolatmenetek* alkalmazására, miszerint a fény visszaverődése, illetve a fénytörés törvényszerűségeinek alkalmazásával sok esetben előre meg tudjuk mondani, miképp alakulnak a nevezetes sugármenetek, ki tudjuk számítani, hogy az adott esetben hol és milyen kép keletkezik, melyek empirikusan vizsgálhatók. Tehát a kísérletek igazoló jellegűek az esetek nagy részében. És ennek következtében a tanulók számára nagyon sok, kifejezetten gondolkodtató, az ismeretek alkalmazását kérő kérdés, feladat adható. Mindkét, a tükrök és a lencsék képalkotását vizsgáló, tanóra jó példája a *kutatásalapú tanulás/tanítási* módszer használatának a tananyag feldolgozása során.

A kísérletek egy része, például a gyertya képének létrehozása, akár *otthoni kísérletnek* is feladható. Azonban mai technikai világunknak megfelelően ajánlhatók a diákok tanulási folyamatainak elősegítéshez az interneten megtalálható, a képszerkesztést bemutató *animációs és szimulációs programok* is. Esetleg azok közül is bemutatható néhány a tanítási órán.

6. Mágneses kölcsönhatás

Az alábbi két óraleírásban a mágneses kölcsönhatás bevezető óráját mutatom be a 6. és a 10. évfolyamon. Érdemes megfigyelni, hogy miként kerülnek elő a gyakorlatilag azonos kérdések, és azokra milyen válaszok születnek. Jól látható, hogy a 6. évfolyamon történő feldolgozás esetében a sok egyszerű megfigyelés és kísérlet dominál. A felvetődő kérdésekre kvalitatív válaszok születnek. Míg a 10. évfolyamon a tanulóknak már sokkal több előismeretük van. Ennek ellenére hasonló tévképzetek még ekkor is megjelennek. A leírás már nemcsak kvalitatív módon történik, hanem megjelenik a fizika jellegzetes kvantitatív, matematikai segédeszközöket igénylő leírásmódja is. A mezők erősségének jellemzéséhez próbatesteket és vektor jellegű mennyiségeket konstruálunk.

6.1. Kölcsönhatások, mágneses kölcsönhatás

Az óra *célkitűzése:* 6. évfolyamon fél osztály számára a mágnesség témaköréhez kapcsolódó legfontosabb fogalmak kialakításának kísérletekre alapozott elkezdése a természetismeret tantárgy keretei között.

Az óra *előzményei*: a kölcsönhatás fogalmának ismerete.

Az óra felépítése

- Milyen tárgyak lépnek kölcsönhatásba a mágnessel?
- Anyagok csoportosítása a mágnessel való kölcsönhatás szempontjából
- Égitestek mágnessége és az iránytű
- A mágneses kölcsönhatás jellemzői

Az alkalmazott *óravezetés*: ciklikusnak mondható, miszerint váltakozva fordultak elő a frontális elemek és diákok csoportmunkában végzett kísérletei, illetve elméleti megbeszélései. Hogy éppen melyik elem dominált, azt minden esetben a tanulók igényei szabták meg. A tanár ehhez maximálisan alkalmazkodott.

Az óra leírása

Az órán nagyon sok, lényegre törő tanári kérdés hangzott el. Az első volt a házi feladat ellenőrzését szolgáló „körkérdés".

- *Milyen tárgyak kerültek kölcsönhatásba a mágnessel az otthoni vizsgálatok alkalmával?*

A gyerekek sokféle tárgyat soroltak fel a saját otthonukból, például evőeszközök, iránytű stb.

Ebben az esetben azt fontos megjegyezni, lévén 6. osztályosak voltak a gyerekek, hogy nem beszéltek rögtön az egyes tárgyak *anyagi minőségéről*, az csak a következő kérdés kapcsán jelent meg.

A következő részben a gyerekek körülvették a tanári asztalt, és különböző tárgyakat vizsgáltak meg mágnesesség szempontjából. Ezek egy része a szertár eleme volt, más részét a gyerekek otthonról hozták. Ezt követően került sor arra a közös beszélgetésre, hogy az egyes tárgyak milyen anyagból vannak. Majd úgy vizsgálódtak tovább, hogy megfigyelték, milyen *anyagok* kerülnek kölcsönhatásba a mágnessel.

Az anyagok csoportosítását a mágnessel való kölcsönhatás szempontjából csoportfeladatként végezték a gyerekek. Két csoport alakult. Minden csoportban 3 mágnesezhető és 3 nem mágnesezhető anyagot kellett összegyűjteni. Érdekes, hogy mindkét csoportban előkerült az a válasz, hogy a mágnes a fémekkel lép kölcsönhatásba.

Tehát az óra feladata volt az is, hogy a tanulókban a fém fogalmának differenciálódása elkezdődjön, hiszen sokfajta fém létezik.

A közös megbeszélés során több anyag esetében is kérdések merültek fel a mágnesezhetőséggel kapcsolatban, melyet meg is tudtak vizsgálni. Ilyen volt a bőr és a nemesfém.

A következő rész bevezetőjeként egy tanulói gyűjtőmunka eredményei hangzottak el a mágnesekkel kapcsolatban, melyben a diák több mágnesezhető anyagot is megemlített a vason kívül. Ezt közös megbeszélés követette. Mivel a fizika és a

kémia szaktanterem azonos, a periódusos rendszerben is megnézték azon elemeknek a helyét, melyek mágneses tulajdonságokat mutatnak (pl. vas, kobalt, nikkel), ezek vegyjelét is ismerték a gyerekek. Ez a sor kiegészült a szamáriummal és a neodímiummal. Megbeszélték, hogy a mágnesnek északi és déli pólusa van, az eszközt iránytűként is lehet használni, majd a kiosztott kis iránytűk segítségével maghatározták a diákok az északi irányt. Végül maguk is észak felé fordultak, és elmondták a közismert mondókát az égtájakkal kapcsolatban.

A folytatásban megbeszélték, hogy a Föld is egy nagy mágnes. Egyik diák megjegyezte, hogy a Föld és a Nap között is mágneses kölcsönhatás van.

Ismert tévképzet, hogy a diákok a mágneses és a gravitációs kölcsönhatást összekeverik. Ebben a tanulási szakaszban, az 5-6. évfolyamon feladat a különböző kölcsönhatások elkülönítése, megismerése. Sőt, a tudomány történetében is hasonlóképp történt a kölcsönhatások megismerése. Kepler is arra gondolt, hogy a Nap a mágneses vonzásával tartja együtt a bolygókat. Ebben az időben ezt a kölcsönhatást ismerték legjobban. Az elektromos kölcsönhatásról alig tudtak valamit, a tömegvonzást pedig Newton fedezte fel.

Ezt követően a Naprendszert alkotó többi *égitestet* is sorra vették, hogy *melyik tekinthető mágnesesnek*.

Itt jegyzem meg, hogy a tanár csillagászattal foglalkozik, mely témakörből több előadást is tartott, cikkei jelentek meg. A gyerekeket lenyűgözte tájékozottsága a témáról. Ez azért fontos megjegyzés, mivel igaz, csupán 6. évfolyamra járó gyerekeknek tartott óráról van szó, de ebben a szakaszban is rendkívül fontos a tanár szakmai felkészültsége.

Több diák megjegyezte, hogy hallottak a vasmeteoritokról, ezek mágnesesek lehetnek, melyek megzavarhatják az iránytűt. Meg is nézték, hogy egy nagyobb mágnesdarab esetében, mely most egy rúdmágnes volt, a kicsi iránytű nem az északi pólus felé áll be. Néhányan ezt követően távolabb vitték a mobiltelefonjukat, hogy az erős mágneses hatás ne zavarja meg a működését.

Iskolai környezetben nem fordul elő olyan erős elektromágneses mező, amely megzavarná a telefonok működését. A rúdmágnesekkel meg egyenesen kísérletezni is lehet a telefonok iránytű-alkalmazásait felhasználva.

Érdekességként megjelent egy olyan gondolat is, hogy a Holdnak azért nincs mágneses tere, mert nincs légköre.

Ez egy ismert tévképzet.

Az óra további részében a *mágneses kölcsönhatás jellemzőit* vizsgálták meg. Megállapították, hogy a mágneses kölcsönhatás vonzásban és taszításban is megnyílvánulhat. Továbbá ehhez nem kell érintkezniük. Tehát a mágnesnek sajátos környezete van. Ebből adódott a következő kérdés:

- *Hogyan lehet kimutatni a mágnes sajátos környezetét?*

Ismét csoportmunka következett. A tanárnő vasport osztott ki, de azt egy átlátszó mappába szórva, hogy ne ragadjon ténylegesen rá a mágnesre, és ne is szóródjon szét. A feladatot a rúdmágnesekkel kellett elvégezni. DE ezek közül az egyik nem volt mágneses, bár a többivel azonos módon volt piros-kék részekre beszínezve. Mindkét csoportban felfedezték a gyerekek ezt a „kakukktojást". Adódott a kérdés:

- *Hogyan dönthető el egy kék-pirosra festett rúdról, hogy az valóban mágnes-e?*

A diákok hipotéziseket alkottak, melyeket kísérletileg is megvizsgáltak. Az egyik csoportban azt feltételezték, hogy nem mágneses, a kék-piros színű rúd a mágnessel csak vonzó kölcsönhatásba tud kerülni, taszítás nem lép fel, hiszen nincsenek pólusai. Míg a másik csoportban a vasporos kimutatási lehetőség hiányára utaltak. Mindkét csoport elvégezte a saját maga által javasolt kísérletet.

Ez kiváló *problémafeladat* volt! És az is látható ebből, hogy 6. évfolyamra járó diákoktól is elvárható az, hogy hipotéziseket alkossanak, majd azokat kísérletileg teszteljék, ily módon gyakorolva a természettudományos ismeretszerzés módszerét.

A diákok vizsgálataik során azt is megfigyelték, hogy a mágnes akkor is kölcsönhatásba lép egy másik mágnessel, vagy vastárggyal, ha azok közvetlenül nem érintkeznek egymással. Például a mágnes akkor is vonzza a vastárgyakat, ha a tárgy a fából készült padon van, a mágnes pedig a pad alatt. Mindkét csoportban volt egy–egy tanuló, aki eljutott ehhez a megfigyeléshez.

Vizsgálták azt is a gyerekek, hogy vajon lehet-e árnyékolni a mágneses kölcsönhatást? Egyik csoport a pad alatt húzogatta a mágnest és figyelte a vaspor elhelyezkedését. Egy kislány pedig a keze két oldalára „ragasztott" fel egy-egy mágnest, melyek vonzották egymást, és nem estek le.

A diákok vizsgáltak különböző méretű mágneseket, és arra a következtetésre jutottak, hogy ha eltörünk egy mágnesrudat, az így keletkezett daraboknak is 2 pólusa van.

Megbeszélték, hogy mitől függ a mágneses erő nagysága? (A mágnes erősségétől, és mágnestől való távolságtól.)

Az óra végén *házi feladatként* azt kapták a gyerekek, hogy keressenek az elektromos kölcsönhatáshoz is hasonló eseteket, kimutatási lehetőségeket.

Az óra szakmai és didaktikai szempontból is mintaszerű volt. A mágneses mezővel kapcsolatban sok fontos ismeret megjelent, melyhez szükséges volt a tanár szakmai felkészültsége a tanulói kérdésekre adandó válaszokhoz, a problémafeladat kitalálásához és a többféle megoldás értékeléséhez egyaránt. Didaktikai szempontból a többféle munkaforma mesteri módon való váltogatása, mely minden pillanatban a diákok igényeihez igazodott, a tanár pedagógiai felkészültségét tükrözte. Talán a legjobban az egyik tanuló értékelése fejezi ki az óra hangulatát: „Jó szórakozás volt.” Miközben persze végig tanultak a gyerekek!

A gyűjtőmunka kiadásánál és az órai kísérleteknél a tanár figyelembe vette a tanulók érdeklődését, képességeit. Olyan tanuló is lehetőséget kapott arra, hogy beszéljen az otthoni gyűjtőmunkáról, akinek nehézséget jelent a nyilvános beszéd (dadog). A tanulók beszámolhattak az órán kívül (pl. ismeretterjesztő előadás a TV-ben, Csodák Palotája) szerzett ismereteikről. A tanár a hibákat minden esetben kijavította. A légkör bátorító volt, a tanulók félelem nélkül merték elmondani a gondolataikat.

A következő óra előkészítése is fontos momentum a tanulók gondolkodásfejlesztése szempontjából, mely az elektromos kölcsönhatással kapcsolatos jelenségek megfigyelése otthon, például a lufi és a haj közötti kölcsönhatás. Az elektromos kölcsönhatás leírása a mágneseshez hasonló módon fog történni, mely a tanulók analógiás gondolkodását fejleszti. A módszer hasonlatos ahhoz, ahogyan az a tudomány történetében is lezajlott. Az analógiás megközelítéseknek fontos szerepük volt az emberi megismerés során.

Egyetlen furcsaság az volt a tanórán, hogy nem volt füzet- és táblahasználat, a kísérleteket nem jegyezték le. A tanár elmondása szerint ennek az a magyarázata, hogy mivel az osztály most jutott be az előadó terembe, ezért nem fordítottak arra időt. Ellenben, amikor az osztályteremben tudnak csak órát tartani, akkor erre bőven van lehetőség. Ez lehet, hogy didaktikailag nem a legszerencsésebb, ellenben ezek a lehetőségek egy iskola életében, melyhez alkalmazkodni kell.

6.2. A mágneses mező bevezetése

Az óra *célkitűzése:* 10. évfolyamon egész osztály számára a mágneses mező leírásának elkezdése, a mezőt jellemző fogalmak bevezetése, analógiás gondolatmenet alkalmazása az elektromos mezőt leíró fogalmak felhasználásával.

Az óra *előzményei*: az elektromos mező leírásának, az elektromos térerősség, a kétféle elektromos töltés, a vonzás-taszítás jelenségek, az elektromos áram fogalmának, az elektromos áram mágneses hatásának ismerete.

Az óra felépítése

- A diákok előzetes tudásának feltérképezése tanári kérdések segítségével
- Oersted kísérlete
- Az elektromos és a mágneses mező összehasonlítása, a mágneses mező leírásához szükséges fogalmak megalkotása

Az alkalmazott *óravezetés*: frontális munka, beszélgetés, tanári magyarázat.

Az óra leírása

Az óra a diákok előzetes tudásának felmérésével, a korábban tanultak *ismétlésével* kezdődött a következő tanári kérdések mentén:

- *Mi jut eszetekbe, ha meghalljátok azt a szót, hogy mágnes?*

A legtöbb diák a vonzás és a taszítás jelenségére gondolt.

- *Milyen mágneseket ismertek?*

Tárgyakat (hűtőmágnes, rúdmágnes és patkómágnes) soroltak fel a gyerekek.

- *Milyen anyagból készülnek a mágnesek?*

Megbeszélték, hogy nem egyszerűen csak bármilyen fémre kell gondolni, hanem a vasra. A többi lehetőség még nem került elő. Kis történeti kitérő volt Magnézia ókori városára, ahol a mágneses hatást először felfedezték.

- *Miért festik a mágnesek egy részét kékre, illetve pirosra?*

A tanárnak javítani kellett, hogy a mágneses kölcsönhatás esetében nem pozitív és negatív töltésekre kell gondolni, hanem északi és déli pólusai vannak a mágnesnek. De a töltésekhez hasonlóan az ellentétesek vonzzák egymást, míg az azonosak taszítják. Ezt rúdmágnesekkel meg is nézték.

- *Honnan származik a mágneses pólusok elnevezése?*
- *Honnan került az iránytű Európába?*

Megbeszélték, hogy az iránytűt a kínaiak használták először, és onnan került Európába, továbbá, hogy a Föld is egy nagy mágnes. Ezért áll be az iránytű mindig

meghatározott irányba. Itt megbeszélték azt is, hogy az iránytűre hatnak a környezetünkben lévő mágneses tárgyak is, például az elektromágnes. Továbbá északon a Föld déli pólusa található, míg az északi pólus van délen. Hiszen az ellentétes pólusok vonzzák egymást.

Eddig a mágnesek egymással való kölcsönhatásáról volt szó. Majd áttértek a mágnes és a vas kölcsönhatására.

- *Hogyan tudjuk kimutatni, hogy a mágnes vonzza a vasat?*
- *A mágnes mely részénél milyen a vonzás?*

Kísérletként a tanár vasreszeléket szórt először rúdmágnesre, majd patkó alakú mágnesre helyezett plexilapra. Megállapították, hogy a mágnes végeihez, a pólusokhoz, sokkal több vasreszelék tapad. Tehát a mágneses hatás a pólusoknál sokkal erősebb.

- *Mit gondoltok, mi történik, ha egy rúdmágnest kettétörünk?*

A tanár bemutatott fele akkora rúdmágneseket, és vasreszelékkel érzékeltette, hogy azoknak is két pólusuk van. Továbbá bemutatta, hogy az azonos pólusok taszítják, míg az ellenkező pólusok vonzzák egymást. Majd még kisebb mágneseket is megvizsgáltak. A tanár megkérdezte, hogy mit gondolnak a diákok, meddig lehetne folyatatni a „darabolást". Végül megbeszélték, hogy az úgynevezett mágneses monopólust nem lehet előállítani, olyan nincsen.

A beszélgetés végén a füzetbe, illetve a táblára rögzítették a legfontosabb megállapításokat, miszerint a mágnesek közt vonzás és taszítás jelensége léphet föl, a mágneseknek Északi és Déli pólusuk van, továbbá a Föld egy nagy mágnesnek is tekinthető.

Az óra második részében azt beszélték meg, hogy mágneses hatást nemcsak a vasból készült különböző tárgyak tudnak mutatni, hanem áramjárta vezető körül is mágneses mező alakulhat ki. Felidézték a már a 8. osztályról ismert *Oersted-kísérletet*.

- *Mit gondoltok, mi fog történni, ha a vezető drótban megváltozik az áram iránya? Változik-e ennek következtében a vezető alá helyezett kis iránytű kilendülésének iránya?*

A diákok rájöttek, hogy ebben az esetben éppen fordított lesz a vezető körül kialakuló mágneses mező, így az iránytűnek is ellenkező irányba kell kilendülni az első esethez képest.

Az óra harmadik részében *összehasonlították* az elektromos és a mágneses mezőt néhány szempont szerint. A tanár ebben az esetben is kérdésekkel indította a beszélgetést.

- *Mi idézi elő az elektromos és a mágneses mezőt?*
- *Mi az elektromos áram? Mik áramlanak?*

Megbeszélték, hogy mindkét esetben kétféle van, melyek közt vonzás és taszítás lehet. Az azonosak taszítják, míg a különbözőek vonzzák egymást. Mind az elektromos, mind pedig a mágneses tulajdonságú testeknek van egyfajta sajátos környezete, mely erőtérnek, vagy mezőnek nevezhető.

Fontos különbség, hogy míg a töltések szétválaszthatók, addig a mágnes csak dipólusként fordulhat elő.

- *Az elektromos mező esetében hogyan lehet az elektromos tér erősségét jellemezni?*

Megbeszélték, hogy ehhez gondolatban bevezettek egy úgynevezett *próbatöltést*, melyre *erő* hat: $F = E \cdot Q$

Megbeszélték azt is, hogy az elektromos mezőt jellemző E térerősség vektormennyiség kell legyen, hiszen az erő is vektor. Tehát az elektromos mező valamilyen irányban gyorsítja a mezőbe került töltést. Vagy vonzza, vagy taszítja.

- *Hogyan tudnánk jellemezni a mágneses mezőt?*
- *Mit, milyen próbatestet helyezhetünk el a mágneses mezőbe?*

Megbeszélték, hogy a próbatest ebben az esetben egy pici iránytű lehet.

- *Hogyan állapíthatjuk meg, hogy milyen erős a mágneses mező?*
- *Mi történik az iránytűvel?*

Megbeszélték, hogy ebben az esetben nem haladó mozgás történik, hanem az iránytű *elfordulása* az a jelenség, amit a mágneses mező okoz.

- *Mennyire fordulhat el? Mekkora lehet a maximális elfordulás?*

Megbeszélték, hogy ez 90° lehet. Továbbá azt is tisztázták, hogy ténylegesen nem kis iránytűt alkalmaznak erre a célra, tehát *próbatestnek*, hiszen az a környezet hatására könnyen átmágnesesődhet. Az Oersted-kísérlet során megfigyelték, hogy egy áramjárta vezető körül mágneses mező jön létre. Ténylegesen a vezetőből kis tekercset hajtogatnak, melybe áramot vezetnek és ezt az úgynevezett magnetométert alkalmazzák, melyet a tanár be is mutatott.

- *Melyek a magnetométer jellemzői?*

Megbeszélték, hogy a menetszáma (N) és a tekercs felülete (A), továbbá a mágneses mezőbe helyezve elfordulása még függ attól is, hogy mekkora áram (I) folyik rajta keresztül.

E három mennyiség szorzatát ($N \cdot A \cdot I$) *mágneses nyomatéknak* nevezik.

A mágneses nyomatékot $I \cdot A$ formában szokás meghatározni, de ebben az esetben csak egy vezetőkeretet alkalmaznak, ami gyakorlatilag egy egymenetes tekercs.

Az elektromos mező leírásánál megbeszélték, hogy a mezőt jellemző térerősség az E vektor, ami a töltések gyorsuló mozgását okozza. Ellenben a mágneses mező esetében forgásról van szó. Megbeszélték, hogy ez azért van, mert a mágnes minden esetben dipólus. Így a vonzás és a taszítás egyszerre van jelen. Az egyik pólusra vonzóerő, míg a másikra taszítóerő hat, tehát ezek ellentétes irányúak. Így egy erőpár lép fel, ami forgató hatást fejt ki, melyet a forgatónyomatékkal jellemezhetünk, és a következőképp írhatunk fel:

$$M = N \cdot A \cdot I \cdot B$$

Az összefüggésben a B a mágneses mezőt jellemző mennyiség, a mágneses indukció.

A szövegesen leírtakat, illetve megbeszélteket a táblán, illetve a füzetben is rögzítették táblázatos formában:

Elektromos jelenségek	Mágneses jelenségek
A mező jellemzője az E elektromos térerősség: $F = E \cdot Q$ próbatest egy töltés, jellemzője a töltése	Mágneses mező jellemzője a B mágnes indukció*:* próbatest a magnetométer $N \cdot A \cdot I$ mágneses nyomaték forgató hatás: $M = N \cdot A \cdot I \cdot B$

Az óra kifejezetten jó hangulatú volt, a diákok szívesen vettek részt a beszélgetésben. Az óra célja ténylegesen egy új témakör, a mágneses jelenségek tárgyalásának előkészítése volt. A tanár mégis sok korábbi ismeretre tudott építeni. Egyrészt a 8. évfolyamon megszerzett tudásra, másrészt kiválóan segítette a beszélgetés során a diákok *analógiás gondolkodását*, különösen az óra harmadik részében. Megbeszélték, hogy a kétféle mező mennyiben hasonló, és mennyiben különbözik egymástól. Megbeszélték a hasonló jelenségeket, mint vonzás és taszítás, és a különbözőeket, mint haladó mozgás, illetve forgás. Majd az ebből

adódó, a mezők leírásához alkalmazható fogalomkészletet alkották meg. Mindkét mező jellemzésére bevezettek egy fizikai mennyiséget (ténylegesen vektort, de ez az indukció esetében még ezen az órán nem derült ki), és megalkottak egy próbatestet. Az analógiás gondolkodást tükrözte a táblázatos táblai vázlat is.

A táblázat további szempontok szerint bővíthető, mint például:

Kérdés	Elektromos kölcsönhatás	Mágneses kölcsönhatás
Mire hat?		
Hogyan hat?		
Árnyékolható-e?		
Miként idézhető elő?		
Hogyan lehet megszüntetni a hatását?		
A vonzás-taszítás erőssége		
Egyéb különbségek		

Esetleg még a gravitációs mezővel való összehasonlítás is előkerülhet.

Ilyen, vagy hasonló táblázat kitölthető házi feladatként, vagy tanórán csoportmunka keretében.

Bár 10. évfolyamra járó diákok voltak az óra résztvevői, ennek ellenére előfordult az ismétlő beszélgetések során, hogy keverték a két mezőnél, hogy melyik esetben beszélünk pólusokról, és mikor töltésekről. Ezt a tanár szépen rendbe tette.

A tanár kérdéseivel állandó gondolkodásra késztette a diákokat.

Az Oersted-kísérlet esetében, mielőtt a tanár megfordította az áram irányát, a diákoknak *hipotézist* kellett alkotni az iránytű elfordulásának várható irányára vonatkozóan, mely ténylegesen kitalálható volt a korábbi ismeretek logikus felhasználásával. Akár meg is lehetett volna szavaztatni a diákokat, hogy ki mit gondol. Ez fontos eleme a természettudományos gondolkodás fejlesztésének és a *tudományos ismeretszerzésnek*.

Majd az új fogalmak megalkotásánál is fontos volt a diákok gondolkodása, hogy a mágneses mező esetében mi is lehet a próbatest, és azzal hogyan lehetne a mezőt, a mező erősségét jellemezni. Milyen mozgás van az elektromos mező, és milyen a mágneses mező hatására?

Számítások elvégzésére ezen az órán nem került sor. Ez a további tanórák feladata.

7. Kutatásalapú tanulás fakultációs foglalkozáson

A bemutatásra kerülő dupla órák 11. és 12. évfolyamos tanulók számára tartott fakultációs foglalkozások voltak. A témák feldolgozásához alkalmazott módszer a kutatásalapú tanulás/tanítás volt.

A tényleges kutatási tevékenység manuális elvégzésére azonban nem mindig, nem minden téma esetében van közvetlen lehetőség. Ilyen esetekben lehet például mérési adatokat gyűjteni különböző adatbázisokból, melyekre az interneten bőven akad példa. Az első dupla óra erre mutat példát.

De lehet továbbá érdekes kutatásokról szóló beszámolókat, eredeti cikkeket is olvasni, és azokat a szövegeket, illetve az azokban szerepelő mérési adatokat feldolgozni, a megfelelő következtetéseket levonni. A második dupla óra témája a változócsillagokkal kapcsolatos, 1912-ben megjelent, alig három oldalas, de azóta igen sokat hivatkozott cikk mérési adatainak tanórai elemzése. A cél ebben az esetben a kutatási folyamat egy adott szakaszában nyert mérési adatok mai eszközökkel történő feldolgozása az eredeti forrás felhasználásával.

A feldolgozott két témakör szervesen összefügg ugyan, a leírt példában egymást követő órákon kerültek feldolgozásra, de bármelyik akár külön-külön témaként is feldolgozható a rá szánható idő függvényében.

A harmadik dupla óra az atomerőművek működését és típusait dolgozta fel.

7.1. A Hubble-törvény felfedezése

Az óra *célkitűzése:* 11. évfolyamon fakultációs csoportban *dupla órában* a Hubble törvény felfedezéséhez vezető út interaktív bemutatása. A galaxisok távolsága meghatározásának felfedezése.

Az óra *előzményei*: alapvető csillagászati ismeretek, mint Napközéppontú világkép, helyünk a Tejútrendszerben és az Univerzumban, az Excel program segítségével grafikonok készítése.[1]

Az óra felépítése

- A diákok csillagászati és a csillagászat történetével kapcsolatos ismereteinek feltérképezése és rendszerezése
- A Hubble törvény tanórai felismeréséhez szükséges adatok megismerése
- Az adatok megfelelő átalakítása, majd ábrázolása
- Az adatok értelmezése

Az alkalmazott *óravezetés*: frontális, egyéni és csoportmunka

Az óra leírása

Az óra első részében olyan kérdéseket tett fel a tanár, melyekre adott tanulói válaszokból a tanulók csillagászattal és a csillagászat történetével kapcsolatos ismereteire tudott következtetni. Célkitűzésként mindezek mellett az ismeretek rendszerezése is szerepelt. Az alábbi kérdések mentén történt beszélgetés során a tanár rávilágított arra, hogy miként változtak az emberiség története során a minket körülvevő világról alkotott elképzelések.

- *Milyen elképzelése volt a régi korok embereinek a minket körülvevő világról?*
- *Mi a ptolemaioszi világkép alapja? Mi van a világmindenség középpontjában?*
- *Ki alkotta meg a heliocentrikus világképet?*
- *Kik voltak a következő személyek, és mi fűződik hozzájuk: Giordano Bruno, Kopernikusz, Kepler, Galilei?*
- *Mi a csillagászatban a megismerés eszköze?*
- *Mit nézünk a távcsövön keresztül?*

[1] A két dupla óra leírása Lasetzky Márton BSc hallgató szakdolgozata felhasználásával készült. Témavezető: Radnóti Katalin

- *Miért látjuk a csillagokat és a bolygókat?*
- *Ki használt először távcsövet az égbolt megfigyeléséhez?*
- *Galileinek milyen csillagászati felfedezései voltak?*
- *Mit tudtok Newtonnal és a fénnyel kapcsolatban?*
- *Mit láthatunk egy olyan távcsőben, melyben prizma is van?*
- *Mi a Tejútrendszer?*
- *Mik a ködök?*
- *Vannak-e más galaxisok, mint a Tejútrendszer?*
- *Állandó méretű-e a Világegyetem, vagy tágul?*
- *Milyen jelenség a Doppler-effektus?*
- *Ha hozzánk közeledik egy galaxis, mi történik az általa kibocsájtott fénynyel?*
- *Milyen színek vannak a látható színskála két szélén?*
- *Ha tőlünk távolodik egy galaxis, mi történik az általa kibocsájtott fénnyel?*
- *Ki volt az, aki kimutatta, hogy a Világegyetem tágul?*

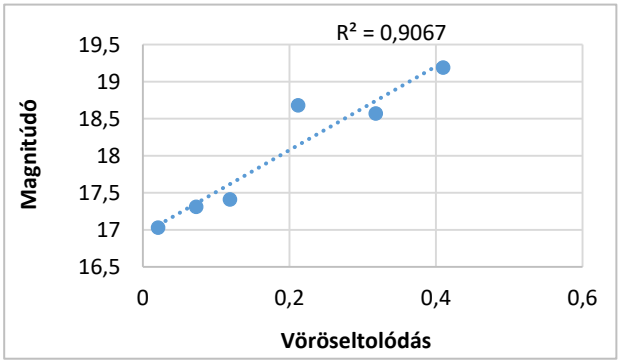
A következő részben a tanulók feladata a következő volt: a Skyserver online adatbázisából a tanár által kiválasztott kétszer 6 galaxis esetében kellett megvizsgálni a táblázatba rendezett adatokat, és megtalálni azt az összefüggést, amire Hubble is rájött.

A következő negyvenöt percben a tanulók dolgoztak felváltva a számítógépnél. Excel program segítségével ábrázolták a kiválasztott galaxisok adatait. Különböző oszlopokban eltérő hullámhosszaknál (u – ultraibolya, g – zöld, r – vörös, i és z – infravörös) szerepeltek a magnitudóértékek, a galaxisra vonatkozó vöröseltolódás pedig egy következő oszlopban. A vöröseltolódás dimenziótlan szám, az alábbi módon számolható:

$$1 + z = \frac{\lambda_{észlelt}}{\lambda_{adott}}$$ ahol z felel meg az eltolódásnak.

ID	u	g	r	i	z	eltolódás
1,00	18,50	17,47	17,03	16,79	16,53	0,021
2,00	20,04	18,15	17,31	16,96	16,65	0,073
3,00	20,45	18,44	17,41	16,96	16,60	0,119
4,00	20,22	19,28	18,68	18,45	18,32	0,212
5,00	22,31	20,34	18,57	17,98	17,55	0,318
6,00	24,27	21,09	19,19	18,41	17,95	0,410

A tanulók a táblázat alapján először az eltolódásokat a magnitúdók függvényében. Összesen négy grafikont készítettek a különböző hullámhosszakhoz. Ehhez először megbeszélték, hogy ha a galaxisok sebességének – amit a vöröseltolódás nagysága szemléltet a Doppler-effektusból adódóan – ábrázolását a tőlünk való távolság függvényében szeretnénk ábrázolni, akkor valószínűleg egy lineáris összefüggést kell kapnunk. A tanulók tisztában voltak a táguló univerzum elméletével, úgy hogy ezt a feltevést meg tudták tenni. Feltették még többek között, hogy a magnitudókkal helyettesíthetőek a távolságok, és megnézték hogy jó függvénykapcsolatot kapunk-e. A grafikont a példa szemlélteti. Az *r* értékhez tartozó magnitúdók szerepelnek rajta.



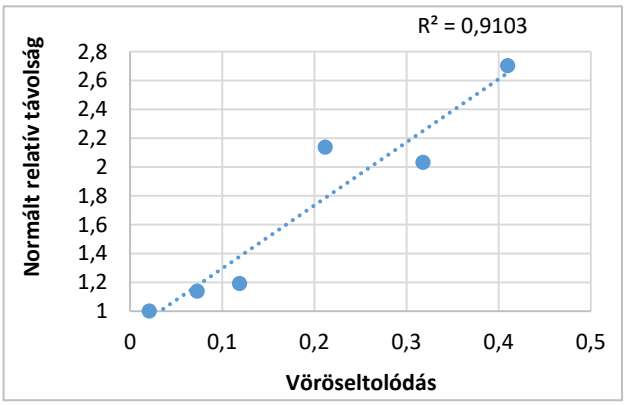
Hubble-diagramm

Az R^2 hibából jól látszik hogy az illeszkedés 90,67 százalékos, így nem tökéletes. További pontok ábrázolása után, amelyek még pontatlanabbak voltak, megállapították, hogy a magnitúdó használata itt nem pontos, mert annak skálája logaritmikus, és viszonyítási alap sincsen. A tanár útmutatására fluxust ($F = 2{,}51^{-m}$) számoltak, ahol m a magnitúdó, majd ebből realtív távolságot ($rel\ táv = \frac{1}{\sqrt{F}}$). A képleteket a tanár adta, de a számolásokat a diákok végezték a adatbáziskezelő program beépített függvényfunkcióival. Az új táblázatra példa:

F	rel	norm
1,56155E-07	2530,59	1
1,20683E-07	2878,565	1,137508
1,10073E-07	3014,114	1,191072
3,42054E-08	5406,953	2,136637
3,78494E-08	5140,087	2,031182
2,13925E-08	6837,059	2,701765

A normálásra (táblázatban norm) azért volt szükség, mert a relatív távolság (rel) alapegysége a Vega csillag és a Föld távolsága. Mivel ez a csillag nem szerepel a példában, sokkal szemléletesebb, ha a legközelebbi galaxist választjuk egy egység távolságnyira, és a többit erre normáljuk. Ezt a $\frac{d_1}{d_2} = 1/x$ képlettel végezték, ahol

d_1 a referenciának választott galaxis relatív távolsága, d_2 pedig az éppen soron következőé. Az új számolásokra a diákok újra grafikont illesztettek, és a következő ábrát kapták:



Látható, hogy bár az illeszkedés valamennyivel jobb, még mindig pontatlannak mondható. Ez a hiba abból fakad, hogy feltételezték a galaxisok azonosságát. Például, ha egy galaxis halványabb, az azért van, mert messzebb van. A valóságban ez nem igaz, mert nagyságuk és a magukba foglalt csillagok mennyisége és fényessége szerint ez változik. Ennek a kiküszöbölésére is lenne lehetőség a skyserver adatait felhasználva, de több időt és magasabb felkészültséget igényel a folyamat véghezvitele. A kulcsa a számolásoknak az, hogy meg kell állapítani mely galaxisok tartoznak egy galaxishalmazhoz. Ezekről feltételezhetjük, hogy egyenlő távolságra vannak a Földtől. Így különböző galaxishalmazok elemeit tudjuk vizsgálni. Az összefüggés megállapításához azonban, miszerint a távolságok és a vöröseltolódások között lineáris az összefüggés, az eddigi számítások is elegendőek. Tehát minél nagyobbak a távolságok, annál nagyobb vöröseltolódás, vagyis sebesség tartozik hozzájuk. Ezek alapján a dupla óra végére a fakultációs csoport az egyszerűsített Hubble-diagram segítségével bizonyosságot nyert a táguló univerzum elméletének helyességéről és az ősrobbanás elméletről.

Hubble eredeti feltevése még a Doppler-effektus volt, de valójában ma azt gondoljuk, a tér tágulása okozza a távolsággal arányos vöröseltolódást. Felmerülhet a kérdés, hogy akkor minden galaxis távolodik-e a Tejútrendszertől, amire viszont az a válasz, hogy nem (pl. az Androméda galaxis nagy sebességgel közeledik felénk). Ennek az az oka, hogy lokálisan a gravitációs hatás erősebb lehet, mint a csak nagyon nagy távolságskálákon domináns tágulási effektus.

7.2. Kozmikus méterrúd

Az óra *célkitűzése:* 11. évfolyamon fakultációs csoportban *dupla órában* a kozmikus távolságok meghatározásának felfedezéséhez vezető út interaktív bemutatása a cefeida típusú változócsillagok segítségével.

Az óra *előzményei*: alapvető csillagászati ismeretek, az Excel program segítségével grafikonok készítése.

Az óra felépítése

- Az előző órán tanultak ismétlése
- A szükséges adatok megismerése az eredeti publikáció alapján
- Az adatok megfelelő átalakítása, majd ábrázolása
- Az adatok értelmezése

Az alkalmazott *óravezetés*: frontális, egyéni és csoportmunka.

Az óra leírása

Az óra az előző órán tanultak ismétlésével kezdődött az alábbi kérdések mentén:

- *Kinek a munkásságával foglakoztunk a múlt órán?*
- *Milyen kapcsolat volt a galaxisok sebessége és a Földről észlelhető színképük Doppler-eltolódásuk között?*
- *Mi a magnitúdó?*
- *A magnitúdóból miként képeztünk relatív távolságokat?*
- *Mit látunk, ha bárhonnan szétnézünk a Világegyetemben?*
- *Van-e középpontja a Világegyetemnek?*

Itt elmondta a tanár az úgynevezett felfúvódó lufi példáját, melyre előzetesen galaxisokat rajzolnak. Miközben a lufi egyre nagyobb lesz, a rárajzolt galaxisok egyre távolabb kerülnek egymástól. Mindegyik mindegyiktől távolodik. Mindenhonnan ezt lehet látni, nincs kitüntetett hely.

Majd rátértek Henrietta Leavitt munkásságának[2] ismertetésére. A tanár elmondta, hogy *Henrietta Swan Leavitt* (1868-1921) egymaga több száz változócsillagot fedezett fel a két szomszédos törpegalaxisban, a Kis és Nagy Magellán-felhőben.

A tanulók feladata a következő volt: Henrietta Leavitt eredeti, a 25 cefeidára vonatkozó, mérési eredményei alapján megtalálni a csillag abszolút fényessége és látszólagos fényváltozásának ciklusideje közötti összefüggést.

Az előző órához hasonló ábrázolást és illesztést kellett Excel program használatával végigvinni a diákoknak, mint a Hubble-diagram esetében. A diákok Leavitt eredeti cikkének[3] részletét kapták meg a benne szereplő táblázattal, ahonnan ki kellett keresni a megfelelő oszlopokat ábrázolásra.

---

[2] http://hu.wikipedia.org/wiki/Henrietta_Swan_Leavitt

[3] Leavitt, H. S. és Pickering, E. C. (1912): Periods of 25 Variable Stars in the Small Magellanic Cloud. *Harvard College Observatory Circular,* **173**. 3. sz. 1–3. http://adsabs.harvard.edu/abs/1912HarCi.173....1L (az eredeti cikk helye)

Mielőtt elkezdték a diákok az ábrázolást, a tanár a következő kérdéseket tette fel:

- *Mire jöhetett rá Leavitt?*
- *Milyen egyszerűsítő feltevést alkalmazott?*

Megbeszélték, hogy a csillagok fényességét vizsgálva észrevette, hogy a fényesebb cefeidáknak hosszabb a fényváltozási periódusuk.

Henrietta Leavitt-nek sikerült huszonöt cefeidát azonosítani a Kis Magellán felhőben. Ennek a Földtől mért távolságát ugyan nem ismerte, de feltételezte, hogy elég messze vannak ahhoz, hogy a benne található cefeida típusú csillagok egymástól való távolsága ennél jóval kisebb. Tehát úgy közelített, mintha ez a 25 csillag ugyanolyan messze lenne a Földünktől. Vagyis, ha ez a 25 csillag ugyanolyan távol van, akkor a fényesebbnek látszók valóban fényesebbek is azoknál, amelyek halványabbnak tűnnek. Vagyis látszólagos fényességük sorrendje megegyezik az abszolút fényességük sorrendjével.

- *Vajon milyen matematikai összefüggést találhatott Leavitt?*
- *Milyen a csillagok fényességskálája?*

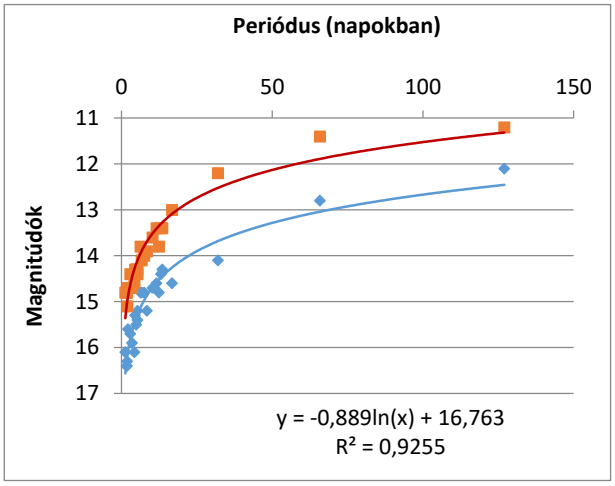
Az ábrázoláshoz felhasznált eredeti adatok:

period	max	min	period	max	min
1,25336	14,8	16,1	6,65	14,1	14,8
1,6637	14,8	16,4	7,483	14	14,8
1,762	14,8	16,4	8,397	13,9	15,2
1,87502	15,1	16,3	10,336	13,6	14,7
2,17352	14,7	15,6	11,645	13,4	14,6
2,913	14,4	15,7	12,417	13,8	14,8
3,501	14,7	15,9	13,08	13,4	14,4
4,2897	14,6	16,1	13,47	13,4	14,3
4,547	14,3	15,3	16,75	13	14,6
6,9866	14,3	15,5	31,94	12,2	14,1
5,311	14,4	15,4	65,8	11,4	12,8
5,323	14,3	15,2	127	11,2	12,1
6,2926	13,8	14,8			

Leavitt összefüggést talált a változócsillagok változásának periódusideje és fényességük között. A diákoknak ugyanazt az összefüggést kellett megtalálniuk,

mint neki, mégpedig úgy, hogy beírták a táblázatot, majd az adatokat egy grafikonon ábrázolták. Ezután meg kellett keresniük a pontokra legjobban illeszkedő függvényeket, és illeszteniük azokat.

A tanulók a grafikonról sikeresen leolvasták a logaritmikus összefüggést.



A magnitúdó a periódus függvényében
Leavitt diagram

A távolságmérési módszer tehát a következő: ha találunk két olyan cefeidát az égbolton, amelyek hasonló ütemben változtatják fényességüket, akkor biztosak lehetünk abban, hogy mindkettő azonos teljesítménnyel sugároz. Ez a tény pedig már felhasználható távolságmérésre. Ezért nevezhető a módszer kozmikus méterrúdnak.

Tehát ha ismerjük egy cefeida periódusát, akkor ebből meg tudjuk mondani a valódi fényességét. Ezt összevetve a látszó fényességével megkapjuk a távolságát. Ehhez persze először kalibrálni kellett az összefüggés nullpontját, melyhez ismerni kellett néhány cefeida tényleges távolságát a Földtől.

Az 1920-as évek közepén a cefeidák extragalaktikus távolságindikátorokká váltak, miután Edwin Powell Hubble (1889-1953) cefeidákat fedezett fel a csillagokra bontott spirálködökben (Hubble, 1925). Nem sokkal az Univerzum galaxisokkal való „megtöltése” után Hubble felfedezte a később róla elnevezett törvényt, melyet az előző órán tanulmányoztak, bár nem a történeti „cefeidás” módszerrel. De ez a módszer adott egyáltalán lehetőséget először arra, hogy távoli galaxisok távolságát meg lehessen határozni, melybe a diákok betekintést kaptak a fent elvégzett tevékenység segítségével. Így nem véletlen, hogy az órán felhasznált adatokat tartalmazó írás egyike az azóta is leggyakrabban hivatkozottakra a témakörben.

A feldolgozás kiegészíthető még Henrietta Leavitt életével, az akkori történelmi korszakkal, mely kezdete volt a nők egyenjogúságának a tudomány világában is. Továbbá az eredeti cikk – mely mindössze alig három oldal – elolvasása az angol nyelv gyakorlásának eszköze lehet.

7.3. Az atomerőművek működése és típusaik

Az itt bemutatásra kerülő dupla óra 12. évfolyamos diákok számára tartott fakultációs foglakozás volt. A téma – az atomerőművek működése – olyan, hogy ahhoz kísérletek nem végezhetők. Amennyiben a tanár szeretné mégis aktív tanulásra késztetni diákjait, más módszert kell választania. Ez ebben a példában egy tudományos szöveg olvasása és a szöveg feldolgozása volt.[4]

Az óra *célkitűzése*: 12. évfolyamon fakultációs csoport számára dupla órában a maghasadás és nukleáris láncreakció folyamatok és a jelenségek alapján működő atomerőművek típusainak áttekintése.

Az óra *előzményei*: atom, atommag, nukleonok, izotópok, maghasadás, láncreakció, továbbá a tanár által kérdőíves módszerrel feltárt tanulói vélekedések a nukleáris technika elemeinek alkalmazásáról.

Az óra felépítése

- Bevezető kérdések az atomerőművek működéséről
- A tanulók három 5 fős csoportban egy a témával kapcsolatos 3 részes cikk[5] egy-egy részét dolgozták fel a tanár által adott kérdések mentén
- A tanulók öt 3 fős szakértői csoportot alakítottak, és a cikk mindhárom részét feldolgozták
- Közösen megbeszélték a kérdésekre a válaszokat

Az alkalmazott *óravezetés*: szakértői mozaik módszer, csoportmunka.

Az óra leírása

Az óra elején néhány rövid mondatban összefoglalták, hogy az *atomerőmű működésének* az alapja a maghasadás, melynek során szabad neutronok keletkeznek, és kialakulhat a nukleáris láncreakció. Ezt követően a tanulók egy rövid filmet néztek meg, mely a Paksi Atomerőmű működését mutatta be. A tanár utalt arra, hogy tavasszal egy kirándulás keretében meg is fogják látogatni. Kiemelték a témával kapcsolatos tájékoztatás fontosságát, mivel az előzetesen a diákok által kitöltött kérdőívben sokan úgy nyilatkoztak, hogy nem szeretnének ott dolgozni. Egyik

[4] A leírás Nagy Dóra MA hallgató szakdolgozatának felhasználásával készült. Témavezető: Radnóti Katalin

[5] Király Márton és Radnóti Katalin (2016): Az atomerőművek működéséről egyszerűen, típusaik és jövőjük I., II., III. *Fizikai Szemle,* **66**. 10-11-12. sz.

diák kiemelte ezzel kapcsolatban azt, hogy ő azért szereti jobban a megújuló energiát, mert ott nem keletkezik radioaktív hulladék.

A dupla óra további részében csoportokban dolgoztak a diákok. A *csoportmunka első részében* minden csoport a háromrészes cikk egyikét kapta meg, amely a tanár által a szöveggel együtt kiosztott kérdések közül csak néhányra adható választ tartalmazott. A diákok feladata az volt, hogy a kérdések közül minél többre próbáljanak meg válaszolni, és a válaszokat lejegyezni. Fél órán keresztül dolgoztak így a diákok. Először önállóan elolvasták a szöveget, majd közösen válaszoltak az írás alapján minél több kérdésre.

A fél óra elteltével a diákok kaptak egy sorszámot egytől ötig, és mindenki a neki megfelelő számú *új csoportba* került. Minden csoportba három fő került, akik egyelőre csak a cikk egy-egy részét ismerték. Összességében azonban a csoporttagok minden egyes kérdést meg tudtak válaszolni. Feladatuk az volt, hogy egymást tájékoztatva megválaszolják a hiányzó kérdéseket.

A kérdésekre való válaszok után minden csoport kapott egy *keresztrejtvényt*, amit csak az összes válasz ismeretében tudtak megfejteni.

A foglalkozás végén a tanárral közösen megbeszélték a kérdésekre adandó *helyes válaszokat* és a keresztrejtvény megfejtését.

A foglalkozás legvégén a diákok feladata az volt, hogy kis lapokra legalább *egy-egy pozitív illetve negatív* vagy még fejlesztendő dolgot írjanak le az órával kapcsolatban. Ezeket rögtön áttekintettük, és megállapíthattuk, hogy a diákoknak alapvetően tetszett az óra. Érdekesnek találták a módszert, és a feldolgozandó szöveget is. Néhányan ugyan kicsit nehéznek találták a szöveget, de megjegyezték, hogy mivel alapvetően mérnöki pályára készülnek, fontos, hogy hasonló mélységű szakszövegeket tudjanak olvasni és értelmezni.

A foglalkozás mintaszerű volt. A téma jól elő volt készítve, egyrészt a diákokkal korábban megíratott kérdőívvel, másrészt a feldolgozáshoz szükséges kulcsfogalmak (maghasadás, láncreakció) előzetes ismertetésével.

Az óra sikeréhez a tanár szakmai és pedagógiai szakértelme egyaránt hozzájárult. A feldolgozandó szöveg kiválasztása, a feldolgozás megtervezése, valamint a kérdések és a keresztrejtvény megalkotása a tanár szakmai hozzáértését dicséri, a tevékenységsor kialakítása és annak pontos követése pedig a pedagógiai felkészültségét.

A diákok csoportos tevékenységei jól elő voltak készítve. A tanár megfelelő számú szakanyagot és kiegészítőket fénymásolt le, a csoportok kialakítása abszolút zökkenőmentes volt. Jól megtervezte az egyes részfeladatok időigényét. Az időtervet a foglalkozás során szinte percre pontosan be is tudta tartani.

1. melléklet: A diákok előzetes tudását és az atomenergiával kapcsolatos attitűdjét felmérő kérdések

Mennyire jellemzők rád a következő állítások? Karikázd be a véleményedet kifejező számot!

1	*2*	*3*	*4*	*5*
egyáltalán nem	*kismértékben*	*közepesen*	*egyetértek*	*teljes mértékben*

1.	Tájékozott vagyok az atomenergia békés felhasználásáról.	1	2	3	4	5
2.	Az atomenergia felhasználása hasznos dolog.	1	2	3	4	5
3.	Az atomenergia felhasználása biztonságos.	1	2	3	4	5
4.	Az atomenergia környezetszennyező.	1	2	3	4	5
5.	Az emberek félnek az atomerőművektől, az atomenergiától.	1	2	3	4	5
6.	Korrekt tájékoztatásokat kapok az atomenergia felhasználásáról a sajtóból.	1	2	3	4	5
7.	Megfelelő oktatás segítségével változhat az emberek hozzáállása a témához.	1	2	3	4	5
8.	A tudomány elég fejlett ahhoz, hogy egy atomerőmű biztonságosan működhessen.	1	2	3	4	5
9.	Szívesen dolgoznék egy atomerőműben.	1	2	3	4	5
10.	Érdekel a paksi atomerőmű helyzete.	1	2	3	4	5
11.	Jelenleg is van gazdaságos alternatívája az atomenergiának.	1	2	3	4	5
12.	A barátaim véleménye alakítja ki álláspontomat az atomenergia felhasználásról.	1	2	3	4	5
13.	A szüleim véleménye alakítja ki álláspontomat az atomenergia felhasználásról.	1	2	3	4	5
14.	Saját tárgyi tudásom alakítja ki álláspontomat az atomenergia felhasználásról.	1	2	3	4	5
15.	A média véleménye alakítja ki álláspontomat az atomenergia felhasználásról.	1	2	3	4	5
16.	Az interneten olvasottak alakítják ki álláspontomat az atomenergia felhasználásról	1	2	3	4	5

2. melléklet: A szövegek feldolgozását segítő kérdések és az elvárt válaszok

1. Mit jelent az, hogy az Oak Ridge-i kutatások szerint egy tóriumos reaktor tenyésztési tényezője 1-nél nagyobb?

Azt jelenti, hogy a működése során több hasadóképes üzemanyag keletkezik, mint amennyi elfogy.

2. Átlagosan hány neutron keletkezik az urán 235-ös izotópjának hasadása során?

Átlagosan 2,4 neutron szabadul fel.

3. Hogyan nevezzük a hasadáskor azonnal keletkező gyors neutronokat?

Ezek a prompt neutronok.

4. Mire használják a nehézvizet az atomerőműben?

A neutronok lassítására, azaz moderátorként.

5. Mi a különbség a termikus reaktor és a gyorsreaktor között?

A termikus reaktorban lassú neutronok, míg a gyorsreaktorban a hasadás során keletkező gyors neutronok tartják fenn a láncreakciót. Ez utóbbiban ezért nincs moderátor. Továbbá működése során a gyorsneutronok egyes izotópok általi befogása, majd bomlása következtében további üzemanyag is keletkezik.

Ez utóbbi tényt egyik csoportban úgy fogalmazták meg, hogy a reaktorban dúsítás történik. De itt nem erről van szó. Dúsításon azt értjük, amikor az uránt dúsítják a 235-ös tömegszámú izotópjában, hogy a természetes előfordulásnál nagyobb legyen az aránya.

6. Melyik termikus reaktortípusba tartoznak a paksi atomerőműblokkok?

A nyomottvizes (PWR = Pressurized Water Reactor) atomreaktorok közé, amelyekben a víz a moderátor és a hűtőközeg is egyben.

7. Miért a kis tömegszámú izotópokat használják moderátorként?

Egy ütközésben ugyanis annál több energiát veszíthet a neutron, minél kisebb tömegű atommaggal ütközik. A gyakorlatban háromféle moderátor anyagot használnak: könnyűvíz (H_2O), nehézvíz (D_2O) és grafit (C).

8. Hogyan nevezzük a neutronelnyelő anyagokat?

abszorbens

9. Melyik reaktortípust nevezik Csernobil típusú blokknak is?

A grafitos reaktorok szovjet változatát.

Ennél a kérdésnél felmerült ötletként az egyik csoportban, hogy milyen egyszerű lenne megkeresni a helyes választ, ha számítógépen, digitálisan tudnának keresni a szövegben. Amennyiben rendelkezésre állnak a megfelelő eszközök, érdemes akár ezt az opciót is megfontolni, de ügyelni kell arra, hogy megtörténjen a szöveg értelmezése is, ne csak az információk megtalálása.

10. Kiknek a nevéhez fűződik a maghasadás felfedezése?

Otto Hahn, Fritz Strassmann és Lise Meitner.

11. Hány generációba soroljuk az atomerőműveket?

Négy.

12. Hogyan nevezzük a reaktorban a különböző köröket?

Primer kör, szekunder kör, tercier kör.

13. Hányszoros energia szabadul fel maghasadás során a kémia reakciókhoz képest?

Milliószoros.

14. Mi a CANDU?

A kanadai fejlesztésű atomreaktor neve, (Canadian Deuterium Uranium).

15. Mi a 'barn'?

A hatáskeresztmetszet egysége a barn, ami 10^{-24} cm^2.

A fogalom megértése egyik csoport számára nehézséget jelentett. A megértést elősegítette a következő hasonlat, analógia: amikor egy kisgyerek már egyre több dolgot elér, a szülőknek el kell kezdeniük egyre feljebb pakolni a törékeny és értékesebb tárgyakat, hogy a gyerek meg ne sértse magát, le ne verje azokat. Ezt úgy is meg lehet fogalmazni, hogy a gyerek hatáskeresztmetszete egyre nagyobb lesz. A hasonlatból az is érzékelhető, hogy ez nem egyszerűen a gyerek

felületétől függ, hanem egyéb tényezők is befolyásolják. És különböző tárgyak esetében más és más, például csoki és spenót.

3. melléklet: A keresztrejtvény kérdései és megoldásai

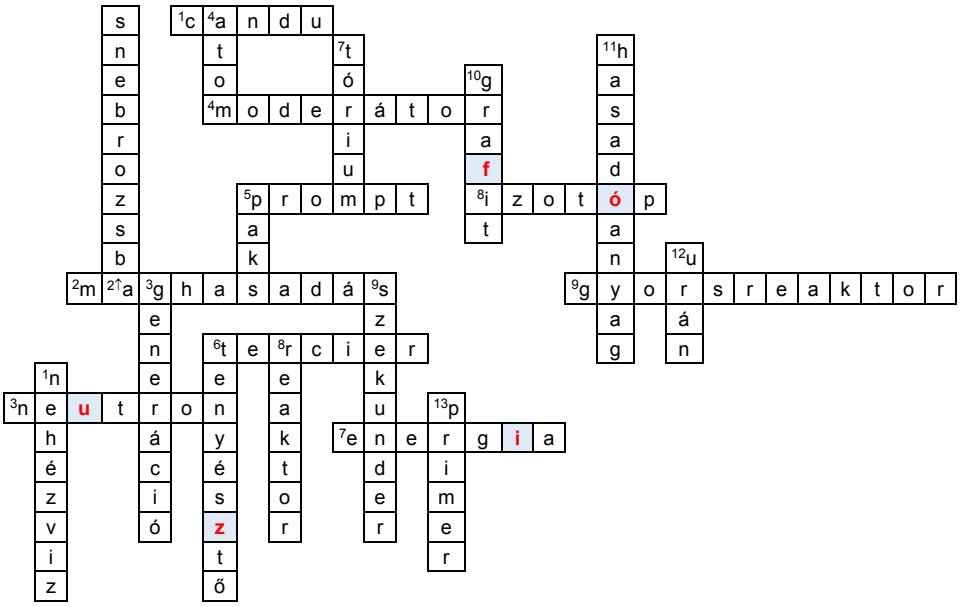
Függőleges

1. Olyan víz, amit moderátorként használnak.
   NEHÉZVÍZ
2. Neutronelnyelő anyag megnevezése.
   ABSZORBENS (Ezt a szót lentről felfelé kell a helyére írni.)
3. Ilyen 'osztályokba' soroljuk az atomerőműveket. Négy van belőlük.
   GENERÁCIÓK
4. Az anyag pici alkotórésze, ami nukleonokból és elektronokból áll.
   ATOM
5. A város neve, ahol a magyar atomerőmű található.
   PAKS
6. A negyedik generációs erőművek egyik típusa, amiben tóriumból 233-as urán tudnak termelni.
   TENYÉSZTŐ
7. A villámok és zivatarok istenéről elnevezett elem.
   TÓRIUM
8. Az atomerőmű azon része, ahol a maghasadás történik.
   REAKTOR
9. A második kör az erőműben.
   SZEKUNDER
10. A csernobili atomerőműben ezt a moderátort használják.
    GRAFIT
11. Az üzemanyag másik neve, ami utal arra, hogy az erőműben maghasadás történik.
    HASADÓANYAG
12. Olyan elem, aminek 235-ös izotópját atomenergia előállítására használják.
    URÁN
13. Az első kör az atomerőműben.
    PRIMER

Vízszintes

1. Kanadában működő reaktor, amelyet leállítás nélkül lehet friss üzemanyaggal feltölteni. (Canadian Deuterium Uranium)
   CANDU
2. Az a folyamat, ami során a nukleáris energia felszabadul az erőműben.
   MAGHASADÁS
3. Ezek a nukleonok tartják fenn a láncreakciót.
   NEUTRON
4. Általában grafitot, könnyűvizet vagy nehézvizet használnak erre a célra.
   MODERÁTOR
5. Azok a gyors neutronok, amik a maghasadás során azonnal keletkeznek.
   PROMPT
6. A harmadik kör az atomerőműben.
   TERCIER
7. Ez szabadul fel maghasadás során. Nukleáris...
   ENERGIA
8. Azonos rendszámú, de más tömegszámú elem.
   IZOTÓP
9. A reaktorok azon típusa, melyben nem használnak moderátort a neutronok lassítására.
   GYORSREAKTOR

A jól megoldott keresztrejtvény



A pirossal írt betűk a következő óra témáját adják, mely a **fúzió**.

További lehetséges kérdések a szövegekkel kapcsolatban:

– Érdekes lehet összehasonlításokat kérni a különböző reaktortípusok, mint a CANDU, PWR, BWR, illetve a sóolvadékos reaktor és a többi gyors- és tenyésztőreaktor között.
– Hasonlítsd össze a különböző izotópok hatáskeresztmetszeteit neutronbefogásra és hasadásra a grafikonok felhasználásával!
– Nézz utána, hogy a különböző izotópok hasadásakor átlagosan mennyi prompt, és mennyi késő neutron keletkezik!
– Hasonlítsd össze az atombombában és a nukleáris reaktorban végbemenő láncreakciót!
– Milyen neutronelnyelő anyagokat alkalmaznak az atomerőművekben?
– Mi a neutronreflektor, és mi a szerepe a reaktorban? Mely anyagokat alkalmazzák erre a célra?
– Milyen formában van általában a fűtőelem a különböző reaktorokban?
– Mikor mondjuk azt, hogy a reaktor kritikus állapotban van? Ez veszélyes állapot? Mikor lesz veszélyes?
– Miért radioaktívak a hasadványok?

8. A megfigyelések összegzése, zárógondolatok

A látogatott és a leírásban szereplő tanórákról elmondható, hogy azok minden esetben határozott szerkezetet követtek. A továbbiakban ennek megfelelően emelem ki a legfontosabb gondolatokat.

Az órák bevezető része

A látogatott órák szinte mindegyike *ismétlő kérdésekkel* kezdődött. Ez valós helyzetekben minden bizonnyal szóbeli feleltetés lett volna, melyet a látogató kedvéért mellőztek a kollégák, hogy ne kelljen egyik diákjukat sem esetlegesen kellemetlen helyzetbe hozni. Az ismétlés célja a témára való ráhangolódás volt. Az óra bevezető szakaszában nem igen jelentek meg gondolkodtató kérdések, feladatok, inkább csak tényszerű ismereteket vártak el a kollégák a tanulóktól. Sok esetben hangzottak el olyan kérdések, mint például: Mit tanultunk a múlt órán?

Esetleg a házi feladat volt gondolkodtató jellegű, bár az sem minden esetben. Inkább egyszerű alkalmazásra, képletbe való behelyettesítést igénylő számítási feladat megoldására láttunk példát.

Az óra bevezető részének másik feladata a téma szempontjából fontos előismeretek és az esetleges tévképzetek feltárása. Például a Kepler-törvények feldolgozása esetében az óra eleji kérdés a következő volt:

- *Mit gondoltok, a Föld milyen alakú pályán kering a Nap körül? Kör vagy ellipszis alakú a pálya?*

Majd a tanár megszavaztatta az osztályt. Többen sejtették, hogy a pálya alakja ellipszis lehet, melyben meg is állapodtak, le is írták a füzetbe, de kihagytak egy kis helyet a mondat végén, mivel „oda még majd kerül valami”.

- *Hol van a Nap?*

Hangzott el a tanári kérdés. Erre már kevesebb jó válasz érkezett, mivel a legtöbben azt gondolták, hogy a Nap az ellipszispálya középpontjában található. És elkezdődött a Kepler-törvények feldolgozása.

Problémafelvetés, gondolkodtató kérdések, az ismeretszerzés menete, hipotézisek alkotása

Általában az ismétlő kérdések megbeszélése után került sor az aznapi feldolgozandó témakörhöz tartozó problémafelvetésre, azzal kapcsolatos gondolkodtató kérdések feltevésére. Például a szabadesés tanulmányozása előtt a következő tanári kérdés hangzott el:

- *Hogyan lehetne belátni, hogy a szabadesés egyenes vonalú egyenletesen változó mozgás?*

A termikus kölcsönhatás tanulmányozásához bevezető kérdés:

- *Hogyan lehet a forró kávét minél gyorsabban lehűteni?*

Az új ismeretek feldolgozása a legtöbb esetben kifejezetten érdekes volt a diákok számára, mely megmutatkozott aktivitásukban. A tanárok nem egyszerűen közölték a diákokkal a „megtanulnivalókat", hanem sok érdekes problémafelvető kérdéssel igyekeztek aktívan bevonni őket az ismeretszerzésbe, sok esetben a *kutatásalapú tanulás/tanítás* alapelveit követve. Az új anyag feldolgozása során a diákok is sokat kérdezhettek, hipotéziseket alkothattak, de nemcsak a tanár által javasolt kísérletek elvégzése előtt, hanem maguk is javasolhattak kísérleteket.

A kísérletek esetében nem a látványon volt a lényeg, mondhatjuk talán picit leegyszerűsítve, hogy nem show-elemek voltak, hanem azok az éppen tanulmányozott fizikai elmélet alátámasztását, vagy éppen felfedezését szolgálták. A leglátványosabbnak a szabadeséssel kapcsolatban a nehézségi gyorsulás értékének a mérése mondható, melyre több példa is olvasható.

A kísérletek minden esetben jól elő voltak készítve a leírt órákon. Problémafelvetéssel, esetleg magának a mérésnek a megtervezésével, hipotézisalkotással találkozhattunk, és nem maradt el a következtetések levonása sem.

A mérési adatok rendezése sok esetben a diákok által javasolt táblázatos formában történt. A következtetések levonása, a törvény megfogalmazása során a legtöbb esetben a matematikában tanultakat alkalmazása került előtérbe, például egyenes illetve fordított, vagy egyéb arányosság, grafikus ábrázolás. A grafikus ábrázoláshoz sajnos csak a fakultációs órán hívta segítségül a tanár az egyébként informatikából tananyagként szereplő Excel programot.

Tanulói javaslatra megvizsgálta az osztály a Galilei-lejtő esetében a golyók mozgását a lejtő hajlásszögének függvényében.

Tanári kérdésként szerepelt a következő, mely kifejezetten mérési eljárás megalkotását kérte a tanulóktól:

- *Hogyan lehetne kimérni, hogy mekkora a szabadon eső test gyorsulása?*

A tanulók előzetes ismereteik alapján rájöttek, hogy a szabadon eső test útját és idejét kell megmérni, és ezekből a gyorsulás már számolható.

A nem mágneses, de mégis mágnesként beszínezett rúd és a valódi mágnes megkülönböztetésére is több javaslatot tettek a diákok, melyeket meg is vizsgáltak.

Matematikai jellegű hipotézist alkottak azok a 10. évfolyamos diákok, akik Ohm törvényének tanulmányozása során azon gondolkodtak, hogy vajon milyen kapcsolat lehet a fogyasztóra kapcsolt feszültség és a rajta átfolyó áram erőssége között. A diákok a tanárral közösen többféle lehetőséget is felsoroltak: egyenes arányosság, fordított arányosság, négyzetes függés. Majd megállapodtak abban, hogy minden bizonnyal egyenes arányosság várható a két mennyiség között.

Érdekes volt, amint egy közgazdasági szakközépiskola 10. évfolyamos diákjai hangosan vitatkoztak a tanórán, amikor a tanár hipotézist kért arra, hogy vajon a soros kapcsolás esetében az egyes ellenállásokon mekkora feszültség mérhető, azok azonosak lesznek vagy különbözőek?

Számításos feladatok esetében a diákok megtippelhettek a lehetséges végeredményt. Például a bob tömegét tippelték meg, melyet azután ki is számítottak adatokból.

Több esetben, bár ténylegesen csak a magasabb évfolyamokon, előkerült az is, hogy a fizikában *modelleket* alkotunk, sok esetben *egyszerűsítő feltevéseket* fogalmazunk meg, hogy le tudjuk írni a jelenségeket. Ilyen volt például az ideális gáz modelljének alkalmazása a részecskék sebességének és energiájának vizsgálata során. A tanári kérdés:

- *A részecskék hányad része mozog a fal felé? Milyen feltevéssel éljünk?*

Tegyük fel, hogy minden irányban (a kocka 6 határolólapjának irányában) egyidejűleg ugyanannyi részecske mozog, a felületre merőleges és egyforma nagyságú sebességgel. Vagyis a részecskék 1/6-od része, mely egyben $m/6$ tömegű részecskecsomag repül v sebességgel a falak irányába.

A két optikai képalkotást bemutató óra jellegzetessége az a gondolatmenet, melynek követésével a diákok korábbi ismereteik és a nevezetes sugármenetek felhasználásával, a tanári kérdések segítségével mintegy rájönnek, hogy melyik eszköznek milyen képalkotási lehetőségei vannak. Ezeket az elméleti fejtegetések után, mintegy igazolásképp meg is nézték tanári bemutató kísérlettel. A diákok *analógiákat* is felállítottak a megfelelő tükrök és lencsék képalkotásai között.

A természet tanulmányozásához és a természettudományok tanulásához alapvetően fontos *analógiás gondolkodás* és annak fejlesztése több esetben is előkerült. Például az időmérés lehetőségei a különböző mozgások tanulmányozása során, az elektromos és mágneses mező leírásához alkotandó fogalomkészlet esetében (vektoriális leírás, E és B vektorok, próbatestek), a különböző lencsék és tükrök képalkotása között.

A tudománytörténet megjelenése a tanórákon

A fizika az egyetlen olyan tantárgy, melynek érettségi követelményei között tételesen megjelenik a tudománytörténet. A fizika kialakulása és fejlődése szempontjából legfontosabb tudósok életéről és munkásságáról, kutatásaik időbeli elhelyezéséről kell tudni a diákoknak. Így ez kiemelt téma a fizika tanítása során, mely minden lehetséges helyen meg is történt.

A diákoknak több órán lehetett része kisebb időutazásban, mint például Galilei korába a 7. és a 9. évfolyamokon, amikor az egyenletesen gyorsuló mozgásról és a szabadesésről tanultak. Az egyik órán az úgynevezett Galilei-lejtő alkalmazásával fedezték fel a diákok a négyzetes úttörvényt. Egy másik órán Keplerrel ismerkedtek meg a róla elnevezett törvények tanulása során. A sorból természetesen Newton sem maradhat ki, akinek felfedezései feladatlapon is szerepeltek a róla elnevezett törvényeken kívül. Fakultációs foglalkozáson az Univerzum mai alapjainak megértéséhez vezető utat járták végig a tanulók. Ebben az egyik fontos szereplő eredeti mérési adatait is tanulmányozták.

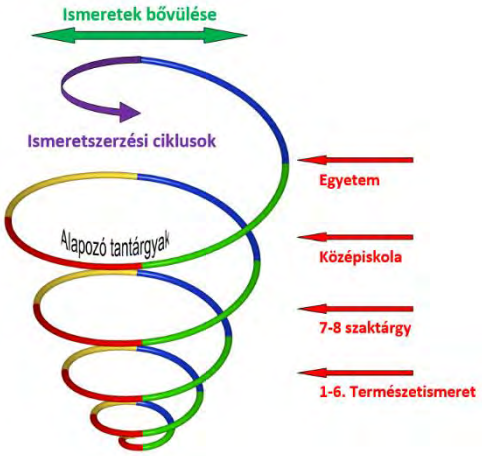
IKT eszközök használata

Az IKT eszközök, elsősorban a számítógép alkalmazása visszafogott volt, nem uralta egyik esetben sem a tanórát, de amikor használta a tanár, akkor az ott fontos volt. Például érdekes képek, videók, animációk (Daniell-elem) bemutatása során. De szimuláció alkalmazására is sor került (Gay-Lussac II. törvénye). Volt, amikor a diákok saját mobiltelefonjukat is használhatták, elsősorban időmérés céljára. De volt, hogy fényképeket készítettek vele. Az Excel program alkalmazására sajnos csak fakultációs órán volt példa.

Többszintű feldolgozási lehetőség bemutatása

Az is fontos, hogy a különböző szinten tanító kollégák lássák azt, hogy a fogalmak hogyan fejlődnek, alakulnak a közoktatás teljes időszakában. A fogalmi fejlődés

mentetét jelképezi az alábbi csigaház-modell, miszerint egy-egy témakörrel kapcsolatban a diákok ismeretei folyamatosan bővülnek az oktatás évei alatt. A fizikában tanított legtöbb témakör is több szinten előkerül a természetismeret tantárgy keretein belül, majd az általános iskolai évfolyamokon, később a középiskolában, és végül, akik műszaki-természettudományos pályán tanulnak tovább, azoknak sokkal részletesebben a felsőoktatási éveik alatt. A fogalmi fejlődés nem csavarvonal mentén halad, hanem sokkal inkább egy bővülő csigaházhoz hasonlítható.



A fogalmi fejlődés csigaház modellje

A fogalmi bővülésre példa a mágneses jelenségek tárgyalása esetében egy 6. évfolyamos és egy 10. évfolyamos tanórai feldolgozás.

Más tantárgyak ismeretanyagához való kapcsolódás

A fizika leíró nyelve a matematika, így értelemszerűen a legtöbb kapcsolódás a matematikai ismeretek alkalmazásában nyilvánult meg, mint például összefüggések, fizikai törvények matematikai megfogalmazása, grafikonok készítése, egyenes, fordított, illetve egyéb arányosságok használata, egyenletek felállítása, egyenletrendezés. Ezen ismeretek készségszintű alkalmazása nem volt problémamentes a tanulók számára! Különösen az egyenletrendezés jelentett gondot a legtöbb esetben.

Komoly probléma, hogy a matematikában általában csak x és y betűket használnak, ami bármi lehet, addig a fizikában más betűk szerepelnek, melyeknek konkrét fizikai jelentésük van. Ezért a kiszámított eredményeket össze kell vetni a tényleges tapasztalattal, annak realitását vizsgálni kell. Nem biztos, hogy az, ami matematikailag jó megoldás, az fizikailag is jó. A fizikatanításban az aktuális kerettantervek mellett komoly gondot okoz a matematika tananyagának átrendezése. Fizikatanítás szempontjából későn kerülnek elő a vektorok és a trigonometria. Utóbbi esetben a tananyagok „elcsúszása” azt jelenti, hogy mivel nem tudjuk fizikából a rezgéseket és a hullámokat megfelelő módon tárgyalni, nincs alkalmunk arra sem, hogy a fizikaórákon segítsük a matematika-érettségire való felkészülést a „szöveges feladatok” gyakoroltatásával.

Néhány témakör esetében előkerültek kémiai jellegű ismeretek, például a folyadékok tanulmányozásakor. A biológiával lehet kapcsolatot teremteni az optika esetében, a lencsék és a szemüvegek témakörében.

A tudománytörténeti részek a történelem tantárgyhoz jelentenek kapcsolódási lehetőséget.

Milyen volt az órák hangulata?

Az órák hangulata általában jó volt, amint az majdnem minden óra végén tett megjegyzésben olvasható. Úgy látszik, a diákok szívesen vesznek részt olyan tanórákon, amelyeken „történik valami", izgalmas szellemi kalandokban van részük. A legtöbb óra olyan volt, ami megmozgatta a diákokat. Sok-sok tanári, tanulói kérdés és válasz hangzott el, kísérletek voltak, a diákok gondolkodtak, számoltak, beszélgettek fizikai témákról. A tanárok változatos módszereket alkalmaztak. Ugyan a legtöbb esetben frontális osztálymunka volt, de az nem tanári előadást jelentett, hanem általában az osztály és a tanár beszélgetését az adott témáról. Gyakran került sor az óra egy részében a diákok valamilyen jellegű csoportos tevékenységére, általában kísérletezés kapcsán, de nem kizárólag. Volt csoportmunkában zajló feladatmegoldó óra is (hőtani, halmazállapot-változással kapcsolatos feladatok gyakorlása).

Felmerül azonban a kérdés, hogy a jó tanórai hangulat és érdeklődés után később a témakörből írt dolgozatok miként sikerültek. Ezek nem kerültek be a leírások közé, hiszen csupán az volt a cél, hogy a fizika fő témakörei mentén olvashassunk megvalósult tanórákról. De azért tájékozódtam erről is, és az eredmények változónak mondhatók. Vagyis az, hogy egy-egy tanóra, vagy akár a tanórák többsége, legalább is úgy nézett ki, hogy jól sikerült, még nem biztos, hogy az abban részt vevő tanulók később képesek voltak jól megtanulni, elsajátítatni az adott tananyagot. Úgy látszik, ez egyáltalán nem egyszerű kérdés.

Miért lehet nehéz a természettudomány tanulása?

Idézzük Pléh Csaba[1] gondolatait, aki a következőket írja:

„A felidézést a séma irányítja, a sémák közül pedig a legkitüntetettebb az *elbeszélő séma*. Úgy tűnik, hogy *történeteket sokkal könnyebb felidézni*, mint például tájleírásokat."

[1] Pléh Csaba (2015): *A tanulás és gondolkodás keretei*. Typotex, Budapest.

„Történeteket mindig könnyebb felidézni, mindig egyetemesebbek, mindig világosabb mintázatot adnak. Egy tankönyvi történet, amikor visszaadjuk, sokkal kevésbé válik zavarossá, mint egy leírás, vagy magyarázat.” (Pléh, 2015. 88. o.).

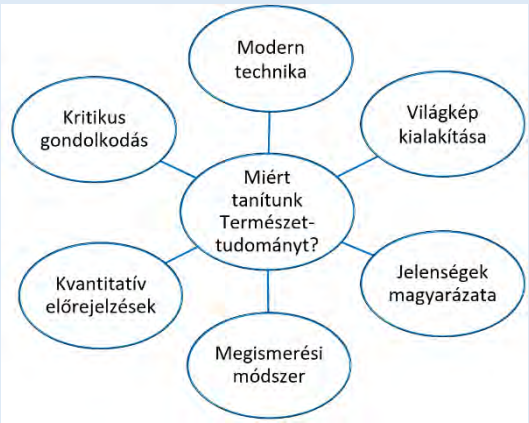
A leírt órák jó hangulatúak voltak, látszólag meg is értették a diákok a legfontosabb összefüggéseket. De a dolgozatban is olyan jól tudták-e, mint azt a tanórai aktivitás alapján várni lehetett? Hát! Sok éves tanári pályafutásom nem ezt igazolja. A dolgozatokban megjelenő sok tévképzet mintha inkább Pléh Csaba állítását igazolná! A dolgozatok mondataiban keverednek a helyes és a helytelen elemek, melyeket egyik régi szakdolgozóm „kavalkádmondat”-oknak nevezett el.

Pléh Csaba leírt gondolatainak kiterjesztésével folytathatjuk tovább a példák sorát. A levezetések, matematikai tételek, fizikai és kémiai ismeretrendszerek, melyek leírásokból és matematikai formában megfogalmazott törvényekből, magyarázatokból állnak, sokkal nehezebbek, nehezebben tanulhatók, mint például egy elbeszélés, egy regény cselekménye?

Így persze kérdés, hogy akkor miért vannak egyáltalán olyan emberek, akik az ilyen jellegű meggondolásokat szeretik? És hányan lehetnek ők, illetve a népesség milyen arányát teszik ki? Lehet, hogy ezek az emberek a megfelelő tulajdonságot jellemző Gauss-görbe egyik szélét képviselik?

További kérdés, ha ez így van, akkor miért erőltetjük rá mindenkire az ilyen típusú gondolkodást? Illetve lehet, hogy azért szorul egyre jobban háttérbe a tantervi változások során a természettudomány, mert az emberek jelentős részének a természettudományos leírások és magyarázatok nagyon nehezek és idegenek a gondolkodásától? Pedig jelen technikai környezetünkben nem lehet elhagyni a természettudomány és azon belül a fizika minimális szintű ismeretét. Továbbá azért, hogy az elkövetkezendő évek, évtizedek múlva is élvezhessük a technika vívmányait, sok és egyre több embernek kell foglalkozásszerűen művelni e területeket. De honnan tudjuk, hogy erre kik lesznek alkalmasak? Hogy ezt megtudjuk, csak egyetlen lehetőség van, tanítani kell az iskolában. Meg kell mutatni a diákoknak, hogy létezik a narratíván kívül másféle gondolkodásmód is, és akiknek ez tetszik, azok jelentkezni fognak szakkörökre, versenyekre, továbbtanulásra.

A természettudomány tanulási/tanítási céljai a következők lehetnek:



Hogyan tanítsuk a természettudományt?

Lehet, hogy jobban kellene hangsúlyozni a tudósok, felfedezők élettörténetét? Miként is jutottak el a felfedezésig, mi történt velük akkor, hogyan élték meg stb.? A felfedezés miként hasznosult, milyen hatással volt a többi ember életére? Emberi történetekbe kellene ágyazni a fizikai és a kémiai ismereteket mind a felfedezések, mind a mindennapi élet vonatkozásában? Ezért fontos és jó, hogy egyedüliként a fizika tantárgy érettségi követelményei között hangsúlyosan szerepel a legfontosabb tudósok élete és munkássága!

MTA-SZTE
Természettudomány
Tanítása Kutatócsoport

SZTE
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM