

**DOKTORI ÉRTEKEZÉS**

**Tantárgyközi kapcsolatok a fizika és a kémia  
középiskolai tanításában**

**Szakmány Csaba**

**Témavezető: Dr. Rajkovits Zsuzsanna  
ny. egyetemi docens**

**ELTE TTK Fizika Doktori Iskola  
Vezető: Dr. Tél Tamás egyetemi tanár**

**Fizika Tanítása Doktori Program  
Vezető: Dr. Tél Tamás egyetemi tanár**



**Eötvös Loránd Tudományegyetem  
Természettudományi Kar**

**2018.**

# TARTALOMJEGYZÉK

Tartalomjegyzék.....	2
Bevezetés .....	5
<b>1. A fizika és a kémia középiskolai kapcsolódási pontjainak feltérképezése.....</b>	<b>7</b>
1.1. BEVEZETÉS .....	7
1.2. KAPCSOLÓDÁSI PONTOK AZ ANYAGSZERKEZETI ISMERETEKBE.....	9
1.2.1. Részecskeszemlélet .....	10
1.2.2. Anyagi halmazok jellemzői.....	12
1.2.3. Avogadro törvénye és az ideális gáz állapotegyenlete .....	13
1.2.4. Kinetikus gázelmélet és reakciókinetika .....	14
1.2.5. Molekulaszerkezet és szabadsági fokok száma.....	15
1.2.6. Az anyagok színe .....	15
1.2.7. Elektromosság és elektrokémia .....	16
1.3. ATOMSZERKEZET ÉS MODERN FIZIKA.....	17
1.4. TOVÁBBI PÉLDÁK .....	18
1.5. KITEKINTÉS A TERMÉSZETTUDOMÁNY MÁS ÁGAIRA .....	18
<b>2. A fizika és a kémia kapcsolata a természettudományos megismerés módszereiben .....</b>	<b>19</b>
2.1. BEVEZETÉS .....	19
2.2. A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS GONDOLKODÁS FOLYAMATA ÉS ELEMEI A TANULÁSI FOLYAMATBAN.....	20
2.2.1. A leeső test sebességét befolyásoló tényezők vizsgálata .....	23
2.2.2. Négyzetes úttörvény.....	25
2.2.3. Gázok állandó térfogaton vett mólhőjének kiszámítása.....	29
2.2.4. A harmonikus rezgőmozgást végző test rezgésidejét befolyásoló tényezők.....	32
2.3. EGYSZERŰ MÉRÉSEK A TANTEREMBE.....	37
2.3.1. Adatgyűjtés, mérés .....	37
2.3.2. Az adatok feldolgozása, ábrázolása.....	39
2.3.3. Ismeretlen tömegű test tömegének meghatározása .....	40
2.3.4. Sóoldat koncentrációjának meghatározása sűrűségmérés alapján.....	42
<b>3. Számítógépes módszerek alkalmazása a természettudományos szemlélet kialakítására.....</b>	<b>45</b>
3.1. BEVEZETÉS .....	45
3.2. MÉRÉSI MÓDSZEREK SZÁMÍTÓGÉPPAL TÁMOGATVA.....	45
3.2.1. A LabCamera program használata néhány fizikai kísérlet elvégzéséhez és elemzéséhez .....	46
3.2.1.1. Folyadék belső súrlódási együtthatójának meghatározása .....	46
3.2.1.2. Pattogó labda mozgásának vizsgálata .....	48
3.2.1.3. Vízben úszó, lenyomott kémcső mozgásának vizsgálata .....	49

3.2.1.4. <i>Combizom által kifejtett erő mérése</i> .....	50
3.2.1.5. <i>Körhinta mozgásának vizsgálata fénykép alapján</i> .....	51
3.3. SZÁMÍTÓGÉP AZ ADATFELDOLGOZÁSBAN.....	52
3.4. SZÁMÍTÓGÉP A FELADATMEGOLDÁSBAN.....	53
3.4.1. A módszer alkalmazhatósága.....	53
3.4.2. Képzeltetbeli úrutazás – Excellel számítva.....	56
3.4.3. Telített szénhidrogének fajlagos égéshőjének összehasonlítása.....	59
3.5. A TAPASZTALATOK ÉRTÉKELÉSE.....	60
<b>4. Természettudományos szemlélet a tehetség gondozásban</b> .....	<b>62</b>
4.1. KOMPLEX TERMÉSZETTUDOMÁNYOS SZAKKÖR.....	62
4.1.1. Bevezetés.....	62
4.1.2. A komplex természettudományos szakkör keretében vizsgálható interdiszciplináris témák.....	64
4.1.3. Tanári előadás formájában feldolgozott interdiszciplináris témák.....	66
4.1.3.1. <i>Lumineszcencia</i> .....	66
4.1.3.2. <i>A természet színei</i> .....	71
4.1.3.3. <i>Kolloidok a természetben</i> .....	73
4.1.3.4. <i>Elektrokémia</i> .....	77
4.1.4. Diákok munkái a szakkörön.....	80
4.1.5. A szakkör pedagógia jelentősége, eredményei.....	81
4.2. „PREMISTRY” TERMÉSZETTUDOMÁNYOS NÉPSZERŰSÍTŐ SOROZAT.....	82
4.2.1. Bevezetés.....	82
4.2.2. Szervezés.....	83
4.2.3. Előkészítés.....	85
4.2.4. Tematika.....	87
4.2.4.1. <i>Előadások</i> .....	87
4.2.4.2. <i>Tanulókísérletek</i> .....	88
4.2.5. Eredmények, tapasztalatok, értékelés.....	90
4.3. VERSENYEK, VERSENYFELKÉSZÍTÉS.....	91
4.3.1. Bevezetés.....	91
4.3.2. Integrált Természettudományos Verseny és Avram Hershko Országos Természettudományi Verseny.....	92
4.3.3. Károly Ireneusz Fizikaverseny.....	92
4.3.4. Oláh György Országos Középiskolai Kémiaaverseny.....	94
4.3.5. Gábor Dénes Országos Középiskolai Ösztöndíjpályázat.....	94
4.4. BIOLÓGIA-KÉMIA TAGOZATOSOK ELŐADÓESTJE.....	95
4.5. A TAPASZTALATOK ÉRTÉKELÉSE.....	97

<b>5. Interdiszciplináris témák projektmódszerrel feldolgozva.....</b>	<b>98</b>
5.1. BEVEZETÉS .....	98
5.2. INTERDISZCIPLINÁRIS TÉMÁK PROJEKTKÉNT FELDOLGOZVA .....	98
5.3. SZINTETIZÁLÓ TERMÉSZETTUDOMÁNYOS INTERDISZCIPLINÁRIS TANTÁRGY .....	100
<b>6. Kutatómunka a tanteremben .....</b>	<b>104</b>
6.1. BEVEZETÉS .....	104
6.1.1. Az IBL-módszer koncepciója és célkitűzései.....	105
6.2. KÉT KONKRÉT PÉLDA AZ IBL MÓDSZER BEMUTATÁSÁRA .....	107
6.2.1. Felszáll, lesüllyed – még a levegőben is. <i>Gázok sűrűsége és ennek következményei</i> .....	107
6.2.2. Szabad-e Mentos cukorkát enni kólaivás után?.....	120
6.3. A MÓDSZER ALKALMAZÁSA SORÁN SZERZETT TAPASZTALATOK .....	128
<b>Összegzés .....</b>	<b>130</b>
<b>Summary .....</b>	<b>132</b>
<b>Irodalomjegyzék.....</b>	<b>134</b>
<b>Publikációs lista.....</b>	<b>139</b>
<b>Köszönetnyilvánítás .....</b>	<b>140</b>
<b>MELLÉKLET .....</b>	<b>141</b>

## Bevezetés

Napjainkra a természettudományos és műszaki ismeretek elengedhetlenné váltak nemcsak az ipar és a gazdaság fejlődése, hanem az egyének a technicizált világban való mindennapi boldogulása szempontjából is.

A műszaki-tudományos fejlesztések a mérnöki alkalmazásoknak köszönhetően a fizika, kémia legújabb eredményeit használják fel. A modern orvostudomány vizsgálati eszközei közül egyre több alkalmaz az ún. noninvazív (roncsolásmentes) eljárást. A biokémiai folyamatok egyre pontosabb felderítésének következtében a gyógyászatban is egyre gyakrabban használnak specializált hatóanyagokat.

A műszaki és technikai újítások a mindennapok és a háztartások részévé váltak, ma már nem telik el úgy egy perc sem senki életében, hogy valamilyen elektromos eszköz vagy gép ne működjön közvetlen környezetében. A legegyszerűbben a „*Mi lenne, ha nem volnának?*” kérdés megválaszolásával szembesülünk azzal, mennyire elengedhetlenné váltak a természettudományos ismereteken alapuló, fizikusok, mérnökök által megvalósított eszközök. Ahhoz, hogy egy ember el tudjon igazodni ezek között, rendelkeznie kell legalább alapvető, felhasználói szintű ismerettel a berendezések működéséről és működtetéséről.

A természettudományok iskolai oktatása járul hozzá ahhoz, hogy ennek az ismeretnek a megszerzése vagy kialakulása ne pusztán empirikus és heurisztikus legyen, hanem szisztematikusan felépített tanulási folyamat eredménye.

Mindemellett a középiskola célja a konstruktív, önálló életvezetésre képes, teljes ember nevelése. Ehhez hozzátartozik a gyakorlati tevékenységek elsajátítása, ugyanakkor ennél jóval többről van szó. A középiskolás és a középiskolát elhagyó embernek képesnek kell lennie önállóan és felelősen gondolkodnia, döntéseit mérlegelni, tetteinek várható következményeit felmérni. Csak így fogja tudni vállalni döntése következményeit. Ennek a gondolkodásnak a kialakításában is óriási szerepe van a természettudományos tárgyak tanulásának.

A természettudományos oktatás hagyományosan és érthető okokból tantárgyakra tagozódik: fizika, kémia, biológia, természetföldrajz (és matematika). Ez azonban sokszor azt eredményezi, hogy a diákok nem vagy csak nehezen kapcsolják össze ismereteiket, amelyeket ugyanarról a jelenségről más-más tantárgy óráján tanultak. Ezért különösen érdekes és fontos a **tananyag belüli kapcsolódási pontokra** felhívni a diákok figyelmét. Ezen felül érdemes olyan természettudományos jelenségekkel foglalkozni, melyek e tantárgyak egymással átfedő **határterületei**, vagy olyan **komplex természettudományos jelenségek és problémák**, melyek leírásához és magyarázatához mindhárom természettudományos ág (fizika, kémia, biológia) ismereteire szükség van.

Nem arról van szó, hogy a természettudományos ismeretek egyetlen tantárgyba integrálva kerüljenek be a tanítási-tanulási folyamatba. Egy ilyen megoldás esetén ugyanis az egyes diszciplínák

ismeretanyaga nem tudna kellő hangsúllyal megjelenni. Egy interdiszciplináris szemléletű természettudományos tantárgy azonban a középiskolai évek legvégén, a természettudományos tantárgyak lezárásaként, szintéziseként elképzelhető. Dolgozatomban be is mutatok egy lehetséges tematikát a megvalósítási útmutatásokkal együtt egy ilyen integráló tantárgy (vagy modul) esetleges bevezetéséhez.

A tantárgyi tagoltság megőrzése mellett szükséges az *interdiszciplináris természettudományos szemlélet* kialakítása a tanulóknál. Erre azért van szükség, hogy a diák (ember) a természetet összefüggéseiben és a maga teljességében lássa, továbbá, hogy gondolkodásában ugyanez az összetettség valósuljon meg okok és okozatok komplex hálózatának feltérképezése során.

Dolgozatomban igyekszem a fizika és a kémia tantárgyak témáinak kapcsolódási pontjait minél sokrétűbben bemutatni, kiemelve annak lehetőségeit, hogyan lehet ezeket az oktatásban a fent említett összetett természettudományos szemlélet kialakítására felhasználni. A tárgyalt jelenségek között szerepelnek konkrétan a tananyag részeit képező illetve ahhoz kapcsolható témák, de foglalkozom olyan problémákkal is, amelyek a szükséges többlet ismeretek miatt inkább érdeklődő diákok önálló vagy diákköri-szakkörös munkájában jelenhetnek meg.

A fizika és kémia tananyag kapcsolódó pontjainak feltárása, tudatosítása a tanultak elmélyítését, jobb megértését segítik elő, nem utolsósorban lehetőséget adnak a tanárnak az amúgy is szűkös időkeret gazdaságos felhasználására. A tananyagtól távolabb eső témák a tanórák színesítéséhez, a tanultak alkalmazásának bemutatásához, illetve a diákok kíváncsiságának kielégítéséhez vagy további kíváncsiságuk felkeltéséhez járulnak hozzá.

Minden, a dolgozatban szereplő megállapításomat a tanári munkám során szerzett tapasztalataimra építettem, amelyekre sok új módszer kidolgozása és alkalmazása során tettem szert.

# 1. A középiskolai fizika- és kémiatananyag kapcsolódási pontjainak feltérképezése

## 1.1. BEVEZETÉS

A fizika és a kémia középiskolai tananyagának sok kapcsolódási pontja van. A tanár megfelelő témaszervezése és az átfedésekre való tudatos odafigyelése lehetőséget nyújt arra, hogy a tananyagot jól strukturálva elkerüljük a felesleges ismétlődést, és helyette inkább spirális elmélyítés történjen. A tantárgyak közti koncentráció előnyeit felhasználva pedig segíthetjük a diákok egységes és komplex természettudományos szemléletének kialakítását, a természettudományos ismeretek rendszerezését, egymásra építését és nem utolsósorban a másik tárgyat tanító kollégák munkáját.

A fizika és a kémia kapcsolódási pontjainak egy részére a tantervek, tankönyvek és a tanárok fel is hívják diákjaik figyelmét, azonban véleményem és tapasztalatom szerint sok marad felderítetlenül és kihasználatlanul. Ennek eredményeképp nemcsak, hogy nem érjük el a fent említett célokat a diákok gondolkodására, ismeretszerzésére vonatkozóan, hanem a hiány még negatív hatást is okoz(hat), amennyiben:

1. A diákok számára a természettudományos tantárgyak elkülönülnek, külön fogalomrendszerrel és szemlélettel, így három természettudományos tárgy esetén háromféle nehéz dolgot kell megtanulniuk.
2. Az egymásra épülő és mindhárom tudományágban használt fogalmakat nem vezeti be külön-külön mindhárom tantárgy (már csak időbeli korlátból adódóan sem), így sok fogalom előzmény nélkülinek tűnik a diákoknak, „lóg a levegőben”, mert nem ismerik fel, hogy az alapokat korábban, más tárgyból már megtanulták.
3. Sok esetben valóban előzmény nélkül kerülnek elő fogalmak illetve ismeretek az egyes tantárgyak anyagában, amelyet a másik tantárgy csak később vezet be alapos előkészítés után. Általában jellemző, hogy a kémia tananyagban (elsősorban az általános kémia részében) hamarabb kerülnek elő olyan ismeretek, amiket a fizika tananyag csak későbbi évfolyamon tárgyal. Ezek egy része megalapozza a későbbi fizikai ismereteket, pl. a kémiai kötésről tanultak a hőtant. Más részük azonban bevezetés nélkül, csak alkalmazás szintjén szerepel. Ilyen például a gázok moláris térfogatának értéke különböző adott nyomáson és hőmérsékleten, a reakciósebesség és hőmérséklet kapcsolata, az aktiválási energia értelmezése vagy bizonyos elektrokémiai fogalmak.
4. Minden egyes alkalommal új anyagként kell megtanulniuk akár szemléletbeli, akár konkrét ismereteket, amelyeket komplex szemlélettel, általános törvényszerűségeket megtanulva és alkalmazva csak ismételniük kellene. Például a „*Mely gázokat kell szájával lefelé tartott*

*lombikban felfogni?*” kérdés megválaszolásához elég alkalmazni Arkhimédész törvényét, a gázok sűrűségére vonatkozó, állapotegyenletből levezethető összefüggést és a gázok moláris tömegének meghatározását. Így általános érvényű ismerethez jutunk, nem kell minden gázra külön megtanulni a választ.

5. A középiskolai fizika- és kémiatananyag sokszor megmarad a konkrét természeti törvény kimondásánál és néhány „vegytisztá” fizikai, kémiai vagy ipari (tehát a diákok számára elvont) alkalmazásának említésénél. A diákok azonban igénylik a tanultak hasznosságának bizonyítását: „Ezt miért tanuljuk?” „Erre mikor lesz szükségem?” „Hol fogom én ezt alkalmazni?”. A feltett kérdésekre a fizikai törvényeknek az élővilágban vagy kémiai folyamatoknak főzéskor, sütéskor való előfordulásának bemutatásával is hatásos válasz adható.

A fenti problémák elkerülésében segít a komplex természettudományos szemlélet, a természettudományos tantárgyak közti kapcsolódási pontok feltérképezése és tudatosítása.

Ugyanakkor nem integrált természettudományos oktatás bevezetését szorgalmazom, hiszen a bevezetésben is említettem, hogy a természettudományok indokoltan tagolódnak ágakra. Szükséges lenne viszont, hogy a középiskolai tantárgyak felépítése, szervezése sugallja a diákoknak, hogy ugyanazt a valóságot, a természetet és a minket körülvevő világot vizsgáljuk különböző szempontokból, de közös alapokkal, fogalmakkal, törvényekkel, leírás- és szemléletmóddal. A tantárgyi struktúra megtartása mellett kell összekapcsolni a tananyagrészeket.

Egy lehetséges megoldás, ha a természettudományos tárgyakat tanító tanárok tisztában vannak azzal, szaktárgyuk egyes anyagrészei melyik másik tantárgy anyagrészének előzménye vagy következménye. Ez a tantárgyközi koncentráció önmagában természetesen nem tökéletes megoldás, de ha a tanárok kifejezett figyelmet fordítanak erre, a tanulás során a diákok maguk is felfedezhetnek sok kapcsolódási pontot.

A helyzetet nehezíti, hogy egy kétszakos tanártól nem várható el, hogy olyan mélységben ismerje a harmadik és negyedik természettudományos tantárgy tantervét, hogy tisztában legyen a kapcsolódási pontok hiányával és a tantervek közötti esetleges szakadékokkal. Végképp nem várható el, hogy naprakészen kövesse a sajátján kívüli természettudományos tárgyak tanterveinek változását. Megoldást a természettudományos tárgyakat tanító tanárok állandó szakmai konzultációja jelenthet, ám ez a középiskolai tanárok jelenlegi terheltségét tekintve szintén nem elvárható. Rendszerszintű megoldásként adódik a természettudományos tárgyak tanterveinek [1.] az eddiginél is alaposabb összehangolása, különös figyelemmel a kapcsolódási pontokra, a fentiekben ismertetett anomáliák elkerülése. A tantervek összehangoltságának természetesen az iskolák helyi tantervében és a forgalomban lévő tankönyvekben is meg kell jelenniük, hiszen pl. a tananyag sorrendje ezekben jelenik meg. Ezen felül szükséges lenne a természettudományos tanári szakos hallgatók képzésébe



beépíteni olyan tárgyakat, melyek keretében megismerkednek a saját szakjuktól eltérő tantárgyak középiskolai tartalmaival, különös tekintettel a kapcsolódási pontokra. Ezzel párhuzamosan szükséges továbbképzések szervezése gyakorló középiskolai tanároknak az előzőhöz hasonló tematikával.

Dolgozatom jelen fejezetével rövidtávú céloom javaslatot adni gyakorló fizika és kémia szakos tanároknak a megfelelő tananyagszervezéshez, hosszabb távon pedig ötletet adni olyan egyetemi kurzusok és tanártovábbképzések tematikájához, melyek a fenti nehézségekre és problémákra valódi megoldást nyújthatnak.

A középiskolai fizika és kémia alapvetően kétféle módon kapcsolódik össze: a *természettudományos megismerés útját bejárva*, a jelenségek vizsgálatának *módszerében*, illetve témáit tekintve elsősorban az anyagok tulajdonságainak és természeti jelenségeknek anyagszerkezeti magyarázatában mint *konkrét ismeretekben*. Ebben a fejezetben utóbbi szemponttal foglalkozom, a természettudományos megismerés módszereinek hasonlóságáról és ennek középiskolai oktatásban való szerepéről a következő fejezetben írok. Gyakorló fizika-kémia szakos tanárként jó lehetőségem adódott arra, hogy rálássak az ezzel kapcsolatos problémákra és kérdésekre, valamint felfedezhessem a lehetőségeket. [2.]

## **1.2. KAPCSOLÓDÁSI PONTOK AZ ANYAGSZERKEZETI ISMERETEKBE**

Az anyagszerkezeti ismeretek középiskolai tanításával kapcsolatban szükséges leszögeznünk, hogy a jelenlegi középiskolai fizikatananyag alig tartalmaz anyagszerkezeti ismereteket. Kivételt a halmazállapotok tárgyalása és bizonyos szempontból a fémek vezetésének Drude-modellje jelenti. Ezen felül a kémia tantárgy alapoz meg számos fizikai törvényszerűséget és ismeretet, ezen belül is alapvetően a kilencedik évfolyamon tárgyalt általános kémia része, konkrét anyagok tekintetében a kilencedik-tizedik évfolyamon szereplő szervetlen és szerves kémia témakörök.

Folyamatosan problémát jelenthet, hogy a kémia tananyag majdnem minden esetben „megelőzi” a fizika tananyagot, azaz a kémia tantárgy korábban vezet be és használ anyagszerkezettel kapcsolatos fogalmakat, szemléletmódot. Mindezek ellenére a kémia- és fizikatanárok jelenlegi és közelmúltbeli egyetemi képzéséből hiányzik olyan összetevő (kurzus), mely során a hallgatók megismernék, hogy a másik tárgyból milyen évfolyamon milyen ismereteket tanulnak a diákok. Ezt pl. a forgalomban levő tankönyvek elemzésével lehetne megtenni. (Még tovább menve nagyon hasznos lenne ezt kiterjeszteni a biológiával és a természetföldrajzzal való kapcsolódási pontok keresésére is.)

Ehhez kapcsolódóan és a fejezet egész témafelvetését illetően fontos leszögezni, hogy a tantervek csak a tananyag tartalmát írják elő, a tananyagrészek megtanításának sorrendjét nem. Ez a

feladat a tankönyvszerzőkre marad, illetve a szaktanár joga meghatározni. A magyarországi természettudományos oktatás hagyományai ugyanakkor meghatároznak egy tananyagsorrendet, melyet minden kémia- és fizikatanár ismer a saját tantárgyára vonatkozóan.

Mindez azt jelenti, hogy a diákok anyagszerkezeti ismereteinek kialakítása a jelenlegi természettudományos oktatási helyzetben alapvetően a kémiatanár feladata. Tapasztalatom szerint, ha a kémiatanár ennek tudatában vezeti be a diákok számára a megfelelő anyagszerkezeti fogalmakat, és alakítja ki szemléletüket, annak a későbbiekben számos előnye adódik. A diákokban kialakul az egységes természettudományos nézet, így a kémiát és fizikát együtt, egymást segítő tantárgyként tudják tanulni, azaz a diákok rendszerezettebb és általánosabb tudáshoz jutnak. A fizikatanár számára később könnyebbé válik az adott anyagrészt megtanítása, a meglévő kémiai ismeretekre építve. Végül, a kémiaórákon később újra előkerülő fogalmakat a diákok már nemcsak az évekkel korábbi kémiatanulmányaikból tudják felidézni, hanem a nem túl távoli múltba vesző fizikatanulmányaikból is.

A továbbiakban oktatási tapasztalataimat szeretném megosztani arra vonatkozóan, hogy melyek azok a leglényegesebb témakörök, melyek tanítása során a kémiatanárnak szem előtt kell tartania, hogy az ismeretnek, amit éppen tanít, nemcsak a következő dolgozatig kell megmaradnia a diákokban, hanem mély, belső tudássá, meggyőződéssé és szemléletté kell válnia. Céлом természetesen nem az, hogy bárkit hibáztassak a fentiekben vázolt helyzet kialakulásáért és fennmaradásáért, hanem jó szándékkal ötleteket adni fizika- és kémiatanár kollégáimnak, hogy az adott körülmények között hogyan tudjuk a tanítási folyamatot a leghatékonyabban irányítani, diákjaink javát szolgálva.

### **1.2.1. Részecskeszemlélet**

A 11. osztályos modern fizikát megelőző fizikatananyag alig tartalmaz anyagszerkezeti elemeket, hiányzik belőle a részecskeszemlélet kialakítása. Ez a feladat teljes egészében a kémiára, s így a kémiatanárra hárul. A fizika „tényként” kezeli, hogy az anyag atomokból és ennél kisebb részecskékből áll, például amikor a hőtágulást értelmezzük, a halmazállapotokról vagy a fémek kristályszerkezetéről beszélünk. Legfeljebb az általános iskolai fizika hőtan részében szerepel a részecskék fogalma bevezető ismeretként, de ezt is általában már megelőzi a részecskefogalom kémia tantárgy keretein belüli tárgyalása. A fizikaórán az anyagok tulajdonságainak változásakor szó van ugyan a részecskék közti kötések erősségéről, a kötések felszakításáról, de nem mondjuk ki, hogy itt az első- és másodrendű kémiai kötésekről van szó, melyek kialakulásáról, tulajdonságairól, erősségéről stb. a diákok korábbi évben kémiaórán már tanultak.

A kémia „úttörő” szerepe a részecskeszemlélet bevezetésében tulajdonképpen tudománytörténetileg is hasonlóan alakult. Hiszen az anyag felépítésére vonatkozó ismeretek a

manapság a kémia tárgykörébe sorolt kísérleteknek és megfigyeléseknek köszönhető. Ezt az egyszerű és többszörös súlyviszonyok törvényének Dalton által, valamint az elektrolízis kvantitatív törvényeinek Faraday által való felfedezése is bizonyítja. A modern fizika és megismerési módszerei (pl. röntgendiffrakció) csak jóval az előbb említett felfedezések után járultak hozzá az anyag szerkezetéről szerzett tudás gyarapodásához.

A fentiek értelmében fontos, hogy a kilencedikes kémiatananyag kezdete, az alapvető atomszerkezeti ismeretek egyrészt kellően alaposan kerüljenek tárgyalásra, másrészt tartalmazzanak kitekintést arra vonatkozóan, hogy a fizikában ez hogyan fog előkerülni a későbbi években. Az anyag szerkezetéről megszerzendő tudást végül a modern fizika zárja le, ráadásul egészen új megvilágításba helyezve ezen ismereteket. Ha a diákok klasszikus fizikai anyagszerkezeti ismerete nem kellően elmélyült, elmarad az a katarzis is, amit a modern fizika részecske-hullám kettős tulajdonságra vonatkozó állításának megismerése jelent.

Ezért nagyon kívánatos, hogy az általános kémia bevezetéseként szereplő atomszerkezet és anyagszerkezet témakör alapvető ismeretei a diákokban elmélyüljenek, s hogy azokat a későbbiekben nemcsak kémiaórán, hanem fizikaórán is fel tudják idézni.

Ugyanakkor a 9. évfolyamos diákok életkori sajátosságait (elsősorban korlátozott absztrakciós készségét) figyelembe véve fontos, hogy ezen az évfolyamon a kémiatanár ne kívánja az atomszerkezeti ismereteket teljes körűen megtanítani, s azt a diákoktól számon kérni. Bár erről folyamatos a szakmai vita a kémiatanárok között, véleményem szerint ezen az évfolyamon meg kell elégedni azzal, hogy a 9. osztályos diákok a Bohr-modell alapján kvalitatívan tudják értelmezni a jelenségeket. A kvantummechanikai atomelmélet egyes elemei (pl. kvantumszámok jelentése, értelmezése, az elektronszerkezet felépítését meghatározó alapelvek) oly mértékben elvontak a középiskolai tanulmányaikat éppen csak megkezdő diákok jelentős részének, hogy nagyon könnyen ellenérzéseket váltanak ki belőlük, s így a kémiatanulmányaik elején elvesztik lelkesedésüket, érdeklődésüket. A jelenleg érvényes kémia kerettantervek sem írják elő a kvantummechanikai atomelmélet tanítását. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a középiskolás diákok ezek nélkül a fontos és korszerű ismeretek nélkül hagynák el az iskolát: 11. évfolyamon a fizika tantárgy keretein belül megtanulják ezeket, immár fejlettebb absztrakciós készséggel és sok előzetes ismerettel az anyagok felépítésére vonatkozóan. A kémiatanár pedig a fakultációra járó 11. és 12. évfolyamos diákok számára tárhatja fel a kvantumelmélet kapuit. Ezek a diákok nemcsak az elvont gondolkodás képességével, hanem feltehetően nagy motivációval is rendelkeznek ezeknek az ismereteknek a befogadására. A kifejezetten érdeklődő és a részletesebb, illetve több előzetes tudást igénylő tananyag elsajátítására is képes diákok számára természetesen akár már kilencedik évfolyamon is tanítható ez az anyag rész, de csak a kifejezetten nekik szóló szakköri foglalkozás keretében.

### 1.2.2. Anyagi halmazok jellemzői

A részecskeszemlélet kialakítása mellett a kémiatananyag része a részecskék közti kötések tulajdonságainak, erősségének első bemutatása is. A részecskehalmazok tulajdonságairól való ismeretek a fizika alábbi anyagrészeiben jelennek meg felsőbb évfolyamokon, amely épít a már kialakított részecskeszemléletre:

1. Azonos tömegű részecskék esetén a részecskék közti kötés erőssége határozza meg az anyagok szobahőmérsékleten felvett halmazállapotát (az ún. jellemző halmazállapotát). Ez a kiindulópontja és magyarázata a halmazállapotok egyéb jellemzőinek, pl. a részecskék távolsága, a részecskék mozgásának szabadsága, a diffúzió lehetősége, az önálló alak és az állandó térfogat megléte vagy hiánya, összenyomhatóság stb.

2. A gázok számos tulajdonságát tárgyalja a tizedik évfolyamos fizikatananyag. A speciális és egyesített gáztörvények léte, a gázok hőtani adatainak kiszámíthatósága, a gázok számos tulajdonságának anyagi minőségtől való függetlensége mind annak köszönhető, hogy a gázokra kölcsönhatás nélküli részecskék halmazaként tekinthetünk. A sokaság tagjai közti kölcsönhatások elhanyagolásának jogosságát a kémiai ismeretek támasztják alá.

3. A fémek elektromos tulajdonságainak tárgyalásakor a fémes kötésről tanultak szolgálnak kiindulópontként. A fémes vezetést a delokalizált elektronokkal, az ellenállást (és annak hőmérsékletfüggését) az elektronoknak a helyhez kötött atomtörzsekkel való kölcsönhatásával magyarázzuk.

4. Az anyagi állandók (egymáshoz viszonyított) értéke is szemléletesen értelmezhető a megfelelő kémiai háttérrel. Így pl. a többi anyaghoz viszonyítva a víz kiugróan magas fajhője, olvadáshője, forráshője, felületi feszültsége (1. táblázat) a hidrogénkötéssel; a víz és a jég sűrűségének relációja szintén a hidrogénkötéssel; a fémek jó hő- és elektromos vezetőképessége a delokalizált elektronokkal stb. kapcsolatosan.

	mért. egys.	Víz	Benzin	Higany	Bróm	Aceton	Dietil- éter
Fajhő (20 °C-on)	$\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	4183	2093	138	461	2160	2303
Olvadáshő (légtörnyomáson)	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	334	-	12	68	82	98
Forráshő (légtörnyomáson)	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	2256	230...310	285	180	525	377
Felületi feszültség (levegőkörnyezetben, 20 °C-on)	$\frac{\text{N}}{\text{m}}$	0,0727	0,022	0,472	0,038	0,0237	0,017

**1. táblázat** A víz és néhány más folyadék jellemző hőtani adatai [3.]

### 1.2.3. Avogadro törvénye és az ideális gáz állapotegyenlete

A fizika tananyag hőtan részében a speciális gáztörvények általánosításaként bevezetésre kerül az ideális gázok állapotegyenlete, melyet számítási feladatokban gázok állapotjelzőinek meghatározására használunk. Az állapotegyenletnek ugyanakkor a kémiára vonatkozóan előzményei és következményei is vannak.

Avogadro törvénye a kilencedikes kémiatananyagban szerepel, melynek a tankönyvekben egy-két konkrét megfogalmazásával találkozunk a diákok, pl. „Az azonos nyomású és hőmérsékletű gázok egyenlő térfogatában – az anyagi minőségtől függetlenül – azonos számú molekula van. Megfordítva: a gázok azonos számú molekulája azonos hőmérsékleten és nyomáson egyenlő térfogatot tölt be.” [4.] Ezután ennek következményét közli a tankönyv, hogy a gázok moláris térfogata egy adott hőmérsékleten állandó érték. Ezt az értéket a tankönyvek három konkrét állapotra meg is adják, amelyből kiindulva van lehetőség számítási feladatok elvégzésére gázok anyagmennyiségének és térfogatának meghatározására.

Fizikából tizedik osztályban ezek az ismeretek jól felhasználhatók az állapotegyenlet levezetése kapcsán: a három tanult állapot adataiból kiszámítható az egyetemes gázállandó ( $R$ ), mintegy igazolva, hogy valóban egy univerzális állandóról van szó. Ugyanakkor lehetőségünk van Avogadro törvényének általános megfogalmazására: *Ha két, tartályban lévő gáz négy állapotjelzőjéből három megegyezik, akkor a negyedik is.* Ennek matematikai alakja a  $pV = nRT$  állapotegyenlet, ahol  $p$  a gáz nyomását,  $V$  a gáz térfogatát,  $n$  a gáz anyagmennyiségét,  $T$  a gáz hőmérsékletét,  $R$  pedig az egyetemes gázállandót jelöli.

Az előbbieket következményeként pedig a gázok sűrűségére vonatkozó összefüggéshez jutunk.

Az  $n = \frac{m}{M}$  helyettesítéssel (ahol a  $m$  a gáz tömegét,  $M$  a gáz moláris tömegét jelöli) és átrendezéssel eljuthatunk a gázok sűrűségét megadó  $\rho = \frac{pM}{RT}$  összefüggéshez. Ez az egyenlet kifejezi, mely paraméterek és hogyan befolyásolják a gázok sűrűségét.

Ennek birtokában Arkhimédész törvényét felhasználva meg tudjuk határozni az egy légtérben (tartályban) lévő különböző minőségű gázok egymáshoz viszonyított elhelyezkedését is. Az egyenletből kiolvasható, hogy azonos nyomású és anyagi minőségű gázok közül a magasabb hőmérsékletűnek a sűrűsége kisebb, tehát rétegződésükkor ez a gáz helyezkedik el a másik gáz felett. Így megkapjuk a földrajzórán használt „*a meleg levegő felfelé száll*” kifejezés magyarázatát, valamint értelmezni tudjuk a hőlégballon „működését” is.

Ezen felül még az is látszik, hogy az azonos nyomású és hőmérsékletű gázok közül a kisebb moláris tömegű gáz kisebb sűrűségű, tehát gázkeverékből ez emelkedik fel. Ez a tény kémiaórán akkor kerül elő, amikor azt vizsgáljuk, hogy a laboratóriumban előállított gázokat szájával felfelé

vagy lefelé tartott lombikban lehet-e felfogni. Figyelembe véve azt a tényt, hogy a levegő átlagos moláris tömege (a nitrogén és az oxigén moláris tömegének súlyozásával)  $29 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ , általános érvényű

kijelentést tehetünk: a  $29 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ -nál kisebb moláris tömegű gázok az azonos állapotú levegőnél kisebb

sűrűségűek, tehát levegőben szájával lefelé tartott lombikban foghatók fel, míg az ennél nagyobb moláris tömegűek szájával felfelé tartott lombikban. Az állítás igazságát természetesen egy-egy példával, pl. hidrogénnel és szén-dioxiddal végzett kísérlettel be is mutathatjuk.

Fakultáción, érettségi felkészítés során a kémiatanár kerül abba a helyzetbe, hogy visszautalhat a korábbi fizikatanulmányokra az állapotegyenlet és annak következményei kapcsán.

#### **1.2.4. Kinetikus gázelmélet és reakciókinetika**

Fizikából tizedik évfolyamon tárgyaljuk a „*kinetikus gázelmélet*” vagy más néven „*molekuláris hőelmélet*” témakört. A kinetikus gázelmélet tanításának szerepe a középiskolai oktatásban annak a szemléletnek a kialakítása, amely összekapcsolja a részecskék mikroszkopikus tulajdonságait (tömeg, sebesség) a halmaz tulajdonságaival (nyomás, hőmérséklet). Az elmélet levezetése megtalálható tankönyvekben, itt most csak két alapvető konklúzióját emelem ki. Az egyik az, hogy az ideális gázok nyomása a gázcseppkéknek a tartály falával való ütközéséből, arról való visszapattanásából adódik, így a gázok nyomását befolyásolja a tartály térfogata, a gázcseppkék darabszáma, tömege és sebessége. A másik szerint az ideális gázok hőmérséklete a részecskék mozgásából adódik, illetve magasabb hőmérsékleten nagyobb a részecskék sebessége. Ezt az értelmezést egyetlen gázcseppke mozgási energiáját megadó képletből kaphatjuk szemléletesen:

$$E_m = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{f}{2}kT,$$

ahol  $E_m$ : egyetlen gázcseppke pillanatnyi mozgási energiája;  $m$ : egyetlen gázcseppke tömege;  $v$ : egy gázcseppke pillanatnyi sebessége;  $f$ : egy gázcseppke termodinamikai szabadsági fokainak száma;  $k$ : Boltzmann-állandó;  $T$ : termodinamikai hőmérséklet.

Érdekes, hogy ennek a témának az alapjai és a következményei is megjelennek a kilencedikes kémiatananyagban. Alapja a részecskeszemlélet és a gázok tulajdonságairól, a gázcseppkék jellemzőiről való ismeretek, míg alkalmazásban, következményként a kémiai reakciók feltételeinek és a reakciók sebességének tárgyalásakor találkozunk vele. Ekkor csupán tényként kerül közlésre abban a megfogalmazásban, hogy a kémiai reakciók csak megfelelő aktiválási energia befektetése árán mennek végbe (amely megvalósulhat akár melegítéssel vagy megvilágító fény hatására), valamint, hogy a kémiai reakciók sebessége magasabb hőmérsékleten nagyobb, hiszen nagyobb sebességgel nagyobb energiával ütköznek a részecskék. A reakciókinetika témakör tanításakor ugyan megemlíthető a hőmérséklet és a részecskék sebességének kapcsolata, de ez előzetes ismeretek

hiányában csak a diákok képzelőerejére és belátására alapozódhat. „Hittételként” elfogadhatják, egyelőre bizonyítékok nélkül. Ezért célszerű, hogy amikor a téma fizikából levezetés szintjén előkerül, történjen visszautalás a kémiai példákra.

### **1.2.5. Molekulaszerkezet és szabadsági fokok száma**

A kilencedikes általános kémia tárgyalása során ismerkednek meg a diákok a molekulák kialakulását irányító szabályokkal, például azzal, amely szerint az atomok körüli elektron-elrendeződésekkor a nemesgáz-elektronkonfiguráció kialakítása energetikai szempontból kedvezményezett. A diákok azt is ekkor tanulják meg, hogy egy molekula alakját a központi atom körül elhelyezkedő kötő- és nemkötő elektronpárok száma hogyan határozza meg.

Ezek az ismeretek többféle módon köszönnek vissza a tizedikes fizikaanyagban. A gázok anyagmennyiségének a tömegükből való kiszámításához szükség van a molekulák moláris tömegének ismeretére, amelyet azonban csak összegképletük meghatározása után tudunk megadni. A tapasztalat szerint, ha az ehhez szükséges tudást az előző év kémia tanulmányai során nem mélyítették el a diákok, a termodinamikai számítások komoly nehézségeket okoznak.

A molekulák összegképlete és alakja még az ekvipartíció-tétel kapcsán kerül elő. A gáZRészecskék energiáját is megadó, korábban ismertetett képletben szereplő  $f$  termodinamikai szabadsági fokok számának meghatározásához és értelmezéséhez szükséges, hogy a diákok ismerjék a molekulák képletét és alakját. Ennek a tudásnak a birtokában értik meg ugyanis, hogy egy kétatomos molekula a három translációs szabadsági fok mellett miért csak két rotációs szabadsági fokkal rendelkezik. Illetve így tudják elfogadni, hogy nagyobb méretű, bonyolultabb térszerkezetű molekulák esetén a szabadsági fokok száma is növekedhet, továbbá, hogy magasabb hőmérsékleten már vibrációs szabadsági fokokkal is számolnunk kell. Távoli kitekintés, de lényeges, hogy a modern fizikában a molekulák rotációs, vibrációs energiaszintjeinek értelmezése is csak ezzel a bevezetéssel lehetséges.

### **1.2.6. Az anyagok színe**

Középiskolában legfeljebb említés szintjén, a tizenegyedikes fizikaanyag optika fejezetében kerül elő, hogy az anyagok színe alapvetően kétféleképp alakul ki: festékek által vagy ún. szerkezeti színek formájában. Előbbi esetben maga a molekulaszervezet (vagy részecskeszervezet) olyan, hogy kölcsönhatásba lép a látható fényvel és szelektív abszorpció jön létre. Utóbbi esetben pedig a halmazszerkezet olyan, hogy a fény hullámtermészete nyilvánul meg és valamely fizikai optikai jelenség eredményezi a színeket.

A festékeknek köszönhetően a színes anyagok elektronszerkezete olyan, hogy azt a látható fény valamely komponense gerjeszteni képes. Ez a mechanizmus megvalósulhat például konjugált kettős

kötésű szerkezetű molekulákban (pl. likopin, karotin), molekulán (részecskén) belüli delokalizált kötések vagy párosítatlan elektront tartalmazó részecskék esetén.

Látható, hogy a részecskék szerkezetének ismerete azért is lényeges, mert ennek segítségével tudjuk értelmezni az anyagok színét vagy az anyagok színének változásából a részecske szerkezetének változására következtethetünk. Például a sav-bázis indikátorok működése, a kimutatási színreakciók (jód + keményítő, jód különböző oldószerekben stb.), a komplex ionokat képező fémion ligandumainak lecserélődése illetve konjugált kettős kötésű molekula térszerkezeti változása, telítése érthető meg mélyebben.

Természetesen a részecske szerkezetének a fényvel való kölcsönhatását középiskolai szinten egzaktul nehéz vagy akár lehetetlen megadni. Ismeretes, hogy a leírás során kvantummechanikai és relativisztikus hatásokat is figyelembe kell venni és ez a háttértudás nem áll rendelkezésre. A gyakorlatban a számításokat az egyes esetekben modellekre szokás elvégezni és a modern technológiának köszönhetően a közelítést tartalmazó megoldásokat számítógéppel megadni, modellezni.

Később részletesen foglalkozom vele, itt csak megemlítem, hogy az anyagok színének tárgyalása kiváló lehetőséget nyújt arra, hogy a harmadik természettudományos tárgyat, a biológiát is bekapcsoljuk a természetről való egységes látásmód kialakításába. Izgalmas, érdekes és egzotikus példákat hozhatunk fel diákjaink számára az élő természetből, gondolkodtatva és gyönyörködtetve őket. Jó példa lehet az állatok kültakarójának színe: madarak tolla, rovarok szárnya, hüllők pikkelyei vagy növények levelének zöld, majd ősszel sárga és vörös színe és virágok, termések, gyümölcsök sokféle színe (amelyek közül a paradicsom és a sárgarépa színanyagai, a likopin és a karotin a poliének tanítása kapcsán a szokásos tankönyvi példák).

### **1.2.7. Elektromosság és elektrokémia**

Az elektrokémia számos fogalma az elektromosság fogalmain alapul, azok konkretizálása, alkalmazása. Nagy problémát jelent azonban, hogy ezek közül a fizikai fogalmak közül legfeljebb a feszültséggel vannak tisztában a diákok az elektrokémia kilencedik évfolyamon való tárgyalásakor. Az elektromosságtani fogalmak fizika tantárgyban való késői bevezetése általános iskolai évfolyamokon további alapvető problémákat okoz: a hetedik évfolyamos kémia atomszerkezeti alapismereteinek tárgyalásakor úgy kell az elemi részecskékről beszélni, hogy a diákok az elektromos töltés fogalmával sem találkoztak még.

A kilencedik évfolyamosok számára az elektromotoros erő, a kapocsfeszültség, a potenciál olyan elvont kifejezések, amelyeket még egyáltalán nem ismernek, nemhogy alkalmazni tudnák őket. Itt mutatkozik meg tehát a legnagyobb hátránya annak, hogy a kémia az anyagszerkezeti ismeretek tárgyalásában előtte jár a fizikának. Ezért szerencsétlen dolog, hogy ez a témakör a kémia órakeret



csökkentésekor és a tananyag átrendezésekor tizenegyedik évfolyamról kilencedik évfolyamra került. Az áthelyezés előnye ugyanakkor, hogy az elektrokémia így a redoxireakciók után tárgyalható, összekapcsolva annak fogalomrendszerével és szemléletével.

Az elektrokémiai fogalmak bevezetését, a galvánelemek működésének magyarázatát, az elektrokémiai szemlélet kialakítását tehát a kémiatanárnak kell megtennie, ráadásul annak tudatában, hogy a diákok alig vagy egyáltalán nem rendelkeznek ilyen ismeretekkel fizikából.

A feszültség fogalma még valamennyire kezelhető a diákok számára, azonban a potenciál (elektródpotenciál, standardpotenciál) már igen elvont fogalomnak számít. Célszerű ezt egy analógiával megvilágítani. Állítsuk párhuzamba az elektromos feszültséget két földrajzi hely magasságkülönbségével! Ahogy a feszültség két pontra, úgy a magasságkülönbség két földrajzi helyre együttesen jellemző érték. Úgy kapunk a földrajzi magasságkülönbségből egyetlen helyre jellemző magasságot, hogy egy megállapodás szerint nullának választott helyhez, a tengerszintjéhez viszonyítunk. Az elektromosságban pedig a nulla ponthoz viszonyított feszültség, amit potenciálnak nevezünk, az egyetlen pontra jellemző érték. A tengerszint feletti magasságok különbségéből kifejezhető a földrajzi magasságkülönbség, ahogy a két pont közti feszültség is a pontok potenciálkülönbségeként számítható.

Az elektrokémia tárgyalása során az említett fogalmakra visszautalva, azok tulajdonságait felelevenítve sikerülhet olyan fogalmak megtanítása és megtanulása, mint elektromotoros erő, kapocsfeszültség, elektródpotenciál, standardpotenciál. Fel kell hívni a diákok figyelmét, hogy előbbi két fogalom két elektródra együtt jellemző érték. Utóbbi két mennyiséghez, melyek már az elektródok saját jellemző értéke, úgy jutunk, ha bevezetjük a nullának választott standard hidrogénelektrodot, és a vizsgált elektródok feszültségét ehhez viszonyítjuk.

### **1.3. ATOMSZERKEZET ÉS MODERN FIZIKA**

A fizika tanulmányok végét jelentő modern fizika rész számos helyen, elsősorban az atom- és anyagszerkezetre vonatkozóan kapcsolódik (kapcsolódhatna) össze a kémiából addigra már megtanult ismeretekkel.

A témakör egyrészt megismétli azokat az atomszerkezeti alapfogalmakkal kapcsolatos ismereteket, amelyek kémiaórán kilencedikben szerepeltek. Másrészt megadja a diákoknak azokat a kvantummechanikai ismereteket, amelyek kilencedik évfolyamon a fentiekben ismertetett okokból teljesen helyesen hiányoznak, ugyanakkor a jelenségek megértéséhez alapvetően szükségesek. Ezek az ismeretek az elektronszerkezeti alapfogalmak, az elektronburok tulajdonságai, az elektronszerkezet kiépülésének szabályai, kvantumszámok, sőt még a kémiai kötések értelmezése is. Ez a tény tehát kicsit csökkenti a kémiatanár „felelősségét”, mert az atomszerkezeti ismeretek teljesebb bemutatása a fizikatanár feladata.

A modern fizika tanításában megjelennek továbbá a korábbi kémiai ismeretekből az atomi energiaszintek, az elektronburok héjszerkezete, a periódusos rendszer értelmezése az alhéjakon és héjakon maximálisan elhelyezkedő elektronok száma alapján. Értelmezhetővé válik a vonalas színképek léte a lángfestési kísérletek alapján, a fénycsövek működése és a lumineszcencia jelensége.

A fényelektromos jelenség tárgyalása során előkerül, hogy az alkalmazott fém olyan legyen, amelynél kellően kicsi a kilépési munka. Érdemes felhívni a diákok figyelmét, hogy az első ionizációs energia is e fémekre a legkisebb érték (ahogy azt kilencedik évfolyamon kémiából megtanulták).

#### **1.4. TOVÁBBI PÉLDÁK**

A teljesség igénye nélkül említek meg még néhány olyan témakört, melyben a kémia és a fizika összekapcsolódik, azaz mindkét tantárgy ismeretanyaga hozzájárul a diákok ismereteinek kialakításához. Nyilvánvalóan ezeknek a témáknak a feldolgozása során is a két tantárgy együttműködésével, összehangolásával érhető el a legjobb és legteljesebb eredmény.

Ilyen kapcsolódási pont a molekulák polaritása és a szigetelők kölcsönhatása elektromos térrel, az anyagok polarizálhatósága vagy az atomok és molekulák elektronszerkezetének, párosítatlan elektronjainak kapcsolata a mágneses tulajdonságokkal. Ide tartozó téma a folyadékok típusainak, szerkezetének, jellemzőinek tárgyalása a részecskék közti kötés alapján és a nem-newtoni folyadékok tulajdonságának értelmezése. A fizikai és a kémiai ismeretek összekapcsolásával értelmezhetők a folyadékkristályok és a nanotechnológiai felfedezéseknek köszönhető új anyagok jellemzői.

#### **1.5. KITEKINTÉS A TERMÉSZETTUDOMÁNY MÁS ÁGAIRA**

A fizika és a kémia mellett fontos ága még a természettudománynak a biológia és a természetföldrajz. Nem nehéz olyan jelenségeket találnunk, amelyekben a fizika ezek valamelyikével kapcsolódik össze, vagy az értelmezésben akár három tudományág ismeretanyaga is együttesen szerepel.

Néhány példáról a későbbi fejezetekben részletesen lesz szó. Itt csak megemlítem, hogy a fizika és a biológia kapcsolata jól azonosítható a különböző élőlények mozgásában, kommunikációjában, valamint az élő szervezetek életműködésében. Az orvostudomány is felhasználja a fizika törvényeit, az élettani folyamatok értelmezésében, leírásában, másrészt diagnosztikai és terápiás eljárásokban (pl. képalkotó eljárások: ultrahang, röntgenfelvétel, MRI, sugárkezelés stb.). Ezeknek az alkalmazási területeknek a megemlítésével motiválhatjuk a diákokat, hiszen látják a tanultak gyakorlati életben való előfordulását.

A fizika törvényei a természetföldrajzban szintén alkalmazás szintjén kerülnek elő, pl. az éghajlati övek kialakulása, levegő- és tengeráramlások kialakulása, ár-ápany jelenség, gejírek működése, üvegházhatás stb.

## 2. A fizika és a kémia kapcsolata a természettudományos megismerés módszereiben

### 2.1. BEVEZETÉS

A fizika és a kémia nemcsak tartalmi elemeik átfedésében rokon tudományok. Az első fejezetben javarészt a közös témákat mutattam be, a tanári és a tanulói munka egyszerűbbé, átgondoltabbá és nem utolsósorban eredményessé tétele érdekében.

Ebben a fejezetben a természettudományos gondolkodásmód és a természettudományos megismerés közös módszereiről, eszközeiről írok. Megmutatom, hogy szerintem melyek azok az elemek, melyeknek a tanórákon való tudatosan egységes használata a természettudományok tanulási folyamatát a diákok számára nagymértékben megkönnyíti. A módszerek és eszközök tantárgytól függetlenül bármelyik természettudományi ág megismerési folyamatában megjelennek. A természettudomány tantárgyakra bontása következtében a diákok fejében mégis sokszor nemcsak a témák, hanem a módszerek is különválnak. Így nem gondolják, hogy az egyik tanórán tanult gondolkodási vagy elemzési mód (pl. egy kísérlet megtervezése, adatok grafikus ábrázolása stb.) egy másik tantárgy tanóráján is alkalmazható és alkalmazandó.

Az itt szereplő elméleti és gyakorlati anyagrészeknek a diákokkal közösen történő feldolgozása hozzájárul a természettudományokról való egységes látásmód kialakulásához. Így képesek lesznek a különböző tanórákon tanult ismeretek és a különböző forrásokból szerzett információk összekapcsolására. Ez a gondolkodásmód nemcsak a középiskolai tanulási folyamatot segíti, hanem későbbi életükben is haszonnal fogják tudni alkalmazni munkájuk során vagy akár egy-egy élethelyzet kreatív megoldásában.

Tapasztalatom szerint a fizikát és a kémiát középiskolában sokféleképpen kapcsolhatjuk össze módszerek és eszközök tekintetében. Ezek közül elsődleges a természettudományos megismerés útja, folyamata, elemei, azaz a megfigyelés, leírás, mennyiségek bevezetése, kísérletezés, hipotézisalkotás, következtetések és ezek ellenőrzése. Közös e két tantárgyban a mérések kivitelezésének elvei, azaz a mérendő mennyiségek azonosítása, változtatható paraméterek megállapítása és megváltozásuk hatása, mérőeszközök működése, mérési hiba és csökkentése, adatok elrendezése és ábrázolása (táblázatok, grafikonok), kalibrációs mérés szerepe, kontroll kísérlet szerepe. Mindkét tantárgy esetén alkalmazható módszer a mérések kivitelezése számítógéppel támogatva, mérő- és kiértékelőprogramok használata.

A továbbiakban bemutatok néhány konkrét példát (gondolatmenetet, levezetést és mérőkísérletet), melyek *viszonylag kis eszköz- és anyagigényűek*, mégis jól szemléltetik a természettudományos gondolkodás és megismerés útját. Ezeket a példákat saját tanítási

gyakorlatomban rendszeresen alkalmazom annak érdekében, hogy a diákokban kialakuljon a természettudományos szemlélet, így a jelenségeket még mélyebben megértsék, gondolkodásuk fejlődjön.

Az itt bemutatott mérések, gondolatmenetek, levezetések egy része *akár általános iskolás diákokkal is elvégezhető* a megfelelő könnyítésekkel (pl. elméleti háttér elhagyásával, a szükséges ismeretek közlésével). Erre példa a leeső test sebességét befolyásoló tényezők vizsgálata, a Galilei-lejtős kísérletek, a rezgésidő és lengésidő vizsgálata vagy a sóoldat sűrűségének mérése. Ezek a gondolatmenetek és mérőkísérletek természetesen *középiskolás diákokkal is megvalósíthatók*, és ekkor már több lehetőség adódik az elméleti háttér mélyebb bemutatására, az elméleti számítások és a mért eredmények közti összefüggések vizsgálatára.

## **2.2. A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS GONDOLKODÁS FOLYAMATA ÉS ELEMEI A TANULÁSI FOLYAMATBAN**

Fontos bemutatni a diákoknak a fizika és a kémia tanulmányok elején, hogy mit is jelent a természettudományos gondolkodás, megközelítés [5.]. Milyen folyamatok és módszerek is azok, amelyek segítségével a fizika a természet jelenségeit megfigyeli, leírja és megmagyarázza, a kémia pedig az anyagok tulajdonságait, változásait, szerkezetét vizsgálja. Szükséges továbbá, hogy egy-egy újabb témakör elején vagy olyan anyagrésznél, ahol ez középiskolás szinten is egyértelműen észlelhető, újra és újra felhívjuk a diákok figyelmét a tudományos gondolkodásmód működésére.

A természettudományos megismerés első lépése a megfigyelés. A zavaró körülmények kizárására és egyéb szempontokból is a jelenséget mesterségesen előállítjuk, azaz kísérletezünk. Nem volt ez mindig így. Az ókorban Arisztotelész felfogása egyenesen tiltotta a kísérletezést, hiszen annak megfigyelése szerinte nem egyenértékű az eredeti természeti jelenség megfigyelésével. E nézet a középkorban is megmaradt, a kísérlet megjelenését Galileihez és Newtonhoz köthetjük.

A kísérletezés mint a természettudományos megismerés legfontosabb eszköze, több szempontból is lényeges és célszerű. A jelenség kísérletezéssel bármikor előállítható, nem kell a természetben való előfordulását megvárni (pl. vulkánkitörés). A jelenség bárhol elvégezhető, így nem kell pl. messzire utazni. Az esetleges baleseti kockázatot biztonsági óvintézkedésekkel minimálisra tudjuk csökkenteni. A kísérlet akárhányszor ismételhető, így a jelenséget sokszor megfigyelhetjük és minden részletét leírhatjuk. Nagyon fontos, hogy kísérletezés során a körülmények tetszőlegesen változtathatók, így megvizsgálhatjuk, hogy mely paraméterek változtatása befolyásolja és melyeké nem a jelenség bekövetkeztét. Végül, kísérletezéssel külső zavaró körülményektől mentesen állítható elő a jelenség. Nagyon fontos, hogy kísérletezéskor méréseket végezhetünk, így megfigyeléseinket számszerűsíthetjük, több mérés elvégzésével az eredményeinket pontosíthatjuk vagy akár méréssorozatokot végezhetünk.

Következő lépésként az elvégzett kísérletek és megfigyelések alapján általános érvényű elméletet állítunk fel. Ezekből következtetéseket vonunk le és a jövőre, illetve még nem vizsgált jelenségekre vonatkozó állításokat fogalmazhatunk meg. Ezeket további kísérletekkel ellenőriznünk kell, melyek eredménye alapján az elméletet esetlegesen módosítjuk vagy csak szűkítjük érvényességi körét.

A természettudományos megismerés egyes lépcsőfokait foglalja össze a 2. táblázat, melyben egy-egy, szándékosan egyszerű példán keresztül mutatom be, hogyan valósulnak meg mindezek egy fizikai és egy kémiai tárgyú jelenség vizsgálata során.

<b>A természettudományos megismerés lépcsőfoka</b>	<b>Fizikai példa</b>	<b>Kémiai példa</b>
<b>A jelenség</b>	Az akácfa levele lehullik a fáról.	Ha kigyullad a fenyőerdő, az erdőtűzben elégnak az erdőben található élőlények és tárgyak.
<b>A jelenség kísérleti előállítása</b>	Kézben tartva, leejtjük az akácfa levelét.	Borszeszegő vagy Bunsen-égő lángjába tartjuk a fenyőfa részeit (fenyőág, fenyőlevél).
<b>Körülmények változtatása a kísérlet során</b>	Többféle fa levelét leejtjük. Ventilátor mellett ejtjük le a falevelet. Légritkított térben ejtjük le a falevelet.	Lángba tartjuk az erdőben található kőzetdarabot. Lángba tartjuk más fa részeit (pl. tölgyfaágot, bükkfa levelét).
<b>További tapasztalatok gyűjtése</b>	A többi fa levele is leesik. Az esés sebességét és folyamatát a levegő jelenléte és áramlása befolyásolja.	A kőzetdarab nem ég el a lángban, de a többi fa részei igen.
<b>Általános érvényű elmélet</b>	Az elengedett falevelek leesnek.	A növények részei elégnak az erdőtűzben, de a talaj s a kőzetek nem.
<b>A jövőre illetve még nem ismert jelenségre vonatkozó állítás, „jóslás”</b>	Egy eddig ismeretlen (pl. trópusi) fa levelét, ha elengedjük, le fog esni.	Bármilyen fa levele és ágai elégnak az erdőtűzben, de semmilyen kőzet nem ég el.
<b>Az állítás ellenőrzése</b>	Felemeljük az ismeretlen fa levelét és elengedjük	Másféle fák ágainak, leveleinek tűzbe tartása. Másféle kőzet darabjának tűzbe tartása.
<b>Szükség esetén az elmélet módosítása vagy érvényességi körének szűkítése</b>	Amennyiben a levél nem esik le, hanem lebeg a levegőben vagy felfelé száll, akkor az elméletünket úgy pontosítjuk, hogy ennek a fának a levelére nem érvényes.	Amennyiben találunk olyan falevelet, mely nem ég el, vagy olyan kőzetet, amely elég, az elméletet pontosítjuk a kivételek megnevezésével.

**2. táblázat** *A természettudományos megismerés útja egy fizikai és egy kémiai példán*

Fontos a diákok számára hangsúlyozni, hogy a valóság leírása során modelleket hozunk létre és alkalmazunk, megállapításainkat ezekre a modellekre vonatkoztatva tesszük. A modellek a valóságnak egyszerűsített másai, melyek megalkotása során a valóságnak bizonyos, az adott kérdésben releváns elemeit kiemeljük, más részeit pedig elhanyagoljuk. Azaz a modell nem kicsinyített tökéletes mása a valóságnak. Amikor a jelenségek körét más, új szempontból vizsgáljuk, a modellen változtatunk, új tulajdonságokat emelünk ki, másokat hanyagolunk el. Fizikai példát tekintve a testek modelljének használjuk először az anyagi pontot, majd a forgómozgást figyelembe véve a merev testet, végül az alakváltozást is vizsgálva a deformálható testek modelljét. A kémia esetében az atommodellek vehetők példának: az atomról való elképzelések fejlődése nem azt jelenti, hogy a korábbiak tévesek voltak, hanem a tudósok egy-egy újabb nézőpontból vizsgálva az atomot, újabb tulajdonságait fedezték fel.

A fizika mint tudomány fejlődésében sok alkalommal teljesen nyilvánvaló a fenti struktúra. Legszembetűnőbbben talán a klasszikus fizika és a relativitáselmélet valamint a kvantummechanika kapcsán kerül elő. Itt érdemes a diákokkal azt is megbeszélni, hogy az új elmélet nem felülírja és érvényteleníti a régit, hanem csak meggrajzolja, szűkíti érvényességi körét. A régi elmélet állításai a megfelelő jelenségekre továbbra is alkalmazhatók. Ez az elv kimondásra a tudománytörténetben a 20. században került, amikor Bohr megfogalmazta a korrespondencia-elvet.

A fizikai megismerés során olyan fogalmakat vezetünk be, melyekhez mérhető mennyiségek tartoznak, és a jelenségek vizsgálata során a mennyiségek közti matematikai összefüggéseket keressük. Így egy adott mennyiség (pl. egy golyó sebessége) ki is számítható a felírt képletek alapján és meg is mérhető mérőeszközök segítségével. A mennyiség kiszámítására vonatkozó képletet (és az azt megalapozó elméletet) akkor fogadjuk el igaznak, ha a kiszámított és a megmért mennyiség a mérési hibahatáron belül megegyezik. Amennyiben eltérést tapasztalunk, vagy a méréseinket kell pontosítani, vagy ha ez már nem lehetséges, az elméletet kell átalakítani. Szép példa ez utóbbira a fizikatörténetből a Michelson-Morley kísérlet többszöri negatív eredménye után az éterhipotézis elvetése.

A fizikatanítás során azonban nemcsak ilyen tudománytörténeti érdekességekre hívhatjuk fel a diákok figyelmét. A tananyag különböző részei és különböző kísérletek elvégzése lehetőséget nyújtanak arra, hogy a természettudományos megismerés fent vázolt folyamatát ***a tanulók maguk is átélhessék*** és így közvetlen közelről megismerhessék. Ha erre tanórán lehetőséget teremtünk, akkor az nemcsak a fizika és a kémia tudományának jobb megértéséhez járul hozzá, hanem a kísérletezés, az ***önálló gondolkodás, az összefüggések önálló felismerése fejleszti gondolkodásukat és motiváló hatással is bír.*** A kísérletező, felfedező diák érdemeit nem kisebbíti, hogy a fizikában jártas emberek számára közismert jelenségeket vizsgálnak. Egy-egy arányosságnak, befolyásoló tényezőnek az

önálló felismerése szép teljesítmény és megérdemelt sikerélményt ad. Másrészt nemcsak megtanult, hanem saját tudás is lesz, melyhez innentől kezdve köze van a diáknak.

A továbbiakban a fizikatananyag néhány olyan témájának feldolgozását mutatom be, melyet érdemes a tanórán ezzel a szemlélettel végigvenni, végigvezetve a diákokat a természettudományos megismerés útján. Ezen felül bemutatom néhány tanári vagy tanulói kísérlet elvégzését olyan formában, hogy a leírás kövesse ezt a módszert.

### **2.2.1. A leeső test sebességét befolyásoló tényezők vizsgálata**

A szabadesés tanulmányozása során először olyan kísérletekkel találkozunk, melyek gyermekkorunk óta jól ismert eredménnyel záródnak: az elengedett tárgyak leesnek a földre. (Akad kivétel, például a héliummal töltött lufi. Ez is jó lehetőséget ad egy megjegyzésre, hogy az általános érvényű elméletek kijelentéseit miért is szükséges újabb kísérletekkel ellenőrizni.)

Már a legegyszerűbb esetekben is megfigyelhetjük azonban, hogy a leeső tárgyak esési ideje, következésképp esési sebessége között eltéréseket tapasztalunk. Például egy papírlap lassabban, hosszabb idő alatt esik le, mint a könyv, ami sok papírlapból áll. A jelenség magyarázatára Arisztotelész kézenfekvő magyarázatot talált, és tapasztaljuk, hogy e téves illetve hiányos válasz megvan a kisgyermekekben, de még a nagyobbakban is (sőt néha felnőttekben is): a könyv csak azért esik le hamarabb, mert nehezebb, tehát jobban vonzza a Föld.

Miért alakulhatott ki és maradhatott meg Arisztotelészben ez a nézet? A válasz a fentiekben rejlik: mert nem kísérletezett! A gyermekek is ugyanezért adják ezt a választ. A fizikatanulmányok során nyílik lehetőségük a kérdés kísérleti vizsgálatára.

Érdeemes néhány kísérlettel elgondolkodtatni a tanulókat:

1. Ha egy gombostűt, pénzérmét, gémkapcsot (tehát kis tömegű, de egyben kis méretű tárgyat) ejtünk le, az végig nagyobb sebességgel fog esni mint a papírlap, a könyvvel nagyjából összemérhető sebességgel.

2. Ha a papírlapot egyre kisebb galacsinná gyűrjük, esési ideje és esési sebessége egyre jobban közelíti a könyvét. Ha egyszerre, egy magasságból ejtünk le egy papírlapot és egy papírgalacsint, utóbbi hamarabb esik a földre, pedig tömegük egyforma.

3. Ha a papírlapot a könyvre fektetjük és úgy ejtjük le őket egyszerre, akkor is egyszerre esnek le, a papírlap nem marad le a könyvhöz képest.

Ezekből a kísérletekből és tapasztalatokból következtethetünk arra, hogy a tárgyak esési sebességét és idejét ezekben az esetekben alapvetően a légellenállás befolyásolta és nemcsak a tömegük. A newtoni dinamikából következik, hogy a testek tömege csak annyiban befolyásolja a testek esési idejét és sebességét, hogy a papírlapnak (kisebb tömegű testnek) kisebb a tehetetlensége, mint a könyvnek, így a papírlapra az ugyanakkora nagyságú légellenállási erő nagyobb hatást tud

gyakorolni, mint a könyvre. Végkövetkeztetésként eljuthatunk oda, hogy amennyiben a levegő fékező hatása elhanyagolható mértékű, az azonos magasságból elengedett tárgyak azonos idő alatt, azonos sebességgel esnek a földre.

A fenti kísérletsorozat a természettudományos megismerés szempontjából:

1. Ejtési megfigyeléseket végezve megállapítjuk azt az általános érvényű elvet, hogy az elengedett tárgyak leesnek, még hozzá a nagyobb tömegűek rövidebb idő alatt.
2. További kísérleteket végezve azonban megcáfoljuk az ebből az alapelvből következő állításokat (a papírgalacsin kis tömegű, mégis nagy sebességgel, rövid idő alatt leesik).
3. Mivel a mérésünk pontosságán nincs mit finomítani és a megfigyelésünk helyes, kénytelenek vagyunk az általános érvényűnek gondolt elméletünket megváltoztatni, módosítani.
4. Ennek során felismerünk egy fontos tényezőt, ami befolyásolja a tárgyak esési idejét, de eddig figyelmen kívül hagytuk: a levegő fékező hatását.

A fenti kísérletek egyszerűen, már általános iskolás korú tanulók által is elvégezhetők, nincs szükség vákuumkamrára vagy egyéb eszközre a szabadesés szemléltetésére. Másrészt a diákok a kísérletek meglepő tapasztalatain végighaladva fokozatosan kénytelenek feladni előzetes elképzeléseiket, bár minden alkalommal próbálnak érvelni vélt igazuk mellett. Ez azt eredményezi, hogy „kénytelenek” folyamatosan gondolkodni a kérdésről, így a lehető legalaposabban megértik a problémát. Ennek köszönhetően, mikor meghajolnak a kísérletek cáfolhatatlan eredményei előtt, megtörténik a fogalmi váltás és belsővé, meggyőződéssé válik a fizikailag már helyes magyarázat. Ezt későbbi, hasonló jelenségekben is sikerrel alkalmazhatják: pl. lejtőn lecsúszó testek közül melyik ér hamarabb a lejtő aljára?

A fogalmi váltást segítheti elő, ha a fentiekben vázolt ejtési kísérletsorozatot az alábbiak szerint hajtunk végre:

1. A tanár elmondja a diákoknak, hogy a következőkben egymás után több kísérletet is bemutat nekik, melyekben különböző tárgyakat ejt le azonos magasságból, egyszerre. Az ő feladatuk az lesz, hogy a kísérlet bemutatása *előtt* leírják, milyen tapasztalatot várnak és miért, majd a kísérlet bemutatása *után* leírják, hogy mit tapasztaltak valójában, és vajon mi lehet ennek magyarázata.

2. A tanár a fentiek alapján felmutatja, majd azonos magasságból, egyszerre elengedve leejti az alábbi tárgyakat, ebben a sorrendben:

1. Papírlap és könyv
2. Széthajtogatott papírzsebkendő és kulcs
3. Könyv papírlap fölé téve
4. Papírlap könyvre fektetve
5. Papírlap lapjára fektetve és papírlap élére állítva



6. Papírlap és azonos méretű papírlapból galacsin
7. Papírlap és gémpapoc
8. Könyv és gémpapoc

A tapasztalat szerint a diákok az első két kísérlet tapasztalatai alapján igazolva látják előzetes elképzelésüket, miszerint a kisebb tömegű tárgyak esnek le hosszabb idő alatt, kisebb sebességgel. Ez alapján még a harmadik kísérlet tapasztalatát is könnyen megmagyarázzák: a könyv „maga előtt tolta” a papírlapot. A negyedik kísérlettől kezdve azonban cáfolva látják előzetes elképzeléseiket. Próbálkoznak ugyan vélt igazuk alátámasztásával és védelmével, a többedik kísérleti tapasztalat után azonban kénytelenek rádöbenni: a testek esési idejét és becsapódási sebességét elsősorban nem a tömegük befolyásolja, hanem a levegő fékező hatásának mértéke.

### **2.2.2. Négyzetes úttörvény**

A szabadesés tanulmányozása mellett az egyenletesen változó mozgást végző test által megtett út kiszámítására vonatkozó képlet meghatározása is jó példa a természettudományos gondolkodásmód és elméletalkotás illusztrálására. Így már a fizika tanulmányok kezdetén, a mechanika fejezet elején példával tudunk szolgálni a diákoknak a természettudományos megismerés folyamatára, illetve ők maguk is részesei lehetnek ennek az útnak. Megfelelő tanári vezetés esetén a diákok irányítottan ugyan, de átélői lehetnek annak a folyamatnak, ahogy a fizika és a természettudományok egy-egy újabb törvényszerűséget megállapítanak.

A lejtőn leguruló golyó mozgását vizsgáljuk. Már első kísérletünk során megállapítjuk, hogy a golyó gyorsuló mozgást végez, hiszen álló helyzetből indulva szemmel láthatóan is egyre nagyobb sebességet ér el. A megtett út és a sebességváltozás eltelt idővel való arányosságának meghatározásához méréseket kell végeznünk.

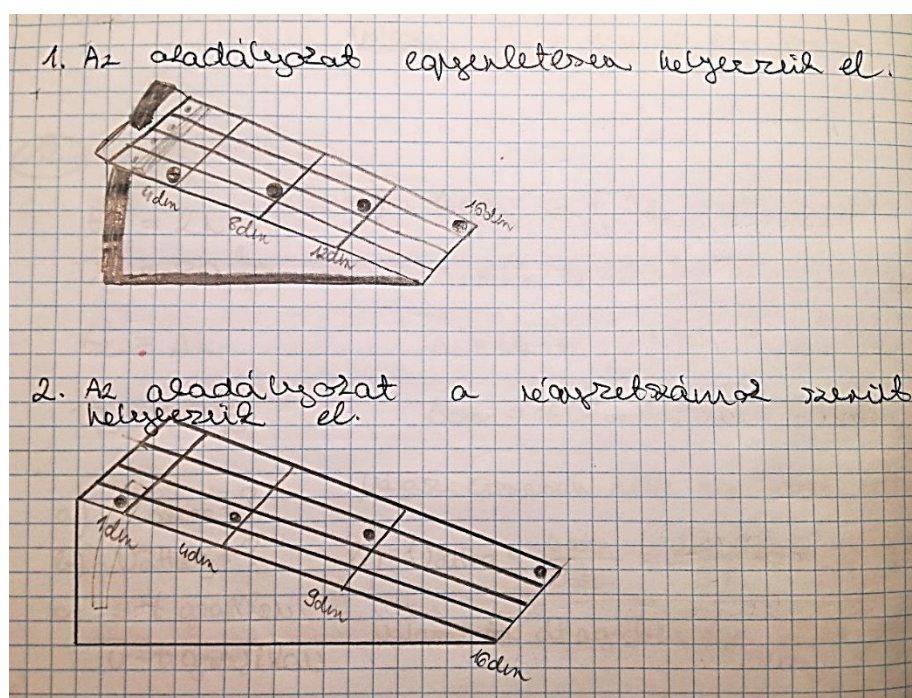
Egyszerű tantermi körülmények között a sebesség mérésére nincs lehetőségünk. Helyette a Galilei-lejtőt (1. ábra) használjuk.



**1. ábra** Galilei-lejtő (ELTE Trefort Ágoston Gyakorló Gimnázium fizikaszertára)

Az eszköz négy párhuzamos vályúból áll, melyben egy-egy golyót gurítunk lefelé. A golyók útjába olyan akadályokat helyezhetünk, melyek egyszerre csak egy vályút „fognak le”, azaz csak az egyik golyó ütközik beléjük, a többi mozgását nem befolyásolják. Az akadályokat egymástól és a kiindulóponttól tetszőleges távolságokra elhelyezkedve a beléjük ütköző golyók koppanásait különböző időközönként halljuk.

Ha az akadályokat egyenletesen (pl. 4 dm-enként) helyezzük el, akkor a golyók koppanásait egyre sűrűbben halljuk. A diákok megállapítják, hogy ez azt jelenti, hogy a golyók az egyforma távolságokat egyre rövidebb idő alatt tették meg. Ha egyenletes koppanásokat szeretnénk, akkor az első néhány szakaszt rövidíteni kell, az utolsó néhány szakaszt hosszabbítani. Némi próbálkozás (és tanári vezetés) után felismerik, hogy a koppanásokat egyenletesen halljuk, ha az akadályok kiindulóponttól való távolsága rendre: 1 dm, 4 dm, 9 dm, 16 dm (2. ábra).



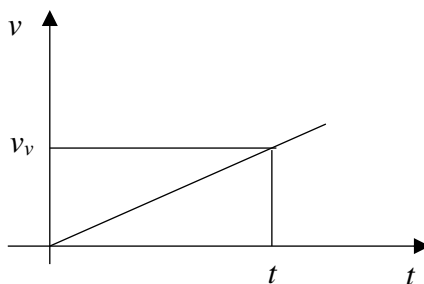
**2. ábra** A Galilei-lejtővel végzett mérések sematikus ábrázolása diák füzetében

A számokat elemezve a diákokkal közösen megállapíthatjuk, hogy a számok különbsége a páratlan számok sorozata, azaz egyre nagyobb a megtett út azonos időközönként; illetve a számok négyzetszámok, azaz kétszer-háromszor akkora eltelt idő alatt a golyók négyszer-kilencszer annyi utat tesznek meg.

További ismeretek hiányában ez akár misztikus is lehet: „Honnan tudja a golyó, hogy neki a négyzetszámok szerinti hosszúságú utakat kell megtenni?” A kérdésfeltevés hasonló ahhoz, mint amikor a kvantummechanika hajnalán a kutatók a Balmer-formula láttán értetlenkedtek, hogy az atomok színképvonalainak össze-visszaságában hogyan is lehetséges, hogy a hullámhosszak a kis egész számok szerinti rendszert mutatnak?

Megállapíthatjuk, hogy ezek szerint a lejtőn leguruló golyó által megtett út az eltelt idő négyzetével arányos. Ez alapján a golyó sebességéről még semmi egyebet nem tudunk megállapítani, csak azt, hogy folyamatosan növekszik. A sebességváltozás időbeli függvényét ezek alapján nem tudjuk meghatározni.

Feltevés alapján induljunk ki abból, hogy a golyó sebessége az eltelt idővel egyenesen arányos. Mivel ez a legegyszerűbb függvénykapcsolat két mennyiség között, kiindulópontunk jogos. Ennek megfelelően a sebesség-idő grafikonon lineáris függvényt kapunk. Ha kezdősebesség nélküli esetről beszélünk, az egyenes az origóból indul. (3. ábra)



**3. ábra** Egyenletesen gyorsuló mozgást végző test sebesség-idő grafikonja kezdősebesség nélküli esetben

Korábbi ismeretekből tudjuk, hogy a sebesség-idő grafikonon a függvénygörbe alatti terület nagysága megegyezik a megtett út nagyságával. (Egyenletes mozgás esetén ez könnyen ellenőrizhető.) Számítsuk ki tehát a megtett utat egyenletesen változó mozgás esetén, ha a test  $v_0 = 0$  kezdősebességről  $v_v$  végső sebességet ért el  $t$  idő alatt! Ehhez egy derékszögű háromszög területét kell kiszámítani, melynek egyik befogója a sebességváltozás ( $\Delta v$ ), a másik  $t$ .

$$s = T_{\text{háromszög}} = \frac{\Delta v \cdot t}{2}$$

Tudjuk, hogy a sebességváltozás a gyorsulás és az eltelt idő szorzata:  $\Delta v = a \cdot t$ . Ezt behelyettesítve és az összevonásokat elvégezve:

$$s = \frac{a}{2} t^2$$

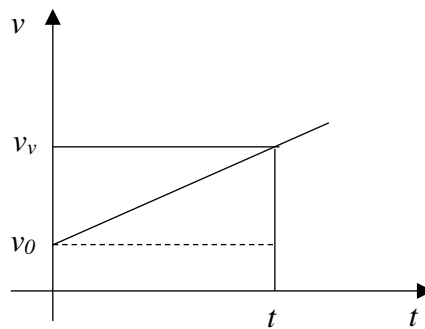
adódik az egyenletesen változó mozgást végző test által megtett út nagyságára (kezdősebesség nélküli esetben).

A képletből látható, hogy a megtett út tehát az eltelt idővel négyzetesen arányos, a kísérleti tapasztalatainkkal összhangban.

Fontos tudatosítani, hogy ezt az eredményt abból a feltételezésből kiindulva kaptuk, hogy a golyó sebességváltozása egyenesen arányos az eltelt idővel. Némi megfontolás után belátható, hogy a fenti képlethez „akkor és csak akkor” jutunk, ha ez a feltételezés a kiindulópontunk. Így közvetett

módon igazoltuk az állítást és így állapítottuk meg, hogy a lejtőn leguruló golyó egyenletesen gyorsuló mozgást végez.

Vizsgáljuk meg, milyen változást okoz, ha egy általánosabb esetet vizsgálunk, azaz, ha van kezdősebessége a gyorsuló mozgást végző testnek! A sebesség-idő grafikonon természetesen ekkor is lineáris. A függvénygörbe alatti terület azonban most egy trapéz területével egyezik meg. A trapéz területét könnyen megkapjuk, ha gondolatban egy derékszögű háromszögre és egy téglalpra bontjuk a 4. ábra szerint.



**4. ábra** Egyenletesen gyorsuló mozgást végző test sebesség-idő grafikonja általános esetben

A derékszögű háromszög területe megegyezik a fentiekben kiszámított területtel (hiszen azonos gyorsulás esetén csak függőlegesen feljebb csúsztattuk az egyenest). A téglalap területe:

$$T_{\text{téglalap}} = v_0 \cdot t$$

Így a megtett út a két síkidom területének összegeként:

$$s = T_{\text{téglalap}} + T_{\text{háromszög}} = v_0 \cdot t + \frac{a}{2} t^2$$

Ezt a formulát nevezzük négyzetes úttörvénynek, mellyel az egyenletesen gyorsuló mozgást végző test által tetszőleges  $t$  idő alatt megtett utat számíthatjuk ki.

A képlet már nem tartalmaz érvényességét szűkítő megkötést, mint a fenti egyszerűbb képlet, azaz ez általánosan alkalmazható. Vegyük észre, hogy a képlet nem alapvetően új, hanem csak az első tagban különbözik a fenti formulától. Kezdősebesség nélküli esetben ( $v_0 = 0$ ) ennek a tagnak az értéke 0, így visszkapjuk a fenti képletet.

A gondolatmenetben végigkövethetők a természettudományos megismerés útjának elemei:

1. Kísérleti úton, méréssel meghatároztuk két paraméter függvénykapcsolatát. (A megtett út az eltelt idő négyzetével arányos.)
2. Feltételezésből (a sebességváltozás egyenesen arányos az eltelt idővel) kiindulva elméleti úton levezettük és képlet formájában megadtuk a két paraméter közti összefüggést

$\left( s = \frac{a}{2} t^2 \right)$ . A kapott képlet teljes összhangban van kísérleti tapasztalatainkkal, tehát igaz természeti törvénynek fogadjuk el.

3. Általánosabb esetre (a kezdősebesség nem nulla) egy másik képletet, összefüggést kapunk. Ez azonban nem alapvetően új, a korábbi egyszerű képletünket nem eltörli, hanem csak általánosítja. Azaz a korrespondencia-elv érvényesül.

Ha a gondolatmeneten nem kezdő, hanem többéves gyakorlattal rendelkező felsőbb évfolyamos diákokkal (pl. 11-12. osztályos fakultációra járók) haladunk végig, akkor arra is kiváló példát látunk, hogy két mennyiség közti összefüggésből (a megtett út az eltelt idő négyzetével arányos vagy a sebességváltozás az eltelt idővel egyenesen arányos vagy a gyorsulás az időben állandó), a differenciál- és integrálszámítás ismeretében hogyan jutunk el a másik két összefüggéshez.

### **2.2.3. Gázok állandó térfogaton vett mólhőjének kiszámítása**

A 10. évfolyamos fizika tananyag termodinamika fejezetének gázokat tárgyaló része kiváló lehetőséget ad arra, hogy a gázok sok tulajdonságát, adatát elméleti úton, számítással határozzuk meg. Ez azért valósítható meg, mert az ideális gáz modelljében a gáZRészecskék közti kölcsönhatás elhanyagolható mértékű, azaz a gáZRészecskéket önálló tömegpontoknak tekinthetjük. Ennek következtében a gázok számos tulajdonsága, még egyes anyagi állandók is az anyagi minőségtől független értéknek adódnak.

Ez a megállapítás érvényes a gázok állandó térfogaton vett mólhőjére is, amely a kinetikus gázelmélet következtetései alapján egyrészt elméleti úton levezethető, kiszámítható mennyiség, másrészt ettől függetlenül megmérhető mennyiség.

A gázok moláris hőkapacitása és az ehhez kapcsolódó témák nem esnek a mai középiskolás diákok érdeklődésének középpontjába. A téma kellően elvont számukra, nem vagy csak nehezen látják gyakorlati alkalmazásait az őket körülvevő világban. Ennek bemutatása még a fizikatanár számára is komoly kihívás, hisz hőerőgépek, belső égésű motorok és egyéb alkalmazások még mindig távoliak a diákoktól. A termodinamika e része azonban jól felhasználható a diákok gondolkodásának fejlesztésére: bemutatható rajta a természettudományos gondolkodás fent vázolt struktúrája. Az alábbiakban a gázok állandó térfogaton vett mólhője kiszámításának ilyen szempontú útját mutatom be, melyet sikerrel alkalmazok még a kevésbé érdeklődő diákok esetén is a feszült várakozás fenntartásával.

A kinetikus gázelmélet levezetésének végső és hatalmas eredménye, hogy egyetlen gáZRészecske mozgási energiáját ki tudjuk fejezni a hőmérséklet függvényében:

$$E_m = \frac{3}{2}kT,$$

ahol  $E_m$  a részecske mozgási energiáját,  $k$  a Boltzmann-állandót,  $T$  pedig a Kelvin-fokokban mért hőmérsékletet jelenti.

Ennek alapján  $N$  db gázcsepe összes mozgási energiája:

$$E_{m,össz} = \frac{3}{2}NkT.$$

Átalakítva a  $k = \frac{R}{N_A}$  és az  $N = n \cdot N_A$  összefüggések figyelembe vételével, ahol  $R$  az egyetemes gázállandót,  $N_A$  az Avogadro-állandót,  $n$  a gáz anyagmennyiségét jelöli:

$$E_{m,össz} = \frac{3}{2}nRT.$$

Az energia megváltozása hőközlés hatására:

$$\Delta E_{m,össz} = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T.$$

A hőközlés nagysága állandó térfogaton történő melegítés esetén:

$$Q = C_V \cdot n \cdot \Delta T.$$

Állandó térfogaton történő melegítés esetén a felvett hő kizárólag a gáz belső energiájának, azaz a részecskék összes mozgási energiájának növelésére fordítódik (térfogati munka nincs):

$$Q = \Delta E_{m,össz}$$

azaz:

$$C_V \cdot n \cdot \Delta T = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T.$$

Elvégezve az egyszerűsítéseket:

$$C_V = \frac{3}{2}R$$

adódik. Ezek szerint a gázok állandó térfogaton vett moláris hőkapacitása egy állandó érték  $\left( \approx 12,5 \frac{J}{mol \cdot K} \right)$ , az anyagi minőségtől független állandó érték. A képletből látható, hogy nem véletlen a mólhő és az egyetemes gázállandó mértékegységének azonossága.

A gázok  $C_V$  értéke meg is mérhető, a fajhő méréséhez hasonló módon. E mérés elvégzésére középiskolában nincs lehetőség, de a mérési adatok táblázatokból hozzáférhetők, így számításunk helyessége ellenőrizhető. Néhány gáz állandó térfogaton vett mólhőjét tartalmazza a 3. táblázat.

Gáz	Vegyjel/képlet	$C_v \left( \frac{J}{mol \cdot K} \right)$
Hélium	He	12,6
Neon	Ne	12,6
Argon	Ar	12,7
Kripton	Kr	12,4
Xenon	Xe	12,6
Hidrogén	H <sub>2</sub>	20,4
Nitrogén	N <sub>2</sub>	20,7
Oxigén	O <sub>2</sub>	20,9
Szén-monoxid	CO	20,9
Nitrogén-monoxid	NO	20,9
Szén-dioxid	CO <sub>2</sub>	27,8
Dinitrogén-oxid	N <sub>2</sub> O	28,4
Vízgőz	H <sub>2</sub> O	24,9
Kén-hidrogén	H <sub>2</sub> S	27,4
Acetilén	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	33,2
Etán	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	39,8

**3. táblázat** Néhány gáz állandó térfogaton vett mólhője

A gázok mért mólhőjének ilyen sorrendben történő ismertetése, táblára való felírása akár drámai hatást is elérhet a diákoknál: az első öt gáz (nemesgázok) esetén eltöltheti őket az a jóleső érzés, hogy teljesítettük a feladatot, a mérési eredmények alátámasztják a levezetést. Valójában ennyi, az iskolában töltött év után a diákok nem is várnak mást, mint hogy a tanár által vagy helyesebben a tanárral közösen levezetett gondolatmenet helyes legyen. Annál meghökkentőbb számukra, mikor a felsorolás folytatásakor kiderül: további gázokra a kiszámított mólhő értéke nem egyezik a mért értékkel. Éles szemű és eszű diákok azonban észreveszik: megfelelő szempont, méghozzá a molekulák atomszáma szerint csoportosítva a mólhő értékekben tendenciák figyelhetők meg.

Ez az észrevétel a folytatás kulcsa: az előző levezetésünket felül kell bírálni és meg kell vizsgálni, mely pontján tudjuk korrigálni, hogy bár a gázok anyagi minőségétől való függetlenséget megtartjuk, de a részecskék atomszámát figyelembe vesszük. A megoldáshoz a levezetés elejéhez kell visszamennünk: a gázok mozgási energiájának kifejezésében levő hármasszám a kinetikus gázelmélet levezetése közben úgy került elő, hogy egy pontszerűnek képzelte gázcsepe a tér három irányába mozoghat, tehát sebességvektorának három összetevője van. Többatomos részecskék esetén azt kell megvizsgálunk, milyen további mozgási lehetőségek vannak, azaz milyen sebességösszetevőkkel rendelkeznek a molekulák. Vagyis módosítanunk kell az eredeti modellt.

Középiskolai szinten meggondolás alapján eljuthatunk oda, hogy a kétatomos molekulák a haladó mozgáson kívül alapvetően két tengely körül képesek forogni, nagyobb molekulákban vagy

magasabb hőmérsékleten az atomok a kötések mentén pedig még rezegni is tudnak. Kéttomos molekulák esetén tehát újabb mozgásformák, energiatárolási lehetőségek, azaz újabb szabadsági fokok ( $f$ ) jelennek meg. Az ekvipartíció-tétel értelmében ezek ugyanakkora energiát hordoznak, mint a haladó mozgás egyes mozgásformái.

A fenti gondolatmenet és képletek így általánosíthatók:

$$\text{A gázcseppcskék összes mozgási energiája: } E_{m,össz} = \frac{f}{2} nRT$$

$$\text{Ennek megváltozása: } \Delta E_{m,össz} = \frac{f}{2} n \cdot R \cdot \Delta T$$

$$\text{Gázok állandó térfogaton vett mólhője: } C_v = \frac{f}{2} R$$

Az elmélet e módosításával tehát egy általánosabb érvényű kifejezéshez jutottunk: ezzel a képlettel egy tetszőleges,  $f$  szabadsági fokú gáz állandó térfogaton vett mólhőjét meg tudjuk adni.

Tekintsük át a gondolatmenetet mint a természettudományos megismerés útjának alkalmazását:

1. Korábbi ismereteink (kinetikus gázelmélet, részecskék mozgási energiája, hőközlés) megalkottunk egy képletet elméleti levezetéssel a gázok állandó térfogaton vett mólhőjére.
2. A kiszámított értéket – a természettudományosság kritériuma alapján – összevetettük mérési eredményekkel. A tapasztalat szerint bizonyos gázokra egyezést, másokra eltérést tapasztaltunk.
3. Mivel nyilvánvaló, hogy nem mérési hibáról van szó, az elméletet kell megfelelően módosítanunk. A módosítás általánosítás volt. A gázcseppcskék mozgására új, általánosabb modellt kellett bevezetnünk.
4. Így olyan, általános érvényű összefüggéshez jutottunk, mely első eredményünket  $\left( C_v = \frac{3}{2} R \right)$  nem felülírta és teljes mértékben érvénytelenítette, csak érvényességi körét az egyatomos gázokra korlátozta. Azaz nemesgázokra minden további nélkül használható, más gázokra azonban az általánosabb képletet kell alkalmaznunk.

Megjegyzés: a gázmolekulák képletének, alakjának meghatározásához olyan kémiai ismeretek szükségesek, melyek 9. évfolyamon szerepelnek kémiaórán. A termodinamika 10. évfolyamon való tanításakor ezt figyelembe kell venni: elvárható a diákoktól a szükséges ismeretek birtoklása, ugyanakkor szükséges az ismétlés. A két tantárgy e kapcsolódási pontjáról és ennek jelentőségéről az előző fejezetben írtam.

#### **2.2.4. A harmonikus rezgőmozgást végző test rezgésidejét befolyásoló tényezők**

A harmonikus rezgőmozgást végző test mozgásának vizsgálata hagyományosan és a tantervek alapján a középiskola 11. évfolyamán kerül elő, hiszen ekkorra szerzik meg a diákok matematikából



azokat az ismereteket, melyek a periodikus mozgás periodikus függvényekkel való leírásához szükséges.

A harmonikus rezgőmozgás jelenségének más szempontokból való vizsgálata azonban akár alacsonyabb évfolyamú (pl. hetedikes) diákokkal is elvégezhető, ha például a rezgőmozgás periódusidejét mérjük. A vizsgálatokat az 5. ábrán látható kísérleti elrendezéssel végezzük.



**5. ábra** *Rezgésidőt befolyásoló tényezők vizsgálatára alkalmas kísérleti elrendezés*

Ákármiilyen korú diákoknak tesszük fel a kérdést, hogy vajon „*Mely körülmények befolyásolják a rezgésidőt?*”, az alábbi válaszokat kapjuk:

1. Az amplitudó nagysága
2. A rugó erőssége (→ rugóállandó nagysága)
3. A rezgő test tömegének nagysága

Ezek felvetések, ötletek, melyek ellenőrzésére szintén alkalmazható sőt alkalmazandó a kísérlet mint ellenőrzési lehetőség.

Fontos felhívni a diákok figyelmét, hogy annak érdekében, hogy egy-egy körülményről (paraméterről) el tudjuk dönteni, tényleg meghatározó tényező-e, fontos, hogy egyszerre mindig csak egy körülményt változtassunk. Azaz egymás utáni kísérleteinkben a többi paraméter változatlanul kell hagynunk. Ugyanis, ha a több paraméter változtatása esetén a vizsgált mennyiség változik, nem tudjuk, hogy melyik okozta a változást. Ha több paraméter változtatása esetén a vizsgált mennyiség nem változik, az jelentheti azt is, hogy egyik paraméter sem befolyásoló, de akár azt is, hogy mindkettő befolyásoló, csak kioltják egymás hatását.

Célszerű az amplitudó vizsgálatával kezdeni, melyből vizsgáljunk „kicsi”, „közepes” és „nagy” értéket. Már a rezgőmozgás ütemének követése, de a rezgésidő stopperrel történő mérése is azt mutatja, hogy a rezgésidőt az amplitudó nagysága nem befolyásolja. E tapasztalat meg is érthető némi

tanári rávezetés után. Kisebb amplitudójú mozgás esetén a rezgő test átlagsebessége szemmel láthatóan kisebb, így kisebb út kisebb átlagsebességgel való megtételéhez ugyanannyi idő szükséges, mint nagyobb út nagyobb átlagsebességgel való megtételéhez. További vizsgálataink során tehát tetszőleges amplitudóval indíthatjuk a rezgő testet.

A rezgő tömeg nagyságának befolyásoló hatásának vizsgálatához végezzünk 10 állomásból álló mérésorozatot: akasszunk egyre nagyobb, azonos mértékben növekvő tömeget (pl. 50 g, 100 g, 150 g stb.) a rugóra és mérjük a rezgésidőt. Megállapítható, hogy a rezgő tömeg nagyságának növekedésével a rezgésidő növekszik, de nem egyenesen arányosan. Éles szemű és eszű diákok észrevehetik, hogy a rezgésidő a kétszeres illetve háromszoros értékét a tömeg négyszeres illetve kilencszeres értékénél éri el. Azaz a rezgésidő a rezgő tömeg négyzetgyökével arányos. Ezt az arányosságot ekkor bizonyítani azonban egyéb ismeretek nélkül még nem lehet. A számítógépes ábrázolás és négyzetgyökfüggvény illesztése sem mindig meggyőző, hiszen görbe vonalat illeszteni tetszőleges pontossággal lehet.

Tovább vezet, ha meggondoljuk, hogy a fenti eredmény azt jelenti, hogy a rezgésidő négyzete egyenesen arányos a rezgő test tömegével. Ezek szerint e két mennyiséget egymás függvényében grafikonon ábrázolva egyenest kapunk. Végezzük is el ezt a műveletet saját mért adatainkkal!

A rugóállandó vizsgálata során általában eszközhiány miatt nem tudunk mérésorozatot végezni. Egyforma rugókat sorosan illetve párhuzamosan kapcsolva létrehozhatunk ugyan feleakkora/kétszerakkora rugóállandójú rugókat, de ebben az esetben megelégedhetünk azzal, ha „kicsi”, „közepes” és „nagy” rugóállandójú rugókat vizsgálunk, és megállapítjuk, hogy a rugóállandó úgy befolyásolja a rezgésidőt, hogy kisebb rugóállandóhoz nagyobb rezgésidő tartozik és fordítva. Képletszerű arányosságot így sajnos nem tudunk megadni.

A kísérleti tapasztalataink elméleti igazolására tizenegyedik évfolyamon az alábbiakban részletezett módon a rezgőmozgás mozgásegyenletéből levezethető a rezgésidő képlete. Alacsonyabb évfolyamú diákokkal közöljük a levezetés eredményét, csak a diszkusszió lehetőségét megtartva, amit a levezetés után ismertetek.

A rezgő testre ható eredő erő ( $F_e$ ) Newton II. törvénye alapján megegyezik a rezgő test tömegének ( $m$ ) és gyorsulásának ( $a$ ) szorzatával:

$$F_e = ma$$

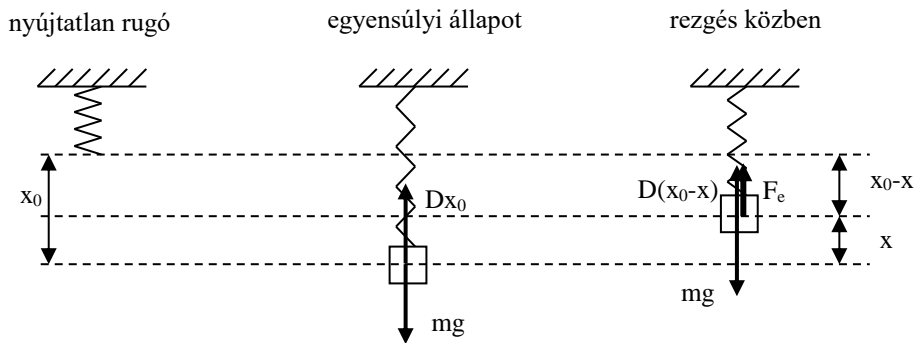
A harmonikus rezgőmozgás kinematikai leírásából ismert, hogy a rezgő test gyorsulása kifejezhető a kitérés ( $x$ ) és a körfrekvencia ( $\omega$ ) segítségével:

$$a = -\omega^2 x$$

Behelyettesítve:

$$F_e = -m\omega^2 x$$

A rezgő testre ható eredő erő meghatározásához vizsgáljuk meg az egyensúlyi helyzetet és egy, a rezgés során vett közbülső helyzetet (6. ábra)!



6. ábra A rezgésidő kiszámításához szükséges táblai rajz

Egyensúlyi állapotban a rezgő testre ható nehézségi erő és a rugó által kifejtett rugóerő egyenlő nagyságú:

$$mg = Dx_0$$

A rezgés közben vett pillanatban a testre ható eredő erő a nehézségi erő és a rugóerő különbsége:

$$F_e = mg - D(x_0 - x) = mg - Dx_0 + Dx$$

Az előző egyenletet felhasználva az eredő erő:

$$F_e = Dx$$

Figyelembe véve, hogy az eredő erő és a kitérés ellentétes irányú:

$$F_e = -Dx$$

Ezt behelyettesítve a rezgőmozgás dinamikai egyenletébe:

$$-Dx = -m\omega^2 x$$

Az egyenlet  $-x$ -szel egyszerűsíthető, ezután a körfrekvencia kifejezhető:

$$\omega = \sqrt{\frac{D}{m}}$$

A körfrekvencia és a periódusidő korábbról ismert

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

kapcsolatát behelyettesítve, a periódusidőre

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}}$$

adódik.

A képlet értelmezése teljes összhangban van korábbiakban ismertetett kísérleti tapasztalatainkkal, méréseinkkel:

- a rezgésidő független az amplitudó nagyságától, hiszen nem szerepel a képletben;
- a rezgésidő egyenesen arányos a rezgő tömeg négyzetgyökével (vagyis a rezgésidő négyzete egyenesen arányos a rezgő test tömegével)
- a rezgésidő fordítottan arányos a rugóállandó négyzetgyökével.

A kísérlet elvégzésével és a levezetéssel tehát ismét bejártuk a természettudományos megismerés útját.

Kutatások, vizsgálatok, elemzések során természetesen nehéz (sőt lehetetlen) egy jelenség esetén minden változtatható paraméter hatásának ellenőrzése. Ezért egyszerűsítéseket teszünk.

- Modellekre vonatkoztatva teszünk megállapítást. A modellalkotás során a valóság bizonyos elemeit, bizonyos tényezőket eleve és tudatosan figyelmen kívül hagyunk, elhanyagolunk. Az elhanyagolás jogosságának kritériuma, hogy a modellre vonatkozó levezetésünk eredménye mennyire egyezik a kísérletileg mért értékkel. Ha nagy eltérést tapasztalunk, és a mérési illetve számítási hiba kizárható, akkor a modellünk nem alkalmazható az adott problémára.
- Valamilyen szempontból zárt rendszerre vonatkozóan teszünk megállapításokat. Ilyenkor az előbbihez hasonló módon eleve kizárunk bizonyos tényezőket. Pl. mechanikailag zárt rendszerben külső erők nem hatnak, elektromosan szigetelt vagy hőszigetelt rendszer stb.
- Analógiás gondolkodással egy korábban már megismert jelenséghez hasonlítjuk az adott problémát és így azonosítjuk a releváns és irreleváns paramétereket.

Megjegyzés: A fentihez hasonló módon az inga lengésidejét befolyásoló tényezők is vizsgálhatók, megállapíthatók a mennyiségek közti arányosságok. A rezgésidő vizsgálatával való analógiát felhasználva a mérést *önállóan megtervezendő és elvégzendő* feladat formájában is kitzúphetjük a diákoknak. Mivel a mérés akár otthoni eszközökkel is elvégezhető, akár házi feladatként is feladható. Egy diákom által elvégzett és kiértékelt mérés dokumentációja látható a 7. ábrán.

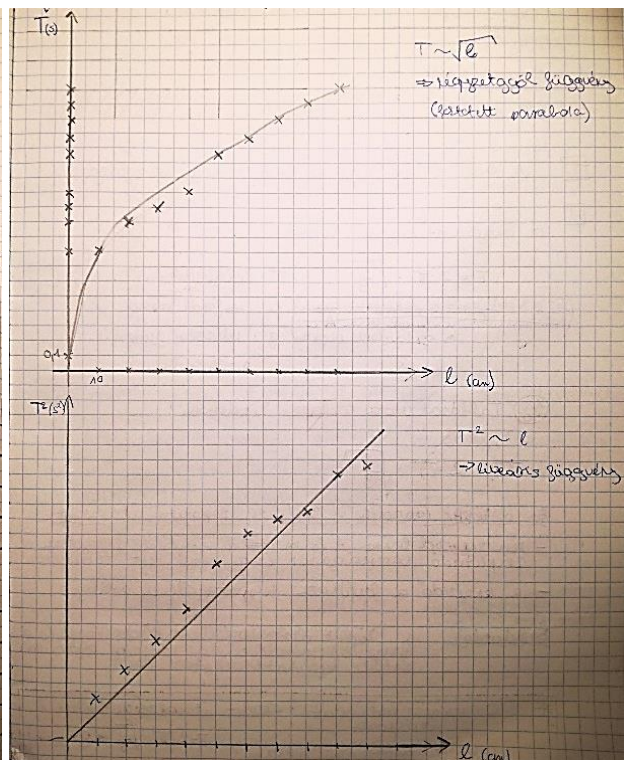
1) Amplitúdó hatása

Amplitúdó	10T	T
keves	15,28 s	1,528 s
közepes	15,22 s	1,522 s
nagy	15,60 s	1,560 s

$T$  lengési idő, tehát nem függ az amplitúdó nagyságától  
 $\Rightarrow$  ahogy az ívra lecsúsz a lengési idő nem változik, alulról marad

2) lengési hosszal hatása

Függőleges	10T	T	$T^2$
10 cm	7,16 s	0,716 s	0,512656 s
20 cm	9,69 s	0,969 s	0,938961 s
30 cm	11,72 s	1,172 s	1,373584 s
40 cm	13,16 s	1,316 s	1,731936 s
50 cm	14,88 s	1,488 s	2,214144 s
60 cm	16,22 s	1,622 s	2,630884 s
70 cm	17,47 s	1,747 s	3,042009 s
80 cm	18,77 s	1,877 s	3,523129 s
90 cm	19,64 s	1,964 s	3,857296 s
100 cm	20,22 s	2,022 s	4,088484 s



7. ábra Inga lengésiidejét befolyásoló tényezők vizsgálatának mért és számított adatai, valamint ezek grafikus ábrázolása diák füzetében

### 2.3. EGYSZERŰ MÉRÉSEK A TANTEREMBEN

A fizika és a kémia nemcsak a természettudományos megismerés útjában hasonlít, sőt azonos, de abban is, hogy a megismerés során szerzett adatokat milyen módon rendszerezzük és dolgozzuk fel. Erre példaként egyszerű, a tanteremben, akár **tanulókísérletként** is elvégezhető mérést is végezhetünk diákjainkkal. [6.]

A következőkben néhány példán keresztül bemutatom, hogyan lehet **tetszőleges korú diákok** számára ebből a szempontból is betekintést nyújtani a természettudományok működésébe.

#### 2.3.1. Adatgyűjtés, mérés

A természettudományos mérések kapcsán érdemes magának a mérésnek a folyamatáról is beszélni. Mérés során a mérendő mennyiséget összehasonlítjuk a mértékegységgel, valamilyen mérőeszköz segítségével. A mérőeszköz működéséhez kalibrációra van szükség. Ugyanis viszonylag ritkán fordul elő, hogy ténylegesen magát a mennyiséget mérjük, mint például hosszúságmérés esetén. Bele sem gondolunk, de sokkal gyakrabban valósul meg, hogy a mennyiséggel egy (egyenesen) arányos másik mennyiséget mérünk, mert a mérőeszköz csak ezt képes észlelni.<sup>1</sup>

Néhány erre vonatkozó példát tartalmaz az 4. táblázat.

<sup>1</sup> A módszert jól szemlélteti a klasszikus anekdota Niels Bohrról, melyben többféle módszert is említ egy felhőkarcoló magasságának barométer segítségével történő mérésére. [7.]

Mérendő mennyiség	Vele arányos mért mennyiség
Folyadék térfogata	Folyadékoszlop magassága egy ismert, állandó keresztmetszetű egyenes testben (pl. mérőhengerben)
Idő	Ismétlődő jelenségek bekövetkeztének száma (pl. kvarckristály összehúzódása, napfelkelték száma, inga lengése stb.) Az eltelt idővel arányos mennyiségek mérése (pl. óramutató szögelfordulása)
Tömeg	Súly, ebből adódóan <ul style="list-style-type: none"> <li>• rugó megnyúlása/összenyomódása</li> <li>• forgatónyomaték</li> </ul>
Hőmérséklet	Folyadék hőtágulása → folyadékoszlop magassága Fém fajlagos vezetőképessége
Áramerősség	Forgó tekercs elfordulásának mértéke (analóg műszer esetén)
Koncentráció	Sűrűség (pl. must fokolása) Törésmutató (refraktométerrel)
Sűrűség	Areométer vízbe merülésének mértéke

**4. táblázat** Fizikai mennyiségek és velük arányos mért mennyiségek

Érdeemes a diákok gondolkodásának fejlesztésére olyan kísérleteket elvégeznünk, melyben nekik maguknak kell kitalálniuk mérési módszert arra vonatkozóan, hogyan lehet a „hagyományos” mérőeszköz használata nélkül megmérni egy adott mennyiséget. A gyakorlatomban használt néhány ilyen módszert mutatok be a későbbi alfejezetekben.

#### A mérés pontossága

Belátható, hogy minden mérés során a mért adatot csak közelítő pontossággal tudjuk meghatározni a mérőeszköz „felbontása” miatt. Ezt nevezzük leolvasási hibának. Ehhez adódnak egyéb hibalehetőségek, pl. időmérésnél a reakcióidőből származó hibák.

A mérés bizonytalanságának diákokban való tudatosítása azért is fontos, hogy megértsék, egy számítási feladatban sem lehet a végeredményt tetszőleges pontossággal (azaz sok tizedesjeggyel, esetleg végtelen tizedestörteként) megadni.

A leolvasásból adódó hiba abszolút hiba, azaz a mérendő mennyiség nagyságától függetlenül azonos minden esetben. Kis mennyiségek mérése esetén ezt a mérendő mennyiség „sokszorozásával” tudjuk egy-egy egyedre vonatkozóan csökkenteni. Pl. pénzérme vagy papírlap vastagságának mérésekor 10 vagy 100 db tárgy vastagságát mérjük; rezgésidő vagy lengésidő mérésekor 10 rezgés vagy lengés idejét mérjük. A mérési hibát így törtrészére tudjuk csökkenteni.

Ezen felül a mérendő érték pontos mérése érdekében fontos, hogy olyan mérőeszközt válasszunk, melynek felbontása megfelel a mérendő érték nagyságrendjének, illetve amely nem változtatja meg a mérendő értéket.

### **2.3.2. Az adatok feldolgozása, ábrázolása**

Természettudományos mérésekben az adatokat a könnyebb kezelhetőség és áttekinthetőség érdekében általában táblázatokba foglaljuk valamint azért, hogy a méréssorozatok eredményeit egyszerűen tudjuk rögzíteni.

Az adatokat gyakran grafikonokon is ábrázoljuk, melynek számos előnye van. Ilyen módon az adatok könnyen áttekinthetőek, megfigyelhetők a tendenciák, megsejthetők a mennyiségek közti arányosságok, könnyen megállapíthatók a mennyiségek minimum/maximumhelyei és –értékei. A grafikonra rátekintve könnyű felismerni a „kilógó” adatot, mely feltehetően mérési hiba eredménye vagy valami fontos körülményre hívja fel a figyelmünket. Következtethetünk a grafikonból mennyiségek közvetlenül nem mért értékeire (interpolálással vagy extrapolálással), illetve könnyű összehasonlítani párhuzamos mérések eredményeit, ha azokat ugyanazon a diagramon ábrázoljuk.

A grafikonok kezelését azért is érdemes megtanítani a diákoknak, mert a hétköznapi életben is sok helyen találkozunk velük: a gazdasági életben (pl. árfolyamok, államadósság, GDP növekedés stb.), a politikában (pl. közvélemény-kutatási adatok), környezetvédelmi elemzésekben (pl. légszennyezettség, átlaghőmérséklet stb.) illetve a mindennapi életben (pl. mobil-adatforgalom felhasználása, hőmérséklet óránkénti értéke stb.).

Az adatok grafikus ábrázolásának előnyei közül igen lényeges, hogy a mérési pontokra függvénygörbét illeszthetünk. Ennek segítségével olyan adatokat is meg tudunk határozni leolvasással vagy a függvény egyenletébe való helyettesítéssel, melyre mérést közvetlenül nem végeztünk. Ezt a módszert kalibrációs meghatározásnak nevezzük, mely számos természettudományos mérés során előfordul.

Az ismeretlen adat leolvasása illetve kiszámítása akkor a legegyszerűbb, ha lineáris függvénykapcsolat van a két mennyiség között. Ennél bonyolultabb arányosság esetén számológép használata nélkül, tollal papíron nem végezhető el a meghatározás, hiszen meg kellene határozni a görbe pontos egyenletét. Célravezető módszer ilyenkor a „linearizálás”, vagyis úgy transzformáljuk a mennyiségeket, hogy ezek már egyenesen arányosak legyenek egymással. Egy négyzetgyökös arányosság esetén pl. a megfelelő mennyiség négyzetgyökét ábrázoljuk a másik mennyiség függvényében, vagy a mennyiséget a másik mennyiség négyzetének függvényében (ld. a fenti példákat a rezgésidő és a rezgő tömeg közötti arányosságra).

A következőkben néhány példát mutatok olyan **egyszerű**, tanteremben elvégezhető **tanulói mérőkísérletekre**, melyek segítségével a **kalibrációs mérés** elvét tudjuk a diákoknak bemutatni, majd az adatok feldolgozása során a grafikonok használatának előnyeit is szemléltethetjük.

Az alábbi mérőkísérleteket akár általános iskolás korú diákokkal is elvégezhetjük, ekkor azonban viszonylag sok tanári útmutatásra van szükség, illetve a végső megállapítás forrása egyértelműen a tanár. Magasabb (9-12.) évfolyamú diákok azonban meglévő tudásuk alapján akár önállóan is képesek lehetnek a konklúzió megalkotására.

### **2.3.3. Ismeretlen tömegű test tömegének meghatározása**

A tömeget hagyományosan kétkarú mérleggel vagy rugót tartalmazó mérleggel mérjük. Ezekben az esetekben is a tömeggel arányos mennyiséget mérünk: a tárgy súlyát, és ebből a súlyerőből következő forgatónyomatékokat vagy a rugó összenyomódását illetve megnyúlását. A mérleg előre kalibrálva van, így teszi lehetővé ismeretlen tömegű tárgyak tömegének mérését.

Az alábbi két módszer azt mutatja be, hogyan végezhetik el a diákok a kalibrációt, majd ismeretlen tömegű tárgyak tömegének mérését.

Az első módszer alkalmazásával rugó megnyúlását mérve határozzuk meg egy tárgy tömegét. A mérés elvi háttere, hogy a test tömege egyenesen arányos a súlyával, a súly pedig, mint a rugóra ható erő, a rugó megnyúlásával. Első lehetőségként adódik, hogy egy ismert tömegű test segítségével kiszámítjuk a rugó rugóállandóját, ebből pedig visszaszámítjuk az ismeretlen tömegű tárgy súlyát, majd tömegét. Használandó képletek:  $G = m \cdot g$  és  $D = \frac{F_r}{\Delta l}$ , ahol  $G$  a testek súlya,  $m$  a testek tömege,  $g$  a nehézségi gyorsulás,  $D$  a rugóállandó,  $F_r$  a rugóra ható erő,  $\Delta l$  a rugó megnyúlása.

A módszer célravezető, de hosszadalmas és bonyolult, hiszen olyan mennyiségek kiszámítását is szükségessé teszi (pl. rugóállandó, ismert tömegű nehezekek és az ismeretlen test súlya), amit a feladat nem vár el.

Kalibrációval történő meghatározással hamarabb eredményre jutunk. Az előző gondolatmenet alapján a testek tömege áttételesen egyenesen arányos a rugó megnyúlásával. A fenti képleteket felírva az ismert és az ismeretlen tömegű tárgyakra, majd az egyszerűsítéseket elvégezve szintén az alábbi aránypárhoz jutunk:

$$\frac{m_{\text{ismeretlen}}}{m_{\text{ismert}}} = \frac{\Delta l_{\text{ismeretlen}}}{\Delta l_{\text{ismert}}},$$

amiből az ismeretlen tömegű test tömege:

$$m_{\text{ismeretlen}} = m_{\text{ismert}} \cdot \frac{\Delta l_{\text{ismeretlen}}}{\Delta l_{\text{ismert}}}.$$



A mérés kivitelezése során tehát elegendő megmérni, hogy mekkora megnyúlást hoz létre a 100 g tömegű nehezék illetve az ismeretlen tömegű test. A tömegmérést tehát visszavezettük hosszúságmérésre.

A második módszer alkalmazásával a testet rugóra akasztva rezgésbe hozzuk, és a rezgésidő méréséből számítással kapjuk meg a tömegét. A mérés elvi háttere, hogy a rezgésidő és a rezgő tömeg kapcsolatát kifejező összefüggés:  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}}$ , ahol a  $T$  a rezgésidő,  $m$  a rezgő test tömege,  $D$  a rugóállandó.

Egyik lehetőségként egy ismert tömegű test rezgésidőjének segítségével kiszámítjuk a rugó rugóállandóját, majd az ismeretlen tömegű testet rugóra akasztva rezgésbe hozzuk és megmérjük a rezgésidőt. A fenti képlet átrendezésével a tömegre adódik:  $m_{ismeretlen} = D \cdot \left(\frac{T_{ismeretlen}}{2\pi}\right)^2$ .

A módszer célravezető, de a képlettel való számítás a diákok számára itt is hosszadalmas és bonyolult lehet. Olyan mennyiségeket is ki kell számítani ugyanis, amit a feladat nem kért (rugóállandó), s a négyzetgyökös kifejezés átrendezése pedig sok hibalehetőséget rejthet magában a matematikában gyakorlatlan diákoknak.

Kalibrációval történő meghatározással itt is hamarabb és könnyebben eredményre jutunk. A rezgésidőt megadó képletből következik, hogy a rezgő test tömege egyenesen arányos a rezgésidő négyzetével. Az arányosságot alkalmazva az ismert és az ismeretlen tömegű tárgyakra, az alábbi aránypárhoz jutunk:

$$\frac{m_{ismeretlen}}{m_{ismert}} = \frac{T_{ismeretlen}^2}{T_{ismert}^2},$$

amelyből az ismeretlen tömegre adódik:

$$m_{ismeretlen} = m_{ismert} \frac{T_{ismeretlen}^2}{T_{ismert}^2}.$$

A mérés kivitelezése során tehát elegendő megmérni, hogy mekkora a rezgésidő egy ismert tömegű nehezék illetve az ismeretlen tömegű test szabad rezgése esetén. A tömegmérést ebben az esetben tehát időmérésre vezettük vissza.

### 2.3.4. Sóoldat koncentrációjának meghatározása sűrűségmérés alapján

Tanulói mérés: Határozzuk meg ismeretlen töménységű konyhasóoldat töménységét!

Használható anyagok és eszközök: konyhasó; desztillált víz; mérleg; mérőhenger (100 cm<sup>3</sup>); üvegbot; vegyszereskanál; bemérőcsónak (papírlapból hajtogatva)

A meghatározás alapja: először ismert koncentrációjú oldatokat készítünk, ezek sűrűségét megmérve kalibrációt végzünk. A töménységet a sűrűség függvényében ábrázolva meghatározhatjuk tetszőleges sóoldat koncentrációját.

A mérés menete:

1. Készítsünk ismert töménységű konyhasóoldatokat!

- Javasolt koncentrációk: 5 tömeg%, 10 tömeg%, 15 tömeg%, 20 tömeg%.
- A telített konyhasóoldat szobahőmérsékleten kb. 26 tömeg%-os, ezért célszerű a felsorolt koncentrációjú oldatokat készíteni.
- A sűrűségmérés egyszerűvé tétele érdekében célszerű 150 g oldatot készíteni.
- Az oldatok készítéséhez szükséges konyhasó- és vízmennyiségeket a többi adattal együtt célszerű táblázatba foglalni.

2. Mérjük meg az oldatok sűrűségét! Ezt a legcélszerűbben úgy tehetjük meg, ha megmérjük pontosan 100 cm<sup>3</sup> térfogatú oldat tömegét, és sűrűségét ebből számítjuk ki.

- Mérjük meg ezzel a módszerrel a desztillált víz (0 tömeg%-os oldat) sűrűségét is!
- Az oldatok sűrűségét a hőmérséklet is befolyásolja, írjuk fel ezt az adatot is!

3. A mért és számított adatokat foglaljuk táblázatba (5. táblázat és 8. ábra)!

	<b>Desztillált víz (vagy csapvíz)</b>	<b>1. oldat</b>	<b>2. oldat</b>	<b>3. oldat</b>	<b>4. oldat</b>
<b>Töménység</b>	0 tömeg%	5 tömeg%	10 tömeg%	15 tömeg%	20 tömeg%
<b>Bemért só tömege</b>	0 g	7,5 g	15 g	22,5 g	30 g
<b>Bemért víz tömege</b>	150 g	142,5 g	135 g	127,5 g	120 g
<b>100 cm<sup>3</sup> oldat tömege<sup>2</sup></b>	100,0 g	103,1 g	106,9 g	109,5 g	111,5 g
<b>Oldat mért sűrűsége</b>	$1,000 \frac{g}{cm^3}$	$1,031 \frac{g}{cm^3}$	$1,069 \frac{g}{cm^3}$	$1,095 \frac{g}{cm^3}$	$1,115 \frac{g}{cm^3}$
<b>Oldat szakirodalmi sűrűsége</b>	$1,000 \frac{g}{cm^3}$	$1,034 \frac{g}{cm^3}$	$1,071 \frac{g}{cm^3}$	$1,108 \frac{g}{cm^3}$	$1,148 \frac{g}{cm^3}$

**5. táblázat** Különböző töménységű sóoldatok sűrűségének meghatározásához szükséges mért és számított adatok

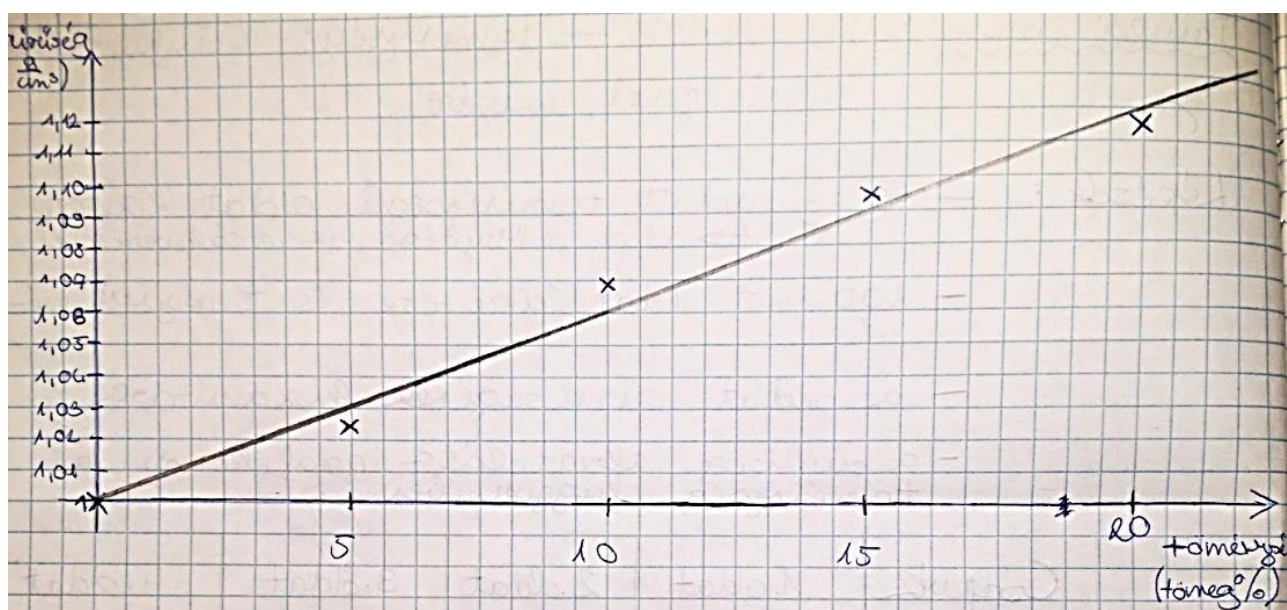
<sup>2</sup> A mért adatok egy konkrét tanórai mérés eredményei.

	Csapatvíz	1. oldat	2. oldat	3. oldat	4. oldat
töménység	0 tömeg%	5 tömeg%	10 tömeg%	15 tömeg%	20 tömeg%
bemérés (g)	0g	17,5g	15g	22,5g	30g
bemérés víz	150g	142,5g	135g	127,5g	120g
100 cm <sup>3</sup> oldat tömege	100g	103,1g	106,9g	108,5g	111,5g
oldat sűrűsége	1,000 $\frac{g}{cm^3}$	1,031 $\frac{g}{cm^3}$	1,069 $\frac{g}{cm^3}$	1,085 $\frac{g}{cm^3}$	1,115 $\frac{g}{cm^3}$

8. ábra A fenti táblázat egy diák füzetében

4. Ábrázoljuk grafikonon az oldatok töménységét a sűrűség függvényében (9. ábra)!

- A sűrűség tengelyét 1  $\frac{g}{cm^3}$  értéknél kezdjük skálázni a jobb szemléltetés érdekében.
- A grafikon pontjaira önkényesen egyenest illesztünk, ugyanis ez a legegyszerűbb függvénykapcsolat két mennyiség között. Görbeillesztéshez szükséges lenne a fizikai háttér, a pontos összefüggés ismerete. Ebben az esetben az egyenes illesztése mégis megtehető, ha elfogadjuk, hogy ez csak közelítés.
- Elkészítettük a kalibrációt.

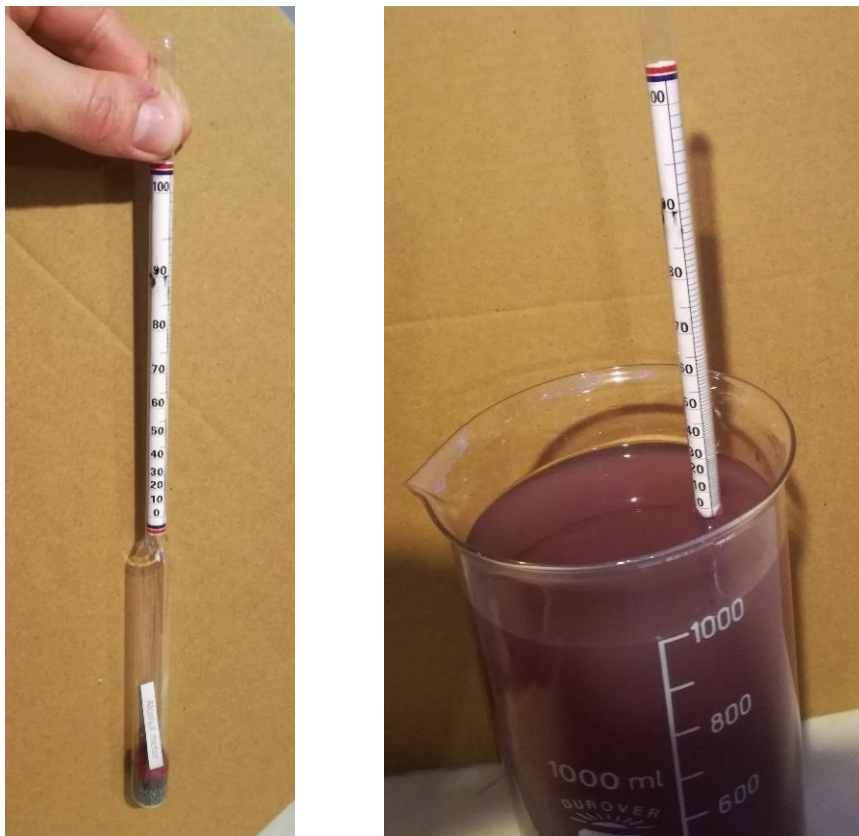


9. ábra Nátrium-klorid oldat töménysége a sűrűség függvényében (diák füzetéből)

5. A grafikon alapján (leolvasással vagy számítással az egyenes egyenletéből) bármely konyhasóoldat koncentrációja meghatározható a sűrűsége alapján.

A lépések elvégzésével és a kísérlet végrehajtásával a diákok maguk is megtapasztalhatják a **kalibrációs eljárás**on alapuló meghatározás módszerét.

A gyakorlati alkalmazásokat tekintve sűrűségmérés alapján határozzák meg például a must cukorkoncentrációját egy areométer nevű eszköz segítségével. A sűrűség mérését ebben az esetben még további áttételes módon visszavezetik hosszúságmérésre. Az eszköz ekkor ugyanis egy úszóhoz hasonlóan Arkhimédész törvényének alapján a folyadék sűrűségétől függő mértékben merül a mustba. A sűrűség tehát az eszköz mustba merülési mélységéből olvasható le. (10. ábra)



**10. ábra** Must sűrűségének mérése areométerrel

### **3. Számítógépes módszerek alkalmazása a természettudományos szemlélet kialakítására**

#### **3.1. BEVEZETÉS**

Ma már minden diák számára hozzáférhető számítógép, így a tanulási folyamatban komoly szerepet kaphat. Fontos, hogy a diákok megtanulják, hogy a számítógépeket értelmes dolgokra használva meg tudják könnyíteni saját életüket: a tanulási folyamatot, egy-egy feladat elvégzését és később mindennapi munkájukat.

A természettudományos szemlélet kialakítása szempontjából azok az alkalmazások jelentősek, melyek során a számítógépet természettudományos jelenségek és folyamatok leírására használjuk illetve a természettudományos adatfeldolgozás módszereit modellezzük.

Ebből a szempontból jól használható a számítógép természettudományos mérések támogatására (adatgyűjtés, adatfeldolgozás, adatok ábrázolása), mások által mért adatok feldolgozására, további adatok kiszámítására, illetve számítási feladatok megoldására, ellenőrzésére.

#### **3.2. MÉRÉSI MÓDSZEREK SZÁMÍTÓGÉPPLEL TÁMOGATVA**

A mai informatikai felszereltséggel lehetőségünk nyílik arra, hogy a diákok akár tanári vezetéssel tanórán, akár egyedül otthon elvégezzenek olyan természettudományos kísérleteket, melyhez számítógépet használnak. Számítógép alkalmazható mérőkísérletekben jelenségek webkamera általi vizsgálatára (lassítás, gyorsítás, ismétlés, adatgyűjtés), egyéb adatgyűjtésre (hang, kép, egyéb bemeneti eszköz); adatok feldolgozására (táblázatba rendezés, mért adatokból eredmények számítása beírt képletek és függvények segítségével); adatok grafikus ábrázolására, görbék illesztésére és ezek adataival való számításra.

A számítógépek szerepének teljes körű bemutatása és lehetőségeinek feltérképezése meghaladja e doktori értekezés kereteit, most csak néhány olyan lehetőséget szeretnék bemutatni, melyek során számítógépes adatgyűjtést és –elemzést használunk a természettudományos mérések módszertanának szemléltetésére.

Több olyan számítógépes program is létezik, mely kifejezetten a webkamera által észlelt kép vagy betöltött videofájlok megadott szempontok szerinti elemzésével szolgáltat adatot egy jelenség vizsgálatához. Ilyen teljesen ingyenesen hozzáférhető program a Tracker [8., 9.] és a magyar mérnökök és informatikusok által kifejlesztett Labcamera (régebben: WebCam Laboratory) program [10.], mely a magyar közoktatás résztvevői számára ingyenesen hozzáférhető a Nemzeti Köznevelési Portálon történő regisztráció után. Utóbbi program kipróbálásában én is részt vettem egy tanulmányi versenyre készülő diákjaim munkáját irányítva. Nagy örömünkre szolgált, hogy a készítők számos

ötletünket, amit a program használata során fogalmaztunk meg, figyelembe vettek és a későbbi verziókba beépítettek.

### **3.2.1. A LabCamera program használata néhány fizikai kísérlet elvégzéséhez és elemzéséhez**

A Károly Ireneusz Fizikaverseny kiírása a 2010/11-es tanévben az otthoni fordulóban azt a feladatot tűzte ki a diákoknak, hogy olyan mérőkísérleteket végezzenek, melyek során az adatgyűjtést és kiértékelést egy webkamerával illetve a WebCam Laboratory szofverrel végzik.

Akkori 9. és 10. évfolyamos diákjaim közül 11 fő vett részt a munkában. Az ezzel kapcsolatos pedagógiai tapasztalataimról a 4. fejezetben írok, most azokat a méréseket ismertetem röviden a számítógéphasználat szempontjából, amelyeket a fenti módszerrel a diákokkal közösen megterveztünk és elvégeztünk.

#### ***A teljes pályamű a doktori dolgozat végén, mellékletben megtalálható.***

A szoftver funkciói [11.] közül a „Kinematika”, a „Mikroszkóp” lehetőségeket alkalmaztuk. Az alábbi mérőkísérleteket végeztük el:

1. Folyadék belső súrlódási együtthatójának meghatározása golyók ejtésével;
2. Pattogó labda mozgásának vizsgálata;
3. Vízben úszó, lenyomott kémcső mozgásának vizsgálata;
4. Combizom által kifejtett erő mérése;
5. Körhinta mozgásának vizsgálata fénykép alapján.

Törekedtünk rá, hogy a számítógép és a program használata ne öncélú legyen. Azaz olyan kísérleteket választottunk, melyek feldolgozásához, elemzéséhez valóban szükséges a számítógép, mert így mást vagy többet kapunk eredményül, mintha csak hagyományos megfigyelést végeztünk volna, pl. a nagy sebességű vagy gyakran ismétlődő mozgás illetve valamilyen geometriai adat (hajlásszög) pontos megmérése.

A versenyre készített dolgozatban (ld. melléklet) a fenti mérések leírása mindegyik esetben tartalmazza a jelenség illetve mérés ***elméleti háttérét***, a ***mérés lényegét***, a ***mérés módszerét***, a ***mért adatokat***, a ***szükséges ábrákat*** (pl. ***grafikonok***) és a ***számított eredményeket***. Ezen felül ***értékeljük*** a kapott eredményeket, elemeztük a ***lehetséges hibaforrásokat*** és megállapítottuk, hogy a program milyen továbbfejlesztése segítené még jobban a mérés kivitelezését. Az elkészített és beküldött, díjnyertes dolgozathoz az alábbiakban csak a számítógép szerepét emelem ki az egyes mérésekben.

#### **3.2.1.1. Folyadék belső súrlódási együtthatójának meghatározása**

A Stokes-törvény alkalmazásával, levezetés alapján megállapítottuk, hogy egy folyadék belső súrlódási együtthatójának, azaz dinamikai viszkozitásának ( $\eta$ ) méréséhez egy ismert sűrűségű folyadékban ( $\rho_{\text{folyadék}}$ ) le kell ejtenünk egy ismert sugarú ( $r$ ) és sűrűségű ( $\rho_{\text{golyó}}$ ) golyót, és mérnünk

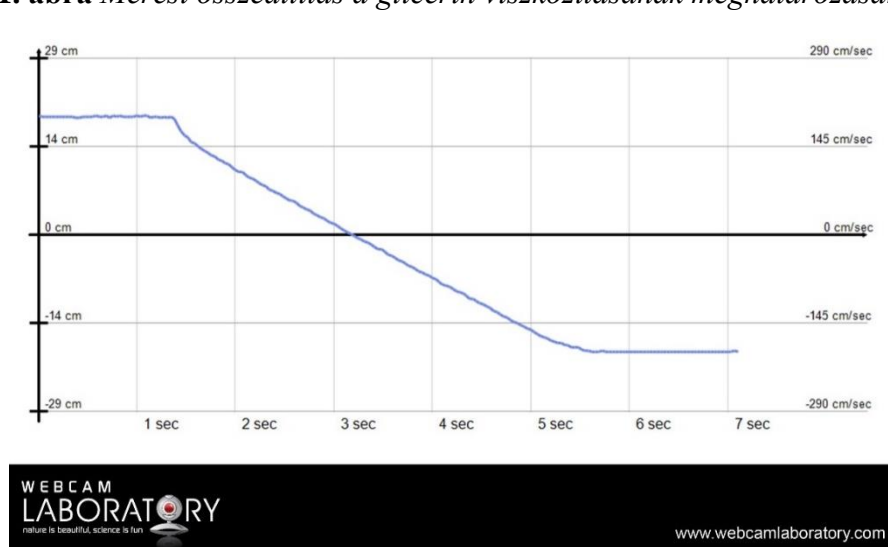
kell a golyó állandó sebességét ( $v$ ). Így a viszkozitás a mozgás dinamikai leírása után az alábbi képlettel adható meg:

$$\eta = \frac{2}{9} \frac{(\rho_{\text{golyó}} - \rho_{\text{folyadék}}) r^2 g}{v}$$

A számítógépet és a mérőprogramot ebben az esetben arra használtuk, hogy a glicerinbe (mint választott vizsgált folyadék) ejtett golyó sebességét megmérjük (11. ábra). A LabCamera program követte a golyó mozgását, így felvette annak **hely-idő adatpárjait**. Mivel a golyó egyenletes mozgást végez, ezeket grafikonon ábrázolva egyenest kaptunk (12. ábra). Meghatároztuk a kapott egyenes meredekségét (a mérőprogram Mikroszkóp funkciójával egy könnyen és pontosan megtehető), mely adat megegyezik a golyó sebességével. A sebesség ismeretében a glicerin viszkozitása a fenti összefüggés alapján számítással adódik. A módszert különböző töménységű (50-100 térfogat%) glicerinolatokkal is elvégeztük, így kalibrációt hajtottunk végre a glicerin töménysége és összetétele közötti összefüggés megállapításához.



11. ábra Mérési összeállítás a glicerin viszkozitásának meghatározásához



12. ábra Golyó esésének út-idő grafikonja (100%-os glicerinben)

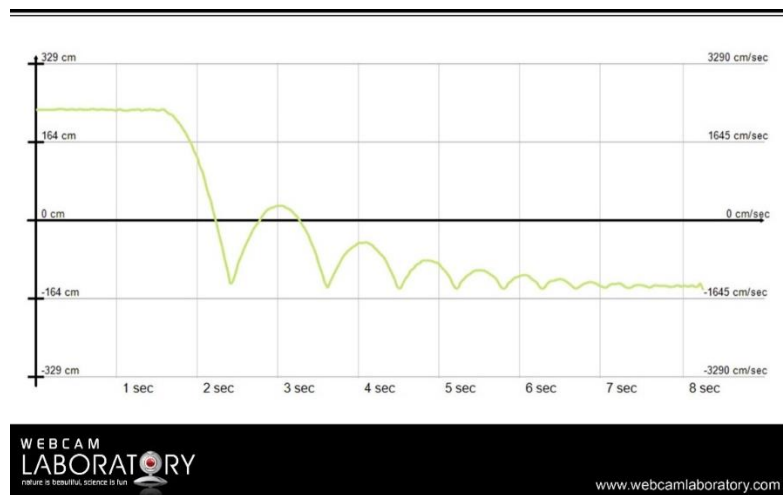
### 3.2.1.2. Pattogó labda mozgásának vizsgálata

Ha adott magasságból leejtünk egy rugalmas labdát, az a földről folyamatos pattogással egyre kisebb magassáig pattan vissza (13. ábra). A WebCam Laboratory szoftver Kinematika funkcióját felhasználva a labda mozgásának vizsgálatával az alábbi kérdésekre kerestük a választ: „A labda felle pattogása első ránézésre hasonlít a rugóra akasztott test mozgásához. Harmonikus rezgőmozgást végez-e a labda?”; „Mekkora a pattogások rugalmasságára jellemző ütközési szám?”; „Mekkora energiát veszít a labda egy lepattanás során?”

A kérdések megválaszolásához a labda mozgásának vizsgálata során készített **hely-idő adatpárokat** és az ezeket ábrázoló **grafikonokat** (14. ábra) használtuk fel és elemeztük. Sajnos a programnak ebben a fejlesztési fázisában a sebesség-idő és a gyorsulás-idő grafikonokból nem tudtunk információt kinyerni, mivel azok a „simítás” funkcióval még nem rendelkeztek. A mérés kiértékelése a mellékletben található dolgozatban szerepel.



13. ábra Mérési összeállítás pattogó labda mozgásának vizsgálatához



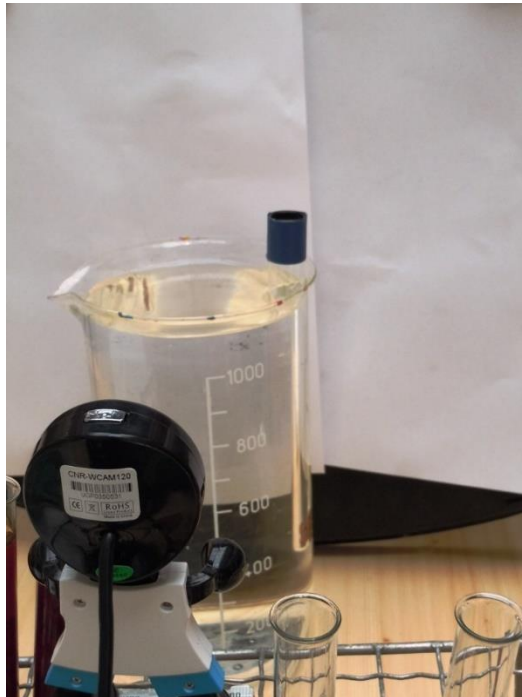
14. ábra Pattogó labda mozgásának magasság-idő grafikonja



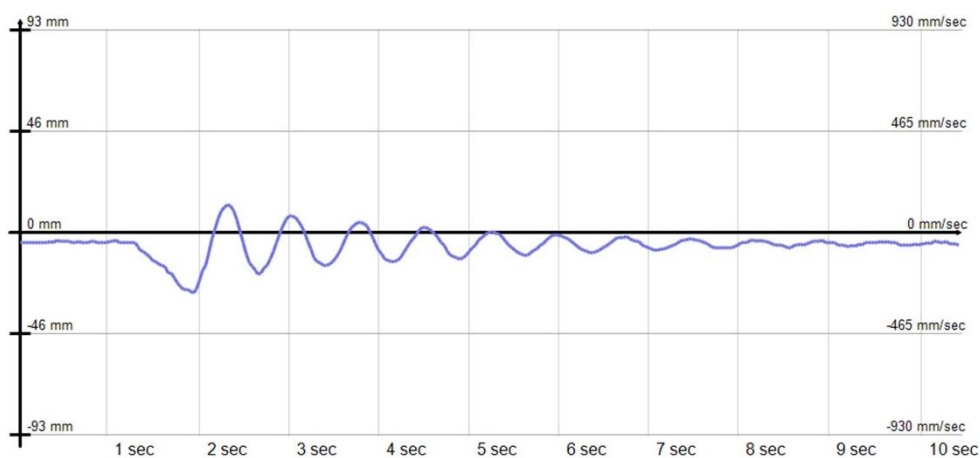
### 3.2.1.3. Vízben úszó, lenyomott kémcső mozgásának vizsgálata

A kísérletben vízben úszó, lenyomott kémcsőnek a mozgását vizsgáltuk. Arra voltunk kíváncsiak, hogy elengedés után a kémcső mozgása *tekinthető-e csillapított rezgőmozgásnak*, s ha igen, *a mozgásra vonatkozó mért és a számított adatok (pl. rezgésidő) megegyeznek-e egymással*.

A mérés kivitelezése során az ólomgolyókkal kiegyensúlyozott kémcsövet vízbe helyezve lenyomtuk néhány cm-t, majd elengedtük (15. ábra). Mozgását a WebCam Laboratory program „Kinematika” funkciójával vizsgáltuk, itt is *hely-idő adatpárokat gyűjtve* és ezeket *ábrázolva* (16. ábra), majd *elemelve*.



15. ábra Mérési összeállítás a webkamerával, a vízbe nyomott kémcső mozgásának vizsgálatához

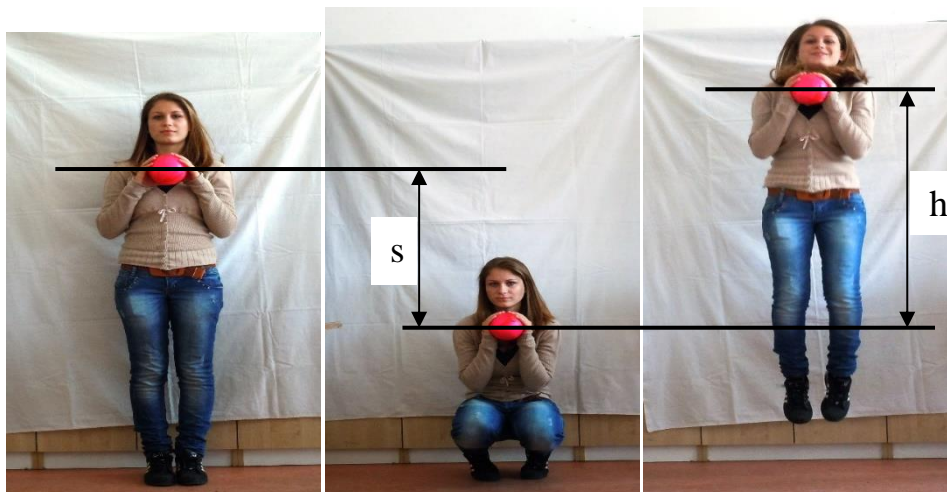


16. ábra A kémcső mozgásának út-idő grafikonja

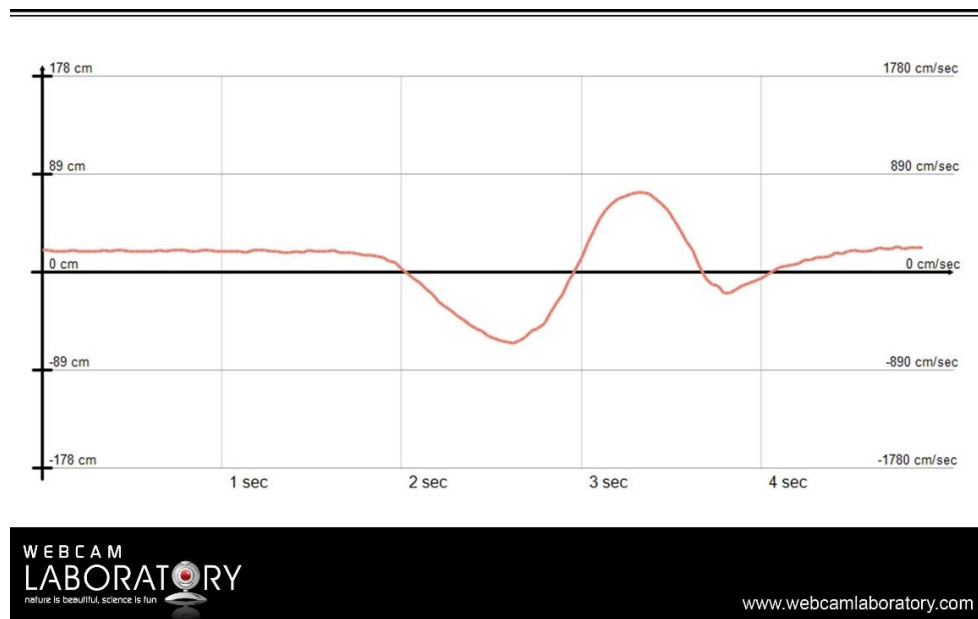
A grafikont elemezve megállapítottuk, hogy a görbe egy közegellenállással csillapított rezgőmozgást ír le és leolvastuk róla a periódusidőt. Ezt az adatot elméleti számítással is meghatároztuk a kémcsőre ható nehézségi erő, a felhajtóerő és a lenyomáshoz szükséges erő figyelembe vételével. A mért és számított értékek között legfeljebb néhány század másodpercnyi eltérést kaptunk.

#### 3.2.1.4. Combizom által kifejtett erő mérése

A combizom által kifejtett (maximális) erőt guggolásból való felugrás során a súlypont emelkedéséből a munkatétel alapján határoztuk meg. Ehhez meg kellett mérnünk a guggolás során bekövetkező magasságcsökkenést ( $s$ ) és (ehhez az állapothoz képest) a felugrás magasságát ( $h$ ) (17. ábra). A mérést a WebCam Laboratory program Kinematika funkciójával végeztük. Egy felugró ember függőleges mozgásának út-idő grafikonját kellett felvennünk úgy, hogy arról az említett, szükséges távolságok leolvashatók legyenek (18. ábra).



17. ábra A felugrás egyes pillanatai, a mérendő adatokkal



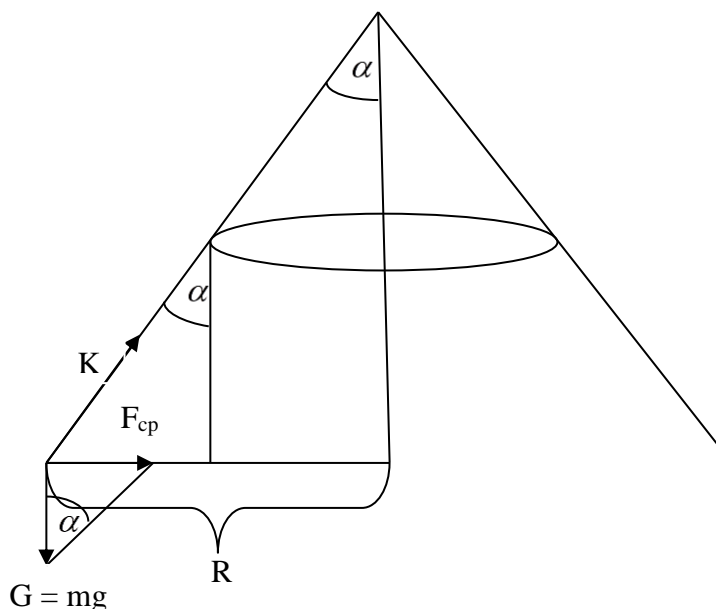
18. ábra Guggolásból felugrás magasság-idő grafikonja

A mért adatok kiértékelése a mellékletben található dolgozatban szerepel.

Érdemes megemlíteni, hogy ha a mérést többféle guggolási mélységgel végezzük, meg tudjuk határozni, milyen mélységű guggolás esetén tudjuk a legnagyobb erőt kifejteni combizmunkkal, s így a legmagasabbra ugrani. A legmélyebb guggolás feltehetően nem a legkedvezőbb állapot, hiszen a combizomnak hosszú úton kell munkát végeznie, miközben elfárad, s így a végén már csak kisebb erőt tud kifejteni. Ennek a mérésnek az elvégzése egy újabb interdiszciplináris feladat lehet.

### 3.2.1.5. Körhinta mozgásának vizsgálata fénykép alapján

Egy mozgásban lévő körhintáról készült fénykép alapján meghatározhatók a körhinta mozgásának jellemzői: *periódusideje, szögsebessége, kerületi sebessége, centripetális gyorsulása*. Ismeretes, hogy a fenti mennyiségek kiszámításához elegendő ismernünk a mozgás periódusidejét. A periódusidőt ( $T$ ) ki tudjuk számítani a hinta kitérülésének a függőlegessel bezárt szöge ( $\alpha$ ) és a hinta tengelytől való távolságának ( $R$ ) ismeretében (19. ábra).



**19. ábra** A szélső helyzetben levő hinta jellemzői és a rá ható erők

Levezetés során figyelembe kell venni egy hintaülésre ható nehézségi erőt és a függesztő lánc által kifejtett kötélérőt, melyek eredőjeként adódik a hintaülés egyenletes közmozgását fenntartó centripetális erő. A keresett mennyiségek kiszámítására az alábbi formulák adódtak:

$$\text{A körhinta mozgásának periódusideje: } T = \sqrt{\frac{4\pi^2 R}{g \cdot \operatorname{tg} \alpha}}$$

$$\text{A körhinta szögsebessége: } \omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\text{Egy hintaülés kerületi sebessége: } v_k = \omega \cdot R$$

Egy hintaülés centripetális gyorsulása:  $a_{cp} = \omega^2 R$

A mérés elvégzéséhez a WebCam Laboratory program mikroszkóp funkcióját használtuk. A programba betöltött fényképen az  $\alpha$  szöget, azaz a hintaülés zsinórjának a függőlegessel bezárt hajlásszögét, valamint Kalibráció után az  $R$  távolságot tudtuk egyszerűen és pontosan meghatározni.

### 3.3. SZÁMÍTÓGÉP AZ ADATFELDOLGOZÁSBAN

A tanórákon, szakkörökön elvégzett kísérletek jelentős része mérés. Ez főleg a fizikára igaz, de kémiából is említhetők pl. a titrálások. A mért adatok feldolgozása, azaz a keresett mennyiség kiszámítása a közvetlenül mért adatból sokszor hosszadalmas. Különösen igaz ez, ha párhuzamos méréseket végzünk, és többször egymás után kell ugyanazt a számítási folyamatot végigvinni. A számítógép hasznos lehet több esetben is.

Sokszor a kísérletnek csak az eredményét szeretnénk bemutatni a diákjainknak valamilyen okból, mert a számítás menetét már gyakoroltattuk, most az élő mérőkísérleten van a hangsúly. Vagy előfordulhat, hogy a mérés elvégzése önmagában is hosszú időt vesz igénybe (sok időt elvisz a tanórából), így nem lenne idő a mérés eredményének diszkussziójára. A számítógépes adatfeldolgozás jól alkalmazható alacsonyabb évfolyamos diákokkal, ha a számítás a matematikai apparátus hiányosságai miatt nehézségbe ütközne.

A fenti esetekben eredményesen alkalmazható a kiértékelés lépéseinek és a számítások elvégzésére a Microsoft Excel program [12.]. Egy megfelelően előkészített táblázatba csak be kell írni a mérési adatokat, és a dinamikus frissülő táblázat **azonnal kiírja** az adatokból kiszámítható eredményeket, végső soron a meghatározandó mennyiséget.

A táblázatot a tanár maga is készítheti, de a diákok számára igen tanulságos, ha ők maguk is készítenek egy-egy ilyen file-t. A számítás algoritmusai ugyanis természetesen megegyezik a „papíron” történő feladatmegoldással, a paraméteres számításra hasonlít. A mennyiségek jele helyett itt a megfelelő cellákra kell hivatkozni, a matematikai műveletek egy része helyett pedig a programba beépített függvényeket kell használni.

A módszer fizikai és kémiai tárgyú mérésekben is alkalmazható. További előnyei között megemlíthető, hogy a diákok okostelefonjuk segítségével **már az órán vagy szakkörön** is használhatják a táblázatot, így a módszer tanulókísérletek során is alkalmazható. Egy méréssorozat esetén az adatok **grafikus ábrázolása rögtön megoldható** a programban. Az esetleges mérési hibák korrekciójával a meghatározott adat értéke a pontosabb értékre **azonnal frissül**. A tanár feloszthatja a diákok közt a méréseket, pl. különböző paraméterek kiadásával, majd az adatokat egyesítve megosztott táblázat (pl. Google Drive) segítségével megállapíthatják a mennyiségek egymástól való függését és ábrázolhatják grafikonokon a mennyiségeket. Ez a módszer **házi feladatként** is alkalmazható, a diákok otthonról töltik fel a **közös táblázatba** az otthoni kísérletben mért értékeiket.

A módszer fontos előnyös tulajdonsága, hogy a **számítási nehézségekkel, részképességzavarral küzdő diákok** is örömmel bekapcsolódhatnak mérési feladatok elvégzésébe, azok kiértékelése nem okoz számukra megoldhatatlan problémát s így frusztrációt. A sikerélmény kedvet adhat nekik „hagyományos” számítási feladatok elvégzéséhez. Végül, a módszer a **tanári munkát is könnyíti** ismeretlen fizikai, kémiai mennyiség meghatározására vonatkozó feladatban (pl. egy ismeretlen koncentrációjú oldat titrálása), hiszen a diákok eredményét könnyen ellenőrizhetjük.

A módszer sokféle természettudományos mérés esetén alkalmazható. Például nehézségi gyorsulás meghatározása testek különböző magasságból történő ejtésének adatai alapján vagy különböző hosszúságú fonálingák lengésidejének alapján. Jól használható ismeretlen tömegű tárgyak tömegének meghatározására rezgésidő mérése alapján; súrlódási együttható mérésére, ha azt tárgyak lejtőn való lecsúszásával, hajlásszögből számítjuk. Kémiai példaként ismeretlen koncentrációjú oldat koncentrációjának sav-bázis vagy redoxi titrálással való meghatározása említhető.

### **3.4. SZÁMÍTÓGÉP A FELADATMEGOLDÁSBAN**

A Microsoft Excelben készített táblázatok nemcsak kísérleti adatok feldolgozására alkalmasak. Bizonyos, pedagógiailag indokolt esetekben fizikai és kémiai **számítási feladatok elvégzésére** is használhatjuk ezt a formát. [13., 14., 15.]

#### **3.4.1. A módszer alkalmazhatósága**

Microsoft Excellel támogatott feladatmegoldás általánosságban olyan esetekben lehet indokolt és ajánlott, mint például algoritmikusan megoldható ún. „típusfeladatok” ellenőrzése, melyek esetén a feladat megértése után kiderül, hogy a keresett mennyiséget ugyanúgy kell kiszámítani, mint az előző esetekben. Például egy gáz valamely állapotjelzőjének kiszámítása az ideális gáz állapotegyenlete alapján. Elegendően sok számításon feladatfüzetben való megoldása és gyakorlása után egy új módszer bemutatása lehet a diákoknak arra, hogyan lehet **sok adatot egyszerűen és röviden** feldolgozni. Például: adott húzóerő hatására elmozdul-e a test a súrlódás ellenére és mekkora lesz a gyorsulása? Használható **sorozatszámítások leegyszerűsítésére** annak érdekében, hogy a kiszámított eredményekből önmagukon túlmutató következtetéseket vonjunk le. Például a Naprendszer bolygóinak felszínén érvényes gravitációs gyorsulás értékének kiszámítása. Jól alkalmazható a **tanári munka segítésére** típusfeladatok eredményének egyszerű meghatározására gyakorló feladatsorok összeállításánál illetve dolgozatok összeállításánál (párhuzamos osztályok dolgozatai, valamint A, B és C csoport).

Diákjainknak érdemes megemlíteni, hogy a kutatások és a tanulás segítésére alkalmazott számítógépes szimulációk is hasonló elvek szerint működnek.

A fentieknek megfelelően a fizika és a kémia szinte minden témakörében találunk olyan feladattípusokat és eseteket, melyekben a módszer haszonnal alkalmazható.

Az Excellel történő feladatmegoldás módszerét azonban **kellő körültekintéssel** kell alkalmazni, nehogy a diákok úgy érezzék, hogy a tanár a munka elkerülésére biztatja őket. Mint minden olyan esetben, amikor a tanulási folyamatot számítógéppel támogatjuk és IKT eszközöket használunk, itt is fontos, hogy csak akkor alkalmazzuk ezt a módszert, amikor **többet és mást nyújt**, mintha nem alkalmaznánk. Azaz nem szabad, hogy ez a módszer a füzetben való feladatmegoldást és gyakorlást teljes mértékben felváltsa, így a diákok gondolkodásának fejlesztése helyett annak elcsökevényesedését indukálja.

Az Excellel történő feladatmegoldást minden esetben meg kell előznie kellő mennyiségű füzetben megoldott feladatmegoldásnak és ezek gyakorlásának. Csak azok után lehet az összetett feladatok megoldására a számítógépet használni, hogy a diákoknak az alapszámítások elvégzése már nem okoz elvi nehézséget, annak csak az időtartamát szeretnénk rövidíteni.

Fel kell hívni a diákok figyelmét és tudatosítani kell bennük, hogy az alkalmazott esetekben a számítógépes módszert csak mint **támogató segítséget** használjuk, ez teljes egészében nem helyettesítheti az ő gondolkodásukat. Hiszen a feladatmegoldás és a gyakorlás azt a célt szolgálja, hogy a diákok rutint szerezzenek a problémamegoldó gondolkodásban, és a lényeg nem feltétlen csak a végeredmény konkrét értékének a kiszámítása.

Ebben az esetben különösen fontos és szükséges, hogy az Excel-táblázatot a diákok maguk készítsék el. Ugyanis annak megalkotása során is végig kell követniük azt a gondolatmenetet, amely a feladat papíron történő megoldásához szükséges, sőt a szükséges változtatások (cellahivatkozások, függvények alkalmazása) elvégzése során még absztrakciós készségük és analógiás gondolkodásuk is fejlődik.

A módszer hátránya, hogy egy adott táblázat csak egy-egy konkrét feladatban egy-egy konkrét mennyiség kiszámítására alkalmas. Ezt a tényt bizonyos szempontból előnnyé is alakíthatjuk, ha felhívjuk a diákok figyelmét arra, hogy a „program” csak egy-egy speciális, konkrét esetre alkalmazható, az emberi gondolkodás azonban univerzális.

Az Excellel segített feladatmegoldás minden olyan esetben alkalmazható, amikor egy jelenség leírásakor a mennyiségre a releváns paraméterekkel kifejezhető összefüggés (függvénykapcsolat) adódik. A teljesség igénye nélkül felsorolok néhány általam is sikeresen vizsgált témakört:

## Fizika

### 1. Mechanika

<b>Témakör</b>	<b>Excellel elvégezhető feladat</b>
Kinematika	Egyenletesen gyorsuló mozgást vagy szabadesést végző test által megtett út meghatározása tetszőleges idő elteltével vagy a mozgás valahányadik másodpercében.
Nehézségi erő	Adott tömegű testre adott nagyságú, függőlegesen felfelé mutató húzóerő hat. Milyen mozgást fog végezni a test, mekkora erővel nyomja az alátámasztást, mekkora a gyorsulása?
Súrlódás	Adott tömegű testre adott nagyságú, vízszintes irányú húzóerő hat adott tapadási és csúszási súrlódási erő mellett. Elmozdul-e a test, ha eredetileg állt? Mekkora lesz a gyorsulása az egyes esetekben?
Gravitáció	Kepler III. törvényének ellenőrzése illetve alkalmazása a Naprendszer bolygóira vagy akár exobolygókra; a nehézségi gyorsulás magasságfüggésének szemléltetése; a nehézségi gyorsulás értéke a Naprendszer bolygóinak felszínén.
Lendületmegmaradás törvénye	Ütközések adott tömegű testek között adott sebességgel. Meghatározandó a testek ütközés utáni sebessége.
Ingamozgás, rezgőmozgás	A periódusidő kiszámítása a megadott paraméterek alapján; a periódusidő és a befolyásoló tényezők közti arányosság szemléltetése számítással, grafikonon való ábrázolással.
Lejtő	Gyorsulás számítása hajlásszög ismeretében, ebből megtett út stb. számítása, a négyzetes úttörvény ellenőrzése (a sinus- és cosinusfogalom hiányának áthidalására alsóbb évfolyamokon).
Hajítások	A hajítások adatainak (emelkedési idő, emelkedés magassága, hajítás távolsága stb.) kiszámítása megadott kezdőfeltételekből; a hajítások adatai és a kezdőfeltételek közti összefüggések és arányosságok szemléltetése.

### 2. Hőtan

Hőtágulás	Adott hőmennyiség hatására adott anyagú és méretű tárgy méreteinek megváltozása.
Hőmennyiség	Testek termikus kölcsönhatása során kialakuló közös hőmérséklet számítása.
Az ideális gáz állapotegyenlete	A hiányzó állapotjelző értékének kiszámítása a megadottakból; adott állapotú gáz sűrűségének kiszámítása.

### 3. Elektromosságtan

Elektrosztatika	Adott ponttöltés körüli térben a térerősség illetve potenciál értékének kiszámítása.
Áramkörök	Eredő ellenállás számítása párhuzamos kapcsolás esetén.
Elektromos energia és teljesítmény	A főágban folyó áramerősség kiszámítása háztartásban; elektromos gépek üzemeltetési költségének kiszámítása.

#### 4. Optika

Fénytörés	Snellius-Descartes törvény alkalmazása különböző esetekben; különböző beesési szöghöz tartozó törési szögek összehasonlítása; teljes visszaverődés értelmezése, határszög számítása.
Prizma	Különböző beesési szöghöz tartozó törési szögek összehasonlítása; diszperzió jelenségének értelmezéséhez különböző színű fények törési szögének kiszámítása.
Tükrök, lencsék	Megadott paraméterek alapján a kép helyének és méretének meghatározása.

#### 5. Modern fizika

Atomszerkezet	Balmer-formula ellenőrzése színeképvonalak hullámhosszadatai alapján.
Relativitáselmélet	Tömeg-energia ekvivalencia alapján adott tömeghez tartozó energia értékének kiszámítása és fordítva.

#### Kémia

Oldatok	Adott koncentrációjú, adott mennyiségű oldat készítése (akár az előkészítő tanár vagy laboráns munkájának megkönnyítése); tömeg% és anyagmennyiség-koncentráció átváltása; keverési törvény alkalmazása.
Termokémia	Reakcióhő számítás képződéshők illetve kötési energiák alapján; hasonló reakciók reakcióhőinek összehasonlítása.
Sav-bázis folyamatok	pH számítás (a logaritmus-fogalom hiányának áthidalására); titrálási feladatok (a végeredmény ellenőrzésére, titrálási görbe készítéséhez); gyenge savak és bázisok (adott koncentrációjú gyenge sav vagy bázis pH-jának kiszámítására, illetve adott pH-jú gyenge sav vagy bázis bemérési koncentrációjának kiszámítására).

Az alábbiakban két konkrét példán keresztül bemutatom a módszer alkalmazását. [16.]

#### **3.4.2. Képzeltbeli úrutazás – Excellel számítva**

A gravitációs erőt (talán annak csillagászati vonatkozásai miatt) mindig körbeveszi egyfajta „misztikum” a diákok, de sokszor a felnőttek részéről is. Emiatt sok a témakörrel kapcsolatos bizonytalanság, sőt időnként tévképzet is. Például ilyen kijelentések és kérdések formájában: „Az űrhajósok azért lebegnek az űrhajóban, mert olyan magasan vannak, hogy ott már nem vonzza őket a Föld. Vajon milyen távol kell ehhez menni a Föld felszínétől?”

A gravitációs erő erőtvényének alkalmazásával, számítási feladatok elvégzésével a diákok elmélyíthetik tudásukat és saját „tapasztalatokat” szerezhetnek ezekről a kérdésekről. A számítások azonban matematikai nehézségeket okozhatnak a diákoknak. A képletben szereplő mennyiségek ugyanis vagy olyan nagyok (pl. bolygó tömege) vagy olyan kicsik (gravitációs állandó), hogy azokat



általában normálalakban írjuk fel. A távolságtól való négyzetes függés is bonyolíthatja a képlettel való számítást. Ezen felül, ha sorozatos számításokat szeretnénk elvégezni, akkor a fenti problémákkal is sorozatosan találkozunk. Így a tanulságok levonása helyett a diákokban csak a nehézség és a gondok tudatosulnak.

Fentiek megoldására a gravitációs erővel való számítások elvégzésére a Microsoft Excel programot használjuk. Ennek előnye, hogy a normálalakkal való számításból adódó hibák esélyét csökkentve a munkát a *számítógép elvégzi helyettünk*, valamint, hogy egymáshoz hasonló problémák/feladatok során a sorozatszámítások egyszerűvé válnak.

### ***Oldjuk meg a következő két konkrét feladatot!***

1. Ellenőrizzük, hogyan változik a Föld által kifejtett gravitációs erő a Földtől való távolodás során! Számítsuk ki, hogy mekkora a Föld tömegvonzásából adódó gravitációs gyorsulás értéke
  - a. a Föld felszínén;
  - b. az űrhajók keringési pályájának magasságában;
  - c. a Hold távolságában!
2. Csak a Star Wars filmekben igaz (sok más furcsaság mellett), hogy minden bolygón ugyanakkora gravitációs erő hat a szereplőkre. Képzeljük el, hogy egy kirándulás keretében végiglátogatjuk a Naprendszer bolygóit! Számítsuk ki, mekkora a bolygók felszínén a gravitációs gyorsulás értéke, és hogy oda érkezve mekkora súlyúnak éreznénk magunkat! Adjuk meg ezt az értéket a Föld felszínén mért súlyunkhoz képest! (A bolygók tengely körüli forgásából adódó centrifugális erőtől tekintsünk el!)

A számításokat mindegyik esetben Microsoft Excel programmal végezzük, a szükséges adatokat keressük meg az interneten!

A megoldás lépéseit terjedelmi okokból most nem részletezem, ezek szerepelnek a témában megjelent publikációmban [16.]. Itt csak a szükséges adatokat tartalmazó legelső (20. ábra), valamint az eredményeket megadó, legvégül kapott táblázatot ábrázoló képernyőkép (21. ábra) szerepel.

	A	B	C	D	E
	Bolygó	Bolygó sugara (km)	Bolygó sugara (m)	Bolygó tömege (kg)	
1					
2	Merkúr	2439 km	2439000 m	3,30E+23 kg	
3	Vénusz	6052 km	6052000 m	4,87E+24 kg	
4	Föld	6378 km	6378000 m	5,97E+24 kg	
5	Mars	3394 km	3394000 m	6,42E+23 kg	
6	Jupiter	71492 km	71492000 m	1,90E+27 kg	
7	Szaturnusz	60268 km	60268000 m	1,68E+26 kg	
8	Uránusz	25559 km	25559000 m	8,68E+25 kg	
9	Neptunusz	24764 km	24764000 m	1,02E+26 kg	
10					
11					
12					
13	Gravitációs állandó:	6,67E-11 N·m <sup>2</sup> /kg <sup>2</sup>			
14					
15	Próbatest tömege:	60 kg			
16					
17					

20. ábra A készülő táblázat a szükséges adatokkal

	A	E	F	G	H	I	J
	Bolygó	Gravitációs gyorsulás a felszínen (m/s <sup>2</sup> )	Próbatest súlya a bolygón (N)	Próbatest súlya a Föld felszínén mért értékhez képest	felszintől mért magasság (km)	felszintől mért magasság (m)	Gravitációs gyorsulás adott magasságban (m/s <sup>2</sup> )
1							
2	Merkúr	3,70 m/s <sup>2</sup>	222 N	0,38			
3	Vénusz	8,86 m/s <sup>2</sup>	532 N	0,91			
4	Föld	9,80 m/s <sup>2</sup>	588 N	1,00	200 km	200000 m	9,21 m/s <sup>2</sup>
5	Mars	3,72 m/s <sup>2</sup>	223 N	0,38			
6	Jupiter	24,80 m/s <sup>2</sup>	1488 N	2,53			
7	Szaturnusz	3,09 m/s <sup>2</sup>	185 N	0,31			
8	Uránusz	8,86 m/s <sup>2</sup>	532 N	0,90			
9	Neptunusz	11,09 m/s <sup>2</sup>	666 N	1,13			
10							

21. ábra A kész táblázat képernyőképe (az átláthatóság érdekében a B-D oszlopok elrejtve)

Az alkalmazott módszer, azaz az Excel használatának előnye ebben a konkrét feladatban, hogy **a 8 kiszámítandó értéket egyszerre**, egyetlen mozdulattal kapjuk meg, ugyanis a helyesen beírt képlet alapján azt a **számítógép számítja ki helyettünk**. A másik nagy előny, hogy **univerzális megoldást** kaptunk, ugyanis az így elkészített táblázatban, ha a felszintől mért magasságra a H4 cellába tetszőleges értékeket írunk be, a J4 cella értéke annak megfelelően, azonnal, dinamikusan frissül. Így könnyen és gyorsan tudjuk szemléltetni, hogy az űrhajósok magasságában (kb. 200 km) a gravitációs gyorsulás értéke a földfelszíni értékhez képest alig csökken (9,20 m/s<sup>2</sup>-re). Kipróbálható, hogy a gravitációs erő erőtvénye szerint a bolygó középpontjától mért kétszeres távolság, azaz földugárnyi magasság esetén  $g$  értéke a felszíni érték negyedére csökken,  $\sqrt{2}$ -szeres távolság, azaz kb. 2600 km-es magasság esetén pedig felére csökken.

### **3.4.3. Telített szénhidrogének fajlagos égéshőjének összehasonlítása**

A telített szénhidrogének (alkánok) jelentős szerepet töltenek be az energiatermelésben. Gáz halmazállapotú képviselőik (metán, etán, propán, bután) vezetékes és palackos földgáz formájában jutnak el a felhasználókhoz, a folyékony halmazállapotú, kis szénatomszámú alkánok pedig többnyire a benzin összetevői.

Az alkánok által hordozott energiát pl. égetéssel lehet felszabadítani, mely során szén-dioxid és vízgőz keletkezik. A különböző alkánok esetén az eltérő szén- és hidrogénatomszám miatt eltérő a moláris égéshő érték. Érdekes tömegegységre vonatkoztatva összehasonlítani ezeket az értékeket, azaz fajlagos égéshőt számítani azért, hogy lássuk, melyik alkánt éri meg a legjobban elégetni.

A moláris égéshő kiszámítása a rendezett reakcióegyenlet alapján Hess tételének figyelembe vételével könnyen megtehető, a kilencedik évfolyamos termokémiai ismeretek szükségesek hozzá. Eszerint a keletkezett anyagok képződéshőjének összegéből ki kell vonni a kiindulási anyagok képződéshőjének összegét. Ugyanakkor fontos figyelembe venni, hogy ha akár csak az első tíz alkán esetén szeretnénk ezt a számítást elvégezni, akkor is ***tíz reakcióegyenletet kell rendezni és tízszer kell elvégezni*** a reakcióhő számításának fenti algoritmusát!!!

Természetesen, amennyiben a gyakoroltatás a célunk, ezt a feladatot a hagyományos módon érdemes kiadni a diákoknak: dolgozzanak papíron, segédeszközként legfeljebb számológépet használva. Előfordulhat viszont például szerves kémia témakörben az alkánok tárgyalásakor, hogy csak a végeredmény a lényeges. Ilyenkor a tíz számítás feleslegesen sok időt vesz igénybe, illetve előfordulhat, hogy a diákok egy részének megfakultak már termokémiai emlékei. De az is lehet, hogy energiagazdálkodás témában szeretnénk a kérdést megvitatni alacsonyabb évfolyamú diákokkal, akik a reakcióhő számításáról még egyáltalán nem vagy csak keveset tanultak. Ezekben az esetekben alkalmazható jól az Excel, mind a reakcióegyenletek rendezésére, mind pedig a reakcióhő kiszámítására. Ennek előnye, hogy a szükséges kémiai ismeretek hiányos vagy elhalványult mivolta nem okoz nehézséget, illetve az algoritmikus lépések elvégzéséhez szükséges idő a töredékére csökken. Fontos szempont, hogy ezzel a módszerrel sem számítási- vagy előjelhibák, sem pedig az egymás utáni gépies számítások közbeni figyelmetlenségből adódó hibák nem fordulhatnak elő.

#### ***Végezzük el az alábbi feladatot!***

Tegyük fel, hogy az első tíz alkánból azonos tömegű mennyiséget töltöttek egy-egy palackba<sup>3</sup>. Ha mindegyik palackot ugyanazon az áron vásárolhatjuk meg, akkor melyiket éri meg a legjobban megvennünk, feltéve, hogy a szénhidrogént elégetve melegítésre szeretnénk használni?

---

<sup>3</sup> A metán és az etán szobahőmérsékleten nem cseppfolyósítható kizárólag összenyomással, mert ún. szuperkritikus állapotban vannak. Ezért nem ezeket a gázokat, hanem a propánt és a butánt töltik palackokba. A feladat szempontjából ez a tény azonban mellékes.

A válasz megadásához gyakorlatilag össze kell hasonlítani az első tíz alkán fajlagos égéshőjét. Ehhez előbb a rendezett reakcióegyenletek alapján ki kell számítani a moláris égéshő értékeket, majd azokat a moláris tömeggel elosztva megkapjuk az 1 g alkán égését kísérő energiaváltozás értékét. Ezeket kell összehasonlítani.

A megoldás lépéseinek részleteit ebben az esetben is a témában megjelent publikációm tartalmazza [16.]. Itt csak a végleges táblázatot mutató képernyőkép (22. ábra) szerepel.

Q2		=I2*\$AD\$2+L2*\$AD\$3-FKERES(B2;\$AA\$5:\$AD\$14;4)																														
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD		
1																	Moláris égéshő	Moláris tömeg		Fajlagos égéshő										Képződéshők		
2	C	1	H	4	+	2	O <sub>2</sub>	=	1	CO <sub>2</sub>	+	2	H <sub>2</sub> O				Δ <sub>r</sub> H = -803,1 kJ/mol	M = 16,0 g/mol		Q <sub>fajlagos</sub> = -50,19 kJ/g								Δ <sub>k</sub> H(CO <sub>2</sub> ) = -394 kJ/mol				
3																													Δ <sub>k</sub> H(H <sub>2</sub> O(g)) = -242 kJ/mol			
4	C	2	H	6	+	3,5	O <sub>2</sub>	=	2	CO <sub>2</sub>	+	3	H <sub>2</sub> O				Δ <sub>r</sub> H = -1429,4 kJ/mol	M = 30,0 g/mol		Q <sub>fajlagos</sub> = -47,65 kJ/g												
5																													1	Δ <sub>k</sub> H(CH <sub>4</sub> ) = -74,9 kJ/mol		
6	C	3	H	8	+	5	O <sub>2</sub>	=	3	CO <sub>2</sub>	+	4	H <sub>2</sub> O				Δ <sub>r</sub> H = -2046,0 kJ/mol	M = 44,0 g/mol		Q <sub>fajlagos</sub> = -46,50 kJ/g									2	Δ <sub>k</sub> H(C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> ) = -84,6 kJ/mol		
7																														3	Δ <sub>k</sub> H(C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ) = -104,0 kJ/mol	
8	C	4	H	10	+	6,5	O <sub>2</sub>	=	4	CO <sub>2</sub>	+	5	H <sub>2</sub> O				Δ <sub>r</sub> H = -2662,0 kJ/mol	M = 58,0 g/mol		Q <sub>fajlagos</sub> = -45,90 kJ/g									4	Δ <sub>k</sub> H(C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> ) = -124,0 kJ/mol		
9																														5	Δ <sub>k</sub> H(C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> ) = -146,4 kJ/mol	
10	C	5	H	12	+	8	O <sub>2</sub>	=	5	CO <sub>2</sub>	+	6	H <sub>2</sub> O				Δ <sub>r</sub> H = -3275,6 kJ/mol	M = 72,0 g/mol		Q <sub>fajlagos</sub> = -45,49 kJ/g										6	Δ <sub>k</sub> H(C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> ) = -198,7 kJ/mol	
11																															7	Δ <sub>k</sub> H(C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> ) = -224,4 kJ/mol
12	C	6	H	14	+	9,5	O <sub>2</sub>	=	6	CO <sub>2</sub>	+	7	H <sub>2</sub> O				Δ <sub>r</sub> H = -3859,3 kJ/mol	M = 86,0 g/mol		Q <sub>fajlagos</sub> = -44,88 kJ/g											8	Δ <sub>k</sub> H(C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> ) = -249,9 kJ/mol
13																															9	Δ <sub>k</sub> H(C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> ) = -274,7 kJ/mol
14	C	7	H	16	+	11	O <sub>2</sub>	=	7	CO <sub>2</sub>	+	8	H <sub>2</sub> O				Δ <sub>r</sub> H = -4469,6 kJ/mol	M = 100,0 g/mol		Q <sub>fajlagos</sub> = -44,70 kJ/g											10	Δ <sub>k</sub> H(C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> ) = -300,0 kJ/mol
15																																
16	C	8	H	18	+	12,5	O <sub>2</sub>	=	8	CO <sub>2</sub>	+	9	H <sub>2</sub> O				Δ <sub>r</sub> H = -5080,1 kJ/mol	M = 114,0 g/mol		Q <sub>fajlagos</sub> = -44,56 kJ/g												
17																																
18	C	9	H	20	+	14	O <sub>2</sub>	=	9	CO <sub>2</sub>	+	10	H <sub>2</sub> O				Δ <sub>r</sub> H = -5691,3 kJ/mol	M = 128,0 g/mol		Q <sub>fajlagos</sub> = -44,46 kJ/g												
19																																
20	C	10	H	22	+	15,5	O <sub>2</sub>	=	10	CO <sub>2</sub>	+	11	H <sub>2</sub> O				Δ <sub>r</sub> H = -6302,0 kJ/mol	M = 142,0 g/mol		Q <sub>fajlagos</sub> = -44,38 kJ/g												

22. ábra A kész táblázat képernyőképe

A kapott táblázatból azonnal megállapítható, hogy egységnyi tömegű anyag elégetése során a metán esetén szabadul fel a legnagyobb energia. Így tehát a metános palackot érdemes megvásárolnunk.<sup>4</sup>

Az alkalmazott módszer, azaz az Excellel történő feladatmegoldás előnyei ebben a konkrét feladatban sokfélék. Legfontosabb, hogy tíz esetre (a tíz alkánra) **egyszerre, egyetlen mozdulattal** kapjuk meg a rendezett **reakcióegyenletet, a moláris égéshőt, a moláris tömeget és a fajlagos égéshőt**. Ráadásul mindezt a fentiekben ismertetett **lehetséges hibák elkerülésével**.

### 3.5. A TAPASZTALATOK ÉRTÉKELÉSE

Tapasztalatom szerint a Microsoft Excel program jól alkalmazható segítség a természettudományos oktatásban, saját tanítási gyakorlatomban több esetben is alkalmaztam a fenti módszert. A diákok visszajelzéseit kérdőív segítségével gyűjtöttem össze. Ezekből megállapítható,

<sup>4</sup> Ha lehetséges volna (ld. fentebb). A létező palackok közül a propánnal teltit érdemes megvásárolni.

hogy legtöbben közülük szívesen fogadták ezt a szokatlan feladatmegoldási módszert, és örültek neki, hogy a megszokottól eltérő módon foglalkozhattak fizikával. Ugyanakkor többen megemlítették, hogy a feladatmegoldás gördülékenységéhez szükséges (lett volna) az Excel alapvető funkcióinak és függvényeinek átisméltése. Örömteli dolog, hogy a feladatot elvégző diákok közül sokan válaszolták, hogy a jövőben önállóan is szívesen használnák a módszert.

## 4. Természettudományos szemlélet a tehetséggondozásban

Az interdiszciplináris természettudományos szemlélet jól hasznosítható a tehetséggondozás minden területén, sőt kifejezetten szükséges a teljes értékű tehetséggondozás megvalósításához. A természetről való komplex gondolkodásmód, a jelenségek több szempontból való megismerésének módszere, a több helyen tanultak összekapcsolása tovább fejleszti tehetséges diákjaink képességeit, gondolkodását.

A témakör lehetőséget ad arra, hogy sokféle módon és különböző szinteken valósítsuk meg a tehetséggondozást. Meghirdethetünk *szakkört az érdeklődés felkeltésére vagy haladó diákoknak*; szervezhetünk *projekteket a természettudományok népszerűsítésére és a tanórai ismeretek elmélyítésére*, a legelhivatottabb diákjainknak pedig *versenyfelkészítés* során is bemutatathatjuk a komplex természettudományos gondolkodásmódot és annak előnyeit.

Ebben a fejezetben azt mutatom meg, hogy a komplex természettudományos szemléletet alkalmazva saját gyakorlatomban hogyan valósítottam meg a tehetséggondozást a fenti szinteken és módokon.

### 4.1. KOMPLEX TERMÉSZETTUDOMÁNYOS SZAKKÖR

#### 4.1.1. Bevezetés

A természettudomány ágai nem választhatók szét teljesen egymástól, egységet alkotnak. A természet jelenségeinek leírásához és magyarázatához általában (szigorúan véve minden esetben) a fizika, kémia, biológia tudományágak közül legalább kettőre, vagy akár mindháromra szükség van. Ez a kör olykor még a természetföldrajzzal is kiegészül.

A természeti jelenségek gyakran ugyanis élőlények körében mennek végbe, melyeket vegyületek építenek fel illetve ezek vesznek részt életfolyamataikban. Ha pedig mozgásukról vagy épp statikus teherbírásukról beszélünk, akkor a fizika is belép a körbe.

Már egyetemista éveim alatt megismerkedhettem azzal a szemlélettel, hogy a természetet vizsgálva egységes szemléletre van szükségünk és egy-egy jelenséget mindig vizsgáljunk meg több természettudományi ág szempontjából is [17., 18.]. Prezentációk, nyílt végű problémák, egyetemi beadandók kapcsán magam is megtapasztalhattam, hogy a jelenségek leírása erősen hiányos lenne csak a fizikai oldalt vizsgálva. Bizonyos természeti jelenségek vizsgálatához, magyarázatához szükségesek kémiai és biológiai ismeretek is.

Már legelső tanári évemben fontosnak gondoltam e szemlélet kialakítását és továbbadását diákoknak. E szándékomat csak erősítette az a tapasztalatom, hogy a fizika- és kémia tanórákon a

diákoknak nehézséget okoz a másik természettudományos tárgy óráján tanultak felidézése és alkalmazása, illetve az aktuális anyagrész más tantárgyak tényanyagával való összekapcsolása.

Ezért merült fel bennem egy „*Komplex természettudományos szakkör*” gondolata. Főbb vonalakban kidolgoztam célkitűzéseit, tematikáját és meghirdettem 10-11. évfolyamos diákok számára. Célkitűzésem volt a diákokkal együtt felfedezni a természet szépségeit, rácsodálkozni a gyönyörűségére és a rendszerére, eközben megtalálni a kapcsolódási pontokat a természettudományok (tananyaga) között. Fontos cél volt megismerni, megvizsgálni természeti jelenségeket a fizika, a kémia és a biológia szempontjából, s a jelenségek elméleti hátterének megtárgyalásával a tanórai tananyagnál mélyebb megértésre szert tenni, például felkutatva a tananyagban szereplő jelenségnek a természetben való előfordulását. Ezen felül fontos célkitűzés volt, hogy a szakkör résztvevői bepillantást nyerjenek a kutatók világába, megismerjék a tudományos kutatások módszereit, mely akár saját leendő kutatómunkájuk alapját is jelentheti.

Az idő múlásával a későbbi években a tematika folyamatosan bővült, egyre jobban körvonalazódott és kikristályosodott a szakkör lényege. Ugyanakkor a résztvevő diákok évről évre átalakuló összetétele biztosította a változatosságot és a megújulást. A feldolgozott témákat mindig a szakkör tagjainak érdeklődéséhez vagy az aktualitásokhoz igazítottuk, illetve a ***diákok által feldolgozott és prezentációban bemutatott témák*** is mindig újdonságot jelentettek.

A szakkör keretében az első néhány alkalommal általam választott témákat jártunk körül, melynek során tanári prezentáció keretében ***mutattam példát*** a diákoknak arra, hogyan érdemes egy-egy adott témát komplex természettudományos szemlélettel feldolgozni. Ezután a fent említett kidolgozott és ismertetett tematikából a diákok maguk választhatták ki, mely jelenségekről szeretnének ***tanári előadást*** hallgatni és természetesen ezt kísérő ***közös beszélgetést*** folytatni. A tanári előadásokat időről időre a ***diákok által készített prezentációk*** szakították meg, melyek elkészítése során általuk választott témákban mélyedtek el és gyűjtöttek anyagokat.

Ebben a fejezetben a szakkör tematikáját ismertetve példákat mutatok arra, hogy milyen témákat érdemes ilyen módon feldolgozni, akár tanári előadásként, akár diákok kiselőadása formájában. Bemutatok néhány példát az általam feldolgozott témákból, illetve szemelvényeket diákok munkáiból is.

## **4.1.2. A komplex természettudományos szakkör keretében vizsgálható interdiszciplináris témák<sup>5</sup>**

### **1. Színek a fizikában, a természetben (9-12.)<sup>6</sup>**

Színek létrejöttének magyarázata; színek csoportosítása kialakulásuk módja szerint (pigmentek, szerkezeti színek, lumineszcencia stb.); konkrét példák: kék ég, fehér felhők; kék erek, kék szem, kék szilva; hajszín, szemszín; madártoll, pillangószárny; szappanbuborék; fű, falevél, vadszőlő levele, paradicsom, sárgarépa, vörösbor stb.; lángok, fénycsövek; kristályok.

### **2. Határfelületi jelenségek, kolloidok (9-12.)**

Adszorpció; felületi feszültség; hajszálcövesesség; buborékok; antibuborékok; kolloidok; kromatográfia alapjai; határfelületi jelenségek és kolloidok előfordulása a természetben.

### **3. Halmazállapotok, halmazállapot-változások (10-12.)**

Fázisdiagramok és ami belőlük „kiolvasható”; a folyadékok fajtái, szerkezetük; a folyadékok tulajdonságai; különleges folyadékok; halmazállapot-változások; túlhűlés, túlhevítés; olvadt csokoládé hiszterézise; kolligatív tulajdonságok (olvadáspont-csökkenés, forráspont-emelkedés, ozmózis).

### **4. Rezgések és hullámok (11-12.)**

Rezgések és hullámok vizsgálata számítógépes mérőprogramok segítségével; rezgések a molekulákban; atomok és molekulák szinképe, abszorpciós és emissziós spektrumok, lángfestés; mérések spektrofotométerrel, kapcsolódva a színről tanultakhoz (pl. klorofill, festékoldat, tonik, paradicsomlé, vörösbor stb. abszorpciós spektrumának felvétele); saját kézi spektroszkóp készítése; kommunikáció az állatvilágban rezgések és hullámok segítségével; elektromágneses hullámok felhasználása a mindennapi életben + különleges technológiák.

### **5. Természetföldrajz és fizika-kémia (9-12.)**

Tengeráramlások; gejzírek; csapadékok fajtái, kialakulásuk; éghajlatok kialakulása.

### **6. Az állatok (és az ember) csodálatos tulajdonságai (9-12.)**

Kommunikáció (ld. korábban); látás-hallás-érzékelés; emberi fül, szem, orr → látás, hallás, szaglás; építmények az állatvilágban; állati elektromosság; valamilyen szempontból különleges állatok; fizikai törvények megvalósulása állatok mozgásában, életmódjában.

### **7. Növények, állatok (9-12.)**

Növények folyadékellátása; pH-változás hatása a növényi-állati szervezetre.

---

<sup>5</sup> A tematika összeállításához alkalmazott források: [19-32.]

<sup>6</sup> A zárójelben szereplő sorszámok a javasolt évfolyamot jelentik.



## **8. Tudományos vizsgálati módszerek alapjai (11-12.)**

A tudományos módszerek alapelvei; a tudományosság kritériumai; mérések: fizikai állandók, anyagi állandók mérés (pl. fénysebesség, fajhő, oldáshő); cukoroldat koncentrációjának meghatározása (fénytörés alapján); tonik koncentrációjának mérése; glicerin viszkozitásának meghatározása ejtési módszerrel; kromatográfias mérések; spektrofotometriás mérések.

## **9. Modellezés (9-12.)**

Fizikai, kémiai, biológiai jelenségek lehetséges modelljei; anyagszerkezeti modellek (pl. folyadékok golyómodelljei); részecskék mozgásának modelljei.

## **10. Elektrokémia (11-12.)**

Elektron töltésének meghatározása elektrolízissel, titrálással:  $ZnI_2$ -oldat elektrolízise és a kivált jód mennyiségének titrálása nátrium-tioszulfát-oldattal; galvánelemek, akkumulátorok működése; korrózió, korrózióvédelem és gyakorlati vonatkozásai.

## **11. Természettudományos tévhitek tudományos módszerekkel történő vizsgálata**

Kémiai „mítoszok” (tévhitek élelmiszerekkel, gyógyszerekkel; mérgekkel, vegyszerekkel kapcsolatosan); Kóla-Mentos kísérlet vizsgálata.

## **12. Radioaktivitás (9-12.)**

A radioaktivitás fizikai háttere; radioaktivitás a környezetünkben; természetes radioaktivitás; a radioaktivitás felhasználási területei.

## **13. Mágneses kísérletek (10-12.)**

Érdekes kísérletek permanens mágnessel; folyékony mágnes készítése; paramágnesség oldatokban ( $Mn^{2+}$ -oldat stb.); az oxigén paramágnessége.

## **14. Kémiai reakciók és statisztikus fizika (10-12.)**

Reakciósebességet befolyásoló tényezők; aktiválási energia; diffúziósebesség vizsgálata.

## **15. Fizika és kémia a háztartásban (9-12.)**

Fényforrások hatásfokának vizsgálata; háztartás stand-by fogyasztásának mérése; a konyha fizikája és kémiája; élelmiszer-adalékok (az E-számok).

## **16. Bioszervetlen kémia (11-12.)**

Szervetlen anyagok szerepe az emberi (állati, növényi) szervezetben; szervetlen anyagok szerepe a gyógyászatban; létfontosságú anyagok forrása táplálékokban; mérgező szervetlen anyagok hatásmechanizmusa az élő szervezetben.

## **17. Szerves kémia a biológiában (11-12.)**

Szerves mérgek, mérgező anyagok hatásmechanizmusa; alkohol pozitív és negatív hatásai az emberi szervezetre; koffein, teobromin, teofillin; taurin; nikotin; drogok, kábítószer.

## **18. Technológia (9-12.)**

Lézer működése; LED; LCD képernyő; hologram; adathordozók működési elve: írás/olvasás (merevlemez, CD, DVD, flashmemória stb.); kémiai technológiai folyamatok (kőolajfeldolgozás, műanyaggyártás, sörfőzés stb.); katalizátorok: autó, biokatalizátorok; erjedési folyamatok: alkoholos, tejsavas, ecetsavas; enzimek fajtái, működésük.

## **19. Orvosi képalkotó módszerek lényege és elvi háttere (11-12.)**

Röntgen; PET; CT; MRI/NMR; ultrahang.

## **20. Egyéb érdekes jelenségek a fizika-kémia-biológia világából (11-12. ill. 9-12.)**

Leidenfrost-jelenség; sarki fény; szupravezetés; keresztteffektusok transzportfolyamatokban; reológia, nem-newtoni folyadékok, tixotrópia; mésztufa kialakulása; az anyagszerkezet különleges megnyilvánulásai, felhasználásai (pl. lótusz-hatás).

### **4.1.3. Tanári előadás formájában feldolgozott interdiszciplináris témák**

Az alábbiakban néhány témában ismertetem az általam feldolgozott témák bemutatásának módját. Az itt szereplő leírások némely helyen szándékosan vázlatosak. A témák bemutatása prezentációval történik a szakkörön, az egyes vetített diákon szereplő információkat szabad gondolatokkal, magyarázatokkal, példákkal bőven kiegészítve. Az adott tanulócsoport érdeklődésének megfelelően egy-egy résztema kisebb vagy nagyobb hangsúlyt kap. A témák nem előadás, hanem közös megbeszélés keretében kerülnek feldolgozásra, a diákok korábbi tanulmányaikból, olvasmányélményeikből és mindennapi tapasztalataikból szerzett ismeretek és példák beépítésével.

Az itt szereplő leírások tehát egy „vázat” mutatnak. Céloom bemutatni, hogy ezek a témák nemcsak alkalmasak a diákok érdeklődésének felkeltésére, hanem lehetőséget adnak az érdeklődő diákoknak további önálló ismeretszerzésre és gondolkodásra is, melyhez kapcsolódhat képek, videók, animációk, részletes tudományos leírások keresése az interneten és a szakirodalomban. A tárgyalt jelenségek vizsgálata jó lehetőség a fizika, a kémia és a biológia ismereteinek az összekapcsolására már középiskolás szinten is és az ezekből a tantárgyakból korábban megszerzett tudás alkalmazására olyan területeken, melyek a tanórán konkrét példaként nem kerülnek említésre sem. Így feldolgozásuk kiváló lehetőséget nyújt az érdeklődőknek a természetről való egységes, komplex gondolkodás kialakítására.

#### **4.1.3.1. Lumineszcencia**

A lumineszcencia jelenségével mindenképp érdemes foglalkoznunk középiskolában, legalább szakkör keretein belül [33-36.]. Egyrészt nagyon érdekes a téma, a világító állatok és egyéb

fényjelenségek nemcsak a mindig lelkes diákok érdeklődését keltik fel, hanem bárkit lenyűgöznek. Az internet lehetőséget ad arra, hogy számos gyönyörű képet tudjunk bemutatni a témáról diákjainknak, illetve ők maguk is keressenek hasonlókat [37.].

A lumineszcencia nem túlságosan elvont jelenség az élővilágban sem, feltételezhető, hogy szentjánosbogárral már mindenki találkozott, s érdeklí, hogy miért is világít [38.]. Ezen kívül a lumineszcencia sok más típusa is fellelhető mindennapjainkban, érdemes tehát megismerkedni a fénykibocsátás fizikai hátterével is.

A természetben előforduló lumineszcencia hétköznapija mellett kellőképp egzotikus is lehet, az előadásban képekkel illusztrált példák (melyeket alább csak felsorolok, de az interneten fotók is fellelhetők) egy-egy izgalmas világító élőlényt mutatnak be, pl. gombákat, medúzákat, rovarokat, kagylókat.

Mindezek ellenére lumineszcenciáról a középiskolában sem fizikaórán, sem más természettudományos tantárgy tanóráján nem tanulnak a diákok (sőt még egyetemi tanulmányaik során sem). A témával való foglalkozás a (diszciplináris) ismeretek bővítésén túl lehetőséget ad a tantárgyak (fizika, kémia, biológia) közötti kapcsolódási pontok feltárására és felhasználására, hogy az egyik tanórán tanult ismereteket a diákok a másikon is alkalmazni tudják, interdiszciplináris szemléletük kialakuljon. A lumineszcencia témaköre alkalmas erre, ugyanis egy-egy jelenség (például a szentjánosbogár világítása) teljeskörű értelmezéséhez, magyarázatához mindhárom tudományág ismeretanyaga szükséges. Az amúgy is szűkös időkeret mellett természetesen nem várható el a fizika, kémia vagy biológia tananyagának a lumineszcenciával való bővítése, de remek ötlet természettudományos szakkörre, vagy önálló diákkutatások témájaként. Fakultáción a fényelnyelés és fénykibocsátás atomi folyamatának tárgyalása után a lumineszcencia is megemlíthető.

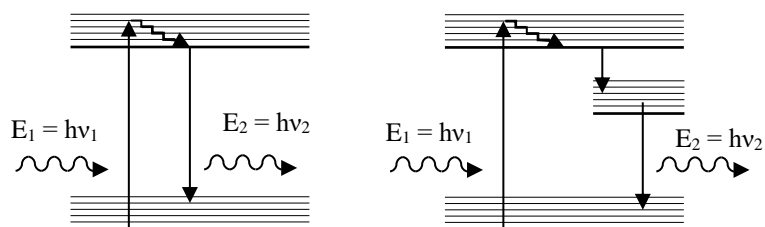
Végül, fontos megemlíteni, hogy a lumineszcencia egyes vonatkozásai, jelenségei, ma is kutatott területei a tudománynak így a vizsgálatok fontos felfedezésekhez vezethetnek.

Az alábbiakban a témáról a középiskolásoknak is elmondható néhány gondolatot emelek ki.

A lumineszcencia az anyagok olyan fénysugárzása, mely nem hőközlés miatt bekövetkező gerjesztés következménye. Ezért „hideg fény”-nek is nevezik. Típusai:

- fotolumineszcencia: a gerjesztést fény besugárzása végzi;
- kemilumineszcencia: kémiai reakcióban jön létre a gerjesztett állapotú köztitermék;
- biolumineszcencia: a lumineszcencia élő szervezet által történő megvalósítása;
- tribolumineszcencia: kristályok fénykibocsátása mechanikai hatásra.

Fotolumineszcencia során a gerjesztést fény besugárzása végzi. Két altípusa a fluoreszcencia és a foszforeszcencia (23. ábra) [39.].



**23. ábra** A fluoreszcencia és a foszforeszcencia ún. Jablonski-diagramja sematikusan

Fluoreszcencia esetén a fénykibocsátás csak addig tart, amíg tart a gerjesztés. Az energia egy része elvész, így a megvilágító fénynél nagyobb hullámhosszú a kisugárzott fény. Ilyen figyelhető meg például a bankjegyek, fénycső, tonik, mosópor, ruha UV-lámpás megvilágítása esetén (24. ábra).

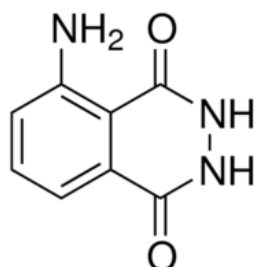
**Fotolumineszcencia I.**

- A gerjesztést fény besugárzása végzi
  - Fluoreszcencia: a fénykibocsátás csak addig tart, amíg tart a gerjesztés.
    - Az E egy része elvész → hosszabb hullámhossz.
    - Pl.: bankjegy, fénycső, tonik, mosópor, ruha

**24. ábra** Egy dia a tanári előadásból (saját készítésű fényképekkel)

Foszforeszcencia esetén a fénybesugárzás megszűnése után is tart a fénykibocsátás, akár órákig. Ennek oka, hogy az alapállapotba történő visszatérés 2 lépéses. Emiatt viszont nagyobb energiavesztés is lép fel, mint fluoreszcencia esetén. A jelenség megfigyelhető bizonyos órák számlapja, villanykapcsoló, világítós koponya, világítós cumi, illetve egyéb játékok világítása esetén.

Kemilumineszcencia során kémiai reakcióban olyan köztitermék jön létre, amely gerjesztett állapotú és kis idő múlva fénykibocsátással éri el alapállapotát. Ilyenkor hő csak kismértékben vagy egyáltalán nem fejlődik, és ismeretes, hogy enzimek nagymértékben növelik a hatásfokot. A jelenség megfigyelhető világító pálcák működésében vagy a luminol-tesztel, mellyel bűnügyi nyomozások során vérnyomokat mutatnak ki a vér vastartalma alapján luminol (25. ábra) segítségével [40.].



**25. ábra** A luminol szerkezeti képlete

A biolumineszcencia fénykibocsátás a természetben, élő szervezet által. Megvalósulhat fluoreszcencia által, ám ekkor megvilágító fényre van szükség, így nem túl érdekes, nem is túl gyakori az előfordulása. A jelenség inkább kutatási szempontból jelentős (ld. később). Biolumineszcencia azonban főleg kemilumineszcencia révén valósul meg, az élőlények sötétben világítanak. Ez a változat főleg éjszakai és mélytengeri állatokra jellemző.

A biolumineszcencia kemilumineszcencia általi megvalósulására sokféle módszer jött létre, de mindegyik működésének alapja ugyanaz: egy luciferin nevű anyagot egy luciferáz nevű enzim oxidál magnéziumion, ATP (adenozin-trifoszfát) és oxigén jelenlétében. A luciferin molekula gerjesztett állapotba kerül és alapállapotba való visszatéréskor bocsát ki fényt. Egy molekula egy fotont bocsát ki, azaz a reakció során csak fény formájában szabadul fel energia, **hő nem fejlődik**. A jelenséget először Raphael Dubois francia kutató vizsgálta a 19. században, tőle származik a *luciferin* és a *luciferáz* elnevezés, melyet a kemilumineszcenciás reakciókban részt vevő anyagok gyűjtőneveként használunk. Az élőlények világítási mechanizmusa egyforma, csak annyi az eltérés, hogy milyen konkrét vegyületet alkalmaznak luciferinnek és milyen enzimfehérjét luciferáznak. Ezzel a módszerrel tudnak az élő szervezetek különböző színű fényeket kibocsátani.

A teljesség igénye nélkül említek néhány élőlényt, amelyeknél megfigyeltek lumineszcenciát:

1. Gombák: a fényel a repülő rovarokat magukhoz csalogatják, ez a spóráik terjedését segíti; a parazita darazsakat is vonzzák, melyek elpusztítják róluk a gombaszúnyogokat. A fénykibocsátás alkalmas lehet a csigák elijesztésére, melyek így nem tudnak kárt tenni a gombában. Lumineszcencia több mint 60 gombafaj esetén tapasztalható. Néhány érdekesebb: *Világító tölcsérgomba* (*Omphalotus olearius*); *Szellemgomba* („ghost fungus” *Omphalotus nidiformis*): Dél-Auszáliában található. Amerikai katonák a 2. világháborúban a keleti front dzsungelében harcolva ezt a gombát tűzték fegyvereikre, így világítottak maguknak a sötétben

2. Baktériumok: sokszor nem önmagukban, hanem más élőlényekkel (pl. halakkal) szimbiózisban fordulnak elő. A *világítóhal* (*Photoblepharon*) szemei alatt például világító baktériumok élnek, így segítve a mély tengerben, sötétségben élő hal tájékozódását. Természetesen a világítás nem mindig előnyös a hal számára, mert így felhívja magára a ragadozók figyelmét. Ezért e halnál az evolúció során kifejlődött egy olyan szemhéj, amellyel a világító baktériumokat el tudja takarni a külvilágtól, így azok fénye nem látszik kifelé. A *púpos horgászhal* (*Melanocetus johnsonii*) fejének elülső részéből egy kis nyúlvány („horog”) lóg ki, ebben világító baktériumok élnek, amelyek által kibocsátott fény csalogatja oda a horgászhal táplálékául szolgáló kisebb élőlényeket.

3. Férgék A *tűzféreg* (*Odontosyllis enopla*) a Bermudákon él. A nőstény a víz felszínén lebegve zöld fényt bocsát ki, ezzel csalogatja magához a hímeket. A *vonatkukac* (*Phrixothrix hirtus*) kétféle fényt is képes kibocsátani. Nyugalmas körülmények között csak a fején világít két kis piros

pont, de stressz hatására testének oldalán 11 pár zöld pötty is világítani kezd. Ilyenkor a sötétben haladó vonatra hasonlít, innen kapta nevét.

4. Csalánozók A csalánozók közül a *kristálymedúzát* (*Aequorea victoria*) emelem ki. Ennek az állatnak a világítási mechanizmusa egészen más, mint a többi élőlényé, kemilumineszcencia helyett fluoreszcencia alapján világít zöld fénnel. Még hozzá ezt is különlegesen teszi, testében ugyanis nem található pigment. A fluoreszkálás képessége egy benne található különleges szerkezetű fehérjének köszönhető. Ez a jelenség önmagában is érdekes, de még ennél is fontosabb, hogy az állat módszerét megfelelő átalakításokkal a rákkutatásban felhasználják (ld. később).

5. Kagylók A kagylók közül a biolumineszcencia felfedezésekor már említett *fűrókagyló* (*Pholas dactylus*) a legnépszerűbb. Ez az állat fénykibocsátó képességét védekezéshez használja: támadás esetén világító felhővel veszi körül magát, ami támadóját megzavarja, s így ő el tud menekülni.

6. Rákok A rákok közül a *világítórák* (*Euphasia superba*), másnéven *krill* érdemel figyelmet. A 2. világháborúban a japán katonák a krillek megszáradt maradványait elporítva és kissé megnedvesítve elegendő fényt kaptak az éjszakai térképolvasáshoz.

7. Rovarok A rovarok között számos világító élőlényt találunk, ezek közül legközismertebbek a szentjánosbogarak, amelyeknek kb. 2000 faja ismert. A *nagy szentjánosbogár* (*Lampyris noctiluca*) lumineszkáló képességét a szaporodáshoz használja. A repkedő hím és a fűben váró nőstény fényjelek segítségével talál egymásra. Mind a hím, mind a nőstény az oxigénfelvétel megszakításával tudja a kemilumineszcenciás reakciót megállítani, a fénykibocsátást megszüntetni. A *kis szentjánosbogárnál* (*Lamprohiza splendidula*) egy érdekes zsákmányelési trükk figyelhető meg: a *Photuris* nembe tartozó nőstény a *Photuris* nem fényjelét utánozza, ezzel odacsalogatja ennek a nemnek a hímjét, akit végül elfogyaszt. A *malajziai szentjánosbogár* (*Pteroptyx Tener*) fák ágain helyezkedik el, s így egy fa, melyet több száz példány lep be, olyannak látszik, mint egy kivilágított karácsonyfa.

A felsorolásból látszik, hogy a lumineszcencia képessége a gerinceseknél hiányzik. Ennek egyik lehetséges oka, hogy a lumineszcencia képessége még akkor alakult ki az élőlényekben, amikor az ősléggör összetétele a jelenlegitől eltérő és redukáló hatású volt. Az élőlényekre az oxigén mérgező volt, így „meg kellett szabadulni” tőle. Kémiai reakcióval ugyan átalakítható, de minden oxidációs reakció energiefel szabadulással jár. Egy élőlény számára a hőfelszabadulás (ilyen mértékben) nem előnyös, így az energiának fényként kell felszabadulnia. Korábban láttuk, hogy ez az elvárás kemilumineszcenciás reakcióban 100%-os hatásfokkal meg is valósul. A gerincesek csak később alakultak ki, amikor a léggör összetétele megváltozott. A lumineszkáló élőlények esetén a fénykibocsátás képessége megmaradt, szerepe megváltozott: kommunikáció szaporodáshoz; prédacsalogatás; menekülés, elriasztás lett a feladata. [41.]

Kitekintésként fontos megemlíteni, hogy a 2008. évi Kémiai Nobel-díjat [42.] három tudós megosztva kapta a kirstálymedúza (*Aequorea victoria*) fluoreszcenciájának magyarázatáért és alkalmazásának kidolgozásáért. A kristálymedúza fluoreszcenciája ugyanis különleges, hiszen nem egy pigmentnek, hanem egy különleges szerkezetű fehérjének (a zöld fluoreszcens fehérjének, azaz GFP-nek) köszönheti az állat ezt a képességét. Kutatók rájöttek, hogy ezt a fehérjét különböző sejtekhez kapcsolva orvosi kutatásokban is felhasználhatják: pl. rákos és egészséges sejtek megkülönböztetésére, ugyanis UV fény alatt láthatóvá válik a daganat pontos kiterjedése. A műtét során így a teljes daganat eltávolítható, az egészséges szövetek megsértése nélkül. A módszer ezen felül más tudományos kutatásokban is felhasználható (pl. sejtműködés követése, idegműködés tanulmányozása, nehézfémek kimutatása).

#### 4.1.3.2. A természet színei

A természetben előforduló színek már csak sokféleségükkel is lenyűgözik az embert. A fákkal borított domboldalon nyáron a zöld megannyi árnyalatát figyelhetjük meg, ősszel pedig a sárga és a vörös különböző változataiban, keverékében pompázik ugyanaz az erdő. Színekkel a természetben és épített környezetünkben is rengeteg formában találkozunk: az ég, a növényi részek (levelek, termékek), a rovarok, a madarak, a kristályok, az ember haja, szeme stb. kapcsán.

A természet színeinek értelmezésekor érdemes kiindulópontnak tekinteni azt a tényt, hogy azokat a tárgyakat látjuk, melyekről (közvetlenül vagy visszaverődés/törés után) fény jut a szemünkbe. A tárgyak észleléséhez és a színek érzékeléséhez megfelelő intenzitású megvilágító fény szükséges. A megvilágító fény általában a minket körülvevő összetett fehér fény, mely a Napból illetve a világítótestekből származik.

Ennek alapján egy test színét meghatározzák a megvilágító fényben előforduló színek (frekvenciák/hullámhosszak); a test anyagának szerkezete, a fénnel való kölcsönhatása és a szem működése (a retina érzékelése), de utóbbinak jelentősége csak rendellenesség esetén van.

Mivel általában ugyanaz az összetett fehér fény vesz körül bennünket a természetben, ezért normálisan működő szem esetén a test anyagának szerkezete, a fénnel való kölcsönhatása a meghatározó tényező egy test színének kialakulásában. A fény-anyag kölcsönhatás eredményére az alábbi lehetőségek adódnak:

1. Átlátszó tárgy: (majdnem) minden hullámhosszúságú fényt átenged, nincs kölcsönhatás a test anyagának szerkezete és a fény között. Pl.: kőszókristály, víz, levegő.
2. Fehér tárgy: a tárgy minden hullámhosszúságú fényt visszaver a megvilágító fehér fényből. Pl.: hó, apró szemcséjű kőszó, paraffintömb.
3. Fekete tárgy: minden hullámhosszúságú fényt elnyel. Pl.: bitumen. (A fémek sötét színének oka, hogy nem teljes mértékben nyelik el a rájuk eső fényt.)

4. Színes tárgy: a tárgy a fehér fényből csak bizonyos hullámhosszakat nyel el, másokat visszaver (szelektív abszorpció). Kétféleképp valósulhat meg:

a) Festékeket tartalmazó anyag esetén a fény és a festékanyag molekuláinak elektronszerkezete közti kölcsönhatása során alakul ki a szín. Ennek feltétele, hogy a festékmolekula egy adott elektronátmenetéhez szükséges energia a látható fény spektrumába essen. Ezt a színt a molekula elnyeli elektronjainak gerjesztődése közben. Az átengedett illetve visszavert fényből így hiányzik ez a szín, ezért az elnyelt szín kiegészítőszínét látjuk. Ilyen molekulák például a konjugált kettős kötésű nagy szénatomszámú szénhidrogének (poliének), például: likopin, klorofill, kapszaicin, kapszorubin, karotin.

b) Szerkezeti színek kialakulása esetén a fény hullámtulajdonsága nyilvánul meg az anyag szerkezetével való kölcsönhatás során. E színeképzés feltétele, hogy a fényvel kölcsönható szerkezet jellemző méretei a fény hullámhosszának tartományába essenek. Megvalósulási formái: fényszóródás, fényinterferencia, fényelhajlás (diffrakció).

Színek tehát kialakulhatnak fényszóródás által [43.]. A kolloid rendszerek fontos jellegzetessége, hogy a rájuk eső fényt (vagy bármilyen elektromágneses hullámot) a részecskék szétszórják, ez a fényszóródás jelensége. A beérkező fénysugár útjában levő kolloid részecskékből dipólok alakulnak ki, amelyeket a fény gerjeszti, így másodrendű fényforrásokká válnak. A dipólok mindig a tengelyükre merőlegesen bocsátják ki sugárzásukat. Mivel egy kolloid rendszerben mindenféle irányba beállva találhatók dipólus részecskék, így a fényt is minden irányba bocsátják ki, aminek makroszkópos eredménye a fényszóródás. A természetben szórócentrumok lehetnek vízcseppek, zsírcseppek, füst vagy egyéb szilárd részecskék, levegővel telt üregek.

A szórócentrumok méretének és a beérkező sugárzás (pl. fény) hullámhosszának relációja alapján a fényszóródás két típusát különböztetjük meg. Rayleigh-szóródásról beszélünk, ha a részecskeméret jóval kisebb, mint a fény hullámhossza ( $r \ll \lambda$ ). Ekkor a szórt fény intenzitása a fény hullámhosszának negyedik hatványával fordítottan arányos  $\left( I \sim \frac{1}{\lambda^4} \right)$ , azaz összetett fény esetén a szórt fényben a legkisebb hullámhosszú (legnagyobb frekvenciájú) komponens a domináns. Rayleigh-szóródás következtében jön létre az ég, a szilva, a kökény, a szem és az erek kék színe, illetve ezért látjuk vörösnek a naplementét. Mie-szóródásról beszélünk, ha a részecskék mérete eléri vagy meghaladja a fény hullámhosszát ( $r > \lambda$ ). Ekkor  $I \sim \frac{1}{\lambda^p}$  és  $p < 4$ ,  $p$  kitevő a szórócentrumok méretének növekedésével csökken. Mie-szóródás az oka a cigarettafüst szürke és a köd fehér színének.

Fényinterferencia jelensége is létrehozhat színeket a természetben [44.]. Fényinterferencia akkor jön létre, ha koherens fényhullámok találkoznak. A találkozás eredménye a találkozó hullámok



fáziskülönbségétől függően erősítés vagy gyengítés (kioltás) lehet. Az interferencia következtében kialakuló színek létrejöttét az okozza, hogy az összetett fényben (pl. napfény) jelen lévő különböző színű fényhullámoknak eltérő helyen van a maximális erősítési és kioltási helye.

A természetben fényinterferencia általában egy- vagy többrétegű vékonyréteg-interferencia formájában valósul meg. Ekkor általában irizáló színek jelennek meg, azaz a színek változnak a megfigyelés irányát, szögét változtatva. Interferencia következtében láthatjuk színesnek a szitakötők és lepkék szárnyát, ez okozza a kagylók gyöngyházfényét és a kolibrik tollának tarka színeit.

Végül, csak említés szintjén: színek fénydiffrakcióval is kialakulhatnak a természetben [45.]. Hullámelhajlás (diffrakció) akkor jön létre, ha a hullám útjába a hullámhosszal összemérhető méretű akadály kerül. Fény esetén ez néhány száz nanométeres méretet jelent. A jelenséget tantermi demonstrációként optikai réssel vagy ráccsal lehet előállítani. Fehér fény elhajlása esetén színes sávok jönnek létre az interferenciához hasonlóan, ugyanis az elhajlási maximumok és minimumok helye ebben az esetben is hullámhosszfüggő. Fénydiffrakcióval jön létre az indigókígyó kék színe a kígyóbőr periodikus szerkezetű felületéről történő visszavert hullámok ún. reflexiós diffrakciója révén [45.].

#### 4.1.3.3. Kolloidok a természetben

Kolloid rendszerek az élet legkülönbözőbb területein, nap mint nap körülvesznek bennünket. Elég, ha az őszi ködre, a cigarettafüstre, a tejre, majonézre vagy akár a borotvahabra, kozmetikai krémekre gondolunk. Az emberi test tulajdonképpen önmagában is kolloid rendszer. Az építőiparban is egyre gyakrabban alkalmaznak kolloidokat.

A fenti példákból is látszik, hogy a kolloid rendszereket ismerni igen hasznos, mert sajátos tulajdonságaiknak köszönhetően nemcsak mindennapjainkat, de az ipari folyamatokat is meghatározzák. A középiskolai kémiaoktatásban e téma ennek ellenére méltatlanul háttérbe szorul, a kémiakönyvek viszonylag keveset foglalkoznak bemutatásával, pedig jelentősége nem kisebb a tananyagban nagy hangsúllyal szereplő valódi oldatokénál. A kolloidok témája mind a tanárok, mind a diákok számára gyakran áttekinthetetlennek tűnik, és néhány kivételtől eltekintve még a tankönyvekből sem kapnak segítséget az anyagréz feldolgozásához, rendszerbe foglalásához.

A kémia tananyagban ugyanakkor igen szűkös időkeret jut a kolloidokkal való foglalkozásra, és az is szétszabdaltan történik. Kilencedik évfolyamon az anyagi halmazok kapcsán kerül elő a kolloid rendszer fogalma és a diszperziós kolloidok tulajdonságai; tizedik évfolyamon az asszociációs kolloidok említése a zsírok tárgyalása után a szappanok témakörben, majd a makromolekulás kolloidok a fehérjék tárgyalásakor.

A kolloidok anyagcsoportjáról való ismeretek nem állnak össze egységes egészzé a középiskolások számára, sőt kimarad rengeteg olyan ismeret is, amely a mai anyagtudományi

kutatások célkeresztjében van, illetve annak eredményeképp már alkalmazzák is. A nanotechnológia tulajdonképpen magába foglal(hat)ja a kolloidok témakörét is.

Mindezek miatt fontos, hogy a természettudományos szakkörön összefoglalva, rendszerbe foglalva foglalkozzunk a kolloidok tulajdonságainak tárgyalásával [46.]. Időkorlát jóformán nincs, a terítékre kerülő témákat, példákat, alkalmazásokat a résztvevő diákok érdeklődésének és aktivitásának megfelelően bővíthetjük.

A kolloid rendszerek tulajdonságainak vizsgálata igazán interdiszciplináris: egy-egy jelenség teljeskörű értelmezése, magyarázata során nemcsak a kémia, hanem a fizika és/vagy a biológia tárgyakban megszerzett ismereteket is fel kell használni. Tapasztalatom szerint a diákok sokszor sajnos nem képesek az egyik órán elsajátított ismeretet egy másik tantárgy óráján alkalmazni. A kolloidika és az ehhez hasonló témák feldolgozása különösen segíthet a diákoknak abban, hogy a természettudományt a maga összetettségében lássák; s felismerjék az egyes tudományágak közötti kapcsolódási lehetőségeket.

A témában megszerzett ismeretek elmélyítésére és egyes képességek, pl. problémamegoldás, kezűgyesség, önálló gondolkodás fejlesztésére sok kísérlet is elvégezhető akár tanórán, akár ezen kívül a diákok otthoni, egyéni munkájaként. A kísérletek részletes leírása és elemzése sajnos meghaladja a jelen dolgozat kereteit.

Végül, a kolloidika témakör középiskolai feldolgozását az ipari felhasználás elterjedése is szükségessé teszi, erre a diákok számos mindennapi példát látnak illusztrációként a környezetükben.

A szakkörön a kolloidok téma feldolgozása az alábbi vázlat alapján történt:

1. A kolloid rendszer fogalmának meghatározása és a kolloidok legfontosabb általános tulajdonságainak ismertetése [47.]
2. A kolloid rendszerek típusainak és ezek jellemzőinek bemutatása [48.]
3. Konkrét, tematikus példák felsorolása a hétköznapi életből és a természetből [49., 50.]

Az alábbiakban kissé részletesebben is bemutatom a konkrét megvalósítás módját saját tanítási tapasztalataim alapján, amire a szakkörök megtartása révén tettem szert.

A kolloid rendszer olyan többkomponensű rendszer, melyben 1 nm és 500 nm közötti méretű részecskék oszlanak el valamilyen közegben. (Az ennél kisebb méretű részecskéket tartalmazó rendszerek a valódi oldatok, a nagyobb részecskéket tartalmazók a heterogén keverékek.) Ez a mérettartomány önkényesen meghatározott, a tudósok közötti megállapodáson alapul.

A kolloid rendszerek legfontosabb jellemzője a kisméretű részecskék jelenléte miatt a nagy fajlagos határfelület (gondolatkísérlet: vágjunk egy pl. 1 cm élhosszúságú kockát egyre kisebb darabokra, így az összes felület egyre nagyobb, míg az összes térfogat állandó marad). Fontos tulajdonsága a kolloidoknak a részecskék mérettartományából következően a fényszórás (részletesen ld. a „Természet színei” részben).

A nagy fajlagos határfelület következménye, hogy a kolloidok számos fizikai és kémiai tulajdonsága különbözik az egyfázisú gáz, folyékony vagy szilárd halmazállapotú anyagokétól illetve a valódi oldatoktól, elegyektől. Eltérések figyelhetők meg az alábbi tulajdonságokban is: hővezetés vagy hőszigetelés, mechanikai jellemzők (állag, képlékenység, rugalmasság), íz, reakcióképesség, optikai sajátságok stb. Nem véletlen, hogy az iparban ma is kiemelt jelentőségű terület a kolloidok vizsgálata és alkalmazásai lehetőségének feltérképezése.

A kolloid mérettartományba eső részecskék háromféleképpen jöhetnek létre: aprózódással, összekapcsolódással, illetve ha eleve ekkora méretűek az anyag a részecskéi. Ennek alapján a kolloidok három alapvető típusát különböztetjük meg: diszperziós kolloidok, asszociációs kolloidok és makromolekulás kolloidok.

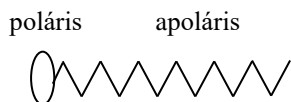
1. Diszperziós kolloidot az anyag aprításával és valamilyen közegben való szétosztásával hozhatunk létre. Az így létrejövő rendszereket a közeg és a benne szétosztott anyag halmazállapota szerint csoportosíthatjuk, ld. 6. táblázat.

anyag \ közeg	gáz	folyadék	szilárd
gáz	-	hab pl.: tojáshab, tejszínhab, borotvahab	szilárd hab pl.: szigetelőhab (PUR-hab), fémhabok, habcsók
folyadék	köd / aeroszol pl.: köd, felhők, spray, „gőz”	emulzió pl.: tej, majonéz, tejszín	gél pl.: zselatin, kocsonya, kenőcsök
szilárd	füst pl.: cigarettafüst, szálló por	lioszol / szuszpenzió pl.: méztej, festékek, gyógyszerek	xeroszol / zárvány pl.: színes üveg, ásványok

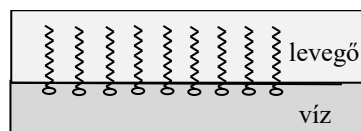
6. táblázat *Diszperziós kolloidok*

2. Az asszociációs kolloidok a felületaktív anyagokat (vagy más néven tenzideket, amfipatikus molekulákat) tartalmazó oldatok (26. ábra). Ezekben az oldatokban az amfipatikus részecskék a határfelületeken irányítottan helyezkednek el: a vízben van a poláris, a levegőben (vagy zsírban, illetve egyéb apoláris közegben) az apoláris részük (27. ábra). Amennyiben a tenzid koncentrációja eléri egy kritikusan magas értéket, a határfelületről kiszoruló részecskék apoláris részükkel egymás felé fordulva összerendeződnek, ún. micellákat hoznak létre. A micellák mérete a kolloid mérettartományba esik.

Amfipatikus molekulák például a szerves savak (elsősorban a zsírsavak) illetve az alkoholok, észterek, aminok. A háztartásban használt tisztítószeres is amfipatikus molekulákból állnak, leggyakrabban szappanok, amelyek zsírsavak kálium- és nátriumsói.

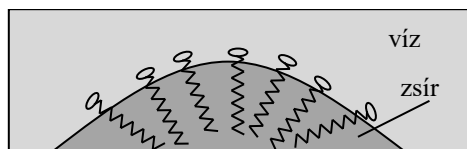


**26. ábra** Amfipatikus molekula szerkezete

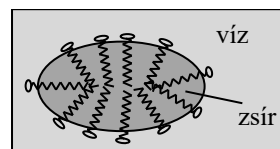


**27. ábra** Amfipatikus molekulák elhelyezkedése víz-levegő határfelületen

A tisztítószer molekula apoláris része a szennyezésben áll, míg poláris részük a víz felé fordul (28. ábra). Ily módon belsejükbe zárják a zsíros szennyezést és azt vízben oldhatóvá teszik (29. ábra).



**28. ábra** Amfipatikus molekulák elhelyezkedése víz-zsír határfelületen



**29. ábra** Zsirt tartalmazó micella vízben

A zsírsavak mint nagy szénatomszámú karbonsavak s így a micellaképződés témája a 10. évfolyam tananyagában kerülnek elő. Az asszociációs kolloidokról ezért részletesebben akkor érdemes beszélni, de a kolloidok ezen típusa már 9. évfolyamon is megemlíthető. Így a szerves kémia tanítása közben vissza lehet utalni a korábban megszerzett ismeretekre, hogy a diákokban kialakulhassanak a megfelelő összefüggések.

3. A makromolekulás kolloidok makromolekulák és polimerek oldatai. A polimerek fizikája és kémiája ma már önálló tudományterület, tulajdonságaik és felhasználási területeik kutatása nagy jelentőségű a tudományban és az iparban egyaránt. Érdemesebb velük konkrét példákon keresztül, a szerves kémia keretein belül, 10. évfolyamon foglalkozni. A mindenki által ismert tojásfehérje (mint makromolekula) említhető példaként, amellyel érdemes a kolloidok jellemző kicsapási reakcióit elvégezni.

#### Hétköznapi példák

A mindennapokban kolloidokkal igen gyakran, a valódi oldatoknál és elegyeknél gyakrabban találkozunk. Sokszor nem tudatosul bennünk, hogy a vizsgált anyagi rendszer, amit látunk, használunk, esetleg megeszünk vagy megiszunk, kolloid. A diákok segítségével összegyűjtött példákat érdemes a kolloidok megjelenési „helye” alapján is csoportosítani:

„Körülöttünk” helyezkedik el a köd (mely a felkelő nappal párosulva egy őszi reggelen a Tyndall-effektus csodálatos látványával kápráztathat el minket); a füst a levegőben; füstköd (más néven szmog) a kettő „kombinációjaként”, mely kapcsán környezeti vonatkozások is előkerülhetnek.

Konyhában található kolloid az emulzióként pl. a tej és egyéb tejtermékek illetve a majonéz (ami a konyhai kolloidok legtöbbet emlegetett, házilag is könnyen előállítható képviselője). Itt említendő meg az „emulgeálószer” kifejezés jelentése: bizonyos élelmiszerek összetevői között

szerepel; nem feltétlenül valami veszélyes, mesterséges adalékanyag, egyszerűen csak segít, hogy az emulzió stabil maradjon, ne váljon szét az alkotó folyadékokra. A majonéz „emulgeálószer” például a lecitin nevű molekula, mely a tojássárgájában található meg nagy mennyiségben. További példák konyhai kolloidokra a hab állapotú tojás hab és tejszín hab; gélként a puding, kocsonya, tortazselék; szuszpenzióként a kakaó; szilárd habként a habcsók sülés (száradás) után; asszociációs kolloidként a mosogatószer amfipatikus molekulái micellákat képeznek stb. Ételek készítésekor sokszor pont a kolloid rendszer megszüntetése, azaz a koaguláció a cél. E folyamat során a rendszerben a kolloid mérettartományánál nagyobb méretű részecskék jönnek létre. Ez történik tojásrántotta készítésekor vagy hús sütésekor, főzésekor.

Ipari példaként említhetők kolloidokra a zsíroldó tisztítószer, tisztálkodószer, egyéb kozmetikai termékek (borotvahabok, krémek, spay-k); építőiparban a szigetelőhabok (pl. poliuretán hab), a festékek illetve a fémhabok, amik nagy teherbíró-képességű, mégis rendkívül kis sűrűségű vázanyagok, ez jelenleg is kutatott téma.

Az élő természetben is sok tekintetben találkozunk kolloidokkal. A tutajkészítő csiga (*Janthina janthina*) a víz alatt habot készít, a hab a testét körülvevén segít neki a víz tetejére emelkedni, így nagy távolságokra képes eljutni. A rajzfilmről is ismert vízipók (*Argyroneta Aquatica*) a testének szőrszálain adszorpcióval megkötött levegőt hordja le a víz alatti burájába. Az akváriumok ismert állata, a szíami harcoshal (*Betta splendens*) petéi biztonságba helyezése érdekében a vízfelszínen habfészket készít. Ez a habfészkek más szerkezetű, mint a szappan hab. A buborékok vízhíddal kapcsolódnak, mint a buborékkarában, ezért nem öregszik a hab, megmarad a szerkezete. A tajtékos kabóca (*Cercopidae*), amivel fűzesekben, nedves réteken találkozhatunk, szintén habfészket épít az ágakra, fűszálakra. A szürke famászóbéka (*Chiromantis xerampelina*) hátsó lábainak mozgásával ver habot a vízben, melyből habfészket készít ivadékainak. Az emberi testre összességében is tekinthetünk kolloid rendszerként (izmok, szem, bőr stb.), ugyanakkor a különféle biokémiai folyamatok is kolloid közegben mennek végbe (pl. epe szerepe a zsírok és olajok emésztésében).

#### 4.1.3.4. Elektrokémia

Az elektrokémia tárgyköre igen szerteágazó, és a fenti témákhoz hasonlóan szintén összekapcsolja a fizikát, a kémiát és még a biológiát is. Azok a témák, amiket magába foglal, mindig is nagy jelentőségűek voltak, napjainkra pedig különösen azokká váltak.

Először tartós áramot létrehozni a Volta-oszloppal sikerült, és mai napig is az ezen az elven működő akkumulátorok használata az egyetlen lehetőség az elektromos energia tárolására, így hordozható eszközeink működtetésére is.

Az alternatív és környezetbarát energiaforrások egyik jövőbeli lehetősége a tüzelőanyag-cellák gazdaságos és biztonságos megalkotása.

Az elektrokémiát tanulmányozva ezen kívül az alábbi kérdésekre is választ kaphatunk: Miért kell tölteni a telefonunkat? Miért nem lehet tölteni a ceruzaelemet? Hogyan indul el az autó? Miért rozsdásodik a vas? Miért nem korrodálódik az arany és az alumínium?

A témával való foglalkozás tehát közelebb hozhatja a diákokhoz ezt a sokak által nem kedvelt témát. Az alkalmazások megismerésével kézzel foghatóvá válnak a korábban megismert megállapítások és elnyerik értelmüket, jelentőségüket, jogosságukat az elvont fogalmak (pl. elektromotoros erő, standardpotenciál stb.) is.

Kiváló lehetőség a fizika és a kémia összekapcsolására: ugyanazok az elektronok vesznek részt a redoxireakciókban (elektrodfolyamatokban), melyek rendezett vándorlása az elektromos áram. A töltéshordozók és az anyagszerkezet összekapcsolása a természettudományos világkép és szemlélet alakulását is segítik. A tudománytörténetben is felismerhető a kapcsolat: a fizikába a részecskeszemlélet a kémia tapasztalatain keresztül került be, s erre egyik legjobb példa az elektrokémia kialakulása.

A továbbiakban tanítási gyakorlatomra építve leírok egy lehetőséget arra, hogyan érdemes ezt a témát feldolgozni és a diákoknak bemutatni.

Az elektrokémia története Luigi Galvaniig (1780 körül, itáliai) nyúlik vissza, aki felismeri, hogy a békacomb ugrál szikével való vágás közben vagy ha fel van lógatva a vasrácsra. A jelenséget „állati elektromosság” nevezi (30. ábra).

**Az elektrokémia története**

- Luigi Galvani (olasz, 1780. k.)
  - a békacomb ugrál szikével való vágás közben vagy ha fel van lógatva a vasrácsra
  - a szike és a rács vas, a horog réz...
  - → „állati elektromosság”



**30. ábra** Egy dia a tanári előadásból

Alessandro Volta (1793, itáliai) ismeri fel annak jelentőségét, hogy a szike és a rács vas, a béka rögzítésére használt horog réz. Azaz a lényeg a kétféle fém érintkezése, az állat teste csak a vezetést biztosító elektrolit. Volta fémek egymásra rétegzésével megalkotja az első berendezést, mely tartós áramot hoz létre, ezt ma Volta-oszlopnak nevezzük. Ez a felfedezés nyitotta meg az utat az elektromos

áram vizsgálatához. Humphry Davy (1807 k., angol) a Volta-oszlop segítségével áramot vezet oldatokba, így új anyagokat állít elő (pl.: kálium, nátrium, kalcium, magnézium, bór, bárium, klórgáz). Michael Faraday (1834, angol) megalkotja az elektrolízis mennyiségi törvényeit (11 kötetben leírt 3340 elektromosságtani kísérletének elvégzése keretében) s tesz az elektrolízis kvantitatív viszonyairól a mai napig helytálló megállapításokat, anélkül, hogy pontosan ismerné az elektrolízis mibenlétét, hiszen az elektront csak 1895-ben fedezik fel.

Az elektrokémia mára önálló tudományággá vált, az elektromos áram és kémiai reakciók kapcsolatát vizsgálja. Egyik ága a galvánelemek működésének vizsgálata (kémiai reakció elektromos áramot termel, pl. ceruzaelem működése, akkumulátor kisülése) illetve az elektrolízis folyamatának tanulmányozása (elektromos áram hatására kémiai reakció történik, pl.: alumíniumgyártás, akkumulátor feltöltése).

Egy galváncella két elektródból áll, melyek közt az ionvándorlás biztosított. Az elektród sokféle lehet, ezek közül a legegyszerűbb, amikor egy fémlemez saját ionjait tartalmazó oldatba merül (pl. rézlemez + réz-szulfát-oldat). Ilyen pl. a John Daniell (angol) által 1836-ban készített réz és cink elektródákat tartalmazó Daniell-elem. További telepként használt galvánelem a Leclanché-féle szárazelem, azaz a szén-cink elem (pl. ceruzaelem), az alkálielemek és a Ruben-Mallory elem, azaz a higany-elem (pl. gombelem).

Az akkumulátorok olyan galváncellák, melyekben megfordítható kémiai reakció megy végbe, így az elektromotoros erejüknél nagyobb külső feszültséget rájuk kapcsolva tölthetők. Így működik az ólomakkumulátor (pl. autókban), a nikkell-kadmium-akkumulátor, a nikkell-fém-hidrid akkumulátor (Ni-MH akkumulátor) és a manapság legelterjedtebb lítium-ion akkumulátor (Li-ion akkumulátor).

Az elektrokémiai áramforrások különös képviselői a tüzelőanyag-elemek vagy üzemanyagcellák. Ezek olyan elektrokémiai áramforrások, melyekben valamilyen üzemanyag oxidációja jelenti az áramtermelő folyamatot. A tüzelőanyagot folyamatosan pótolják, így nem merül le mint a galvánelem és nem kell tölteni mint az akkumulátort. További előnyei, hogy nagyobb a hatásfoka, mint a hőerőgépeké és alacsony a károsanyag-kibocsátása. Lehetséges üzemanyagai: hidrogén, földgáz, gázolaj, szén, metanol. Hátrányai, hogy az üzemanyagot elő kell állítani és biztonságosan kell tárolni. A tüzelőanyag-elemek kapcsán környezetvédelmi kérdések is előkerülhetnek, melyek megtárgyalása hozzájárul a diákok környezettudatos neveléséhez.

Az elektrokémiai folyamatok tárgyalása során beszélni kell a korrózióról. A korrózió a fémek felületéről kiinduló, környezeti hatásokra lejártszódó kémiai változás. (Pl. vas rozsdásodása, patina kialakulása rézedényeken vagy réztetőn, ezüst ékszerek feketedése, szulfidréteg kialakulása fémeken.) Korrózió során redoxireakció történik: a fém általában a nedvesség és a levegő oxigéntartalmának következtében oxidálódik. Sőt, ha kétféle fém érintkezik, akkor az egyik

korróziója a másik jelenlétének hatására felgyorsul, ugyanis az érintkezés helyén galvancia („helyi elem”) jön létre, amelynek működése szintén elektrokémiai folyamat.

A korrózióvédelem célja a fémek megóvása korróziótól. A felületvédelem egyik fő típusa a passzív védelem, azaz a felület bevonattal történő elzárása a környezettől. Ebből következik, hogy a módszer csak a bevonat sérüléséig véd. Ilyen korrózióvédelmi eljárás a festés, műanyag bevonat készítése, az eloxálás (védőoxidréteg kialakítása vagy vastagítása elektrolízissel) vagy fémbevonat készítése egy „ellenállóbb” (=magasabb standardpotenciálú) fémből. A korrózióvédelem másik típusa az aktív védelem, azaz a védendő fém fémes összekapcsolása egy kisebb standardpotenciálú védőfémmel. Erre példa a föld alatti csővezetékek, tartályok védelme magnéziummal, cinkkel; a boiler védőanódja vagy fémbevonat készítése, pl. horganyzás (cinkbevonatú ereszcsonna, kerítés). Érdekességként megemlíthető, hogy a delhi vasoszlopon (4. század) nyoma sincs korróziónak, feltehetően a foszfátszennyezésből kialakult vas-foszfát védőrétegnek köszönhetően.

#### **4.1.4. Diákok munkái a szakkörön**

Az első két-három tanári előadás (és azt kísérő megbeszélés) keretében feldolgozott téma után a résztvevő diákok feladata volt, hogy egy-egy általuk választott témát kutassanak, anyaggyűjtés és rendszerezés után kb. 20-30 perces kiselőadást tartsanak a szakkörön. A téma teljesen szabadon választható volt egyetlen megkötéssel, hogy a fizika-kémia és biológia közül legalább kettőhöz kapcsolódjon, amely kapcsolódási pontokat mutassák is be az előadásukban.

Ezután újra tanári előadások (megbeszélések) és diákok előadásai követték egymást felváltva. A legutolsó körben, a tanév vége felé tartott előadásokról már rövid kivonat (abstract) elkészítését is kértem, hogy a diákok egy ilyen feladat elvégzésével is megismerkedhessenek.

Néhány példa a diákok által tartott kiselőadások témáira: *Margarin vagy a vaj?*; *Furcsa és különleges bolygók*; *A növények mozgása*; *Elektromos angolna*; *Hópelyhek alakja, kialakulása, tulajdonságai*; *A kavitáció jelensége*; *Az alkohol hatásai az emberi szervezetre*; *Szuperhősök és filmek a tudomány szemével*; *Szerves mérgek*; *Állati, növényi és ásványi mérgek*. Az előadások után a diákok munkájukról rövid összefoglalót készítettek, kettőnek az első oldala látható a 31. ábrán.



### Elektromos angolna

Szabó Kata Sára

2016. február 27.

#### Testének felépítése

Az elektromos angolna testének elülső részében található a létfontosságú szervek, melyeket zsíréteggel véd az általa termelt árammal szemben. A test 4/5 részében viszont olyan szervek találhatóak, amik az áramfejlesztésért felelősek. Ezt a feladatot 3 pár szerve végzi. Az általa termelt árammal kommunikálni tud a faj többi egyedével, mert elektroreceptorok segítségével, melyek a fején találhatóak, képes más angolnák jeleit érzékelni. Az impulzusok erősségét szabályozni tudja. Az alacsony feszültségével a környezetét érzékeli, a rövid, nagyfeszültségű sorozatot vadászat közben, míg a nagy frekvenciás, nagyfeszültségűt a zsákmány elfogása alatt használja.

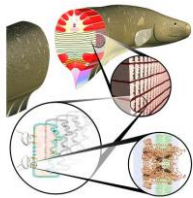


#### Támadás folyamata

Az angolna sötét, mély vizekben, éjszaka vadászik. A támadás rendkívül gyorsan történik, a másodperc tört része alatt (kb. 3-4 milliszekundum) játszódik le. A zsákmány elejtése során nagyfeszültségű áramot bocsát ki, melynek hatására az áldozatnak minden izma ideiglenesen megbénul. Ilyen izom összehúzódásra egy állat csak akkor képes, ha az angolna áramimpulzusa éri testét. Ennek hatására a víz, az állat benuálását rezgések formájában közvetíti az angolnának, ezzel elárulva az áldozat helyzetét.

#### Hogyan képes az angolna áramot termelni?

Elektromos szerveiben több ezer darab, 3 rétegű elektród lapoccska található, melyek egyenként be vannak idegezve. Az ezek között lévő, kicsi potenciálkülönbség teszi lehetővé az áram termelését. A lapok szélén ioncsatornák és ionpumpák találhatóak, melyek ki- és beengedik a különböző töltésű ionokat. Az áramtermelés hatására a hal agyából egy idegi impulzus indul el és az ingerület kinyitja az ioncsatornákat. A pozitív töltésű nátriumionok bejutnak az elektród lapoccskák közé és ennek hatására a töltés megváltozik. Az átmeneti feszültség különbség miatt pedig egy hirtelen elektromos kisülés alakul ki.



## Hópelyhek

Grányi Sára

2016. február 23.

### Érdekeségek:

Először egy kicsit az érdekességekről és általános tudnivalókról szeretnék beszélni. (Fontos! a prezentációhoz/esszéhez felhasznált források nagy része angol nyelvű volt, így sok szakszót jómagam és a google fordító fordítottunk, így előre is elnézést szeretnék kérni későbbi fura elnevezésekért és pontatlan szakkifejezésekért.)

Rögtön két kifejezés között szeretnék különbséget tenni. Ezek a szavak a hókristály (snowcrystal) és a hópihe (snowflake). A hókristály az a hatszögös szimmetriájú jégdarab, amire az emberek többsége gondol a „hópihe” kifejezés hallatán, pedig a hópihe kifejezést minden égből hulló jeges csapadékra használandó. A hópihe egy tágabb fogalom így magába foglalja a hókristályt is.

Sok ember azzal sincs tisztában, hogy a legtöbb hókristály nem szimmetrikus. Igen, a legtöbbször 6 ága van, de ez koránt sem jelenti azt, hogy szimmetrikusak lennének.

Valamint általános tévhit még, hogy a hókristályok fagyott vízcseppek, pedig nem. A fagyott vízcseppekkel ónos vagy havas eső idején találkozhatunk.

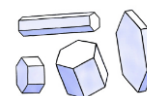
Mint már mondtam, a hókristályok nem fagyott vízcseppek, a vízgőz fagy meg fent a magasban, amiből aztán kialakulnak, a folyékony halmazállapotot ki is hagyják teljesen.



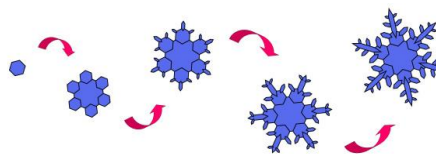
### Kialakulása:

Kialakulása kezdetén a hókristály mindössze egy poszterem a magasban, ami körül vízgőz fagy meg.

Ezeknek a „hatszögös” testeknek az oldalán üregképződés indul meg, mivel a jég gyorsabban nő az oldalakon.



Ezután kezdődik meg az ágaképződés, amikor jellegzetes hatos szimmetriáját megkapja.



### 31. ábra Diákok által készített összefoglalók első oldala

#### 4.1.5. A szakkör pedagógia jelentősége, eredményei

A szakkörre jelentkező diákoknak saját bevallásuk szerint fogalmuk sem volt a jelentkezés pillanatában, mit jelent a „Komplex Természettudományos Szakkör” kifejezés. Az első alkalommal, a lumineszcencia feldolgozásának végére értették meg a célkitűzést és az elvárásokat. A „Természet színei” és a kolloidok után már nemcsak értették, hanem maguk is meg tudták valósítani a jelenségek megismerésének ezt a módját az általuk tartott előadások első körében és a témák önálló feldolgozásában.

Megállapíthatjuk, hogy a természettudományos szakkör jó hatással van a diákok gondolkodására, hozzájárul annak a szemléletnek a kialakításához, hogy egy problémát a teljes megértéshez és leírásához általában kevés csak egy oldalról vizsgálni.

A szakkör ezen felül jó alkalom volt arra, hogy a diákok lássák az órán tanultakat **egészen más környezetben** s felismerjék, hogy a tananyagban szerzett alapvető és elvi szintű ismereteiket milyen sok helyen és alkalommal tudják a **gyakorlati alkalmazások és előfordulások** terén kamatoztatni.

A szakkör természetesen az érdeklődés kialakítására és fenntartására is kiváló, hiszen a diákok felé általában **újyszerű**, addig ismeretlen szemléletet közvetít. Ez a szemlélet akár pályaválasztásukban is meghatározó és segítő lehet, hiszen számos foglalkozás végzése igényli a **széles látókörű, komplex**

**gondolkodásmódot.** Ha a szakköri keretek közt a diákok megismerik ezt a gondolkodásmódot és felismerik azt is, hogy sikeresen alkalmazható, akkor bátrabban választanak majd olyan foglalkozást, mely nem szigorúan diszciplínához kötött, illetve napi munkájuk során is haszonnal fogják tudni alkalmazni ezt a szemléletet, az újítás érdekében.

## 4.2. „PREMISTRY” TERMÉSZETTUDOMÁNYOS NÉPSZERŰSÍTŐ SOROZAT

### 4.2.1. Bevezetés

2013 májusában akkori munkahelyem, a gödöllői Premontrei Szent Norbert Gimnázium, Egyházzenei Szakközépiskola és Diákotthon nevében sikeres pályázatot adtam be a Pro Progressio Alapítvány intézménytámogatási pályázatára. A támogatási összeget egy természettudományos ismeretterjesztő sorozat megtartására fordítottuk. [51.]

A tematika kidolgozását és a program sikeres végrehajtását kolléganómmal végeztük el.

A programsorozat megvalósításának célja a **természettudományos tárgyak**, különösen a kémia és a fizika **népszerűségének növelése** volt a diákok körében úgy, hogy mindez magában hordozza a természettudományi és technológiai **kompetenciák fejlesztését** is. Mindezt két szinten kívántuk elérni: az **alsóbb osztályos** tanulóknál (7-9. évfolyam) alakuljon ki a **természettudományok szeretete**, ismerjék meg, hogy milyen témákkal és jelenségekkel foglalkozik ez a tudományág. Célul tűztük ki, hogy a foglalkozásoknak köszönhetően a diákok a tanórákon is majd még nagyobb kedvvel és aktivitással vegyenek részt. Az érdeklődésük felkeltése után majd a tanórák szisztematikus keretén belül is akarják megismerni a jelenségek mélyén meghúzódó komoly **természeti összefüggéseket**. Az ilyen nyitottság a tudományos ismeretszerzésre, olyan produktív attitűd, ami a közös munkát hatékonyabbá teszi, hozzájárul a tanulók készségeinek (pl. következtetések kigondolása, adatok felhasználása, logikus gondolatmenetek megalkotása) fejlődéséhez.

A **felsőbb évfolyamokon** (9-12. évfolyam) pedig a **pályaválasztás** előtt álló fiatalok számára kívántuk felkínálni a természettudományos pálya izgalmas és vonzó lehetőségeit, megismertetve őket a már tanult anyagok **alkalmazásának** lehetőségeivel, **távlataival**. Ezáltal is tovább hangsúlyozva azon ismeretek és módszerek sokaságát, amelyekkel képesek lehetnek összefüggéseket meglátni különböző területek illetve technológiai folyamatok között. A fakultációválasztás előtt állóknak kedvcsinálónak, a már fakultációra járó diákoknak megerősítésnek szántuk ezeket az alkalmakat.

Fontos pedagógiai törekvésünk volt a fakultációra járó felsőbb évfolyamos diákok bevonása a tanulókérdés alkalmak előkészítésébe, levezénylésébe, kisebb diákok segítségébe. Ezzel nemcsak **felelősségérzetük** erősödhetett (és ezáltal a „nagybetűs élet” bármely területén elengedhetetlen vállalkozói kompetenciájuk fejlődhetett), hanem **természettudományi és szociális kompetenciájuk**

is, hiszen így „kénytelenek” voltak úgy és addig gondolkodni a látott jelenségeken, hogy azt egy fiatalabb diáktársuknak érthető módon és megfelelő stílusban el tudják magyarázni.

A „Premistry” elnevezés is az egyik kémia fakultációra járó diákunk ötlete volt, a „Premontrei” és a „Chemistry” szavak szellemes összerántásából.

#### 4.2.2. Szervezés

A Premistry sorozat az előzetes tervek szerint és a megvalósítását tekintve is 6 alkalomból állt. Ebből 3 tanári előadás, 3 tanulókísérleti alkalom volt. A sorozatot 2013 decemberében indítottuk útjára gondos előkészítés után, és 1-1,5 havonta tartottunk egy-egy foglalkozást, az ünnepekhez/szünetekhez és egyéb iskolai programokhoz is igazodva, a tanítás után, általában délután 3 órai kezdettel. Az előadásokat és a tanulókísérleteket is az iskola egész nyilvánosságának meghirdettük, a tanulókísérleteknél azonban a létszámot 40 főben maximálnunk kellett a helyiségek befogadóképessége miatt. Korlátozott létszámban egy másik gödöllői középiskola diákjait is meghívtuk az alkalmakra. Az alkalmak előtt az iskola forgalmas helyein az eseményekről plakátokat helyeztünk el (32. ábra).

 <p><b>VILÁGÍTÓ FÉNYPONTOK A NYÁRI ÉJSZAKÁBAN ÉS A TENGER MÉLYÉN</b></p> <p>- A szentjánosbogaraktól a világító medúzáig - Érdekességek a lumineszcencia jelenségéről</p> <p><i>A Premistry természettudományos sorozat 1. előadása</i></p> <p>Időpont: 2013. december 18. 8. óra (15:00-16:00)</p> <p>Helyszín: Fényi Ottó terem</p> <p>Jelentkezés: fizika- és kémiaórákon</p> 	 <p><b>A PREMISTRY TERMÉSZETTUDOMÁNYOS SZOROZAT 2. ALKALMA</b></p> <p>Tanulókísérletek „Színek és fények” témakörben</p> <p>Időpont: 2014. január 29. 15.00-16.00 Helyszín: Kémia terem és -labor</p> <p>Résztevők: 9. és 10. évfolyam előre feliratkozott diákjai</p> <p>Választható Kísérletek:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lángfestés</li> <li>2. Színes csapadékos reakciók</li> <li>3. Színváltó lombik</li> <li>4. Kék lombik</li> <li>5. Festés ecettel, szódadabikarbónával és mosóporral</li> <li>6. Sav-bázis indikátorok</li> <li>7. Liftező színes cseppek</li> <li>8. Kromatográfia</li> <li>9. Festés fémsókkal</li> <li>10. Négy poharas varázslat</li> </ol> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; text-align: center;"> <p>Trust Me Learning About Chemistry Won't Kill You</p> </div>  
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

  <p><b>PREMISTRY TERMÉSZETTUDOMÁNYOS SOROZAT</b> <b>3. ALKALOM</b></p> <p><b>„Habok, zselék a konyhától az élővilágig”</b> <b>- Kolloidok körülöttünk -</b> <b>Előadás</b></p> <p><b>Időpont:</b> 2014. február 26. (szerda) 15.00-16.00</p> <p><b>Helyszín:</b> Fényi Ottó terem</p>   	<p><b>PREMISTRY</b> <b>TERMÉSZETTUDOMÁNYOS SOROZAT</b> <b>4. ALKALMA</b></p> <p><b>Tanulókísérletek „Levegő, oxigén, égés” témakörben</b></p> <p><b>Időpont:</b> 2014. március 26. 15.00-16.00 <b>Helyszín:</b> Kémia terem és -labor</p> <p><b>Résztevők:</b> 9. és 10. évfolyam előre feliratkozott diákjai</p> <p><b>Választható kísérletek:</b></p> <table border="0"> <tr> <td> <p>1. Kísérletek áramló levegővel</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Célbalövés örvényekkel</li> <li>• Ping-pong labda légáramban</li> <li>• Megfűjt papírlapok</li> <li>• Megpörgetett henger</li> </ul> </td> <td> <p>3. Kísérletek gázokkal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Szén-dioxid öntögetése</li> <li>• Felszálló lángoló buburék</li> <li>• Filmesdoboz-rakéta</li> <li>• Fekete kígyó</li> <li>• Légpármás pénzérme</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td> <p>2. Kísérletek légnyomással</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Égés a pohár alatt</li> <li>• Sósavszökőkút</li> <li>• Tojássszipantás</li> <li>• Szökőkút</li> <li>• Vízforrálás alacsony hőmérsékleten</li> </ul> </td> <td> <p>4. Kísérletek égéssel, lángokkal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lángfestés</li> <li>• Fémek égése, oxidációja</li> <li>• Benzin égése, eloltása</li> <li>• Kockacukor meggyújtása</li> <li>• Izzó papír</li> <li>• Gyertya lángjának vizsgálata</li> </ul> </td> </tr> </table> 	<p>1. Kísérletek áramló levegővel</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Célbalövés örvényekkel</li> <li>• Ping-pong labda légáramban</li> <li>• Megfűjt papírlapok</li> <li>• Megpörgetett henger</li> </ul>	<p>3. Kísérletek gázokkal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Szén-dioxid öntögetése</li> <li>• Felszálló lángoló buburék</li> <li>• Filmesdoboz-rakéta</li> <li>• Fekete kígyó</li> <li>• Légpármás pénzérme</li> </ul>	<p>2. Kísérletek légnyomással</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Égés a pohár alatt</li> <li>• Sósavszökőkút</li> <li>• Tojássszipantás</li> <li>• Szökőkút</li> <li>• Vízforrálás alacsony hőmérsékleten</li> </ul>	<p>4. Kísérletek égéssel, lángokkal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lángfestés</li> <li>• Fémek égése, oxidációja</li> <li>• Benzin égése, eloltása</li> <li>• Kockacukor meggyújtása</li> <li>• Izzó papír</li> <li>• Gyertya lángjának vizsgálata</li> </ul>
<p>1. Kísérletek áramló levegővel</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Célbalövés örvényekkel</li> <li>• Ping-pong labda légáramban</li> <li>• Megfűjt papírlapok</li> <li>• Megpörgetett henger</li> </ul>	<p>3. Kísérletek gázokkal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Szén-dioxid öntögetése</li> <li>• Felszálló lángoló buburék</li> <li>• Filmesdoboz-rakéta</li> <li>• Fekete kígyó</li> <li>• Légpármás pénzérme</li> </ul>				
<p>2. Kísérletek légnyomással</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Égés a pohár alatt</li> <li>• Sósavszökőkút</li> <li>• Tojássszipantás</li> <li>• Szökőkút</li> <li>• Vízforrálás alacsony hőmérsékleten</li> </ul>	<p>4. Kísérletek égéssel, lángokkal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lángfestés</li> <li>• Fémek égése, oxidációja</li> <li>• Benzin égése, eloltása</li> <li>• Kockacukor meggyújtása</li> <li>• Izzó papír</li> <li>• Gyertya lángjának vizsgálata</li> </ul>				
  <p><b>PREMISTRY TERMÉSZETTUDOMÁNYOS SOROZAT</b> <b>5. ALKALOM</b></p> <p><b>Elektrokémia</b> <b>„A citrommal működő órától a hidrogénes autóig”</b> <b>Előadás</b></p> <p><b>Időpont:</b> 2014. április 9. (szerda) 15.00-16.00</p> <p><b>Helyszín:</b> Fényi Ottó terem</p>    	  <p><b>PREMISTRY TERMÉSZETTUDOMÁNYOS SOROZAT</b> <b>6. ALKALOM</b></p> <p><b>Tanulókísérletek „Elektrokémia” témakörben</b></p> <p><b>Időpont:</b> 2014. május 21. (szerda) 15.00-16.00 <b>Helyszín:</b> Kémia terem és -labor</p> <p><b>Résztevők:</b> 9. és 10. évfolyam előre feliratkozott diákjai</p> <p><b>Választható kísérletek:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Volta-oszlop építése pénzérmékből</li> <li>• Citromóra, gyümölcsselemek</li> <li>• Elektrolízis krumpliban</li> <li>• Írás, rajzolás árammal</li> <li>• Lüktető higanyszív</li> <li>• Ólomfa növesztés</li> <li>• Korrózióvédelem modellezése</li> <li>• Durrnógáz előállítás elektrolízissel</li> <li>• Ionok mozgatása</li> </ul> 				

32. ábra A Premistry plakátjai

A témák megválasztásakor törekedtünk arra, hogy az alkalmak ne szigorúan csak egyik vagy másik tantárgyhoz kötődjenek. Egyrészt azért, hogy egyszerre ne csak egy tantárgy népszerűségét növeljük, másrészt azért, hogy az általunk fontosnak tartott integrált természettudományos szemléletet a diákokban kialakítsuk és elmélyítsük. Így ezeken az alkalmakon is tapasztalatot szerezhettek arról, hogy egy-egy természeti vagy hétköznapi jelenség megértéséhez, egy-egy kísérlet elvégzéséhez és magyarázatához bizony szükség van több tantárgy ismeretanyagára. Így kívántuk

elérni, hogy a gondolkodásukban és a tanórákon is képesek legyenek a külön-külön tanult és hallott információk összekapcsolására, együttes alkalmazására.

Az alábbi, 7. táblázat foglalja össze a Premistry alkalmainak időpontját és témáját:

	<b>Téma/cím</b>	<b>Forma</b>	<b>Időpont</b>
1.	Világító fénypontok a nyári éjszakában és a tenger mélyén – Érdekességek a lumineszcencia jelenségéről	tanári előadás + kísérletbemutató	2013. december 18.
2.	Színek és fények	tanulókísérletek	2014. január 29.
3.	Habok, zselék a konyhától az élővilágig – Kolloidok körülöttünk	tanári előadás + kísérletbemutató	2014. február 26.
4.	Levegő, oxigén, égés	tanulókísérletek	2014. március 26.
5.	A citrommal működő órától a hidrogénes autóig – Elektrokémia	tanári előadás + kísérletbemutató	2014. április 9.
6.	Elektrokémia	tanulókísérletek	2014. május 21.

**7. táblázat** A Premistry időpontjai és témái

#### **4.2.3. Előkészítés**

Az **előadások** előkészítése során először összegyűjtöttük a legfontosabb ismereteket a témáról, elsősorban természetesen a középiskolai tananyagok és egyetemi előadások, gyakorlatok során szerzett tapasztalataink alapján. Kiegészítettük ezeket internetes források segítségével rengeteg gyakorlati alkalmazással, természetben való előfordulással (melyek a tankönyvekből sokszor sajnálatos módon vagy teljesen kimaradnak vagy csak elnagyoltan szerepelnek). Mivel motiváló és ismeretterjesztő előadás készítése volt a cél, a mondanivaló összeállítása során a gyakorlati alkalmazásokra, a probléma- és kérdésselvetésekre, azaz a gondolkodás ösztönzésére fektettük a hangsúlyt. Így kívántuk elérni, hogy a diákok lássák, a tanórákon megszerzett tudásukat némi továbbgondolással gyakorlati szempontból hasznos megoldásokra lehet alkalmazni. Az előadások anyagából animált prezentációt készítettünk, ami végig illusztrálta az elhangzottakat. A prezentációink mintaként is szolgáltak diákjaink számára. Igyekeztünk jó példával eléjük állni, ezzel elősegítve az információs és kommunikációs technológiák (IKT) alkalmazásához kapcsolódó készségek (digitális kompetenciák) fejlődését.

Az előadások után bemutatni kívánt kísérleteket az előadást megelőző napokban előkészítettük és kipróbáltuk.

A **tanulókísérleti alkalmak** előkészítése során először összeválogattuk a résztvevők számára elvégezhető kísérleteket a rendelkezésre álló szakirodalomból: [52-60.]. A kiválasztásnál döntő volt, hogy a kísérlet a megadott témához kapcsolódjon, és az aktuális témát fizikai, kémiai, esetleg biológiai szempontból is érintse. Technikai szempontból fontos, hogy a kísérlet elvégzésének ideje

rövid legyen (hogy egy diák többféle kísérletet is elvégezhesen egymás után), illetve hogy a kísérlet könnyen reprodukálható, azaz eredeti állapotába visszaállítható legyen (hogy egy kísérletet több diák is el tudjon végezni egymás után). Pedagógiai szempontból lényeges, hogy a kísérlet biztosan sikerüljön még a tapasztalatlan diákok számára is, sikerélményt okozva nekik. A biztonság fontossága miatt a kísérlet lehetőleg veszélytelen legyen, a kísérletezésben járatlan diákok se tegyenek kárt sem magukban, sem a többiekben, sem az eszközökben (a kicsit veszélyes kísérletek leírásánál felirat figyelmeztette a kísérletezőt, hogy azt csak tanár vagy segítő felsőbbéves jelenlétében végezheti el). Végül: a kísérlethez lehetőség szerint hétköznapi anyagok és eszközök legyenek szükségesek, hogy a diákok otthon is megismételhessék a kísérleteket, valamint, hogy könnyű legyen több példányban előállítani a kísérletet a létszám miatt.

A kiválogatott kísérletekről ezután legfeljebb 1 oldalas kísérletleírást készítettünk, mely első sorban a kísérlet kivitelezésére vonatkozó utasításokat tartalmazott, másrészt a megfigyelendő változásokra irányította a diákok megfigyelését (33. ábra). Ahol csak lehetett, a leírásokból igyekeztünk a konkrét tapasztalatokat és magyarázatokat kihagyni, hogy ezt ne „készen kapják” a diákok. A segítség, felügyelet közben természetesen szóban megbeszéltük ezeket. A kísérletleírásokból álló füzetet a fakultációra járó segítő diákoknak előre átadtuk, hogy ők is felkészülhessenek.

<p><b>LIFTEZŐ SZÍNES BUBORÉKOK</b></p> <p><u>Szükséges anyagok, eszközök:</u> személyenként: kis főzőpohár közös: szódabikarbóna, étolaj, ételfestékkel megfestett ecet, cseppentők, vegyszereskanál</p> <p><u>Elkészítés:</u> Szórjunk kevés szódabikarbónát a főzőpohár aljára, majd öntsünk rá étolajat majdnem színültig! Az ételfestékkel megfestett ecetoldatok valamelyikéből cseppentsünk az olajba! <i>Figyeljük meg, mi történik, és adjunk magyarázatot minden jelenségre!</i></p>	<p><b>3. ELEKTROLÍZIS KRUMPLIBAN</b></p> <p><u>Szükséges anyagok, eszközök:</u> krumpli, rézlemezek, rőpszínőrok, krokodilcsipeszek, KI-oldat, cseppentő, univerzálindikátor-oldat</p> <p><u>Elkészítés:</u> A krumpli tetején közepén vágjunk mélyedést, öntsünk ebbe kevés 1 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú kálium-jodid-oldatot! Szúrjuk a rézelektrodákat a krumpli két végébe, kapcsoljunk rá kb. 12 V feszültséget! 10-15 perces elektrolízis után vágjuk ketté a krumplit az elektrodák mentén!</p> <p><i>Mit tapasztalunk az anódnál? Mivel magyarázzuk?</i></p> <p><i>Cseppentsünk univerzálindikátort a katód környékére! Mit tapasztalunk? Mivel magyarázzuk?</i></p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**33. ábra** Tanulóknak számára készített kísérletleírások az 1. és a 6. alkalom anyagából

A tanulókérséleti alkalmak előtt a kémiatermet és –labort berendeztük, az asztalokat a kísérleteknek megfelelően átrendeztük. A szükséges anyagokat és eszközöket a segítők közreműködésével tálcákra kikészítettük, majd a kinyomtatott kísérletleírásokat műanyag tasakban a megfelelő asztalra ragasztottuk.

Nem mellékes tényező tanulókérséleteknél, hogy az előkészítés mellett az elpakolás is nagy feladat, különösen laboráns nélkül. Így ez is több órát vett igénybe, bár a felsőbbéves segítők még ebben a fázisban is lelkesen rendelkezésre álltak.

## **4.2.4. Tematika**

### 4.2.4.1. Előadások

#### Lumineszcencia

Az előadást a fentiekben vázolt természettudományos szakköri feldolgozás alapján tartottam, néhány módosítással, a helyzetre való adaptálással. Az időtartamot 45 percre szűkítettem és kiegészítettem úgy, hogy alsóbb éves diákok számára is érthető legyen.

Az előadást kísérleti bemutató zárta, melyben a diákok fluoreszkáló és foszforeszkáló tárgyakat nézhettek meg és világíthattak meg UV-lámpával. Az évek során kialakult gyűjteményünkben világító állatfigurák, csontvázak, lámpakapcsolók, gyerekszobák falát díszítő alakzatok és egyéb „glow-in-the-dark” tárgyak találhatók. Megvizsgáltuk a bankjegyek és a mosópor, valamint a fehér ruhák fluoreszcenciáját is. Kipróbáltuk és elemeztük a könnyűzenei koncerteken használt világító pálcák működését. Végül elvégeztünk egy lumineszcenciás kísérletet, melyben a luminol és pirogallol fényt eredményező oxidációs reakcióját láttuk.

#### Kolloidok körülöttünk

Az előadást kolléganőm tartotta, javarészt a fent vázolt szakköri tematika alapján és az előbbi módosítások szerint. Kiegészítésként a kozmetikumokról több szó esett. Például a „micellás víz” említése kapcsán arról, hogy vajon ez csak egy-e a jól hangzó, ám áltudományos alapokon nyugvó termékek közül vagy tényleg van valamilyen tudományosan igazolható kedvező hatása.

Az előadást követő kísérleti bemutatóban a hallgatóságnak bemutattuk, hogy kolloid rendszerekben (füst, köd, csapadékot tartalmazó folyadék) a fény útja láthatóvá válik és létrejön a fényszóródás (Tyndall-effektus). Ezen felül előállítottunk habot az ún. „elefántfogkrém” kísérlettel, amelyben hidrogén-peroxid kálium-jodiddal való katalitikus bomlásából felszabaduló oxigén az oldatban levő mosogatószerrel habot képez, a gyorsan fejlődő gáz pedig ezt a habot a lombikból magasra lövi.

#### Elektrokémia

Az előadást a fent vázolt szakköri tematika alapján tartottam, természetesen itt is szükség volt az időkorláthoz, a hallgatóság életkorához és felkészültségéhez szabni a mondanivalót. Az elektrokémia története és a gyakorlati alkalmazások (galvánelemek, akkumulátorok, elektromos autó stb.) nagyobb hangsúlyt kaptak, hiszen az elektrokémiai jelenségek elméleti hátterét egyetlen 45 perces előadásban nem lehetett volna az előzetes ismeretekkel nem vagy alig rendelkező alsóbb éveseknek érthetően bemutatni.

Az előadás végén csak egy kísérletet mutattunk be, hiszen a következő tanulókérdési alkalom témája is az elektrokémia volt. Réz- és cinklemezekből, valamint citromból és vezetékekből galvánelemet állítottunk össze, melynek feszültségével egy hétköznapi faliórát működtetni tudtunk. A kísérlet fontos tanulsága, amire a diákoknak is felhívtuk a figyelmét, hogy egy ilyen elem belső ellenállása olyan nagy, hogy elektromotoros erőként hiába mérhető akár már egy cellán is a szükséges 1,5 V feszültség, ehhez képest a kapocsfeszültség annyira alacsony, hogy akár 3 cella sorbakapcsolása is szükséges lehet az óra működtetéséhez.

#### 4.2.4.2. Tanulókérdések

A tanulókérdési alkalmak során a diákoknak az alábbi fantázianevekkel ellátott kísérletek végrehajtására volt lehetősége:

#### Színek és fények

1. Lángfestés
2. Színes csapadékos reakciók
3. Színváltó lombik
4. Kék lombik
5. Festés ecettel, szódabikarbónával és mosóporral
6. Sav-bázis indikátorok
7. Liftező színes cseppek
8. Kromatográfia
9. Festés fémsókkal
10. Négy poharas varázslat

#### Levegő, oxigén, égés

1. Kísérletek áramló levegővel
  - Célbalövés örvényekkel
  - Ping-pong labda lebegtetés
  - Megfújott papírlapok
  - Megpörgetett henger
2. Kísérletek légnyomással
  - Égés a pohár alatt
  - Sósavszökőkút
  - Tojásszippantás
  - Szökőkút
  - Vízforrálás alacsony hőmérsékleten
3. Kísérletek gázokkal
  - Szén-dioxid öntögetése
  - Felszálló lángoló buburékok
  - Filmesdoboz-rakéta
  - Fekete kígyó
  - Légpárnás pénzérme
4. Kísérletek égéssel, lángokkal
  - Lángfestés



- Fémek égése, oxidációja
- Benzin égése, eloltása
- Kockacukor meggyújtása
- Izzó papír
- Gyertya lángjának vizsgálata

### Elektrokémia

1. Volta-oszlop pénzérmékből
2. „Víz tisztító” ellenőrzése elektrolízissel
3. Citrom-óra, gyümölcsselemek
4. Elektrolízis krumpliban
5. Írás árammal
6. Ionvándorlás
7. Oldatok forgatása
8. Fémek elektrokémiai korróziója (aktív korrózióvédelem modellje)
9. Lüktető higanyszív
10. Ólomfa elektrolízissel
11. Vízbontás elektrolízissel

A teljes kísérletleírások megtalálhatók a „Premistry” természettudományos népszerűsítő sorozatról készült publikációban [61.].

A tanuló-kísérleti alkalmak során készült a 34. ábrán és a 35. ábrán látható fénykép.



**34. ábra** Diákok kísérletezés közben, tanári felügyelettel és irányítással



**35. ábra** Diákok vizsgálják a lángfestés jelenségét tanári felügyelettel és irányítással

#### **4.2.5. Eredmények, tapasztalatok, értékelés**

A Premistry természettudományos sorozat eseményeire a diákok nagy számban, szívesen jelentkeztek. A tanulókísérletek korlátozott számú férőhelyei miatt általában **túljelentkezés** is volt. Az előadások is általában telt ház előtt hangzottak el. Megfigyelhető volt a jelentkezők és a résztvevők számában emelkedés, azaz a Premistry önmagának is jó reklám volt. Nem volt **szükség a diákokat ötéssel és egyéb módokon jutalmazni**, felismerték, hogy a részvétel magában hordja jutalmát!

A diákok természettudományok iránti szeretete, érdeklődése a Premistry alkalmai után észrevehetően megnőtt. A tanórákon megfigyelhető volt, hogy a részt vevő diákok aktívabban, szívesebben kapcsolódtak be jó hozzászólásaikkal az órák menetébe. A délutáni foglalkozásokon szerzett ismereteiket sokszor a tananyag kapcsán is fel tudták használni.

A diákok hozzáállásának változása, az érdeklődés növekedése nyilván nehezen mérhető, hiszen nagyon sok tényező befolyásolja. Nem is lehet számszerűen kimutatni, hogy ebben a Premistry alkalmi mekkora szerepet játszottak. A diákok motiváltságához szerintünk feltétlenül hozzájárult, hogy a természettudomány tanóráktól kissé eltérő témákban való megnyilvánulásával találkozhattak a tanulók és a délutáni foglalkozásokon megjelentek a tananyaghoz kapcsolódó, de attól akár kissé eltérő érdekességek is. Fontos, hogy megvalósult a tantárgyak összekapcsolódása, a természettudományok egységes szemlélete. A diákok számára nagy jelentőségű, hogy sok tanulókísérleti lehetőségben volt részük és az osztálytársakkal közösen kísérletezhettek, játszva

tanulhattak. A szociális kompetencia fejlődésére a tanulóknak alkalmuk nyílt a felsőbb éves segítő diákokkal való találkozásra, az ő példájuk megtapasztalására, valamint a fizika és kémia tanárokkal való személyes, kötetlenebb kapcsolat kialakítására. Fontos, hogy a Premistry itt említett előnyei egy fél éven át tartó folyamatban sorozatosan megismétlődtek. A fenti lehetőségekből egyéntől függően kisebb-nagyobb mértékben mindegyik aspektus hozzájárulhatott a természettudományos tárgyak népszerűségének emelkedéséhez.

Tanári szempontból megállapíthatom, hogy a természettudományok iránti érdeklődés növelésén túl a fenti projekt-munkából további előnyök is mutatkoztak. Számos lehetőség nyílt a tanórai időkeret szorításából kilépve a tananyag érdekességeinek és érdekes kísérleteinek bemutatására. A tantervi kereteken túl számos lehetőség adódott a természeti jelenségek előfordulásának és alkalmazásának széleskörű bemutatására, a természettudományos tárgyak összekapcsolására. Az előkészítés során összegyűjtött ismeretek és tapasztalatok tanórán is alkalmazhatók. Végül, de nem utolsó sorban megismerhettük a diákokat új helyzetben illetve kötetlen formában.

Egy-egy ilyen programsorozat megrendezése tehát mindenképpen hasznos és eredményes a tanulási folyamatban. Nyilvánvalóan alapos és időigényes előkészítést, körültekintő lebonyolítást igényel, de a munka a kollégák és diákok segítségének igénybe vételével megvalósítható, pedagógiai haszna pedig vitathatatlan.

### **4.3. VERSENYEK, VERSENYFELKÉSZÍTÉS**

#### **4.3.1. Bevezetés**

Tanári munkám során számos tanulmányi versenyre készítettem fel diákokat. Bár néhányan közülük nem értek el jó helyezést vagy többen tovább sem jutottak a második fordulóra, mindegyik esetben azonban közös vonás, hogy a készülés során a diákok sok olyan tudást és képességet szereztek, melyeket a versenyen való részvétel nélkül nem vagy csak nehezen tudtak volna elsajátítani.

A tantárgyi versenyek helyett most azokra a versenyekre koncentrálok, melyek vagy nevükben is integrált természettudományos szemléletet igényeltek a diákoktól, vagy melyeken a diákjaim ennek a szemléletnek (is) köszönhetően értek el jó eredményeket. Ezek a versenyek: Integrált Természettudományos Verseny; Avram Hershko Országos Természettudományi Verseny; Károly Ireneusz Fizikaverseny; Oláh György Országos Középiskolai Kémiaverseny; Gábor Dénes Országos Középiskolai Ösztöndíjpályázat.

### **4.3.2. Integrált Természettudományos Verseny és Avram Hershko Országos Természettudományi Verseny**

E két verseny már nevében is mutatja, hogy a sikeres versenyzéshez a természettudományok mindegyik ágának ismerete szükséges. A versenyek csapatversenyek voltak. Így természetesen az általam is felkészített csapatokban mindegyik tudományágnak volt egy-egy „szakértője” a csapattagok közül, de mégis fontos volt, hogy mindegyikük rendelkezzen a szükséges alapvető ismeretekkel mindegyik tantárgyból. Így a versenyekre való készülés nagy mértékben hozzájárult a természettudományos ismeretek összekapcsolásához.

Az Integrált Természettudományos Versenyen 2013-ban indult iskolánkból 4 diákból álló csapat. A felkészítést biológia szakos és fizika-kémia-környezettan szakos kollégákkal együtt végeztük. A verseny otthoni előzetes feladataiban a diákoknak saját maguk választotta témából interdiszciplináris feladatokat kellett megoldaniuk: plakátot készíteni egy természettudományos jelenségről (ők a Brown-mozgást választották), illetve filmet készíteni környezetvédelmi témában (ők a hangszennyezést választották). Mindkét feladatot ötletesen, és a problémák komplexitását jól bemutatva oldották meg. Tanári segítségre csak az ellenőrzéshez volt szükség. A verseny élő fordulóiiban a diákoknak fizika-kémia-biológia-természetföldrajz témakörökből kellett írásbeli és szóbeli feladatokat megoldaniuk. Az iskola csapata az országos döntőn 5. helyet ért el. A későbbi években a verseny nem került többet megrendezésre.

Az Avram Hershko Országos Természettudományi Versenyen 2014-ben és 2015-ben indult csapatunk, mindkétszer országos első helyezést értek el. A felkészítést itt is kollégákkal együtt végeztük. Mivel a versenyen való részvétel előzetes feladata egy kutatómunka elvégzése volt, ennek kivitelezésében és mentorálásában külső kutatóintézetek munkatársai is részt vettek. A kutatómunka és a beadott esszé címe 2014-ban: „A szimbiotikus nitrogénkötés vizsgálata mutáns növények segítségével”, 2015-ben: „Veszélyeztetett emlősök védelme újszerű módszerekkel: nyúl indukált pluripotens sejtjeinek vizsgálata.” A verseny egyfordulós, a döntőben a diákoknak fizika-kémia-biológia témakörből kellett írásbeli és szóbeli feladatokat megoldaniuk, valamint laboratóriumi mérést (titrálást) kellett végezniük.

### **4.3.3. Károly Ireneusz Fizikaverseny**

A versenyt 7-12. évfolyamos katolikus iskolák diákjainak hirdetik meg, alapvetően a fizika tárgyhoz kapcsolódnak a feladatok. Előzetes (otthoni) feladatból és egyfordulós döntőből áll, ahol fizikafeladatokat kell a diákoknak megoldaniuk.

2011-ben a 9-10. évfolyamosok otthoni feladata volt, hogy a WebCam Laboratory mérőprogrammal a pályázók vizsgáljanak meg minél több fizikai/természeti jelenséget. A program akkoriban készült el frissen magyar programozók által és tesztelés, finomhangolás alatt állt. A feladat

elvégzése előtt és közben tehát meg kellett ismerkednünk ezzel az új programmal, fel kellett fedeznünk funkcióit, fel kellett ismernünk esetleges hibáit és ki kellett küszöbölnünk azokat.

A program egy webkamera képén keresztül elemez mozgásokat, és így végezhető el néhány mérés a segítségével. Tulajdonképpen a webkamerát egy univerzális interfésznek használhatjuk a program segítségével.

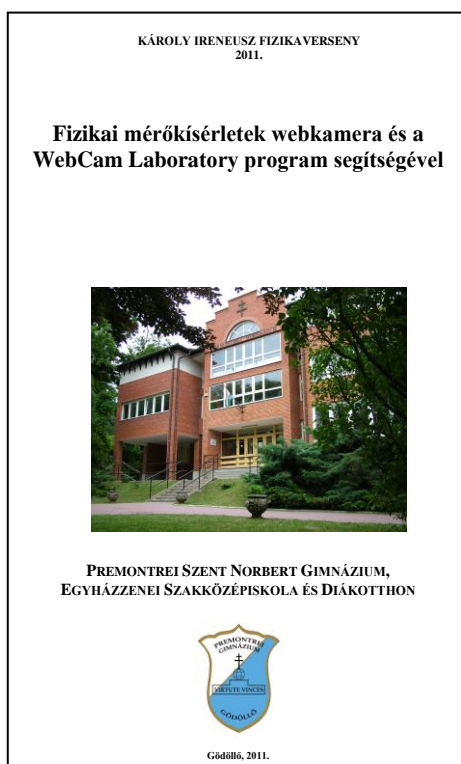
Az akkori 9-10. évfolyamból 11 fő jelentkezett és vett részt az otthoni fordulóban.

Kezdeként első összejevetelünk alkalmával bemutattam a program fő funkcióit, és megbeszéltük a diákokkal, milyen jelenségek vizsgálata lehet izgalmas. Természetesen ez a lista a későbbiek során, a tapasztalatok gyarapodásával alakult, változott.

A végső változatba több olyan jelenség vizsgálata és elemzése is bekerült, amiben megjelenik a természettudományos interdiszciplináris szemlélet. Egy részében témaként (pl. combizom maximális erejének becslése felugrás magassága alapján), más részében módszerként (pl. különböző töménységű glicerinoldatok viszkozitásának mérése beejtett golyó mozgásának vizsgálatával).

Felkészítő tanárként azt tapasztaltam, hogy a program használata, és az azzal való mérések önmagában is izgalmas és érdekes volt a diákok számára. Különösen azok a jelenségek érdekelték őket, amelyek a tanórákhoz, tananyaghoz látszólag közvetlenül nem kapcsolódtak. Örömmel fedezték fel ugyanakkor, hogy az órákon tanult ismereteiket új környezetben milyen jól fel tudják használni. Pl. helyzeti energia számításából a combizom által kifejtett erő meghatározása, út-idő grafikonok elemzése a glicerinben süllyedő golyó mozgása kapcsán.

A beadott dolgozat címlapja a 36. ábrán látható.



36. ábra A beadott dolgozat címlapja

A dolgozatot a zsűri első hellyel díjazta.

A kísérletek elvégzése és a mérőprogrammal való elemzése, kiértékelése során sok nehézségbe ütköztünk, melyek egy része annak volt köszönhető, hogy a diákoknak és nekem is kevés tapasztalatunk volt számítógéppel támogatott mérések kivitelezésében. Másrészt a program még igencsak fejlesztés alatt állt, és sok hibája és hiányossága már kezdetben nyilvánvalóvá vált, néhányra pedig a munka során jöttünk rá. Fontos és jó tapasztalatom volt, hogy a diákok nemcsak a hibákat, hanem annak megoldási lehetőségeit is kitalálták. Így a dolgozat végén megfogalmaztuk javaslatainkat a program készítőinek a továbbfejlesztés érdekében. Örömmre szolgált, hogy a program későbbi verzióit úgy készítették, hogy ezeket a javaslatokat figyelembe vették és hasznosították.

A program azóta LabCamera névre hallgat, és magyar középiskolák számára ingyenesen hozzáférhető.

#### **4.3.4. Oláh György Országos Középiskolai Kémiaverseny**

A versenyt 9-12-es diákoknak hirdetik meg, a 2014-15-ös tanévben indult útjára. Levelező fordulókból és élő döntőből áll, melyek során kémia tantárgyhoz kapcsolódó feladatokat kell a diákoknak megoldaniuk.

Egy akkor 12. évfolyamos diákom jutott a döntőbe. A diáknak a versenyre való kifejezett felkészítésére én is bekapcsolódtam. A döntőben a diákoknak otthon egy megadott listából kiválasztott témából kellett bemutatót és előadást készíteniük. Diákom a bioüzemanyagok témakörét választotta, teljesen magától. Témaválasztását valószínűleg az évek során látott-hallott-tapasztalt komplex természettudományos szemlélet befolyásolta, s nem riasztotta a téma összetettsége sem.

Az előadáshoz előzetesen ppt bemutatót és absztraktot kellett készíteni, majd az előadást maximum 12 percen megtartani a helyszínen.

#### **4.3.5. Gábor Dénes Országos Középiskolai Ösztöndíjpályázat**

Első alkalommal 2015-ben kerültem kapcsolatba a pályázattal. Egy diákom talált rá a pályázati felhívásra és kért fel, hogy segítsék neki átgondolni a témát és lektoráljam beadandó dolgozatát. Az általa választott téma: „*A fény-technológiák szerepe a fenntartható fejlődésben*”, igencsak interdiszciplináris, és az ekkor már több éve a természettudományos versenyeken is jól szereplő diák felismerte a lehetőséget, hogy komplex szemléletét itt jól fogja tudni hasznosítani. A fény kapcsán elsősorban a fizikai háttér (a fény természete, előállítása, természetes és mesterséges fényforrások) dominál, a pályázat témája szerint azonban megjelent a biológiával, környezettel való kapcsolat (energiaátalakítás, fényszennyezés, fenntarthatóság), és az informatikai alkalmazások (optikai kábel,

adatrögzítés stb.) is. Diákom mindezeket sikeresen foglalta egységes dolgozatba, amit a zsűri aztán 3. díjjal jutalmazott.

2016-ban már én hirdetem diákjaimnak a pályázatot, akik közül többen jelentkeztek és be is adtak dolgozatot. Közülük 3 fő részesült a zsűri jutalmazásában. Ezeket a diákokat korábban nem én tanítottam, így az interdiszciplináris személetet még nem vagy csak alig tudtam kialakítani bennük. A pályázat választható témái azonban ilyenek voltak, így a dolgozatok vázlatának összeállításánál és a lektorálásánál meg tudtuk beszélni ezeket a szempontokat.

#### **4.4. BIOLÓGIA-KÉMIA TAGOZATOSOK ELŐADÓESTJE**

Korábbi munkahelyemen, a gödöllői Premontrei Gimnáziumban 2014 őszén indult biológia-kémia tagozatos 4 évfolyamos képzés. A felvett 16 fő részvételével a tanév végén egy előadóestet szerveztünk biológia szakos kollégámmal. Célunk volt, hogy a diákok – leendő kutatók – már tanulmányaik elején ismerkedjenek meg a természettudományos kutatások és az eredmények bemutatásának folyamatával. Mivel ekkor még a diákoknak saját kutatás elvégzésére nem volt lehetőségük (ez a tervek szerint későbbi évfolyamokon, kutatóintézetekkel való együttműködés keretében valósul meg), ezért a tudomány számára már ismert, számukra új és érdekes témát kellett feldolgozniuk.

A diákok párokban dolgoztak. Választottak egy-egy témát, teljesen szabadon, azzal az egyetlen megkötéssel, hogy a témának a biológia-kémia-fizika közül lehetőleg legalább kettőhöz kapcsolódnia kell. Mi is ajánlottunk témákat a diákoknak, de végül mindannyian saját maguk találták ki, mivel szeretnének foglalkozni.

A párosok először információkat gyűjtöttek a szakirodalomból, majd kiválogatták, miről szeretnének beszélni, mi fér bele a 10 perces időkeretbe. Ezután felépítették az előadást amihez ppt-s bemutatót kellett készíteniük. Az előadás anyagából egy 5-10 soros absztraktot kellett készíteniük, amit füzetbe szerkesztettem (37. ábra) és az előadás napján a hallgatóságnak szétosztottunk.

A diákok által választott témák: A kinin; Tyndall-effektus; Radioaktivitás; A vírusok, a HIV és az AIDS; Sósság a természetben és az élő szervezetekben; A grafén; Madárgyűrűzés.

**TERMÉSZETTUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ KISELŐADÁSOK**  
*9.c osztályos biológia-kémia tagozatos diákoktól*

2015. június 4.  
Fényi Ottó terem

**A kinin**

*Benda Dávid – Gyulai Kristóf*

A kinin először Dél-Amerikában, a cinchona fa kérgéből vonta ki két francia kutató 1817-ben. Ez az anyag egy természetes alkaloid, melynek lázcsillapító, fájdalomcsillapító illetve gyulladáscsökkentő hatásai vannak. Az első hatékony orvosság volt malária kezelésében. A XVII. században már használatos volt és az 1940-es évekig elsődleges maláriagyógyszer volt. Bár ma már hatékonyabb ellenszerek vannak a palettán, azért még használják ebben az indikációban.

Előadásunkban szó lesz a kinin gyógyító hatásának mibenlétéről, az esetleges mellékhatásairól, továbbá szó lesz a mesterséges előállításáról is.

**Tyndall-effektus**

*Cselötei Bence – Pintér István*

Előadásunkban a Tyndall-effektusról rántjuk le a leplet. Kevesen tudják mi is ez, hol és mikor látható. A jelenséget John Tyndall fedezte fel a XIX. század közepén. A Tyndall-effektus a kolloidok fényszórását jelenti. A kolloidoknak a 1-500 nanométer közötti részecskéket és az ezeket tartalmazó közeg keverékét nevezzük.

Reméljük az előadással sikerül jobban megismertetnünk ezt a jelenséget, körülményeit, felkelteni iránta a figyelmet és tartalmas perceket szereznünk.

**Radioaktivitás**

*Kedves Bernadett – Molnár Karsa*

A radioaktivitás a nem stabil (úgynevezett radioaktív) atommagok bomlásának folyamata. Ez a folyamat a természetben is előfordul. Három fajtája: az alfa-bomlás a béta-bomlás és a gamma-bomlás. A radioaktív sugárzások és az anyagok kölcsönhatásakor a sugárzások egy része vagy egésze az anyagban elnyelődik, miközben energiát leadva az anyag atomjait, molekuláit ionizálja.

A radioaktivitást több téren is fel lehet használni. Lehet energiát előállítani belőle, de orvosi területen is lehet alkalmazni, illetve a régészek is tudják hasznosítani kormeghatározásra.

**A vírusok, a HIV és az AIDS**

*Kepler Tamara – Kurucz Liza*

Napjaink egyre elterjedtebb betegsége a HIV vírus által okozott AIDS. A legutóbbi felmérések alapján 2010-ben 34 millió HIV-fertőzött élt a világon. Ebből a 15 év felettiek 41%-a a 15 és 24 év közötti korosztályba tartozott. Mivel anyától örökölhető betegségről van szó, egyre több lesz a HIV fertőzötték száma. A '80-as években vált ismertté maga a betegség, az AIDS. Akkor úgy gondolták, hogy csak a homoszexuálisokat és a kábítószer-élvezőket érinti. Volt, aki ezt azzal magyarázta, hogy ez „Isten büntetése” az erkölcsatlanságért. Magyarországon 1991 márciusában 48 fertőzöttől számoltak be, tavaly 270-et regisztráltak be, ami eddig a legmagasabb érték.

Kiselőadásunk hallgatói az általános ismereteiket bővítve több információt szerezhetnek általánosan a vírusokról és a HIV-ről. Választ adunk a kérdésre: „Vajon lehet az AIDS-et gyógyítani?”. Továbbá szó lesz az AIDS betegség tüneteiről, a megbetegedés következményeiről, a megelőzésről és a kezelésről.

**Sósság a természetben és az élő szervezetekben**

*Kulcsár Virág – Nagy Borbála*

A sók jelentős szerepet töltenek be világunkban, nemcsak ételünk ízesítésére alkalmasak, hanem a szárazföld és a víz sótartalma is befolyásolhatja Földünk lényének életműködéseit.

Előadásunkban a vizek sótartalmával foglalkozunk, és megfigyeljük, hogy egyes élőlények miért élnek a nagyobb vagy éppen az alacsonyabb sókoncentrációjú vizekben. Prezentációnk olyan új fogalmakkal ismertetheti meg a hallgatóságot, mint például a *szalinitás*.

Miért sósak a tengerek? Milyen állatfajokat különböztethetünk meg a sótartalom szembeni tűrésszélvágat alapján? Miért vonulnak a lazacok nagy rajokat képezve a tengerek felé? Ezekre a kérdésekre választ kapnak előadásunkból.

**A grafén**

*Pesthy Julianna – Varga Klaudia*

Érdekes már ma megismerkedni az anyagok szupermenjével, mert az elkövetkező 20-30 évben valószínűleg gyakran fogunk találkozni vele.

Próbáld gyerekkorodban a nápolyinak óvatosan leszedni egy-egy rétegét? Ha ugyanezt a grafitfittal teszed meg, újabb és újabb rétegeket szedsz le róla, míg végül csak egyetlen atomnyi vastag réteg marad.

Az egy atomnyi vastagságú grafit annyira vékony, hogy a gyakorlatban nem is látható, ezért kétdimenziós anyagnak is nevezhetjük. Hogy el tudjuk képzelni, mennyire vékony: ha hárommillió ilyen grafénréteget teszünk egymásra, még mindig csak 1 milliméter vastag lesz.

**Madárgyűrűzés**

*Csigi Gergely – Pusztai Bence*

A költöző madarak, a tavasszal és ősszel nagy számban megjelenő és eltűnő vonulmadárcsapatok mindig is élénken foglalkoztatták az emberiséget. A malárvonulásról a történelem folyamán számos megfigyelés és elmélet született. A madárgyűrűzést, a malárvonulás-kutatás alapvető módszerét, H. C. C. Mortensen dolgozta ki és alkalmazta először seregélyeken. Az első sikeres kísérletek után futótüzként terjedt az új módszer. A madárgyűrűzés mára világméretűvé nőtte ki magát.

Előadásunk keretében megtudhatják mi fán terem a madárgyűrűzés és segítségéve milyen következtetéseket tudnak levonni a kutatók a madarak életéről.

**37. ábra Az absztraktfüzet lapjai**

A diákok lelkesen és lelkiismeretesen készültek az előadásokra. A témák interdiszciplináris jellege nemhogy nem okozott nehézséget nekik, hanem saját bevallásuk szerint érdekes és izgalmas volt megtapasztalniuk, hogy az órákon tanultak és az esetleg csak elvi szinten szereplő tények hogyan valósulnak meg egy-egy konkrét jelenségben.



Az előadásokra egy „tudományos délután” keretében az iskola dísztermében került sor, mely alkalomra meghívtuk a diákok szüleit, barátait, valamint az iskola diákságát. Utóbbiak igen nagy számban jelentek meg, hogy meghallgassák iskolatársaikat. A témákat és az absztraktokat már néhány nappal korábban kiplakátoltuk az iskola forgalmasabb helyein, így előzetesen tájékozódni lehetett arról, mire lehet számítani. A plakátok felkeltették az érdeklődést, és a diákok előadásai, nagy sikert aratva, jóformán telt ház előtt hangzottak el.

#### **4.5. A TAPASZTALATOK ÉRTÉKELÉSE**

A fenti példákából látható, hogy tanári munkámban hasznosan tudtam felhasználni a komplex természettudományos szemléletet. Ez a gondolkodásmód lehetőséget ad arra, hogy sokféle módon és sokféle szinten szólítsam meg a diákokat: ismeretterjesztés, szakkör, versenyfelkészítés.

A szakkörös és a versenyfelkészítésben részt vett diákjaim visszajelzéseik alapján javarészt műszaki-természettudományos pályán folytatják tanulmányaikat. Egyikük kitűnő eredménnyel végzi az orvosi egyetemet, emellett TDK kutatást végez. Egy másik diák Angliában végez agy- és őssejtkutatással kapcsolatos egyetemi tanulmányokat, mellette kutat, eredményeit pedig magyar és angol nyelven közli. Többi diákjaim közül van, aki biomérnöknek, mások vegyésznek tanulnak, de van, akiből fizika-kémia szakos tanár lesz. Természetesen nem állítom, hogy diákjaim pályaválasztását és pályájukon való sikerességüket kizárólag vagy akár csak főként a szakkörökön illetve a versenyfelkészítésben való részvétel befolyásolta. Inkább úgy látom, hogy ezek megerősítették az ő választásukat, és a tanultak és tapasztaltak segítségével a többi évfolyamtársuknál egyszerűbben és sikeresebben tudják venni az akadályokat.

## 5. Interdiszciplináris témák projektmódszerrel feldolgozva

### 5.1. BEVEZETÉS

Számos interdiszciplináris témát *projektmódszerrel* is feldolgozhatunk diákjainkkal. A módszert sokféle helyzetben, sokféle csoporttal alkalmazhatjuk: *szakkörön, általános osztályal tanórán, fakultációra járó diákokkal*, vagy akár valamely *természettudományos tantárgy utolsó évfolyamán a fakultációra nem járó diákokkal*.

A módszer alkalmazásának célja ettől függően természetesen szintén sokféle lehet: a diákok tudásának elmélyítése, a szociális kompetencia fejlesztése, a tanulás tanulásának fejlesztése vagy a motiváció növelése.

Az alábbiakban konkrét példát mutatok arra, hogyan alkalmazható a projektmódszer interdiszciplináris témák feldolgozására olyan 11. évfolyamos diákok körében, akik nem természettudományos tárgyakat választottak fakultációnak (ún. „*alap csoportban*”). Végül felvázolom annak lehetőségét, hogyan lehetne 11. vagy 12. évfolyamon egy „*szintetizáló természettudományos tantárgy*” vagy akár *modul* keretében egységes keretbe foglalva lezárni a gimnáziumi fizika, kémia, biológia tanulmányokat, alapvetően szintén projektmódszer formájában.

### 5.2. INTERDISZCIPLINÁRIS TÉMÁK PROJEKTKÉNT FELDOLGOZVA

11. évfolyamos fizika „*alap*” csoportos (azaz nem fakultációra járó) diákok a tanév utolsó 3 tanóráján interdiszciplináris természettudományos témák feldolgozását mutatták be a többiek számára. Ennek keretében előzetesen megadott témáknak kellett utánajárniuk, előadás-vázlatot és absztraktot készíteniük, majd az előadást legfeljebb 15 perces időtartamban a többiek számára bemutatniuk. A tanulócsoport minden tagja részt vett a feladatban, a diákok négy-öt fős csoportokban dolgoztak. A csapattagok csoporton belüli szerepvállalása teljesen önkéntes volt, maguk között oszthatták fel, hogy ki szeretne inkább az előkészítő háttérmunkában részt venni, ki érez nagyobb ambíciót inkább az összegyűjtött anyagok bemutatására, előadására.

A diákok az alábbi témák közül választhattak:

- Kommunikáció és tájékozódás az állatvilágban ultrahanggal
- Állatok tájékozódása egyéb módokon
- Zajszennyezés (forrásai és következményei)
- Brown-mozgás és következményei, az alkalmazásai nem-természettudományos területeken
- Galvánelemek és akkumulátorok működése, fajtái, lehetőségei, problémái
- A repülés: repülőgép, emlősállatok, madarak

- Infravörös és ultraibolya sugarak vélt és valós élettani hatásai
- Állatok mozgásának lehetőségei, ezek fizikai törvényei
- Kommunikáció lehetőségei és formái az állatvilágban
- Növények mozgása
- Építmények az állatvilágban
- Színek a természetben
- Radioaktivitás előfordulása és alkalmazása

A felsorolt témák közül a diákok az alábbiakat választották, ezek kerültek feldolgozásra: *Radioaktivitás előfordulása és alkalmazása; A repülés: repülőgép, emlősállatok, madarak; Építmények az állatvilágban; Állatok tájékozódása; Kommunikáció és tájékozódás az állatvilágban ultrahanggal; Színek a természetben.*

A diákoknak kb. két hét állt rendelkezésre az előadásra való felkészülésre. Előzetesen 4-5 soros absztraktot kellett küldeniük megadott határidőig saját témájukról. Egy-egy tanórán két-két előadás került bemutatásra, prezentációval kísért előadás keretében, az absztrakt ismertetése után. Az előadások utáni időben a hallgatósággal, azaz a többi diákkal közös megbeszélés formájában diszkutáltuk az előadásokat tartalmi és formai szempontból egyaránt. A megbeszélésnél, értékelésnél fő szempont volt, hogy az elhangzott előadás mennyire vizsgálta összetettségében, interdiszciplinárisan az adott jelenségek kört, mennyire volt közérthető, mennyire keltette fel a többiek érdeklődését és mennyire adott széles körű és teljes ismertetést az adott témáról. Mivel a sorozat folyamán valamikor minden diák került előadói szerepbe, jogos volt, hogy véleményt nyilváníthatott a többiek bemutatójáról.

Érdekes tapasztalat volt, hogy a diákokat első hallásra meglepte a témafelvetés, és feladatkielölés, hiszen elmondásuk szerint nem találkoztak még olyan feladattal, ahol a cél kifejezetten az lett volna, hogy több tantárgy ismereteit kapcsolják össze a megadott téma (jelen esetben természettudományos jelenségek és alkalmazások) feldolgozása során.

Az elvégzett projektekről és az ezekből készült előadásokról tanári szemmel elmondható, hogy a diákok alaposan felkészültek rájuk és igényes munkákat készítettek. Tették ezt annak ellenére, hogy a tanév végére már általában megfigyelhető a munkafegyelem lazulása és ezek a diákok nem a fizika fakultációt választották (sőt többségük egyik természettudományos tárgyat sem). Ugyanakkor a feladat újszerűsége és a témák érdekessége, „gyakorlati mivolta” a legtöbb diákot motiválta a feladat lelkes elvégzésére. Természetesen nem mondható el, hogy minden diák kivétel nélkül és egyforma mértékben lelkesedett, de összességében (és a csoportokra osztásnak köszönhetően) nem tűnt fel egyetlen unatkozó vagy unottan viselkedő diák sem. Nyilván az egyes csoportokon belül felosztott munka iránti lelkesedésben és elvégzésének alaposságában már nagyobb egyenlőtlenségek lettek volna megfigyelhetők, ezek azonban kiegyenlítődték az eredmény bemutatásának idejére.

Megfigyelhető volt, hogy ebben az életkorban a diákok már rendelkeztek azzal a képességgel, hogy minél szélesebb körben gyűjtsenek információkat, s ezeket összehangolva egy egységes végeredményt mutassanak be. Megmutatkozott érett gondolkodásuknak és eddigi tanulmányaiknak az a gyümölcse, hogy képesek voltak kiemelni a lényegét a rengeteg fellelhető információ közül, és kiválogatni azokat, melyeket az előadásba illőnek ítélték. Ebben a döntő szempont nemcsak az volt, hogy természettudományos szempontból mi fogadható el igaz állításnak, hanem az is, hogy az adott ismeret mennyire tartozik hozzá a téma interdiszciplináris mivoltához, mennyire lényeges és fontos a többi ismerethez képest és végül, belefér-e a megadott időkeretbe ennek bemutatása vagy akár csak megemlítése. Természetesen fontos tény, hogy minden ilyen információnak utána kellett járniuk a diákoknak, s a prezentációba is bekerülő ismeretekről kellő mélységű, magabiztos háttértudással kellett rendelkezniük.

Az előadások bemutatását tekintve szintén szembeötlő volt, hogy az ilyen életkorú társaság már igazán képes önálló előadások megtartására. Nemcsak az előadásokat kísérő prezentációk formája, hanem a legtöbb bemutató előadásmódja is mutatta, hogy ezek a diákok eddigi tanulmányaik során előadói képességüket tantárgyaktól függetlenül megfelelően fejlesztették, melyet ebben a konkrét feladatban kamatoztatni tudtak.

A diákok egymás munkájáról adott kritikájában megfigyelhető volt a tárgyilagosság és az intelligencia. Képesek voltak egymás előadását a fenti szempontok alapján értékelni, kiemelve a pozitívumokat, a negatívumokat pedig fejlesztendő célként említeni. Természetesen ehhez szükséges volt az is, hogy a tanulócsoporthoz tagjai már összeszoktak az eltelt évek alatt és jól ismerték egymást, valamint hozzájárult az is, hogy kellő empátiával tekintettek egymásra, hiszen mindegyikük került előadói szerepbe.

### **5.3. SZINTETIZÁLÓ TERMÉSZETTUDOMÁNYOS INTERDISZCIPLINÁRIS TANTÁRGY**

Tapasztalatom szerint számos, természettudományos tárgyat tanító tanárt nyugtalanít a tény, hogy a középiskola befejezésével, a természettudományos oktatás során a diákok számára átadott ismeretek és a kialakított szemlélet jó része (sokszor csak látszólag, sokszor ténylegesen) veszendőbe megy, és nem hasznosul későbbi életük során. A kérdés még a nem természettudományos végzettségű, de az oktatás és diákok jövője iránt őszintén elkötelezett embereket is foglalkoztatja.

Jelen dolgozat kereteit természetesen meghaladja azoknak a kérdéseknek a vizsgálata, hogy pontosan mely ismeretek válnak a felejtés áldozataivá, ezek aránya mekkora az összes megtanult természettudományos ismerethez viszonyítva stb. Végképp nem kívánok állást foglalni abban a kérdésben, vajon a középiskolai természettudományos oktatásnak az elvi alapok tanítása-e a feladata vagy a gyakorlati ismeretek átadása.

A fenti nehéz kérdések helyett itt csak egy ötletet szeretnék ismertetni, ha nem is teljes részletességgel. A természettudományos oktatás tartalmainak és szemléletének bizonyos mértékű „konzerválására”, maradandóvá tételére alkalmas lehetne egy *szintetizáló interdiszciplináris természettudományos tantárgy vagy modul*. Egy ilyen új tantárgy létrehozása természetesen rengeteg kérdést és problémát felvet, ezeket (a lehető legtöbb esetben megoldási javaslatukkal együtt) a fejezet végén felsorolom. Előbb azonban a fenti ötlet megvalósulásának konkrét elemeit ismertetem<sup>7</sup>.

A tantárgy (vagy tantárgyi modul) célja *a diszciplináris természettudományos tanulás befejeztével a megszerzett tudás összegzése, rendszerezése* lenne. Fontos, hogy ebben az esetben a „megszerzett tudás” hangsúlyosan egyszerre jelent konkrét ismereteket és ezeket is felhasználó szemléletmódot. Ahogy a korábbi fejezetekben már szó volt róla, az egységes természettudományos szemlélet és gondolkodásmód nemcsak a hétköznapi életben való boldoguláshoz, hanem a tudományos kutatómunka végzéséhez is szükséges, nélkülözhetetlen. Sok esetben szembesülhetünk azzal, hogy egy helyzet vagy probléma megoldásához illetve egy kutatás elvégzéséhez nem elegendő segítség az, hogy az interneten már mindenre rákereshetünk, vagy hogy több, egy-egy diszciplínában járatos ember (tudós) jól együtt tud dolgozni és tudásukat megosztják egymással. Számos esetben fontos, hogy több szakirány ismerete egyszerre, egyetlen személy birtokában legyen, aki összetett gondolkodásával újféle elrendezést és összekapcsolódást ad ezeknek az ismereteknek. A középiskolának feladata (lenne) ennek az összetett gondolkodásnak a kialakítása a diákokban.

A szintetizáló természettudományos tárgy a középiskolai tanulmányok legvégén, azaz tizenkettedik évfolyamon valósulna meg, amikor már minden diszciplináris ismeret a diákok „rendelkezésére áll”.

Szervezését tekintve a tantárgy keretein belül érintett témák feldolgozása alapvetően kétféle módszerrel történne. Egyrészt kifejezett tanári vezetéssel másrészt diákok egymás számára tartott előadásaival.

Tanári vezetéssel történő feldolgozásra főképp a tantárgy tematikájának elején szereplő témák esetén volna szükség. Ez egyrészt igényli a tanár kialakult széles látókörét, előre gondolkodását és lényeglátását, másrészt mintául szolgál a diákoknak, a szükséges képességeknek a kialakítására.

A diákok konkrét jelenségek, alkalmazások feldolgozásában vállalnának önálló szerepet. Egy-egy témakörnek utánajárva, abban elmélyülve az adott téma szakértőivé válnának, így egymást tanítanak a bemutatott előadásaikkal. Ennek eredményes megvalósíthatóságára enged következtetni a számos pozitív tapasztalat a korábbiakban már ismertetett, bár jóval kisebb léptékű módszer

---

<sup>7</sup> Az itt ismertetett természettudományos tantárgy koncepciójában és tartalmi elemeiben is eltér az ELTE TTK-n 2010-ben készített „Integrált tantárgy” elképzelésétől és kerettantervétől, melynek „elsődleges célja az, hogy a természettudományos kompetenciákat, ismereteket beágyazza a társadalmi közegbe, hogy ott valóban szemléletformáló, jövőépítő erővé válhassanak.” [62.]

Ugyanígy, mind koncepciójában, mind tartalmában különbözik a szakgimnáziumok 9. évfolyamán tanított „komplex természettudomány” tantárgytól. [63.]

interdiszciplináris természettudományos témák feldolgozására. A diákok így fejleszthetik a tanulás tanulásának kompetenciáját, önálló munkavégzésükkel pedig az élethosszig tartó tanulásra készülhetnek.

A tantárgy egy lehetséges tematikáját az alábbiakban fel is vázolom. A tematika szándékosan nagyon vázlatos, hiszen lehetetlen kidolgozott tematikát készíteni és időkereteket meghatározni egy olyan tantárgy esetén, mely még nemcsak, hogy nem létezik, de lehetséges kialakítása is rengeteg kérdést és megoldandó problémát vet fel. Most csupán a konkrét témakörök megnevezésére (körülírására), illetve azok lehetséges résztémákra bontására szorítkozom. Az itt felsorolt témák és altémák nagy részének lehetséges tartalmi elemei doktori dolgozatom egyes fejezeteiben megtalálhatók.

1. A természettudományos megismerés módszerei  
A természettudományos megismerés alapelveinek megvalósulása az életünkben: hipotézisalkotás; befolyásoló tényezők vizsgálata; kontroll kísérlet szerepe;
2. modellezés, modell és valóság kapcsolata; ok és okozat kapcsolatának vizsgálata (következtetés ismert jelenségekből ismeretlen eseményekre).
3. Méréstechnika, a természettudományos mérés: a mérés fogalma, a mérőeszközök működése, a mérés pontossága és ennek növelése.  
A fizika, a kémia és a biológia alapvető törvényszerűségeinek összefoglalása,
4. diszciplinánként; A természeti törvények és a jogi törvények mibenlétének és tulajdonságainak összehasonlítása.
5. Általános érvényű, diszciplinákon átívelő törvényszerűségek és ezek konkrét megnyilvánulásai diszciplinákra lebontva.
6. Fizikai jelenségek és törvényszerűségek megnyilvánulásai a mindennapokban (pl. mozgások, közlekedés, sportok, energiaforrások és –átalakulások stb.).
7. Kémiai jelenségek és törvényszerűségek megnyilvánulásai a mindennapokban (pl. sütés-főzés, hulladék-újrahasznosítás stb.).
8. Fizikai és kémiai jelenségek megnyilvánulásai a természetben és élőlények életműködésében.
9. Technológiák a biológiában (pl. infobionika, nanotechnológia a gyógyászatban, géntechnológia stb.)
10. Környezeti kérdések (pl. levegőszennyezés, vízszennyezés, talajszennyezés, savas esők, üvegházhatás, ózonlyuk, zajszennyezés, fényszennyezés, hulladékkezelés stb.)
11. Energiagazdálkodás: meglévő és új energiaforrások, az ezekből kinyerhető energia átalakításának lehetőségei, a felmerülő technikai, gazdasági és morális kérdések.
12. A természettudományok törvényeinek alkalmazása a természettudománytól különböző területeken (pl. statisztikus fizika a gazdasági életben).

Végül, szükséges beszélni a fentiekben vázolt, esetlegesen bevezetésre kerülő természettudományos tantárgy (vagy modul) megvalósításával kapcsolatos kérdésekről. A tantárgy létét firtató „Miért?” kérdés(ek)re a célkitűzésben leírtak részletes választ adnak, ezért itt inkább a lehetséges „Hogyan?” felvetésekkel foglalkozom. El kell ismerni, hogy ezek közül sok felvetés egyáltalán nem csak akadékoskodás, hanem komoly dilemmákat vet fel. Következésképp e kérdések egy részére jelenleg nem létezik válasz, illetve nem biztos, hogy csak egyetlen helyes válasz létezik.

<b>Kérdés</b>	<b>Válasz</b>
Tizenkettedik évfolyamos, alapvetően már az érettségire és az egyetemi tanulmányokra készülő diákokat hogyan lehet motiválni a tantárgy teljesítésére?	Ehhez szükséges megértetni velük, hogy a természettudományos szemlélet és a konkrét ismeretek is az általános műveltség része, valamint szükség van ezekre a konstruktív életvezetéshez. Ez nemcsak a természettudományt tanító tanárok feladata, hanem az oktatás egészének kell sugallnia.
Milyen órakeret áll rendelkezésre a tantárgy megvalósulására, figyelembe véve a szűkös időkeretet és a diákok leterheltségét?	Ez további egyeztetést igényel, egy következő tanügyi reform esetén az órakeretek megváltoztatásával lehetséges lenne ennek a tantárgynak is órakeretet biztosítani. Ezen felül lehetséges lenne a 12. évfolyam biológia tantárgyába modul-szerűen beépíteni a természettudományos tárgyat, természetesen a megfelelő óraszám biztosításával.
Milyen végzettségű tanár taníthatja majd a tárgyat, hiszen egy vagy két természettudományos tantárgyat ismerő pedagógus nem tud biztonsággal mozogni a többi tantárgy „felségterületén”?	Mivel a tantárgy célkitűzése, hogy általános természettudományos áttekintést, szemléletet és ismereteket adjon a diákoknak, a szükséges szinten bármely természettudományt tanító tanár meg tudja szerezni a szükséges ismereteket a többi tantárgy tananyagából is. Természetesen jó lenne, ha az egyetemi tanárképzésben nagyobb hangsúlyt kapna az interdiszciplináris szemlélet, így a tanárok a szükséges képzést egyetemi kurzusok formájában megszerezhetnék.
Milyen segédanyag (tankönyv, feladatlapok stb.) állna a diákok rendelkezésére?	A tananyag fejlesztése során tankönyv, nyomtatott és online letölthető feladatlapok stb. is készülhetnek.
Milyen formában történne a tantárgy keretein belül megszerzett illetve rendszerezett ismeretek kikérdezése?	Mivel a tantárgy tanterve konkrét ismeretanyagokat is tartalmazna, ezek hagyományos számonkérés (feleltetés, dolgozat) is kikérdezhetők. Ezen felül értékelni lehet a diákok által készített bemutatókat, házidolgozatokat stb.
A nem újként megtanult, hanem csak korábról felidézett ismeretek milyen mélységben kérhetők számon a diákoktól?	Ezeket a tantárgy kerettantervének tartalmaznia kellene. Fontos, hogy ezek valóban csak a szintetizáló szemlélet kialakításához szükséges, főként szemléletbeli ismeretek legyenek, és ne specifikus diszciplináris ismeretek.

Összegzésül elmondható, hogy bár egy ilyen szintetizáló interdiszciplináris természettudományos tantárgy (vagy modul) léte a középiskolában sok tekintetben igencsak hasznos és kívánatos lenne, bevezetése számos olyan kérdést vet fel, amelyek a tantárgy megvalósulását a jelenlegi oktatási helyzetben és rendszerben megakadályozzák. A fentiekben vázolt koncepció azonban jó kiindulópontként szolgálhat egy strukturális változás esetén, addig is szakmai viták témája és indítója lehet.

## 6. Kutatómunka a tanteremben

### 6.1. BEVEZETÉS

Tapasztalatom szerint a diákokban sokszor kialakul az a kép, hogy a tanórákon tanult fizikai és kémiai ismeretek csak a fizika és kémia „tudományának” elemei, azok elvontságával, zárt fogalomrendszerével, szimbólumhasználatával. Szerintük ezeknek az ismereteknek semmi közük nincs a mindennapjainkban végbemenő jelenségekhez és az azokat meghatározó törvényszerűségekhez. Ezt a szemléletet szokta erősíteni az a gyakorlat is, amikor a tanórán egy-egy jelenséget valamilyen modellre vonatkozóan értelmezünk, így szükségszerűen alkalmazunk egyszerűsítéseket és elhanyagolásokat.

Az általános- és középiskolai fizika- és kémiaoktatás tulajdonképpen hídszerepet tölt be a fizika és a kémia tudománya és a hétköznapi, gyakorlati ismeretek, alkalmazások között. A tanórákon egyszerre kell előkerülnie az alapvető természettudományos fogalmak, törvények egyszerűsített bemutatásának és a mindennapi előfordulások ismertetésének. [64., 65.]

A fenti hiányosságok kiküszöbölésére, a diákok tanulási folyamatban való aktivizálása érdekében oktatáskutatók új tanítási módszereket, megközelítéseket dolgoztak ki az elmúlt évtizedekben. A kognitív pszichológia fejlődése is hozzájárult ehhez a folyamathoz. A főbb módszerek a *Kutatásalapú tanulás* (Inquiry-based learning, IBL<sup>8</sup>), a *Problémaalapú tanulás* (Problem-based learning, PBL) és a *Projektalapú tanulás* (Project-based learning, PjBL). [66.] Ezek a tanítási-tanulási megközelítések nem kizárólag természettudományos tárgyak tanításában használhatók, de leginkább ezen a területen alkalmazzák. A természettudományok folyamatos fejlődése, az ismeretek állandó, hatalmas sebességű és mértékű gyarapodása ezen a tudományterületen teszi leginkább szükségessé az önálló tanulás és felfedezés képességét. [66., 67.]

Mindhárom említett módszer az ún. induktív tanítás és tanulás gyűjtőfogalmába tartozik. Közös jellemzőjük induktív mivoltukon felül, hogy tanulóközpontúak, konstruktivista felfogásúak, s így a hagyományosnál több feladatot, következésképp nagyobb felelősséget adnak a diákoknak saját tudásuk megalkotásában. A módszerek alkalmazása során a tanár elsősorban facilitátor szerepet tölt be. [68., 69.]

A *problémaalapú tanulás* legalapvetőbb jellemzője, hogy a diákok aközben tanulnak meg bizonyos ismereteket, hogy egy reális probléma megoldásán dolgoznak: információkat gyűjtenek és értékelnek, problémamegoldási stratégiákat alakítanak ki, megoldási javaslatokat dolgoznak ki és osztanak meg egymással megvitatási céllal. [66., 69-71.]

---

<sup>8</sup> A módszer más elnevezései és rövidítései a szakirodalomban: Inquiry-based science teaching/education (IBST/IBSE)



A **projektalapú tanulás** során a tanulóknak a kitűzött probléma vagy kihívás megoldását egy produktum vagy előadásra alkalmas prezentáció formájában kell megadniuk. Az ehhez vezető út során itt is szükséges információk gyűjtése különböző forrásokból, ezek kritikus értékelése és egymással való megosztása. E tevékenységek során sajátítják el a megtanulandó ismereteket. Egy projekt általában hosszú távú, akár hetekig vagy hónapokig is tart. A tanár itt is csak a folyamat irányítója és nem a tudás forrása, ám szerepe igen lényeges abból a szempontból, nehogy a projekt kudarcba fulladjon. [66., 69., 72.]

A **kutatásalapú tanítás** kapcsolódik leginkább doktori kutatásom témájához, ezért főbb jellemzőit a későbbiekben részletesebben összefoglalom. Terjedelmi okokból csak ezzel az egyetlen módszerrel foglalkozom dolgozatom e fejezetében<sup>9</sup>. Jelen dolgozatban nem célom a módszer aprólékos bemutatásával és értékelésével foglalkozni, ez ugyanis elérhető a mára hatalmassá növe szakirodalomból.

A kutatásra épülő tanulási megközelítést alkalmazására **saját készítésű feladatlapokat mutatok be**, azok **módszertani kiegészítésével**, **tanári változatával** és a **kipróbálásuk** során szerzett **tapasztalatok ismertetésével** együtt.

#### **6.1.1. Az IBL-módszer koncepciója és célkitűzései** [69., 73-80.]

Az IBL megközelítés eredeti koncepciója és célkitűzései szerint a tanulási módszer alkalmazásával a diákok átélhetik egy-egy „mini kutatás” kivitelezésével a természettudományos megismerés útját, **saját tapasztalatot** szerezhetnek róla. Így a diákok **folyamatosan gondolkodásra vannak készítve**, hiszen maguknak kell kitalálniuk a megoldáshoz vezető utat, nem készen kapják az eredményeket. A módszer célkitűzése szerint a diákokban így a tapasztalatok jobban rögzülnek, valamint **motiváltakká válnak** a feladat elvégzésére, hiszen eltölti őket a **kíváncsiság**, a felfedezés izgalma és öröme. A diákok a tanulási folyamat **aktív** részesévé válnak, sőt irányítójának érezhetik magukat, ugyanakkor a tanári iránymutatás is hangsúlyt kap, ezáltal válhat jól strukturálttá ez a fajta tanulási megközelítés.

A kis kutatómunkák elvégzésével a diákok tehát jobban megérthetik a tudomány működését, ezáltal nagyobb bizalommal viseltethetnek a tudós társadalom iránt. Ennek eredményeképp remélhetőleg jobban meg tudják különböztetni a valódi tudományt az áltudománytól, kialakul a kritikus gondolkodás képessége. A tudományos pályára készülő diákjainkat ezen felül fel tudjuk készíteni későbbi tanulmányaik vagy munkájuk során végzendő önálló, tényleges kutatásaik elvégzésére. A természettudományos kutatások alapelvei már középiskolásként rögzülnek és tudatosulnak bennük, megismerik a hipotézisalkotás lényegét, vagy az adatgyűjtés folyamatát.

---

<sup>9</sup> A projektalapú tanítás elemeit és alkalmazási lehetőségeit érintettem az előző fejezetben.

A kutatás kivitelezéséhez kapcsolódhat a diákok által tanulókísérletben elvégzendő élő kísérlet, amelyet **maguknak kell megtervezniük**. Megfelelő téma és feladatlap esetén azonban kísérlet nélkül is kivitelezhető a „kutatás”, esetleg egy felvezető tanári kísérlet megtekintése után.

A kutatás témája lehet akár a tananyag egy része is, megfelelő formában, így a módszer **átlagos tanórán is** alkalmazható, és a tanári gyakorlatunk részévé válhat. Tanári szempontból lényeges, hogy az elkészített feladatlapok a későbbi években, más osztályoknál is felhasználhatók, illetve ezeket a tanárok megoszthatják egymással, kollégáik munkáját is segítve.

Fontos azonban, hogy a módszer alkalmazása nem jelenti a diákok magára hagyását. Tanári irányítás, útmutatás, a diákcsoport gondolkodási szintjéhez illeszkedő kérdések nélkül nem, vagy csak részben jutnának el a kívánt eredményre, főleg a rendelkezésre álló időkereten (pl. tanóra) belül. A kutatások előkészítése, a megfelelő tanári bevezetés és a feladatlapok kérdései terelik a diákokat a helyes irányba. Az ő önállóságuk ezeken a kereteken belül marad meg.

Az IBL módszer alkalmazásának eredményessége, a fenti célkitűzések a gyakorlatban való megvalósulása ma is pedagógiai és szakmódszertani kutatások tárgya. 2016-tól az *MTA-ELTE Kutatásalapú Kémiatanítás Kutatócsoport* is vizsgálja az IBL módszer hatékonyságát egy magyarországi oktatási kísérlet keretei között. [81-84.]

A kutatások eredményéről és saját tapasztalataimról a fejezet végén írok.

## 6.2. KÉT KONKRÉT PÉLDA AZ IBL MÓDSZER BEMUTATÁSÁRA

A továbbiakban két konkrét példát mutatok egy-egy tananyagrészt feldolgozásában az IBL-módszer alkalmazásának lehetőségére. A fejezet tartalmazza a diákok számára közvetlenül kiadható, sokszorosítható *feladatlapot és annak megoldási útmutatóját*, azaz a feladatlap tanári változatát. Ezt megelőzik tanároknak szóló *módszertani megfontolások*, ajánlások; *konkrét eszközlista* és *tanácsok* az előkészítéshez illetve a kutatás elvégzéséhez, végül néhány *tapasztalat* a feladatlap kipróbálásával kapcsolatban.<sup>10</sup>

### 6.2.1. Felszáll, lesüllyed – még a levegőben is. Gázok sűrűsége és ennek következményei

#### **Kiindulópont:**

A gyakorlati életben gyakran találkozunk gázokkal, a levegő is folyamatosan körülvesz minket. A gázok sűrűségével és annak megváltozásával kapcsolatban számos jelenség, folyamat történik a mindennapokban és a természetben. Érdemes tehát ezt a témakört egy kicsit részletesebben megvizsgálni. Az alábbiakban bemutatott feladatlap segítségével a *szokásostól eltérő módon*, a diákok *aktív és önálló* munkájával dolgozhatjuk fel új anyagként ezt a tananyagrészt.

#### **A feladatlap kitöltésével és a kutatás elvégzésével megvalósítható célok:**

- A diákok érdeklődésének felkeltése a természettudományok iránt.
- A gázok sűrűségével és egyéb tulajdonságaival kapcsolatos ismeretek megszerzése, elmélyítése.
- Kapcsolatteremtés a fizika tudománya és a hétköznapi, gyakorlati jelenségek között.
- Kapcsolatteremtés a természettudomány ágai között, az ismeretek összekapcsolásával.
- A diákok önálló gondolkodásának fejlesztése (csoportos illetve önálló hipotézisalkotás, az eredmények értékelése, közös megvitatása).
- A természettudományos megismerés útjának gyakorlása.
- A személyközi kompetencia fejlesztése csoportmunka keretében.
- Okok és okozatok kapcsolatának felismerése: annak tudatosítása, hogy minden jelenségnek van valamilyen kiváltó oka, illetve hogy egy adott „tény” kiváltó oka egy jelenségnek.

---

<sup>10</sup> A két példa bemutatásának felépítése megfelel annak a sémának, amelyet a Magyar Génius Program keretében kémiantanók számára tartott továbbképzés keretében kellett készíteni. [85.]

### **Szükséges előzetes ismeretek:**

- gázok alapvető tulajdonságai (részecskék kölcsönhatása, elrendeződése, állapotjelzők);
- az ideális gáz állapotegyenlete;
- gázok moláris tömegének meghatározása képletük alapján;
- Arkhimédész törvénye, felhajtóerő.

### **Módszertani javaslatok:**

- A szükséges előzetes ismeretek alapján a feladatlapot 10. évfolyamon, a gázok állapotváltozásairól és állapotegyenletéről tanultak után érdemes kitöltetni a diákokkal. Hasznos lehet még 10-12. évfolyamos diákoknak tartott, kifejezetten természettudományos szakkörön, a tudományágak összekapcsolása miatt, illetve 11-12. évfolyamos fakultáción az ismeretek alkalmazása miatt.
- A feladatlap önállóan is használható, és gyakorlati vonatkozásai miatt a diákoknak kellően érdekes. Bizonyos megállapításokat ellenőrizhetünk kísérlettel vagy modellkísérlettel, amellyel a természettudományos gondolkodás megismerését segítjük. A választható kísérlet-ötleteket a feladatlap megoldásánál (tanári változatánál) jelzem.

### **Előkészítés:**

- Amennyiben csak a feladatlapot töltik ki a diákok, további előkészítés nem szükséges.
- Ha kísérleteket is szeretnénk végezni, az ehhez szükséges anyagokat és eszközöket természetesen elő kell készíteni. A szükséges eszközök és anyagok: 2 db nagy (legalább 1000 cm<sup>3</sup>-es főzőpohár); vegyszereskanál; gyújtópálca; gyufa, óraüveg; mézskőpor (CaCO<sub>3</sub>); háztartási sósav (HCl-oldat, kb. 20 tömegszázalékos); Petri-csésze vagy kristályosító-csésze; mosogatószer; üvegbot.
- Ezekon felül, esetleg: szódásszifon, szódapatron; nagyméretű üveglád vagy akvárium; gumicső; hajlított végű üvegcső.

### **Értékelés:**

- Mivel olyan ismeretek szerepelnek a feladatlapon, amelyek a tananyag részét képezik, ezért az eredményeket, megállapításokat dolgozat és felelés formájában is lehet értékelni.
- A feladatlap kitöltésének gördülékennyé tétele érdekében célszerű a szükséges előzetes ismereteket felelés vagy röpdolgozat formájában ellenőrizni.

## Felszáll, lesüllyed – még a levegőben is

Gázok sűrűsége és ennek következményei

### FELADATLAP

A gyakorlati életben gyakran találkozunk gázokkal, a levegő is folyamatosan körülvesz minket. A gázok sűrűségével és annak megváltozásával kapcsolatban számos jelenség, folyamat történik a mindennapokban és a természetben. Érdekes tehát ezt a témakört egy kicsit részletesebben megvizsgálni.

#### A gázok sűrűségének kiszámítása

A gázok sűrűsége nem olyan anyagi állandó, mint a folyadékok és a szilárd anyagok sűrűsége, hanem könnyen kiszámítható bizonyos jellemző adatokból, állapotjelzőkből (amint ezt a későbbiekben látni fogjuk). A folyadékok és a szilárd anyagok sűrűségét csak tömegük és térfogatuk hányadosaként tudjuk kiszámítani.

1. Mi az anyagszerkezeti magyarázata annak, hogy a gázok sűrűsége könnyen kiszámítható az állapotjelzőkből, a folyadékok és a szilárd anyagok esetén ez nem tehető meg?

.....  
.....

2. Számítsuk ki a gázok sűrűségét! Ehhez első lépésben írd le az ideális gázok állapotjelzői közti kapcsolatot megadó állapotegyenletet és add meg a benne szereplő betűk jelentését!

3. Alakítsd át úgy ezt a képletet, hogy ki tudd fejezni belőle a gázok sűrűségét (is) megadó

$\rho = \frac{m}{V}$  értéket! (A tömeget jelentő  $m$  nem szerepel az állapotegyenletben, valamelyik másik állapotjelző segítségével azonban be tudod „csempészni” a képletbe!

$$\rho_{\text{gáz}} = \frac{m}{V} =$$

## A gázok sűrűségét meghatározó tényezők

1. A kapott képlet alapján állapítsd meg, hogy mely tényezők milyen arányosság szerint befolyásolják egy gáz sűrűségét!

Tényező	Arányosság

2. A fentiek alapján hogyan lehet elérni, hogy egy (tartályba bezárt) gáz sűrűsége nagyobb legyen a szobában lévő levegő sűrűségénél?

.....  
 .....  
 .....

3. A fentiek alapján hogyan lehet elérni, hogy egy (tartályba bezárt) gáz sűrűsége kisebb legyen a szobában lévő levegő sűrűségénél?

.....  
 .....  
 .....

4. Válaszd ki az alábbi gázok közül, melyek kisebb illetve nagyobb sűrűségűek az azonos állapotú levegőnél!

argon      hidrogén      szén-monoxid      klór      hélium      kén-hexafluorid  
             neon      kén-dioxid      nitrogén-dioxid      metán      nitrogén  
 ammónia      fluor      kén-hidrogén      etán      propán      szén-dioxid

Az azonos állapotú levegőnél kisebb sűrűségű gázok	Az azonos állapotú levegőnél nagyobb sűrűségű gázok

## Arkhimédész törvénye gázokban

1. Korábbi tanulmányaid alapján fogalmazd meg Arkhimédész törvényét!

.....  
.....

2. Arkhimédész törvényének következménye, hogy ha egy testet bemerítünk egy közegbe, akkor azzal a testtel háromféle dolog történhet: lesüllyed vagy lebeg vagy felemelkedik és úszik. A test és a közeg mely jellemző adatából következtethetünk arra, melyik fog megvalósulni?

.....

3. Írd le, konkrétan mi a feltétele e három lehetőség megvalósulásának!

Lesüllyedés	Lebegés	Emelkedés és úszás

4. Arkhimédész törvényét és annak következményeit gázokra is értelmezhetjük. A „közeg” lehet pl. a minket körülvevő levegő, a „bele mártott test” pedig egy másik gáz, ami pl. keletkezik egy reakcióban, vagy egy gáz egy tartályba (léggömbbe) zárva. Mi a lényeges különbség azonban ebben az esetben egy szilárd bemerített testhez képest?

.....  
.....  
.....

5. Minden eddigi ismeretet figyelembe véve, fogalmazd meg, hogyan lehet elérni, hogy egy gáz felfelé emelkedjen a szobában lévő levegőben! Írj le minden lehetőséget!

.....  
.....  
.....

6. Minden eddigi ismeretet figyelembe véve, fogalmazd meg, hogyan lehet elérni, hogy egy gáz lefelé süllyedjen a szobában lévő levegőben! Írj le minden lehetőséget!

.....  
.....  
.....

7. Csoportosítsd a korábban szereplő gázokat aszerint, hogy szájával felfelé vagy lefelé tartott főzőpohárban lehet-e őket tartani!

Szájával felfelé tartott főzőpohárban tartható gázok	Szájával lefelé tartott főzőpohárban tartható gázok

8. Arkhimédész törvényének gázokra vonatkozó következményeit a gyakorlati életben felhasználják, illetve figyelembe kell venni. Add meg az alábbi előfordulások esetén a lehető legteljesebb magyarázatot!

a) Miért száll felfelé a héliummal töltött lufi?

.....  
 .....  
 .....

b) Miért száll felfelé a hőlégballon?

.....  
 .....  
 .....

c) Melyek a hasonlóságok és a lényeges különbségek az előző két esetben?

.....  
 .....  
 .....

d) Az előzőek alapján milyen természeti (természetföldrajzi) jelenséget lehet megmagyarázni?

.....  
 .....  
 .....

e) Miért a lábunknál tartott gyertyával kell lemenni a borospincébe?

.....  
 .....  
 .....

f) Zuhanyzáskor miért nyomódik felénk a zuhanyfüggöny „magától”?

.....  
 .....  
 .....



## Felszáll, lesüllyed – még a levegőben is

Gázok sűrűsége és ennek következményei

TANÁRI VÁLTOZAT

A gyakorlati életben gyakran találkozunk gázokkal, a levegő is folyamatosan körülvesz minket. A gázok sűrűségével és annak megváltozásával kapcsolatban számos jelenség, folyamat történik a mindennapokban és a természetben. Érdekes tehát ezt a témakört egy kicsit részletesebben megvizsgálni.

Érdekes két bevezető kísérletet motiváció gyanánt bemutatni a diákoknak, egyelőre magyarázat nélkül, problémafelvető jelleggel. Biztosítsuk őket arról, hogy a feladatlap kitöltése után ők maguk is meg fogják tudni magyarázni a látottakat!

### 1. Kísérlet: Felszálló buborékok

**Figyelem! A kísérletet (balesetveszély miatt) csak tanár végezheti!**

**Kísérlet:** Egy Petri-csésze aljába vagy kristályosítócsészébe öntsünk kevés mosogatószert és hígítsuk fel egy kis vízzel, hogy szappanbuborék fújására alkalmas oldatot kapjunk! Egy kellően hosszú gumicsövet csatlakoztassunk a gázcsonkhoz, a csapot kicsit nyissuk ki, hogy a földgáz kis intenzitással áramoljon rajta. Mártsuk a gumicső végét a szappanoldatba. A földgáz buborékot fúj, melyet kezünk egy határozott lefelé rándításával a gumicsőről leválaszthatunk.

**Tapasztalat:** A buborék felfelé száll. (Ha a diákokat el szeretnénk kápráztatni, és a körülmények is elegendően biztonságosak, egy égő gyújtópálcával akár lángra is lobbanthatjuk a felszálló buborékokat.)

### 2. Kísérlet: Bűvészkedés a „semmivel”

Hajtsuk végre az alábbi kísérletsorozatot!

	Kísérlet	Tapasztalat
1.	Egy nagyobb (1000 cm <sup>3</sup> -es) főzőpohár aljára szórjunk 2-3 vegyszereskanálnyi mészkőport! Öntsünk rá kevés háztartási sósavat!	Pezsgés Színtelen, szagtalan gáz fejlődik A mészkőpor feloldódik Színtelen oldat keletkezik
2.	Tartsunk égő gyújtópálcát a főzőpohárba majd egy másik, üres 1000 cm <sup>3</sup> -es főzőpohárba is!	Az első főzőpohárban a gyújtópálca elalszik, a másodikban azonban folytatja égését.
3.	Ezután az első főzőpoharat kissé megdöntve tartsuk a második fölé, mintha átöntenénk a tartalmát, de vigyázzunk, az alján levő folyadék ne menjen át! (Így úgy tűnik, mintha a „semmit” öntöttük volna át.)	Nem tapasztalunk semmilyen változást, amit érzékszerveinkkel fel tudnánk fogni.
4.	Végül tartsunk újra égő gyújtópálcát a két főzőpohárba!	A gyújtópálca most a második főzőpohárban elalszik, az elsőben azonban folytatja égését (feltéve, hogy a pezsgés már befejeződött).

A kísérletek magyarázatát ld. a feladatlap tanári változatának végén!

## A gázok sűrűségének kiszámítása

A gázok sűrűsége nem olyan anyagi állandó, mint a folyadékok és a szilárd anyagok sűrűsége, hanem könnyen kiszámítható bizonyos jellemző adatokból, állapotjelzőkből (amint ezt a későbbiekben látni fogjuk). A folyadékok és a szilárd anyagok sűrűségét csak tömegük és térfogatuk hányadosaként tudjuk kiszámítani.

1. Mi az anyagszerkezeti magyarázata annak, hogy a gázok sűrűsége könnyen kiszámítható az állapotjelzőkből, a folyadékok és a szilárd anyagok esetén ez nem tehető meg?

**A gázcseppkék közti vonzó kölcsönhatások nagyon gyengék, sokszor elhanyagolhatók, így a gázokat önálló, szabadon mozgó részecskék halmazának tekinthetjük, melyben a távolságukat csak az állapotjelzők határozzák meg. A folyadékok és szilárd anyagok részecskéi a köztük lévő erősebb kölcsönhatások miatt meghatározott távolságra vannak egymástól. Ezért a szilárd anyagok és a folyadékok térfogata – és így sűrűsége is – állandó.**

2. Számítsuk ki a gázok sűrűségét! Ehhez első lépésben írd le az ideális gázok állapotjelzői közti kapcsolatot megadó állapotegyenletet és add meg a benne szereplő betűk jelentését!

$$pV = nRT$$

**$p$ : a gáz nyomása**  
 **$V$ : a gáz térfogata**  
 **$n$ : a gázcseppkék anyagmennyisége**  
 **$R$ : egyetemes gázállandó**  
 **$T$ : a gáz hőmérséklete**

3. Alakítsd át úgy ezt a képletet, hogy ki tudd fejezni belőle a gázok sűrűségét (is) megadó

$\rho = \frac{m}{V}$  értéket! (A tömeget jelentő  $m$  nem szerepel az állapotegyenletben, valamelyik másik állapotjelző segítségével azonban be tudod „csempészni” a képletbe!

$$pV = nRT$$

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

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{pM}{RT}$$

$$\boxed{\rho_{\text{gáz}} = \frac{m}{V} = \frac{pM}{RT}}$$

## A gázok sűrűségét meghatározó tényezők

1. A kapott képlet alapján állapítsd meg, hogy mely tényezők milyen arányosság szerint befolyásolják egy gáz sűrűségét!

Tényező	Arányosság
nyomás	egyenes arányosság
moláris tömeg	egyenes arányosság
hőmérséklet	fordított arányosság

2. A fentiek alapján hogyan lehet elérni, hogy egy (tartályba bezárt) gáz sűrűsége nagyobb legyen a szobában lévő levegő sűrűségénél?

- **nagyobb legyen a nyomása**
- **nagyobb legyen a moláris tömege**
- **kisebb legyen a hőmérséklete**

3. A fentiek alapján hogyan lehet elérni, hogy egy (tartályba bezárt) gáz sűrűsége kisebb legyen a szobában lévő levegő sűrűségénél?

- **kisebb legyen a nyomása**
- **kisebb legyen a moláris tömege**
- **nagyobb legyen a hőmérséklete**

4. Válaszd ki az alábbi gázok közül, melyek kisebb illetve nagyobb sűrűségűek az azonos állapotú levegőnél!

argon      hidrogén      szén-monoxid      klór      hélium      kén-hexafluorid  
 neon      kén-dioxid      nitrogén-dioxid      metán      nitrogén  
 ammónia      fluor      kén-hidrogén      etán      propán      szén-dioxid

Az azonos állapotú levegőnél kisebb sűrűségű gázok	Az azonos állapotú levegőnél nagyobb sűrűségű gázok
hidrogén szén-monoxid hélium neon metán nitrogén ammónia	argon klór kén-hexafluorid kén-dioxid nitrogén-dioxid fluor kén-hidrogén etán propán szén-dioxid

**A megoldáshoz lényeges információ: a levegő átlagos moláris tömege 29 g/mol. (Ez a levegőt alkotó gázok moláris tömegéből, súlyozott átlagként számítható ki.)**

## Arkhimédész törvénye gázokban

1. Korábbi tanulmányaid alapján fogalmazd meg Arkhimédész törvényét!

**Minden, folyadékba merülő testre állandó nagyságú, felfelé irányuló felhajtóerő hat, melynek nagysága megegyezik a test által kiszorított folyadék súlyával.**

2. Arkhimédész törvényének következménye, hogy ha egy testet bemerítünk egy közegbe, akkor azzal a testtel háromféle dolog történhet: lesüllyed vagy lebeg vagy felemelkedik és úszik. A test és a közeg mely jellemző adatából következtethetünk arra, melyik fog megvalósulni?

**Az egymáshoz viszonyított sűrűségükből.**

3. Írd le, konkrétan mi a feltétele e három lehetőség megvalósulásának!

Lesüllyedés	Lebegés	Emelkedés és úszás
$\rho_{test} > \rho_{folyadék}$	$\rho_{test} = \rho_{folyadék}$	$\rho_{test} < \rho_{folyadék}$

4. Arkhimédész törvényét és annak következményeit gázokra is értelmezhetjük. A „közeg” lehet pl. a minket körülvevő levegő, a „bele mártott test” pedig egy másik gáz, ami pl. keletkezik egy reakcióban, vagy egy gáz egy tartályba (léggömbbe) zárva. Mi a lényeges különbség azonban ebben az esetben egy szilárd bemerített testhez képest?

**A gázok el tudnak keveredni egymással légmozgás vagy diffúzió következtében, így a „bemerülő” gázt sokszor nem lehet körülhatárolható testként kezelni, hacsak nincs tartályba (pl. léggömbbe, szappanbuborékba) zárva. A közeg részecskéi és a „bemerülő” gáz részecskéi keverednek egymással.**

5. Minden eddigi ismeretet figyelembe véve, fogalmazd meg, hogyan lehet elérni, hogy egy gáz felfelé emelkedjen a szobában lévő levegőben! Írj le minden lehetőséget!

**Alapvetően: kisebb legyen a gáz sűrűsége, mint a levegőé. Azaz:**

- **kisebb legyen a nyomása vagy**
- **kisebb legyen a moláris tömege vagy**
- **nagyobb legyen a hőmérséklete.**

**A válasz tulajdonképpen megegyezik az előző oldalon levő 3. feladatra adott megoldással.**

6. Minden eddigi ismeretet figyelembe véve, fogalmazd meg, hogyan lehet elérni, hogy egy gáz lefelé süllyedjen a szobában lévő levegőben! Írj le minden lehetőséget!

**Alapvetően: nagyobb legyen a gáz sűrűsége, mint a levegőé. Azaz:**

- **nagyobb legyen a nyomása vagy**
- **nagyobb legyen a moláris tömege vagy**
- **kisebb legyen a hőmérséklete.**

**A válasz tulajdonképpen megegyezik az előző oldalon levő 2. feladatra adott megoldással.**

7. Csoportosítsd a korábban szereplő gázokat aszerint, hogy szájával felfelé vagy lefelé tartott főzőpohárban lehet-e őket tartani!

Szájával felfelé tartott főzőpohárban tartható gázok	Szájával lefelé tartott főzőpohárban tartható gázok
argon klór kén-hexafluorid kén-dioxid nitrogén-dioxid fluor kén-hidrogén etán propán szén-dioxid	hidrogén szén-monoxid hélium neon metán nitrogén ammónia

**A válasz tulajdonképpen megegyezik az előző oldalon levő 4. feladatra adott megoldással, csak az oszlopok értelemszerűen fel vannak cserélve.**

8. Arkhimédész törvényének gázokra vonatkozó következményeit a gyakorlati életben felhasználják, illetve figyelembe kell venni. Add meg az alábbi előfordulások esetén a lehető legteljesebb magyarázatot!

a) Miért száll felfelé a héliummal töltött lufi?

**Mert a héliumnak kis moláris tömege miatt jóval kisebb a sűrűsége az azonos állapotú levegőénél, így Arkhimédész törvénye értelmében felfelé száll benne. A hélium annyira kicsi sűrűségű, hogy még a lufi anyagával alkotott átlagsűrűsége is kellően kicsi.**

b) Miért száll felfelé a hőlégballon?

**Mert a hőlégballonban lévő magas hőmérsékletű levegőnek jóval kisebb a sűrűsége az azonos állapotú levegőénél, így Arkhimédész törvénye értelmében felfelé száll benne. A meleg levegő annyira kicsi sűrűségű, hogy még a léghajó anyagával alkotott átlagsűrűsége is kellően kicsi.**

c) Melyek a hasonlóságok és a lényeges különbségek az előző két esetben?

**Hasonlóságok: mindkét esetben kisebb a bezárt gáz sűrűsége az őt körülvevő levegő sűrűségénél, így felfelé emelkednek benne.**

**Különbség: az első esetben a moláris tömeg, a másodikban a hőmérséklet eltérése okozza az eltérő sűrűséget.**

d) Az előzőek alapján milyen természeti (természetföldrajzi) jelenséget lehet megmagyarázni?

**Például:**

- a földi légközést, a melegebb (tehát kisebb sűrűségű) levegő felemelkedését és a hidegebb (nagyobb sűrűségű) levegő lesüllyedését;
- a szén-dioxid és radon felgyűlését barlangokban, pincékben;
- a metán, vízgőz felemelkedését a légkörben.

e) Miért a lábunknál tartott gyertyával kell lemenni a borospincébe?

**Mert a szén-dioxid nagy sűrűsége miatt a helyiség alján, a levegő „alatt” gyúlik fel. Égést nem tápláló gáz lévén a gyertya elalszik benne, ezzel figyelmeztet a CO<sub>2</sub> jelenlétére.**

**Ebben az esetben, bár a szén-dioxid nincsen tartályba zárva, mégis bizonyos mértékben önálló testként viselkedik. Csak szellőztetéssel vagy hosszú időn át tartó diffúzió során ürül ki a pincéből.**

f) Zuhanyzáskor miért nyomódik felénk a zuhanyfüggöny „magától”?

**Mert a zuhanyfülkében lévő meleg levegő kisebb sűrűségű a kinti levegőnél, így felfelé emelkedik, a zuhanyfülke tetején távozik a kabinból. A kinti hidegebb, nagyobb sűrűségű levegő a helyére igyekszik, ám ezt a függöny megakadályozza, így benyomja a kinti levegő. [Ez a magyarázat csak részleges, és a feladatlap témakörének szempontjait tartalmazza. A jelenség ennél összetettebb, ugyanis a meleg levegő felfelé emelkedésével áramlás alakul ki a zuhanyfülkében. Ekkor már gázok áramlására vonatkozó törvényeket (pl. Bernoulli-törvény) is figyelembe kell venni!]**

## A bevezető kísérletek leírása kiegészítve a magyarázattal

### 1. Kísérlet: Felszálló buborékok

**Kísérlet:** Egy Petri-csésze aljába vagy kristályosítócsészébe öntsünk kevés mosogatószert és hígítsuk fel kevés vízzel, hogy szappanbuborék fújására alkalmas oldatot kapjunk! Egy kellően hosszú gumicsővel ellátott Bunsen-égő csapját kicsit nyissuk ki, hogy a földgáz kis intenzitással áramoljon rajta. Mártsuk a Bunsen-égő tetejét a szappanoldatba. A földgáz buborékot fúj, melyet kezünk egy határozott lefelé rándításával leválaszthatunk.

**Tapasztalat:** A buborék felfelé száll. (Ha a diákokat el szeretnénk kápráztatni, és a körülmények is elegendően biztonságosak, egy égő gyújtópálcával akár lángra is lobbantathatjuk a felszálló buborékokat.)

**Magyarázat:** A buborékba kerülő metánnak kisebb a moláris tömege, mint a levegőnek, így azonos állapotban a sűrűsége is kisebb. Ha a buborék viszonylag sok metánt tartalmaz, akkor a buborék átlagsűrűsége kisebbé válik a levegőénél, így az egész buborék felemelkedik. Megfigyelhető, hogy a bemártás után először létrejövő buborék még lefelé mozog, mert vastag a szappanbuborék fala, így a buborék átlagsűrűsége a levegőénél nagyobb. Ezután azonban a szappanos gumicsővel újabb bemártás nélkül fújhatunk még 3-4 buborékot, amelyek már biztosan felfelé szállnak, ha átmérőjük legalább 3-4 cm. Megfigyelhetjük, hogy a nagyobb buborék gyorsabban száll felfelé, mert átlagsűrűsége kisebb. Egy adott buborékátmérő esetén a buborék lebeg, átlagsűrűsége ekkor pontosan megegyezik a levegőével. Némi gyakorlással előállíthatjuk ezt az esetet is.

### 2. Kísérlet: Bűvészkedés a „semmivel”

Hajtsuk végre az alábbi kísérletsorozatot!

	Kísérlet	Tapasztalat	Magyarázat
1.	Egy nagyobb (1000 cm <sup>3</sup> -es) főzőpohár aljára szórjunk 2-3 vegyszereskanálnyi mészkőport! Öntsünk rá kevés háztartási sósavat!	Pezsgés Szintelen, szagtalan gáz fejlődik A mészkőpor feloldódik Szintelen oldat keletkezik	A mészkő reakcióba lép a sósavval és szén-dioxid keletkezik. $\text{CaCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$
2.	Tartsunk égő gyújtópálcát a főzőpohárba majd egy másik, üres 1000 cm <sup>3</sup> -es főzőpohárba is!	Az első főzőpohárban a gyújtópálca elalszik, a másodikban azonban folytatja égését.	A CO <sub>2</sub> az égést nem táplálja.
3.	Ezután az első főzőpoharat kissé megdöntve tartsuk a második fölé, mintha átöntenénk a tartalmát, de vigyázzunk, hogy az alján levő folyadék ne menjen át! (Így úgy tűnik, mintha a „semmit” öntöttük volna át.)	Nem tapasztalunk semmilyen változást, amit érzékszerveinkkel fel tudnánk fogni.	Valójában történik változás: a CO <sub>2</sub> nagy moláris tömege, így nagy sűrűsége miatt a főzőpohárban marad, így átönthetővé válik a másik főzőpohárba.
4.	Végül tartsunk újra égő gyújtópálcát a két főzőpohárba!	A gyújtópálca most a második főzőpohárban elalszik, az elsőben azonban folytatja égését (feltéve, hogy a pezsgés már befejeződött).	A CO <sub>2</sub> -t átöntöttük a második főzőpohárba, így ebben alszik el a gyújtópálca. Az elsőből elfogyott a CO <sub>2</sub> , így a gyújtópálca abban tovább ég.

*Megjegyzés: a két kísérlet kombinációjaként elvégezhetjük a következő kísérleteket is:*

**1. változat:** Egy szódászfifonba kevés víz betöltése után csavarjuk be a patron, így egy CO<sub>2</sub>-tartályt kaptunk. A szifont fejjel lefelé tartva gumicső segítségével töltünk egy nagyobb akváriumba a gázból, égő gyújtópálcával ellenőrizzük a szén-dioxid szintjét! Fújjunk ezután hagyományos buborékot az üvegcád fölé! Azt tapasztaljuk, hogy a buborék nem süllyed le az edény aljára, hanem lebeg egy bizonyos magasságban, mintha láthatatlan polc tartaná. (Egy idő után a CO<sub>2</sub> bediffundál a buborékba, így az lesüllyed.)

(Természetesen ebben az esetben is előállíthatunk mészkő és sósav segítségével szén-dioxidot, de a nagyobb térfogat miatt a vegyszerekből nagy mennyiségre volna szükség.)

**2. változat:** Hajlított üvegcső végére szappanhártyát feszítve a kádban lévő szén-dioxidban is fújhatunk levegővel telt buborékot. A levegővel teli buborék ekkor felfelé száll, és ugyanott áll meg, mint a fentről érkezők.

A fenti kísérletekhez szén-dioxidot előállíthatunk teljesen hétköznapi anyagok segítségével is, például szódabikarbóna és ecet vagy citromsav-oldat reakciójával. Amennyiben viszont lehetőségünk van rá, szárazjég szublimációjából is nyerhetünk nagy mennyiségű szén-dioxidot, de ebben az esetben vigyázni kell, hogy az alacsony hőmérséklet ne befolyásolja a jelenségeket!

## **6.2.2. Szabad-e Mentos cukorkát enni kólaivás után?**

### **Kiindulópont:**

Néhány évvel ezelőtt sokkoló képsorok járták be a világot, melyről sokan e-mailen keresztül értesültek. A hírek egy kisfiú haláláról szóltak. A hír szerint a fiú kólaivás után Mentos cukrot evett, a két anyag kémiai reakcióba lépett a gyomrában, ennek során egy veszélyes kémiai vegyület jött létre, ebből nagy mennyiségű gáz szabadult fel, és ez szétfeszítette a gyomrát. A prezentáció készítői ezzel arra akarták felhívni az emberek figyelmét, hogy a hasonló tragédiák elkerülésére ne egyenek Mentost kólaivás után. Az alábbi kutatás elvégzésével a megfogalmazott állításokat és a konklúziót ellenőrizhetjük.

### **A feladatlap kitöltésével és a kutatás elvégzésével megvalósítható célok:**

- A diákok érdeklődésének felkeltése a természettudományok (azon belül a kémia és a fizika) iránt hétköznapi, számukra is érdekes témával.
- Kapcsolatteremtés a hétköznapi jelenségek és a tanórán tanultak között.
- A fizikai változás és a kémiai reakció közti különbség tudatosítása.
- A diákok önálló gondolkodásának fejlesztése: csoportos illetve önálló hipotézisalkotás, kísérlettervezés, kísérletvégzés, az eredmények értékelése, közös megvitatása.
- Egészséges szkepticizmus kialakítása a diákokban a médiában hallott információkkal szemben, az önálló meggyőződés kialakítására vonatkozó igény elősegítése.
- A problémamegoldás, kezűgyesség, megfigyelőképesség fejlesztése a kísérletek elvégzésével.
- A szociális kompetencia fejlesztése csoportmunka keretében.
- A vitakultúra fejlesztése, tudományosnak hangzó áltudományos szöveg érveinek vizsgálata, valódi „tudományos eredmények”-re épülő érvek felállítása.

### **Szükséges előzetes ismeretek:**

- Alapvető szerves kémiai ismeretek (a szén-dioxid vízoldhatósága és a szénsav bomlékonysága).
- A fizikai változás és a kémiai reakció fogalmának ismerete.
- Az adszorpció jelenségének ismerete.

### **Módszertani javaslatok:**

1. A vizsgálatot bármely korosztály diákjai elvégezhetik, de nyilván eltérő mélységig fognak tudni eljutni a jelenség magyarázatában. Az alapkérdés problémafelvetését a kisebbek (7-8.



osztály) is megértik, némi tanári segítséggel ők is eljuthatnak a megoldáshoz. A nagyobbaktól (9-10. osztály) több önállóság és kreativitás várható el mind az elméleti gondolkodás mind a kivitelezés terén. A feladatlap tanári változata tartalmaz utalásokat a két korosztálytól elvárható különböző mélységű és részletességű válaszokra, magyarázatokra.

2. Egy hat- vagy nyolcosztályos gimnáziumban izgalmas lehet vegyes csoporttal, szakkörön, témanapon elvégezni a kísérletet, amikor a 13-14 évesek és a 15-16 évesek egymást segítve juthatnak előre a probléma megoldásában.
3. A diákok minden esetben min. 2, maximum 4 fős csoportban dolgozzanak, a lehető legnagyobb hatékonyság érdekében.
4. A kísérleti tapasztalatok rögzítése videokamera segítségével is történhet, sőt, akár izgalmas riportfilm is készülhet a vizsgálatból. Az egymástól függetlenül dolgozó 3-4 fős csoportok külön-külön készítik a videót, amelyet aztán bemutatnak egymásnak és értékelik egymás eredményét.
5. A kísérlet otthon is elvégezhető, nem igényel laboratóriumi eszközöket és balesetvédelmi szempontból sem aggályos.

#### **Előkészítés:**

- Szükséges anyagok: cola light, egyéb szénsavas és szénsavmentes üdítők, szénsavas és szénsavmentes ásványvíz, Mentos cukorkák, egyéb porózus ill. nagy fajlagos felületű anyagok (pl. mázatlan cserépdarab, széntabletta, kockacukor, konyhasó, homok); víz.
- Szükséges eszközök<sup>11</sup>: főzőpohár (4 db 250 cm<sup>3</sup>-es, 1 db 100 cm<sup>3</sup>-es), üvegbot; tárolóedények és vegyszereskanalak a fenti anyagok tárolására és adagolására.
- A videó rögzítéséhez, elemzéséhez esetleg: kamera, számítógép.

#### **Értékelés:**

- Szummatív értékelés (dolgozatírás, feleltetés) helyett érdemesebb formatív értékelést alkalmazni: a „vita” során tett megnyilvánulásokból spontánabb, közvetlenebb módon derül ki, hogy a kísérletek elvégzése során mennyire sikerült a diákoknak megérteniük a jelenséget és a magyarázatot.
- A szén-dioxid tulajdonságai, az adszorpció jelensége természetesen egy „hagyományos” számonkérés részét is képezheti.

---

<sup>11</sup> Amennyiben van lehetőség a kísérlet közben a főzőpoharak kiöblítésére, kevesebb is elég belőle. A kísérlet otthoni elvégzéséhez természetesen háztartási eszközök is megfelelőek, pl. üvegpoharak, porcelántálak, bögrék, kanalak.

## Szabad-e Mentos cukorkát enni kólaivás után?

FELADATLAP

Néhány évvel ezelőtt sokkoló képsorok járták be a világot, melyről sokan e-mailen keresztül értesültek. Ezek egy kisfiú haláláról szóltak. A hír szerint a fiú kólaivás után Mentos cukrot evett, a két anyag kémiai reakcióba lépett a gyomrában, ennek során egy veszélyes kémiai vegyület jött létre, ebből nagy mennyiségű gáz szabadult fel, és ez szétfeszítette a gyomrát.

A prezentáció készítői ezzel arra akarták felhívni az emberek figyelmét, hogy a hasonló tragédiák elkerülésére ne egyenek Mentost kólaivás után.

Az alábbiakban ennek a hírnek a valóságtartalmát fogjuk megvizsgálni tudományos vizsgálati módszerekkel.

### **Először is idézzétek elő ezt a jelenséget, és figyeljétek meg alaposan!**

*Egy kólásflakont óvatosan nyissatok ki, majd dobjatok bele egy szem Mentos cukorkát!*

*A kísérletet csak szabad téren szabad elvégezni, ha ez nem lehetséges, nézzétek meg videón! Vagy végezzétek el helyette kisebb léptékben az alábbi kísérletet:*

**Egy főzőpohárba öntsetek 100 cm<sup>3</sup> kólát, és dobjatok bele egy szem Mentos cukorkát!** Figyeljétek meg minden részletet a kísérlet elvégzése előtt, alatt, és után!

1. A kiindulási anyagok jellemzői a Mentos bedobása előtt:

.....  
.....

2. A cukorka bedobása után bekövetkező jelenség:

.....  
.....

3. A maradék anyagok jellemzői a kísérlet elvégzése után:

.....  
.....

**Eddigi tapasztalataitok és a fenti hír kapcsán mit gondoltok, mi okozza a Mentos bedobása után a kóla felhabzását?**

.....  
.....  
.....

**A következőkben saját vizsgálataitok segítségével igazoljátok vagy cáfoljátok elméleteketek és az interneten terjedő magyarázat állításait!**

**I. A palackban levő és a megivott kóla között van némi különbség, a kóla viszonylag „hosszú utat tesz meg”, míg leérkezik a gyomorba, s eközben változásokon megy át.**

1. Mik ezek a változások?

.....  
.....

2. Hogyan befolyásolják ezek a történések a jelenség létrejöttét?

.....  
.....

**Tervezzetek kísérletet,** amellyel modellezitek a kóla „megivását”, és ellenőrzitek, hogy a gyomrukba leérkezett kólába bekerülő Mentos okozhat-e oly mértékű felhabzást, gázfelszabadulást, amely a gyomrot szétfeszítheti!  
Rendelkezésre áll: Mentos, kóla, főzőpoharak, üvegbot.

Írjátok le az elvégzendő kísérlet lépéseit!

.....  
.....  
.....

Mik a kísérlet tapasztalatai?

.....  
.....

## **II. A csomagolásból kivett és az elfogyasztott Mentos cukorka között is van különbség.**

1. Mi ez a különbség?

.....  
.....

2. Hogyan befolyásolja a jelenség létrejöttét?

.....  
.....

**Tervezzetek kísérletet,** amellyel modellezitek a cukorka elfogyasztását, és megvizsgáljátok, hogy van-e szerepe ennek a különbségnek!  
Rendelkezésre áll: Mentos, kóla, kicsi és nagy főzőpohár, víz, üvegbot.

Írjátok le az elvégzendő kísérlet lépéseit!

.....  
.....  
.....  
.....

Mik a kísérlet tapasztalatai?

.....  
.....

## **Alkossatok saját, új magyarázatot a Mentos és kóla találkozásakor létrejövő jelenség okára!**

A fenti két kísérletben jelen volt a kóla és a Mentos minden kémiai összetevője.

1. Mi lehet mégis az oka, hogy eltérést tapasztaltatok az eredeti kísérlettől?

.....  
.....

2. Ezek alapján mire következtettek, mi lehet a jelenség létrejöttének magyarázata?

.....  
.....

**Ellenőrizétek saját elméleteket!**

**Tervezzetek kísérleteket** kóla és Mentos nélkül, amelytől hasonló eredményt vártok!  
Rendelkezésre áll: szénsavas és szénsavmentes ásványvíz, Fanta, 100 % narancslé, cserépdarab, kockacukor, konyhasó, homok, széntabletta.

1. Milyen szempontok szerint kell kiválasztanotok a szükséges anyagokat?

.....  
.....  
.....

2. Írjátok le az elvégzendő kísérlet lépéseit! Ha készen vagytok, jelentkeztek a szükséges anyagokért!

.....  
.....  
.....

3. Végezzétek el a kísérletet a kapott anyagokkal és írjátok le a tapasztalataitokat!

.....  
.....  
.....

4. Hasonlítsátok össze a különböző csoportok által végzett kísérleteket egymással és az eredeti Mentos+kóla kísérlettel, fogalmazzátok meg a hasonlóságokat és az eltéréseket!

.....  
.....  
.....

5. A hír szerint a habzás ill. gázfejlődés mentolos Mentos és Cola Light „reakciója” során a legnagyobb mértékű. Az elvégzett kísérletek alapján válaszoljátok meg, hogy a felhasznált anyagok mely tulajdonságai azok, amik valóban befolyásolják a gázfelszabadulás intenzitását!

.....  
.....  
.....

**Végül: válaszoljatok a címben feltett kérdésre!**

Válaszotokat úgy foglaljátok össze, mintha egy hivatalos vitafórumon ülnétek és a tudományos kísérleti eredményekre támaszkodva kellene meggyőznötök az ellentábor!

## Szabad-e Mentos cukorkát enni kólaivás után?

TANÁRI VÁLTOZAT

Néhány évvel ezelőtt sokkoló képsorok járták be a világot e-mailen keresztül, melyek egy kislány haláláról szóltak. A hír szerint a fiú kólaivás után Mentos cukrot evett, a két anyag kémiai reakcióba lépett a gyomrában, ennek során egy veszélyes kémiai vegyület jött létre, ebből nagy mennyiségű gáz szabadult fel és ez szétfeszítette a gyomrát.

A prezentáció készítői ezzel arra akarták felhívni az emberek figyelmét, hogy a hasonló tragédiák elkerülésére ne egyenek Mentost kólaivás után.

Az alábbiakban ennek a hírnek a valóságtartalmát fogjuk megvizsgálni tudományos vizsgálati módszerekkel.

### ***Először is idézzétek elő ezt a jelenséget, és figyeljétek meg alaposan!***

*Egy kólásflakont óvatosan nyissatok ki, majd dobjatok bele egy szem Mentos cukorkát!*

*A kísérletet csak szabad téren szabad elvégezni, ha ez nem lehetséges, nézzétek meg videón!  
Vagy végezzétek el helyette kisebb léptékben az alábbi kísérletet:*

***Egy főzőpohárba öntsetek 100 cm<sup>3</sup> kólát, és dobjatok bele egy szem Mentos cukorkát!***  
Figyeljétek meg minden részletet a kísérlet elvégzése előtt, alatt, és után!

1. A kiindulási anyagok jellemzői a Mentos bedobása előtt:

**A kólásüveg falán buborékok vannak, a kólából apró buborékok szállnak fel. A Mentos cukorka felülete rücskös, érdes<sup>12</sup>. [Nagy fajlagos felülettel rendelkezik.]<sup>13</sup>**

2. A cukorka bedobása utáni jelenség:

**A kóla felhabzik, kifröccsen a palackból (akár embermagasságra is).**

3. A maradék anyagok jellemzői a kísérlet elvégzése után:

**A kólában már nincsenek buborékok, nem pezseg, a Mentos külső része leoldódott, felülete sima.**

Eddigi tapasztalataitok és a fenti hír kapcsán mit gondoltok, mi okozza a Mentos bedobása után a kóla felhabzását?

Várt válasz: a Mentos és a kóla egy-egy vagy néhány összetevője kémiai reakcióba lép egymással, mely heves gázfejlődéssel jár.

***A következőkben saját vizsgálataitok segítségével igazoljátok vagy cáfoljátok az elméleteket és az interneten terjedő magyarázat állításait!***

***I. A palackban levő és a megivott kóla között van némi különbség, a kóla viszonylag „hosszú utat tesz meg”, míg leérkezik a gyomorba, s eközben változásokon megy át.***

1. Mik ezek a változások?

**Míg megisszuk, a kóla „lötykölődik”, vagyis a benne oldott CO<sub>2</sub> nagy része kipezseg belőle.**

2. Hogyan befolyásolják a jelenség létrejöttét?

**Nem (vagy jóval kisebb mértékű) a gázfejlődés, kifröccsenés.**

<sup>12</sup> A cukorka felületének érdekessége csak alapos (esetleg nagyítóval végzett) vizsgálat során látszik.

<sup>13</sup> Szögletes zárójelben szerepelnek a 9-10. évfolyamos diákoktól elvárható válaszok.

**Tervezzetek kísérletet**, amellyel modellezitek a kóla „megivását”, és ellenőrzitek, hogy a gyomrukba leérkezett kólába bekerülő Mentos okozhat-e oly mértékű felhabzást, gázfelszabadulást, amely a gyomrot szétfeszítheti!  
Rendelkezésre áll: Mentos, kóla, főzőpoharak, üvegbot.

Írjátok le az elvégzendő kísérlet lépéseit!

**A tálba töltött kólából kikevergetjük a CO<sub>2</sub>-t vagy két pohár segítségével egyikből a másikba öntve távolítjuk el belőle. Ezután dobjuk bele a Mentost.**

Mik a kísérlet tapasztalatai?

**Pezsgés, gázfejlődés nem (alig) tapasztalható.**

**II. A csomagolásból kivett és a már elfogyasztott Mentos cukorka között is van különbség.**

1. Mi ez a különbség?

**Az elfogyasztott cukorka nem szilárd halmazállapotban, recés [és nagy fajlagos] felülettel, hanem oldott, összerágott formában találkozik a kólával.**

2. Hogyan befolyásolja a jelenség létrejöttét?

**A cukorka felületén nem tud megkötődni a CO<sub>2</sub>. [Adszorpció nem jön létre.]**

**Tervezzetek kísérletet**, mellyel modellezitek a cukorka elfogyasztását, és megvizsgáljátok, hogy van-e szerepe ennek a különbségnek!

Rendelkezésre áll: Mentos, kóla, kicsi és nagy főzőpohár, víz, üvegbot.

Írjátok le az elvégzendő kísérlet lépéseit!

**A Mentost teljesen<sup>14</sup> feloldjuk vízben (ez több percet is igénybe vehet), ezután öntjük a kólához.**

Mik a kísérlet tapasztalatai?

**Mivel nincs szilárd felület, amin a CO<sub>2</sub> megkötődhetne [adszorpció], pezsgést, gázfejlődést, kilövellést nem tapasztalunk. [A szén-dioxid oldott formában marad.]**

**Alkossatok saját, új magyarázatot a Mentos és kóla találkozásakor létrejövő jelenség okára!**

A fenti két kísérletben jelen volt a kóla és a Mentos minden kémiai összetevője.

1. Mi lehet mégis az oka, hogy eltérést tapasztaltatok az eredeti kísérlettől?

**A CO<sub>2</sub>-nek és a Mentos rücskös felületének van szerepe a jelenség létrejöttében.**

2. Ezek alapján mire következtettek, mi lehet a jelenség létrejöttének magyarázata?

**A Mentos cukorka recés felületén megkötődik a CO<sub>2</sub>, nagy buborékok formájában a felszínre tör, közben magával viszi a kólát, ezért kifröcsköl. Valójában tehát nem lép reakcióba egymással a két anyag, csak fizikai jelenség [adszorpció] játszódik le.**

**[A szén-dioxid vízben (kólában) való oldódása két egyensúlyi folyamatból tevődik össze: a CO<sub>2</sub> vízben való oldódása fizikai egyensúly, az oldott CO<sub>2</sub> és a víz reakciója, mely szénsavat eredményez, kémiai egyensúly. A cukorka felületén való megkötődés először előbbit tolja el a CO<sub>2</sub> kiválásának irányába, majd ez a legkisebb kényszer elve (Le Chatelier-Braun-elv) alapján a kémiai egyensúlyt is. Így rövid idő alatt nagy mennyiségű CO<sub>2</sub> tud az üdítőből felszabadulni.]**

---

<sup>14</sup> Amennyiben a cukorkát nem oldjuk fel teljesen vízben, az oldatlan kristályok miatt még akár nagyobb pezsgést is tapasztalhatunk, ezért fontos megvárni a teljes oldódást!

## **Ellenőrizétek saját elméleteteket!**

**Tervezzetek kísérleteket kóla és Mentos nélkül, amelytől hasonló eredményt vártok!**

*Tervezz kísérleteket kóla és Mentos nélkül, melytől hasonló eredményt vársz!*

*Rendelkezésre áll: szénsavas és szénsavmentes ásványvíz, Fanta, 100 % narancslé, cserépdarab, kockacukor, konyhasó, homok, széntabletta.*

1. Milyen szempontok szerint kell kiválasztanod a szükséges anyagokat?

**Az italban legyen (minél több) CO<sub>2</sub> (pl. ásványvíz, más szénsavas üdítő stb.), amibe egy rücskös [nagy fajlagos] felületű anyagot (kockacukor, cserépdarab stb.) kell beledobni.**

2. Írjátok le az elvégzendő kísérlet lépéseit! Ha készen vagytok, jelentkeztek a szükséges anyagokért!

**A legelső kísérlettel megegyezően, a frissen nyitott italosflakonba kell beledobni a porózus felületű tárgyat.**

3. Végezzétek el a kísérletet a kapott anyagokkal és írjátok le a tapasztalataitokat!

**A felhabzás a többi anyag esetében is megtörténik, de mértéke függ attól, hogy milyen italba milyen tárgyat dobtunk. Többszöri kísérletvégzéssel kideríthető, mely páros okozza a legnagyobb felhabzást, kifröccsenést.**

4. Hasonlítsátok össze a különböző csoportok által végzett kísérleteket egymással és az eredeti Mentos+kóla kísérlettel, fogalmazzátok meg a hasonlóságokat és az eltéréseket!

**A különbség az italok eltérő CO<sub>2</sub>-tartalmából illetve a bedobott anyagok rücskösségének [fajlagos felülete nagyságának] eltéréséből eredhet.**

5. A hír szerint a habzás ill. gázfejlődés mentolos Mentos és Cola Light „reakciója” során a legnagyobb mértékű. Az elvégzett kísérletek alapján válaszoljátok meg, hogy a felhasznált anyagok mely tulajdonságai azok, amik valóban befolyásolják a gázfel szabadulás intenzitását!

**A kémiai összetételnek nincs szerepe. Ami lényeges, az ital CO<sub>2</sub>-tartalma, a cukor felületének rücskössége, [fajlagos felületének nagysága].**

**Végül: válaszolj a címben feltett kérdésre!**

Válaszodat úgy foglald össze, mintha egy hivatalos vitafórumon ülnél és a tudományos kísérleti eredményekre támaszkodva kellene meggyőznöd az ellentábort!

**Az elvégzett kísérletek alapján látható, hogy valóban nagymértékű felhabzás, gázfejlődés történik, ha kólába Mentost dobunk. A jelenség azonban csak frissen nyitott üdítő és cukorka esetén jön létre. Az elfogyasztás során mind a kóla, mind a Mentos fizikai tulajdonságai megváltoznak, így a gyomorban a jelenség nem jöhet létre. Valójában ugyanis (amint ezt az elvégzett modellkísérletek bizonyítják) nem kémiai reakció zajlik a két anyag között, hanem fizikai folyamat: a kólában (üdítőben) oldott szén-dioxid megkötődik [adszorbeálódik] a Mentos cukorka porózus felületén, buborékokká áll össze, és a folyadékot maga előtt nyomva kifröccsen a palackból.**

**Az interneten terjedő képsorozat magyarázata tehát teljesen hibás, de a leírt jelenség sem lehet igaz. Még akkor sem, ha valakinek úgy sikerülne meginnia 2 liter kólát, hogy abból ivás közben a CO<sub>2</sub> mennyisége nem csökken, majd erre sikerülne egészben, szárazon lenyelnie egy Mentos cukorkát, hiszen a távozó gáz és hab a nyelőcsövén keresztül tudna távozni a gyomrából.**

### 6.3. A MÓDSZER ALKALMAZÁSA SORÁN SZERZETT TAPASZTALATOK

A fentiekben ismertetett „kóla+Mentos” vizsgálatot a hozzá tartozó feladatlap segítségével a 2017-18-as tanévben elvégezték az ELTE Trefort Ágoston Gyakorló Gimnázium 8. és 9. évfolyamos kémia szakkörösei, valamint a 11. évfolyam egyik osztályából az ún. „alap” kémiaórára járók, vagyis akik nem kémia fakultációt választottak.

Tapasztalatként összességében megállapítható, hogy a diákok érdeklődve fogadták a feladatot, szívesen és lelkesen végezték el a „kutatóást”. Elmondható, hogy a diákok felismerték a vizsgálat lényegét, és tudatosan mentek tovább a következő lépésekre. Mindegyik csoport esetén szükség volt tanári irányításra, útmutatásra, de a 2-4 fős csoportok alapvetően önállóan dolgoztak, önállóan tervezték meg és hajtották végre a kísérleteket a feladatlap utasításai alapján. A csapattagok jól együttműködtek és hasznos megbeszéléseket folytattak. Ennek eredményeképp végül mindegyik csoport helyes eredményre jutott. A 11. évfolyamos diákoknak egy tanóra állt rendelkezésre a feladat elvégzésére, ez az időtartam éppen elegendőnek bizonyult. A 8. és 9. évfolyamos diákok a szakkör bővebb időkeretén belül kevésbé feszes tempóban dolgozhattak, mely több „ötletelésre”, hipotézisalkotásra, vitatkozásra adott lehetőséget.

A kipróbálás fontos tanulsága volt, hogy a diákok számára a feladatlap kitöltése, azaz a megfigyelések, kísérlettervek, tapasztalatok stb. írásbeli rögzítése nem volt magától értetődő dolog. Többszöri és nyomatékos tanári utasításra volt szükség a legtöbb csoport esetén arra, hogy ez jól megvalósuljon. Az IBL módszer gyakori alkalmazásával a diákokban kialakítható annak gyakorlata, hogy az önálló munkavégzés során is gondot fordítsanak az eredmények dokumentálására.

Érdekes tapasztalat volt, hogy bár több diák is ismerte a kóla és Mentos kölcsönhatása során bekövetkező jelenséget, sőt annak valamiféle magyarázatát is (főleg az alsóbb évfolyamosok között voltak ilyenek), még számukra is élményszerű volt, hogy a vizsgálatukat saját maguk végezheték el, „testközelből” tapasztalhatták meg a bevezetésben szereplő állítás cáfolatát. Még ezeknek a diákoknak is meglepetést okozott, hogy a felhabzást egyszerű szénsavas ásványvíz és cserépdarabok segítségével is létre lehet hozni, akár nagyobb mértékben is, mint kólával és Mentos cukorkával.

Fontos tapasztalat, hogy a diákokat alapvetően **meglepte**, hogy a feladat elvégzése nagyfokú **önállóságot** vár el tőlük. Bár kísérletezésben járatos tanulókról van szó, előtte csak olyan kísérleteket végeztek, melyben előre megadott lépéseket kellett végrehajtaniuk teljes tanári irányítással. Az a tény, hogy ezúttal maguknak kell megtervezniük az elvégzendő vizsgálatokat és kísérleteket, újszerű volt a tanulók számára és némelyek számára **zavaró**.

Ez utóbbi tapasztalatom összhangban van azzal a következtetéssel, amely a fent említett magyar kutatócsoport oktatási kísérletéből az első eredmények alapján kirajzolódni látszik. Az országos kiterjedésű kutatásból kiderült, hogy a vizsgálatban részt vevő diákok természettudományos kompetenciája nem fejlődött a várt mértékben. Lexikális tudásuk szignifikánsan nem bővült jobban



a hagyományos módszerekkel tanított kontroll-csoporthoz képest és még a kísérleti csoport tagjainak nagyobb része is azt írta, hogy jobban kedveli a „receptszerű”, utasítások segítségével végrehajtott kísérletezést, mint az IBL-módszer által megkövetelt kísérlettervezést. [86.] Ezen országos eredmények értékelése természetesen a Kutatócsoport feladata, az én doktori kutatómunkám és dolgozatom kereteit messze meghaladja. Mivel az IBL-módszer koncepciója és célkitűzései közel állnak ahhoz a témához, amivel doktori kutatásom során foglalkoztam, bízom benne, hogy hamarosan sikerül megtalálni azokat a megoldásokat és lehetőségeket, amikkel ezt az oktatási módszert kimutathatóan is sikerrel lehet alkalmazni a hazai természettudományos oktatásban.

## Összegzés

Doktori kutatómunkám során a természettudományos tantárgyak, ezen belül is a középiskolai fizika és a kémia interdiszciplináris szemléletű tanításának lehetőségeit vizsgáltam és a témák feldolgozására új módszereket dolgoztam ki. Gyakorló fizika-kémia szakos tanárként kiváló lehetőségem nyílik arra, hogy egyszerre tudjam vizsgálni e két tantárgy tematikájának átfedéseit, kapcsolódási pontjait. Úgy vélem, mai világunkban és a magyar közoktatás jelenlegi helyzetében igen fontos, hogy ilyen módon is támogassuk a diákok természettudományos műveltségének megszerzését, műszaki-természettudományos szemléletének és gondolkodásának kialakulását.

Céлом volt a hazai természettudományos oktatás eredményességéhez való hozzájárulás, a tanárkollégák munkájának segítése *kidolgozott módszereim, feladatlapjaim, szakköri programjaim* és *témafeldolgozásaim* bemutatása által. Doktori értekezésemben és publikációimban törekedtem a módszerek és gyakorlatok *részletes bemutatására*, hogy azok akár *közvetlenül hasznosítható segítséget* jelentsenek a kollégák számára.

Munkám során azt tartottam szem előtt, hogy kutatási eredményeim *minél szélesebb körben* legyenek alkalmazhatók és hasznosíthatók. Törekedtem rá, hogy a kidolgozott módszerek között legyenek *többféle életkorú, előismeretű és érdeklődésű* diákoknak szólók is, illetve, hogy tanártársaimnak *különböző szintű megvalósítást* (tanóra, szakkör, versenyfelkészítés stb.) tegyenek lehetővé.

Dolgozatom első fejezetében a középiskolai fizika és kémia tárgyak tantervét összevetve azonosítottam a kapcsolódási pontokat. Tapasztalatom szerint, ha a tanórákon az egyes témakörök tanítása során felhívjuk ezekre a diákok figyelmét, akkor jobban megértik és könnyebben megtanulják az egyes ismereteket.

A második fejezetben néhány egyszerű és összetett kísérlet és gondolatmenet elemzésével példákat mutattam arra, hogyan lehet a természettudományos megismerés folyamatát és a természettudományos gondolkodásmódot több szinten is bemutatni a diákoknak.

A dolgozat harmadik fejezete a számítógép szerepét mutatja be az interdiszciplináris szemléletmód kialakításában. E téma igencsak szerteágazó, ezért elsősorban arra fókuszáltam, hogyan lehet összetett, elemző feladatok során a számításokat Microsoft Excel program segítségével leegyszerűsíteni.

A negyedik fejezetben összefoglaltam doktori kutatásomnak és tanári munkámnak azokat az eredményeit és elemeit, amik a tehetséggondozás különböző szinterein hasznosíthatók: komplex természettudományos szakkör, ismeretterjesztő programsorozat, versenyfelkészítés.

Dolgozatom ötödik fejezetében azt mutattam be, hogyan végezhető el sikeresen és eredményesen magasabb (11-12.) évfolyamú diákok természettudományos tanulmányainak lezárása. Egyik lehetőségként természettudományos projektmunkák készítését írtam le, az előkészítés, a

feldolgozandó témák, a szervezés szempontjainak bemutatásával. Ezen felül egy 12. évfolyamon bevezethető szintetizáló természettudományos tárgy ötletét írtam le. Bemutattam célkitűzéseit, szervezési lehetőségeit, javasolt tematikáját, a felmerülő lehetséges kérdéseket, problémákat, ellenvetéseket és az azokra adható válaszokat, megoldási javaslatokat.

Doktori dolgozatom hatodik fejezete diákokkal elvégezhető „mini-kutatások” megvalósításának lehetőségeit tartalmazza. A dolgozat tartalmazza a diákok számára kiadható, sokszorosítható feladatlapot és annak megoldási útmutatóját, amely a feladatlap tanári változata. Továbbá készítettem módszertani megfontolásokat, ajánlásokat, konkrét eszközlíst az elvégzendő kísérletekhez és szerepelnek tanácsok az előkészítéshez illetve a kutatás elvégzéséhez.

Szaktudományi kutatásaimat a jövőben is folytatni szeretném. Tanári munkám során folyamatosan szerzek újabb tapasztalatokat a fizika és a kémia tantárgyak kapcsolódási pontjairól, amelyeket további publikációkban szándékozom az érdeklődők, elsősorban gyakorló tanárok számára bemutatni és segítségképp rendelkezésre bocsátani.

Világunk folyamatos alakulása, a középiskolai diákok előképzettségének, érdeklődésének, képességeinek állandó változása, valamint a közoktatási tantervek rendszeres megújulása nemcsak indokolják, de kifejezetten szükségessé teszik ilyen jellegű kutatómunka folytatását.

## Summary

During my Ph.D. work, I studied the possibility of an interdisciplinary teaching approach of natural science classes in high schools, in particular the physics and chemistry classes. I also developed a new method to process the various topics in these classes. As a practicing physics-chemist teacher, I have an excellent opportunity to study the overlap and linking of the syllabuses of these two subjects. I think, in today's world and in the current state of the Hungarian public school system it is very important to support our students to gain knowledge in natural science education, and to help them to develop a technical-science based approach and cogitation skills.

My goal was to contribute to the effectiveness of the domestic education in natural science and to help my colleges with detailed descriptions of my methods, with detailed worksheets, with descriptions of extracurricular activities and projects. In my Ph.D. dissertation and publications, I introduced the methods and practical exercises in depth, so they could be directly utilized to help my colleges.

I kept my focus during this work to introduce my research results such a way that it may be applicable and useful in a wide area. In my work, there are different methods for students with various age, background, and interest, as well as for my colleges to implement them at a diverse level such as during a class, an extracurricular activity, or a competition preparation.

In chapter 1, I identified the linking points in the syllabus of the high school level physics and chemistry subjects. Based on my experience, students gain a better understanding and learn the individual knowledge easier, when their attention is drawn to these linking points.

In chapter 2, I present some methods to introduce the process skills of science and scientific thinking for students at various levels by using simple and complex experiments and analyzing train of thoughts.

Chapter 3 discusses the role of a computer in the development of interdisciplinary science approach. This topic is very widespread, so I focused on how to use Microsoft Excel to simplify complicated calculations used during analytic exercises.

In chapter 4, I summarize the results of my PhD research and my teaching experiences that can be used at various areas of talent development such as complex extracurricular natural science activities, outreach program series, and competition preparations.

In chapter 5, I discuss how to successfully finish up the natural science education of higher grade students (11-12). Project works provide a great possibility; I describe the themes and show how to prepare and organize them. In addition, I introduce a synthetic science class for 12<sup>th</sup> graders. I introduce its goals, organization, suggested syllabus, possible questions, issues, and objections, and I give the answers to resolve them.

Chapter 6 of my dissertation discusses the execution of a “mini-research” project with students. My dissertation includes the worksheets along with the answer sheets that are the instructor version of the worksheet. In addition, I prepared methodology guidelines, a list of recommendations, a catalog of the necessary items of the experiments, and suggestions for the preparation and process of the research.

I would like to continue my technical methodology research in the future. As a practicing teacher, the continuous experiences lead me to the more detailed list of the overlap of physics and chemistry subjects that I am planning to publish and present for practicing teachers to help their work.

In our changing world where the background, the interest, and the talents of high school students are ever-changing along with the frequent renewal of the public-school curriculum, this kind of research is not only justified but also necessary.

## Irodalomjegyzék

- [1.] A kerettantervek kiadásának és jóváhagyásának rendjéről szóló 51/2012. (XII. 21.) számú EMMI rendelet 4. melléklete: Kerettanterv a gimnáziumok 7–12. évfolyama számára (<http://kerettanterv.ofi.hu/> Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [2.] SZAKMÁNY CS.: A kémiatanár méltósága és felelőssége a diákok anyagszerkezeti ismereteinek kialakításában; *Középiszkolai Kémiai Lapok* 2018/1., 57-71. oldal
- [3.] HORTOBÁGYI I. et al.: *Matematikai, fizikai, kémiai összefüggések; Négyjegyű függvénytáblázatok*, Oktatókutató és Fejlesztő Intézet (Nemzedékek Tudása Tankönyvkiadó Zrt.), 2007.
- [4.] SIPOSNÉ et al.: *Kémia 9., Általános és szervetlen kémia* Mozaik Kiadó, Szeged, 2017., 69. oldal
- [5.] TÉL T.: Milyen tudomány a fizika? *Természet Világa*, 143, 2012/12., CLXXVII-CLXXXI
- [6.] TASNÁDI PÉTERNÉ – JUHÁSZ ANDRÁS: *Fizikai alapterületek*. Öveges József Tanáregylet, 2003.
- [7.] Niels Bohr barométeres legendája (<http://www.urbanlegends.hu/2012/03/niels-bohr-barometer-legenda/> Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [8.] <https://physlets.org/tracker/> (Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [9.] JUHÁSZ ANDRÁS – JENEI PÉTER (szerk.): *A fizika tanítása a középiskolában I.* ELTE, 2015., 682-687. oldal  
([http://ttomc.elte.hu/sites/default/files/kiadvany/fizika\\_tanitasa\\_a\\_kozepiskolaban.pdf](http://ttomc.elte.hu/sites/default/files/kiadvany/fizika_tanitasa_a_kozepiskolaban.pdf) Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [10.] <http://www.labcamera.com/> (Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [11.] JUHÁSZ ANDRÁS – JENEI PÉTER (szerk.): *A fizika tanítása a középiskolában I.* ELTE, 2015., 688-698. oldal  
([http://ttomc.elte.hu/sites/default/files/kiadvany/fizika\\_tanitasa\\_a\\_kozepiskolaban.pdf](http://ttomc.elte.hu/sites/default/files/kiadvany/fizika_tanitasa_a_kozepiskolaban.pdf) Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [12.] RADNÓTI K.: Az Excel program használatának néhány lehetősége a fizika oktatása során (<http://members.iif.hu/rad8012/fiz-programok/excel-hasznalat2.pptx> Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [13.] <http://www.physicsthisweek.com/microsoft-excel-in-physics/> (Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [14.] <http://mmsphyschem.com/excelPhys1.htm> (Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [15.] <http://www.excelunusual.com/category/excel-physics/> (Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [16.] SZAKMÁNY CS.: Microsoft Excel program használata a természettudományok tanításában; *Fizikai Szemle* 2018/3., 95-100. oldal
- [17.] ILLY J.–RAJKOVITS ZS.: Utilization of scientific literacy in the physics teaching process II. Chemistry in physics classes. *Physics Competitions*, 10./2. 39-50. (2008)
- [18.] RAJKOVITS ZS., –ILLY J.: Utilization of scientific literacy in the physics teaching process I., *Physics Competitions*, 10./2. 30-38. (2008)
- [19.] RÓZSAHEGYI MÁRTA – WAJAND JUDIT: *Kémia itt, kémia ott, kémia mindenhol!* Nemzeti Tankönyvkiadó és ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 1995.
- [20.] RAJKOVITS ZSUZSANNA: *Gyűjtemény a fizika interdiszciplináris szemléletű tanításához* Budapest, 2015. ([http://ttomc.elte.hu/sites/default/files/kiadvany/rzs\\_ffiszt\\_2.pdf](http://ttomc.elte.hu/sites/default/files/kiadvany/rzs_ffiszt_2.pdf) Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)

- [21.] STEINMANN HENRIK: *Építőművészek az állatvilágban*. Natura Kiadó, Budapest, 1978.
- [22.] GREGUSS FERENC: *Eleven találmányok*. Móra Ferenc Könyvkiadó, Budapest, 1976.
- [23.] LUKÁCS E. et al.: *Tarkabarka fizika*. Móra Ferenc Könyvkiadó, Budapest, 1972.
- [24.] KOVÁCS L. et al.: *Száz kémiai mítosz*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2011.
- [25.] O'HARE, MICK: *How to Fossilize Your Hamster*. Holt Paperbacks, New York, 2008.
- [26.] O'HARE, MICK: *Do Polar Bears Get Lonely?* New Scientist, Profile Books, London, 2008.
- [27.] *Why Don't Penguins' Feet Freeze?* New Scientist, Free Press, New York, 2006.
- [28.] BAKER, JOANNE: *FIZIKA 50 fogalom, amit ismerni kell*. Ventus Libro Kiadó, 2011.
- [29.] SZAKMÁNY CSABA: *Határfelületi jelenségek a fizika és kémia középiskolai tanításában*. Szakdolgozat (Témavezető: Dr. Rajkovits Zsuzsanna). ELTE TTK Anyagfizikai Tanszék, 2010.
- [30.] DAMJANOVICH S. et al. (szerk.): *Orvosi biofizika*. Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest, 2007.
- [31.] HORVÁTH G. et al.: *Mindennapok fizikája*. ELTE TTK, Budapest, 1989.
- [32.] VARGA MARGIT: *Bioszervetlen kémia*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2006.
- [33.] SZAKMÁNY CS.: Lumineszcencia a középiskolában. In: TASNÁDI P. (szerk.): *Természettudomány tanítása korszerűen és vonzóan*. ELTE TTK, Budapest, 2011. 289-294. oldal
- [34.] SZAKMÁNY CS.: Luminescence in Nature and in the Education; *Physics Competitions* Vol. 15 No 1 & 2 2013.  
[http://wettbewerb.ipn.uni-kiel.de/ipho/wfphc/data/journal/PhysicsCompetitions\\_Vol\\_15\\_No\\_1u2\\_2013\\_09.pdf](http://wettbewerb.ipn.uni-kiel.de/ipho/wfphc/data/journal/PhysicsCompetitions_Vol_15_No_1u2_2013_09.pdf)  
 (Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [35.] NERY A.L.P. et al.: Fluorescence and Chemiluminescence: Teaching Basic Principles by Simple Demonstration Experiments, *Chemical Education Journal*, Vol. 13, No. 2.
- [36.] TOKUMARU K. – COYLE J. D.: A Collection of Experiments for Teaching Photochemistry, *Pure and Applied Chemistry*, Vol. 64, No. 9, pp. 1343-1382 (1992).
- [37.] HADDOCK, S.H.D.; MCDUGALL, C.M.; CASE, J.F.: The Bioluminescence Web Page, University of California, Santa Barbara (<http://www.lifesci.ucsb.edu/~biolum/> Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [38.] SZILÁGYI T.: Fénypontok az éjszakában, *Élet és Tudomány*, 1997. október 24.
- [39.] ATKINS P. W.: *Fizikai Kémia*, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1998. 509-511. oldal
- [40.] HELMENSTINE A.: *Luminol Chemiluminescence Test for Blood*  
<http://chemistry.about.com/od/glowinthedarkprojects/a/luminolblood.htm> Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [41.] TIMMINS GS et al.: The Evolution of Bioluminescent Oxygen Consumption as an Ancient Oxygen Detoxification Mechanism, *Journal of Molecular Evolution*, 52:321–332 (2001).
- [42.] [https://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/2008/](https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2008/) (Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [43.] RAJKOVITS ZSUZSANNA: *Gyűjtemény a fizika interdiszciplináris szemléletű tanításához* Budapest, 2015. ([http://ttomc.elte.hu/sites/default/files/kiadvany/rzs\\_ffiszt\\_2.pdf](http://ttomc.elte.hu/sites/default/files/kiadvany/rzs_ffiszt_2.pdf) Utolsó megtekintés: 2018. június 23.), 91-95. oldal.

- [44.] RAJKOVITS ZSUZSANNA: *Gyűjtemény a fizika interdiszciplináris szemléletű tanításához* Budapest, 2015. ([http://ttomc.elte.hu/sites/default/files/kiadvany/rzs\\_ffiszt\\_2.pdf](http://ttomc.elte.hu/sites/default/files/kiadvany/rzs_ffiszt_2.pdf) Utolsó megtekintés: 2018. június 23.), 95-100. oldal
- [45.] RAJKOVITS ZSUZSANNA: *Gyűjtemény a fizika interdiszciplináris szemléletű tanításához* Budapest, 2015. ([http://ttomc.elte.hu/sites/default/files/kiadvany/rzs\\_ffiszt\\_2.pdf](http://ttomc.elte.hu/sites/default/files/kiadvany/rzs_ffiszt_2.pdf) Utolsó megtekintés: 2018. június 23.), 108-110. oldal
- [46.] SZAKMÁNY Cs.: Kolloidok körülöttünk – Ötletek a kolloidok tanításához. In: TASNÁDI P. (szerk.): *Természettudomány tanítása korszerűen és vonzóan*. ELTE TTK, Budapest, 2011. 546-550. oldal
- [47.] GILÁNYI TIBOR: *Kolloidkémia – Nanorendszerek és határfelületek (egyetemi jegyzet)*. Budapest, 2005., 1-8. oldal  
([http://www.chem.elte.hu/departments/kolloid/KolloidJegyzet\\_Ver1.0.pdf](http://www.chem.elte.hu/departments/kolloid/KolloidJegyzet_Ver1.0.pdf) Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [48.] GILÁNYI TIBOR: *Kolloidkémia – Nanorendszerek és határfelületek (egyetemi jegyzet)*. Budapest, 2005., 59-77. oldal  
([http://www.chem.elte.hu/departments/kolloid/KolloidJegyzet\\_Ver1.0.pdf](http://www.chem.elte.hu/departments/kolloid/KolloidJegyzet_Ver1.0.pdf) Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [49.] SZAKMÁNY CSABA: *Határfelületi jelenségek a fizika és kémia középiskolai tanításában*. Szakdolgozat (Témavezető: Dr. Rajkovits Zsuzsanna). ELTE TTK Anyagfizikai Tanszék, 2010., 97-113. oldal
- [50.] STEINMANN HENRIK: *Építőművészek az állatvilágban*. Natura Kiadó, Budapest, 1978., 7-9., 22., 109-111., 117-119. oldal
- [51.] SZAKMÁNY Cs. – RÁKÓCZI M.: „Premistry” természettudományos népszerűsítő sorozat Első rész; *Magyar Kémikusok Lapja* 2018/4., 128-131. oldal
- [52.] JUHÁSZ ANDRÁS (szerk.): *Fizikai kísérletek gyűjteménye 1*. Arkhimédész Bt., Budapest, 2001.
- [53.] JUHÁSZ ANDRÁS (szerk.): *Fizikai kísérletek gyűjteménye 2*. Arkhimédész Bt. – Typotex Kiadó, Budapest, 1995.
- [54.] RÓZSAHEGYI MÁRTA – WAJAND JUDIT: *575 kísérlet a kémia tanításához*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1991.
- [55.] RÓZSAHEGYI MÁRTA – WAJAND JUDIT: *Látványos kémiai kísérletek*. Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged, 1999.
- [56.] <https://www.thoughtco.com/chemistry-projects-4133589> (Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [57.] <http://szertar.com/> (Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [58.] SZAKMÁNY CSABA: *Határfelületi jelenségek a fizika és kémia középiskolai tanításában*. Szakdolgozat (Témavezető: Dr. Rajkovits Zsuzsanna). ELTE TTK Anyagfizikai Tanszék, 2010.
- [59.] ÖVEGES JÓZSEF: *Kísérletezzünk és gondolkozzunk! I*. Móra Könyvkiadó, 2006. (Felújított és átdolgozott kiadás.)
- [60.] ÖVEGES JÓZSEF: *Kísérletezzünk és gondolkozzunk! II*. Móra Könyvkiadó, 2008. (Felújított és átdolgozott kiadás.)
- [61.] SZAKMÁNY Cs. – RÁKÓCZI M.: „Premistry” természettudományos népszerűsítő sorozat Második rész; *Magyar Kémikusok Lapja* 2018/5., 166-171. oldal
- [62.] Természettudományos kerettantervek a közoktatás 7-12. évfolyamára. ELTE, 2010. ([http://ttomc.elte.hu/sites/default/files/kiadvany/tanterv0409nyomtatvaintegr\\_oraszamszl.pdf](http://ttomc.elte.hu/sites/default/files/kiadvany/tanterv0409nyomtatvaintegr_oraszamszl.pdf) Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)



- [63.] A kerettantervek kiadásának és jóváhagyásának rendjéről szóló 51/2012. (XII. 21.) számú EMMI rendelet 9. melléklete: Kerettanterv a szakgimnáziumok 9-12. évfolyama számára (<http://kerettanterv.ofi.hu/> Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [64.] 110/2012. (VI. 4.) Korm. rendelet „A Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról”. *Magyar Közlöny*, 2012/66. 10635-10847. oldal
- [65.] A kerettantervek kiadásának és jóváhagyásának rendjéről szóló 51/2012. (XII. 21.) számú EMMI rendelet 4. melléklete: Kerettanterv a gimnáziumok 7–12. évfolyama számára (<http://kerettanterv.ofi.hu/> Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [66.] OGUZ-UNVER A. – ARABACIOGLU S. (2014): A comparison of inquiry-based learning (IBL), problem-based learning (PBL) and project-based learning (PJBL) in science education. *Acad. J. Educ. Res.* 2(7): 120-128.
- [67.] ROCARD, M. et al: Természettudományos nevelés ma: megújult pedagógia Európa jövőjéért – Vezetői összefoglaló. Magyar fordítás: *Iskolakultúra* 2012/10. 13-30. oldal
- [68.] PRINCE M. J. – FELDER, R. M.: Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases. *Journal of Engineering Education*, 2006/95(2): 123-138.
- [69.] *Utak és lehetőségek tehetségmentorok számára – Hallgatói segédlet*. Új Nemzedék Központ, 2017. 115-132. oldal
- [70.] <http://ofi.hu/problemaalapu-tanulas> (Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [71.] MOLNÁR GY.: A probléma-alapú tanítás. *Iskolakultúra*, 2005/10, 31-43. oldal
- [72.] Sepulveda, J. (2017): Introduction: Project-based Learning. University of Oregon <https://learn.canvas.net/courses/1123/pages/introduction-project-based-learning> (Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [73.] NAGY L-NÉ: A kutatásalapú tanulás/tanítás ('inquiry-based learning/teaching', IBL) és a természettudományok tanítása. *Iskolakultúra* 2012/10, 31-51. oldal
- [74.] KESSLER, J. H. – GALVAN, P. M.: *Inquiry in Action: Investigating Matter Through Inquiry*, 3rd ed. American Chemical Society, 2007.
- [75.] RÁKÓCZI MELINDA: *A természettudományos vizsgálati módszerek elvén alapuló feladatok a kémiaoktatásban*. Szakdolgozat (Témavezető: dr. Szalay Luca). ELTE TTK, Kémiai Intézet, Budapest, 2010.
- [76.] RÁKÓCZI M. – SZALAY L.: A természettudományos vizsgálati módszerek elvén alapuló feladatok a kémiaoktatásban. In: BÁNKÚTI ZS. – CSORBA F. L. (szerk.): *Átmenet a tantárgyak között. A természettudományos oktatás megújításának lehetőségei*. OFI, Budapest, 2011.
- [77.] EXLINE, J. (2004): *Inquiry-based Learning: Explanation. Concept to Classroom. Workshop: Inquiry-based Learning*. (<http://www.thirteen.org/edonline/concept2class/inquiry/index.html> Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [78.] HAURY, D. L. (1993): *Teaching Science through Inquiry*. ERIC Clearinghouse for Science Mathematics and Environmental Education, Columbus, OH. (<http://www.ericdigest.org/1993/inquiry.htm> Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [79.] SPRONKEN-SMITH, R. (2008): *Experiencing the Process of Knowledge Creation: The Nature and Use of Inquiry-Based Learning in Higher Education*. (<https://www.semanticscholar.org/paper/Experiencing-the-Process-of-Knowledge-Creation%3A-The-Spronken-Smith/3fee07e7280a7404e5dd99b88965be3e60b42e93?tab=abstract> Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)

- [80.] KIRSCHNER, P. A., SWELLER, J. AND CLARK, R. E.: Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experimental, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2) 75–86. (2006) ([http://www.cogtech.usc.edu/publications/kirschner\\_Sweller\\_Clark.pdf](http://www.cogtech.usc.edu/publications/kirschner_Sweller_Clark.pdf) Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [81.] <http://mta.hu/tantargy-pedagogiai-kutatasi-program/mta-elte-kutatasalapu-kemiatanitas-kutatocsoport-107088> (Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
- [82.] SZALAY L. – TÓTH Z.: Kutatásalapú tanulást, de hogyan? In: KÁROLY K. – HOMONNAY Z. (szerk.): *Diszciplínák tanítása – A tanítás diszciplínái 4.: A tanulás és a tanítás értékelése*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2017. 70-84. oldal
- [83.] SZALAY L.: A kutatásalapú tanulás esete a magyar valósággal. *Magyar Kémikusok Lapja*, 2016/11., 338-341. oldal
- [84.] SZALAY L. – TÓTH Z.: Hagyományos tanulókísérletek kutatásalapú átalakítása – egy pedagógiai kísérlet hatásvizsgálata. *Magyar Kémikusok Lapja*, 2016/12., 366-372. oldal
- [85.] SZALAY L.: Mire jó a tanulói kísérlettervezés? In: KÁROLY K. – PERJÉS I. (szerk.): *Diszciplínák tanítása – A tanítás diszciplínái 2.: Jó gyakorlatok a tanárképzés tudós műhelyeiből*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2015. 197-208. oldal
- [86.] SZALAY L. – TÓTH Z.: Hagyományos tanulókísérletek kutatásalapú átalakítása – egy pedagógiai kísérlet hatásvizsgálata. *Magyar Kémikusok Lapja*, 2016/12., 366-372. oldal

## Publikációs lista

1. **Szakmány Csaba:** Microsoft Excel program használata a természettudományok tanításában; *Fizikai Szemle* 2018/3., 95-100. oldal
2. **Szakmány Csaba** – Rákóczi Melinda: „Premistry” természettudományos népszerűsítő sorozat Első rész; *Magyar Kémikusok Lapja* 2018/4., 128-131. oldal
3. **Szakmány Csaba** – Rákóczi Melinda: „Premistry” természettudományos népszerűsítő sorozat Második rész; *Magyar Kémikusok Lapja* 2018/5., 166-171. oldal
4. **Szakmány Csaba:** A kémiatanár méltósága és felelőssége a diákok anyagszerkezeti ismereteinek kialakításában; *Középiskolai Kémiai Lapok* 2018/1., 57-71. oldal
5. **Csaba Szakmány:** Luminescence in Nature and in the Education; *Physics Competitions* Vol. 15 No 1 & 2 2013.  
([http://wettbewerb.ipn.uni-kiel.de/ipho/wfphc/data/journal/PhysicsCompetitions\\_Vol\\_15\\_No\\_1u2\\_2013\\_09.pdf](http://wettbewerb.ipn.uni-kiel.de/ipho/wfphc/data/journal/PhysicsCompetitions_Vol_15_No_1u2_2013_09.pdf))  
(Utolsó megtekintés: 2018. június 23.)
6. **Szakmány Csaba:** Lumineszcencia a középiskolában. In: TASNÁDI P. (szerk.): *Természettudomány tanítása korszerűen és vonzóan*. ELTE TTK, Budapest, 2011., 289-294. oldal
7. **Szakmány Csaba:** Kolloidok körülöttünk – Ötletek a kolloidok tanításához. In: TASNÁDI P. (szerk.): *Természettudomány tanítása korszerűen és vonzóan*. ELTE TTK, Budapest, 2011., 546-550. oldal
8. **Szakmány Csaba:** Demonstrációs kísérlet bemutatása nitrogén-trijodiddal; *A Kémia Tanítása* 2009/5., 17-20. oldal

## Köszönetnyilvánítás

Ezúton fejezem ki köszönetemet elsősorban témavezetőmnek, Dr. Rajkovits Zsuzsannának, akinek óráin már egyetemi éveim alatt találkozhattam az interdiszciplináris szemlélettel és megismerhettem annak hasznosságát és izgalmasságát. Doktori kutatómunkám közben folyamatosan segítségemre volt útmutatásával, hasznos tanácsaival, jogos kritikáival. Élettapasztalatának köszönhetően a konzultációk és közös munkák során számos dolgot megtanulhattam tőle.

Köszönettel tartozom Dr. Tél Tamásnak és Dr. Juhász Andrásnak, hogy a Fizika Tanítása Doktori Programot létrehozták és működtetik, így lehetővé teszik, hogy fizikatanárok szakmájukhoz szorosan kapcsolódó kutatásokat végezzenek, melynek eredményei a többi fizikatanár számára közvetlenül hasznosíthatók.

Köszönöm feleségemnek és egyben kolléganőmnek, Rákóczi Melindának a sok izgalmas és tartalmas, előrevivő szakmai beszélgetést és a sok közös munkát. Köszönöm neki azt, hogy feleségként is megteremtette számomra a nyugalmas munkavégzés körülményeit. Köszönöm neki és gyermekeimnek a türelmet, hogy elviselték távolléteimet a doktori munka végzése alatt.

Köszönöm kollégáimnak, hogy ötleteikkel, javaslataikkal, konzultációikkal hozzájárultak doktori szakmódszertani kutatásaim sikeréhez.

Végül, de nem utolsó sorban köszönöm tanítványaimnak és versenyzőimnek, hogy a velük közös munkákban való részvételükkel hozzájárultak szakmódszertani kutatásaim eredményességéhez, új módszerek kidolgozásához és azok kipróbálásához.

# MELLÉKLET

**KÁROLY IRENEUSZ FIZIKAVERSENY  
2011.**

## **Fizikai mérőkísérletek webkamera és a WebCam Laboratory program segítségével**



**PREMONTREI SZENT NORBERT GIMNÁZIUM,  
EGYHÁZZENEI SZAKKÖZÉPISKOLA ÉS DIÁKOTTHON**



**Gödöllő, 2011.**

## I. BEVEZETÉS

Feladatunk olyan mérőkísérletek elvégzése volt, melyek során az adatgyűjtést (és ezek kiértékelését) egy webkamerával illetve a WebCam Laboratory szofverrel végeztük.

A program funkciói közül a „Kinematika”, a „Mikroszkóp” lehetőségeket alkalmaztuk.

Az alábbi mérőkísérleteket végeztük el:

1. Folyadék belső súrlódásának meghatározása golyók ejtésével;
2. Pattogó labda mozgásának vizsgálata;
3. Vízben úszó, lenyomott kémcső mozgásának vizsgálata;
4. Combizom által kifejtett erő mérése;
5. Körhinta mozgásának vizsgálata fénykép alapján.

A mérésben, az adatok kiértékelésében és a dolgozat megírásában részt vevő diákok: **Annus Péter, Baran Zsolt, Dzsacsovski Helka, Germus Krisztina, Gódor Dóra, Horváth Tamás, Kerekes Máté, Kiss Gergely, Lebek Bence, Pesthy Sándor, Tóth Boglárka.**

Felkészítő tanár: Szakmány Csaba

## II. MÉRÉSEK A WEBCAM LABORATORY PROGRAMMAL

### 1. Folyadék belső súrlódásának meghatározása

#### 1.1. Elméleti háttér, a mérés lényege

A folyadékok belső súrlódása (más néven viszkozitása) a különböző sebességgel áramló folyadékrétegek közti súrlódási erő következménye. A jelenség minden folyadék esetén fellép, legfeljebb nagyon kis mértékben.

A folyadék belső súrlódása miatt a benne mozgó tárgyra is erővel hat. Ha a test körül réteges áramlás alakul ki, a testre ható fékezőerő a test sebességével arányos, azzal ellentétes irányú. Ha a mozgó test gömb alakú, a rá ható erő a Stokes-törvény segítségével adható meg:

$$F = -6\pi\eta r v,$$

ahol  $F$  a testre ható erő,  $\eta$  a folyadék viszkozitása,  $r$  a gömb sugara,  $v$  a test folyadékhoz viszonyított sebessége.

Ha a golyót folyadékba engedjük, a fenti erőn kívül még a nehézségi erő és a felhajtóerő is hat rá. A golyó az egymással ellentétes irányú nehézségi erő és felhajtóerő eredőjének irányába gyorsul. Ha a golyó sűrűsége nagyobb a folyadék sűrűségénél, akkor a golyó lefelé kezd esni, és egészen addig gyorsul, amíg a sebességével arányosan növekvő, de azzal ellentétes irányú közegellenállási erő nagysága el nem éri ennek az eredő erőnek a nagyságát. Ebben a pillanatban (és innentől kezdve a mozgás végéig) a golyóra ható erők eredője nullává válik:

$$mg - F_{fel} - 6\pi\eta r v = 0.$$

A golyó ezután már nem gyorsul, állandó sebességgel mozog lefelé. Ez a folyadékban viszonylag rövid átmeneti szakasz után megtörténik.

A golyóra ható felhajtóerő nagysága:  $F_{fel} = V \cdot \rho_{folyadék} \cdot g$

A golyó térfogata:  $V_{golyó} = \frac{4\pi}{3} r^3$

A golyó tömege:  $m_{golyó} = \rho_{golyó} \cdot V_{golyó}$

Ezek segítségével a fenti egyenlet átírható: 
$$\frac{4\pi(\rho_{\text{golyó}} - \rho_{\text{folyadék}})r^3 g}{3} - 6\pi\eta r v = 0$$

Ebből a viszkozitási együttható kifejezhető: 
$$\eta = \frac{2}{9} \frac{(\rho_{\text{golyó}} - \rho_{\text{folyadék}})r^2 g}{v}.$$

*Egy folyadék viszkozitási együtthatójának méréséhez tehát egy ismert sűrűségű folyadékban le kellett ejtenünk egy ismert sugarú és sűrűségű golyót, és mérnünk kellett a golyó állandó sebességét.*

Olyan kísérleti összeállítást választottunk, mely biztosítja, hogy a Stokes-törvény szerinti közegellenállási erő lépjen fel: nagy viszkozitású folyadékot (glicerint) nagy átmérőjű, magas üveghengerbe töltöttünk és kis átmérőjű üveggolyókat ejtettünk benne. (**1. ábra.**)



**1. ábra:** Mérési összeállítás a glicerint viszkozitásának meghatározásához

A mérés elvégzése során kiderült, milyen apró részletekre kellett figyelni, hogy a legpontosabb mérési eredményeket kapjuk:

- a golyóknak zsírmentesnek kellett lenniük, ezért előbb alkoholban megmostuk őket és gumikesztyűben engedték a glicerintbe;

- a henger átmérőjének jóval nagyobbak kell lenni a golyó átmérőjénél, különben nem érvényes a Stokes-törvény, a valóságosnál jóval nagyobb viszkozitást mérnénk (ez jól látható, ha pl. egy nagyon keskeny, vízzel telt hengerbe ejtjük a golyót);

- a golyót nem szabad túl magasról a glicerintbe ejteni, mert a placcsanás rossz eredményeket okozhat;

- több egyforma golyó mozgását vizsgáltuk egymás után, mert egyetlen golyó rendszeres kiszedése a glicerint alól hosszadalmas munka lett volna, és az öntögetés miatt sok légbuborék került volna a folyadékba;



- a kamera és a mérőszoftver érzékenysége miatt megfelelő háttérrel, megvilágítást kellett biztosítanunk és színes üveggolyókat kellett használnunk. A fehér gumikesztyű abban is előnyös volt, hogy a kéz színe nem zavarta meg az objektum felismerését;
- a kamerát úgy állítottuk be, hogy „szemmagassága” kb. a golyó útjának felénél legyen, így a perspektívából eredő pontatlanságok kiegyenlítődnek.

### 1.2. A mérés menete:

1. Összeállítottuk a mérési berendezést: egy nagy (1000 cm<sup>3</sup>-es) üveghengerbe majdnem színültig glicerint öntöttünk, lehetőleg buborékmentesen. A kamerát elhelyeztük megfelelő magasságban és távolságban a hengertől.
2. Megmértük a golyó átmérőjét tolómérővel, tömegét digitális mérleggel. A két adatból a golyó sűrűsége is kiszámolható.
3. Az üveghenger mellé tartott vonalzó segítségével elvégeztük a mérőprogram kalibrációját, hogy a grafikonról a hosszúságot cm egységben tudjuk leolvasni.
4. A tiszta üveggolyót gumikesztyűvel kb. 2-3 cm-re a folyadék fölé tartottuk, majd a mérőprogram indítása után elengedtük. A golyó leérkezése után a mérést befejeztük, az adatokat elmentettük.
5. A glicerín sűrűségének meghatározása érdekében egy üres mérőhengert a mérlegen kinulláztunk, majd 100 cm<sup>3</sup> glicerint öntöttünk bele, és megmértük a tömegét.
6. Megvizsgáltuk a glicerín koncentrációja és viszkozitása közti összefüggést, vagyis további méréseket végeztünk hígított oldatokkal.

### 1.3. Az adatok kiértékelése

A golyó sugarát, tömegét, sűrűségét ill. a glicerín sűrűségét hagyományos módon, hagyományos mérőeszközökkel mértük (határoztuk) meg.

A golyó sugara: 0,78 cm

A golyó térfogata: 2 cm<sup>3</sup>

A golyó tömege: 5,3 g

Ebből a golyó sűrűsége:  $2,65 \frac{g}{cm^3}$

A glicerín mért és számolt adatait az **1. táblázat** tartalmazza.

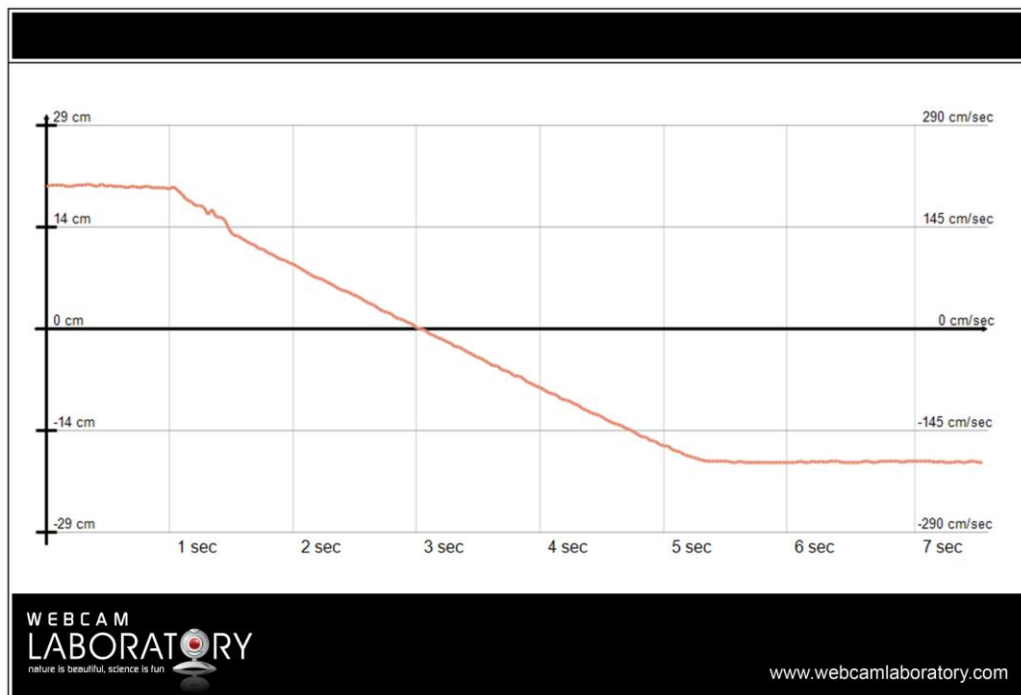
Glicerín összetétele (térfogat%)	Glicerín térfogata (V)	Glicerín tömege (m)	Glicerín sűrűsége $\left(\rho = \frac{m}{V}\right)$
100 %	100 cm <sup>3</sup>	124,5 g	$1,25 \frac{g}{cm^3}$
90 %	100 cm <sup>3</sup>	122,1 g	$1,22 \frac{g}{cm^3}$
80 %	100 cm <sup>3</sup>	119,6 g	$1,20 \frac{g}{cm^3}$
75 %	100 cm <sup>3</sup>	118,4 g	$1,18 \frac{g}{cm^3}$
50 %	100 cm <sup>3</sup>	112,3 g	$1,12 \frac{g}{cm^3}$

**1. táblázat: Különböző összetételű glicerínoldatok sűrűsége**

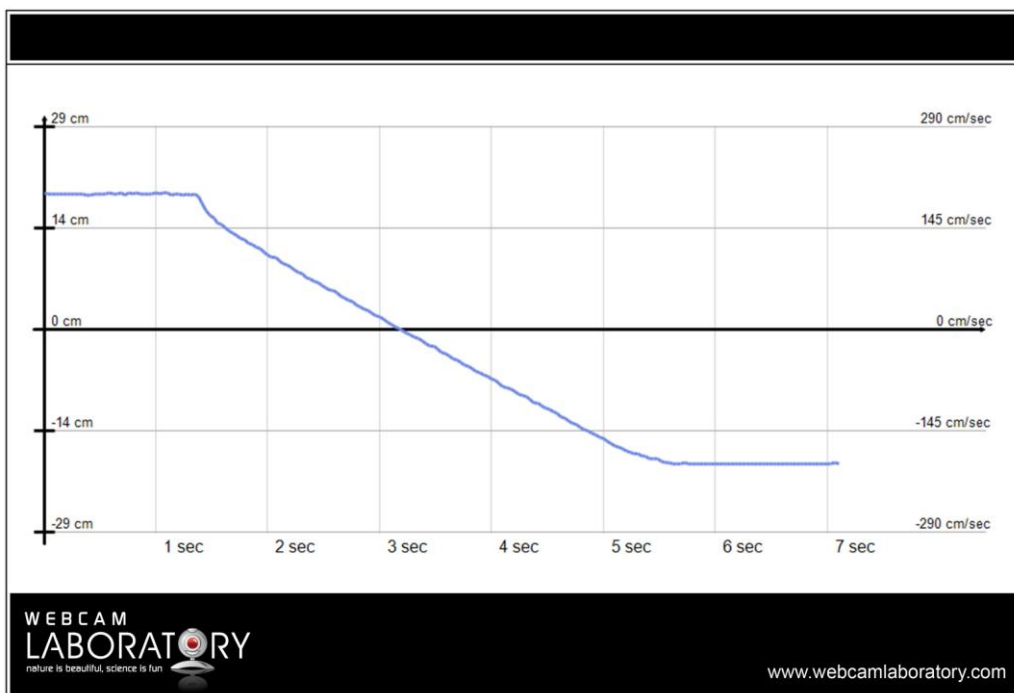
A WebCam Laboratory szoftvert a golyó mozgásának méréséhez, esési sebességének meghatározásához használtuk fel. Ezt az adatot legegyszerűbben a sebesség-idő grafikonról tudtuk volna leolvasni, de itt a skálabeosztás túl nagy léptékű volt a golyó sebességéhez képest. A beosztás sajnos nem állítható. Ezért az út-idő grafikonról az egyenes meredekségét számoltuk ki, ami megegyezik a golyó sebességével.

Az út-idő grafikonokról leolvasható a golyó által megtett út és az ehhez szükséges idő. E két adatot úgy határoztuk meg, hogy a grafikont a WebCam Laboratory program Mikroszkóp funkciójába betöltöttük, ugyanis az eredeti grafikonokon túlságosan nagy léptékű a skálabeosztás. A két mennyiség hányadosa megadja a golyó (állandó) sebességét, amiből a fenti képlet szerint a glicerín viszkozitása kiszámolható. (A képletbe helyettesítés előtt minden adatot átváltottunk SI egységekbe.)

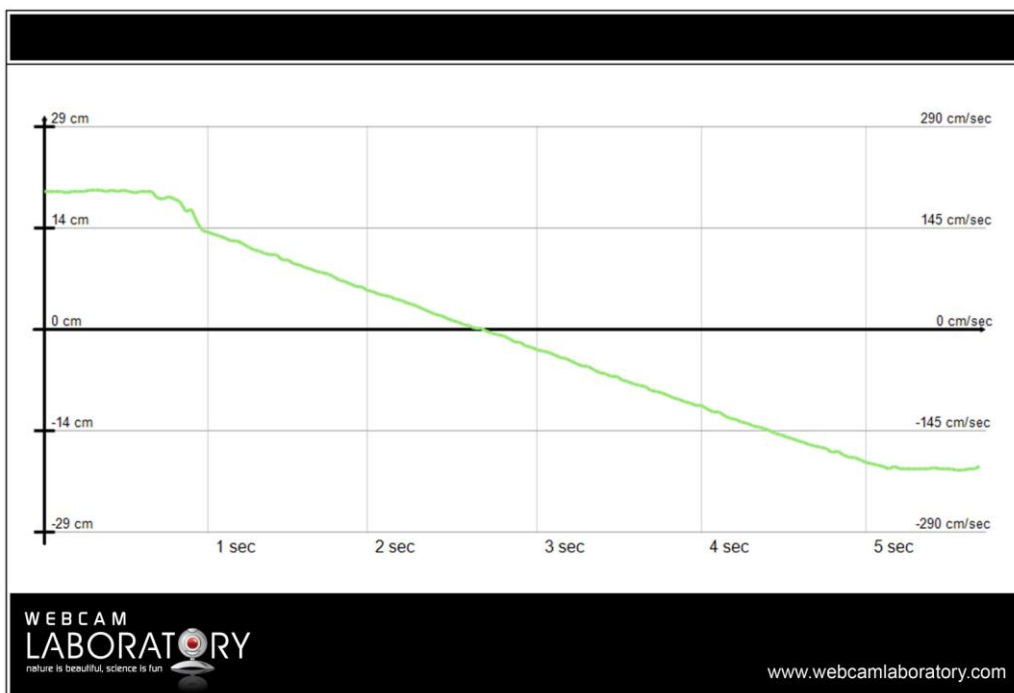
Több mérést végeztünk több egyforma golyóval. A mérések során készült grafikonok a **2-4. ábrán** láthatók. Ezeken megfigyelhető, hogy a függvény egyenes, vagyis a golyó egyenes vonalú egyenletes mozgással, állandó sebességgel esett. (A negatív meredekség oka, hogy a golyó lefelé mozgott, a grafikonon ez így jelenik meg.)



2. ábra: Golyó esésének út-idő grafikonja (100%-os glicerínben)



3. ábra: Golyó esésének út-idő grafikonja (100%-os glicerinben)



4. ábra: Golyó esésének út-idő grafikonja (100%-os glicerinben)

A mért és számolt adatokat a 2. táblázat mutatja (100%-os glicerin esetén).

Grafikon	Megtett út (s)	Eltelt idő (t)	Sebesség $\left(v = \frac{s}{t}\right)$	Viszkozitás ( $\eta$ )
2. ábra	31,3 cm	3,66 s	8,552 $\frac{cm}{s}$	2,179 Pa·s
3. ábra	34,62 cm	4 s	8,655 $\frac{cm}{s}$	2,153 Pa·s
4. ábra	32,52 cm	4,3 s	7,563 $\frac{cm}{s}$	2,464 Pa·s
átlag				2,265 Pa·s

2. táblázat: Golyók 100%-os gliceriben való esésének adatai

A kiszámított viszkozitás-értékek átlaga: 2,27 Pa·s

A glicerín viszkozitása a függvénytábla adatai alapján: 1,47 Pa·s

A mérés során a glicerín szakirodalombeli viszkozitásánál kissé nagyobb értéket mértünk, de nagyságrendileg megegyezik vele. Az eltérés lehetséges okai:

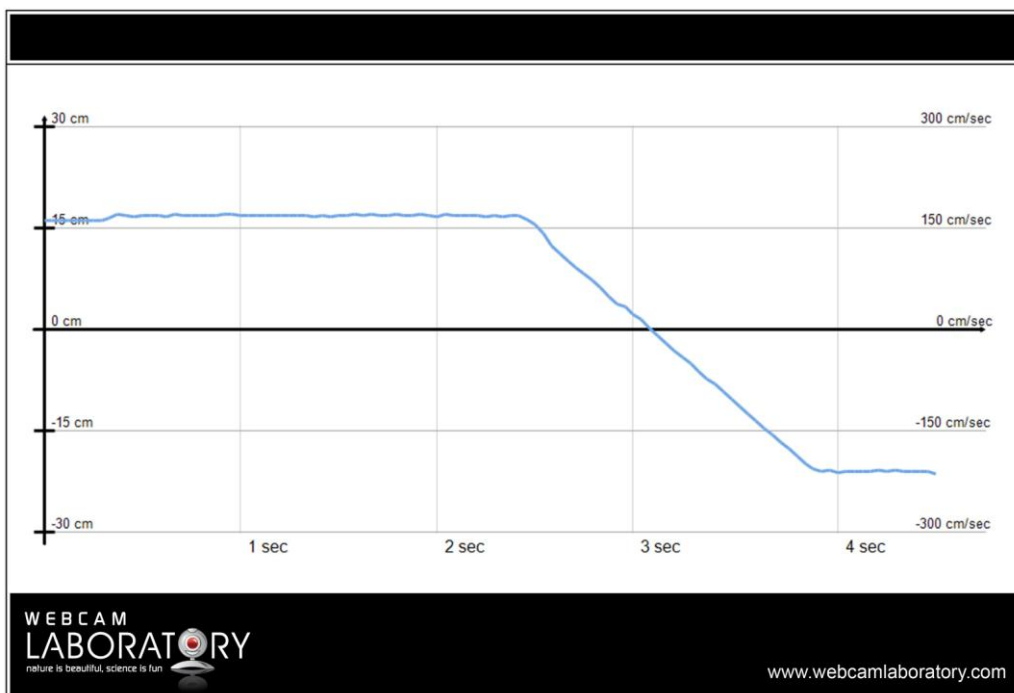
- Ha a golyók mérete túlságosan nagy és a golyó túlságosan gyorsan mozog, akkor a Stokes-törvény már nem használható. Elképzelhető, hogy mérési összeállításunk olyan, hogy ez a helyzet áll elő. A golyó méretét azonban nem tudtuk csökkenteni, mert akkor a program már nem tudja felismerni, a kamera nem tudja követni a mozgását.

- A Mikroszkóp funkcióban a megtett út vagy az eltelt idő meghatározásakor adódhatnak kis pontatlanságok, melyek a végső eredmény kiszámításakor felnagyítódnak és jelentőssé válnak.

- Az út-idő grafikon függőleges tengelyének kalibrációját a mérőhenger falához tett vonalzó segítségével végeztük, a golyó viszont a hengerben (tehát „távolabb”) mozgott. Ez is okozhatott eltérést.

- A kamerát igyekeztünk a mérőhenger közepével egy magasságba állítani, a perspektívából adódó hiba kiküszöbölése miatt, de elképzelhető, hogy ez nem sikerült teljesen.

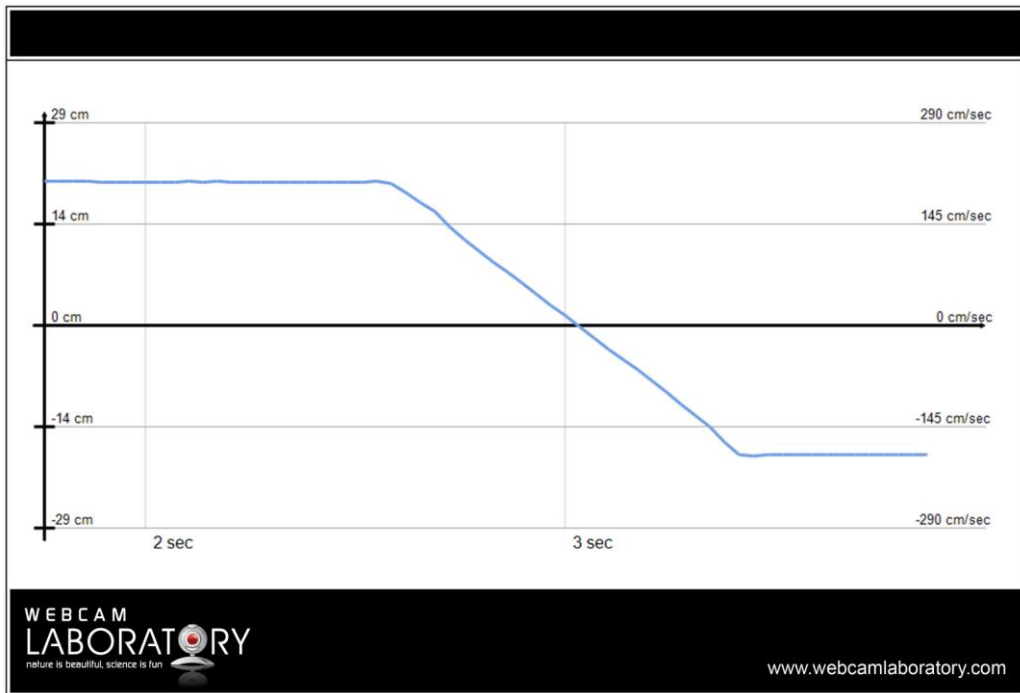
A viszkozitást meghatároztuk hígított glicerínoldatok esetén is, a fenti módszerrel. Minden koncentráció esetén 2-2 mérést végeztünk (kivéve az 50%-osnál). A mérések során készített grafikonok az **5-11. ábrán** láthatók. A hígított glicerinnel végzett mérések mért és számított adatait a **3. táblázat** mutatja.



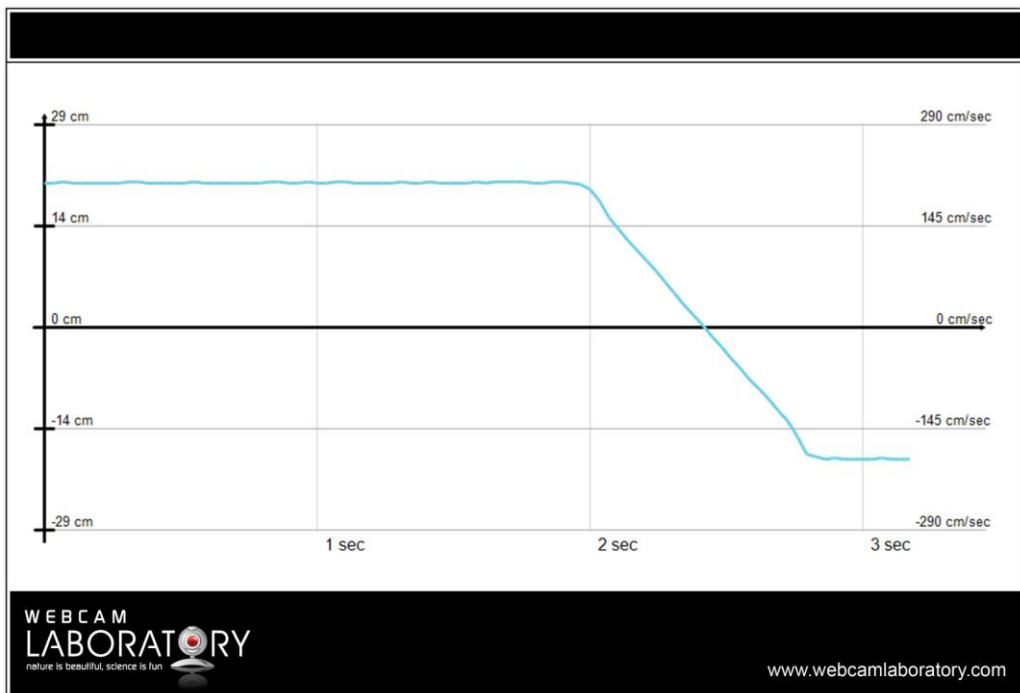
5. ábra: Golyó esésének út-idő grafikonja (90%-os glicerinoldatban)



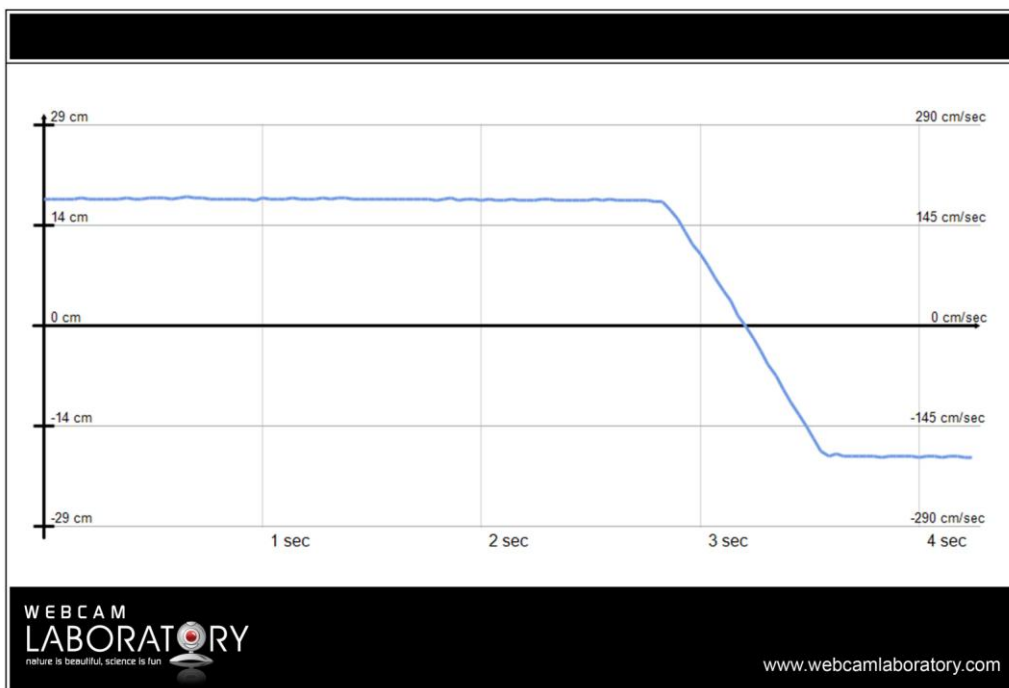
6. ábra: Golyó esésének út-idő grafikonja (90%-os glicerinoldatban)



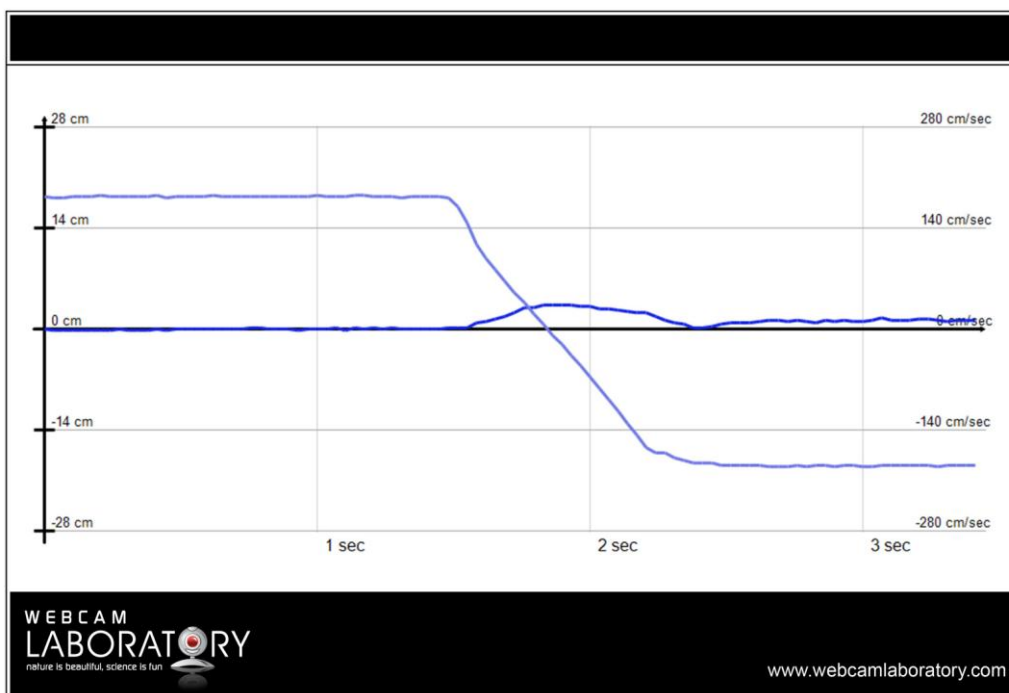
7. ábra: Golyó esésének út-idő grafikonja (80%-os glicerinoldatban)



8. ábra: Golyó esésének út-idő grafikonja (80%-os glicerinoldatban)



9. ábra: Golyó esésének út-idő grafikonja (75%-os glicerinoldatban)



10. ábra: Golyó esésének út-idő (és sebesség-idő) grafikonja (75%-os glicerinoldatban)



11. ábra: Golyó esésének út-idő grafikonja (50%-os glicerinoldatban)

Összetétel (térfogat%)	Grafikon	Megtett út (s)	Eltelt idő (t)	Sebesség $\left(v = \frac{s}{t}\right)$	Viszkozitás ( $\eta$ )
90 %	5. ábra	37,67 cm	1,44 s	$26,16 \frac{cm}{s}$	$0,701 Pa \cdot s$
90 %	6. ábra	37,17 cm	1,43 s	$25,99 \frac{cm}{s}$	$0,714 Pa \cdot s$
90 %	átlag				$0,708 Pa \cdot s$
80 %	7. ábra	34,46 cm	0,73 s	$47,205 \frac{cm}{s}$	$0,393 Pa \cdot s$
80 %	8. ábra	35,53 cm	0,8 s	$44,413 \frac{cm}{s}$	$0,418 Pa \cdot s$
80 %	átlag				$0,406 Pa \cdot s$
75 %	9. ábra	36,2 cm	0,73 s	$49,6 \frac{cm}{s}$	$0,374 Pa \cdot s$
75 %	10. ábra	36,5 cm	0,75 s	$48,67 \frac{cm}{s}$	$0,382 Pa \cdot s$
75 %	átlag				$0,378 Pa \cdot s$
50 %	11. ábra	39,67 cm	0,07 s	$566,714 \frac{cm}{s}$	$0,0328 Pa \cdot s$

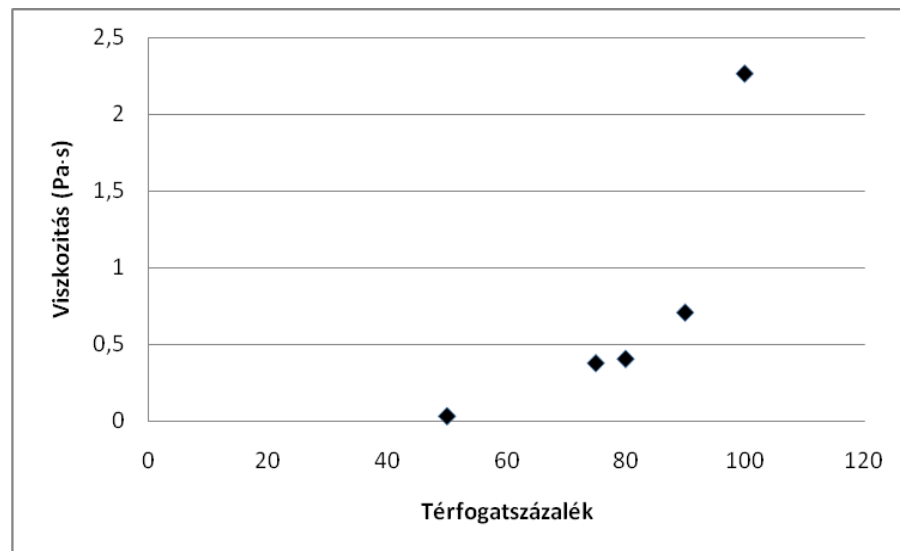
3. táblázat: Golyók különböző összetételű glicerinoldatban való esésének adatai



Az adatokból látható, hogy a glicerín viszkozitása a koncentráció csökkenésével jelentősen csökken. Az 50 térfogat%-os glicerín-víz elegyben igen gyorsan esett le a golyó, az út-idő grafikonon az egyenes meredeksége csak nagyon nehezen határozható meg. A golyót a program és a kamera nagyon nehezen tudta követni, gyakran elvesztette. Ennél kisebb koncentráció esetén ezzel a módszerrel a glicerín viszkozitása nem mérhető.

Az eredmények nagyságrendileg és a tendenciát figyelve egyeznek a „hivatalos” mérési adatokkal. (Ezek forrását ld. lent.)

A glicerín viszkozitásának koncentrációfüggését a **12. ábra** mutatja. Ezen látható, hogy a viszkozitás a koncentráció csökkenésével jelentősen csökken.



**12. ábra:** A glicerín viszkozitásának koncentrációfüggése

A **12. ábrán** látható grafikon felhasználható arra, hogy adott összetételű glicerín-víz elegy viszkozitását leolvassuk; illetve ismeretlen összetételű glicerín-víz elegy viszkozitását mérve a glicerín térfogatszázalékos összetétele meghatározható.

#### 1.4. Felhasznált irodalom

Fizikai Kísérletek Gyűjteménye 1. (Szerk.: Juhász András) Arkhimédész Bt., Budapest, 2001. 201. oldal

Fizika 1. kötet: Klasszikus fizika (Szerk.: Holics László) Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986., 347. oldal

A glicerínoldatok viszkozitására vonatkozó hivatalos mérési adatok: [http://www.kayelaby.npl.co.uk/general\\_physics/2\\_2/2\\_2\\_3.html](http://www.kayelaby.npl.co.uk/general_physics/2_2/2_2_3.html)

Dr. Halász Tibor: Fizika 9. Mozaik Kiadó, Szeged, 2007.; 91-92. oldal

## 2. Pattogó labda mozgásának vizsgálata

### 2.1. A mérés lényege

Ha adott magasságból leejtünk egy gumilabdát, az a földről egyre kisebb magassáig pattan vissza, s ezt sokszor megismétli. A WebCam Laboratory szoftver „Kinematika” funkcióját felhasználva a labda mozgásának vizsgálatával választ adhatunk az alábbi kérdésekre:

- A labda fel-le pattogása első ránézésre hasonlít a rugóra akasztott test mozgásához. Harmonikus rezgőmozgást végez-e a labda?
- Mekkora a pattogások rugalmasságára jellemző ütközési szám?
- Mekkora energiát veszít a labda egy lepattanás során?

A kérdések megválaszolásához a labda mozgásának vizsgálata során készített út-idő grafikonokat használtuk fel. A sebesség-idő grafikonokról sajnos ebben az esetben sem tudunk érdemleges információt nyerni. A gyorsulás-idő grafikonhoz pedig egyáltalán nem tartozik függőleges tengely, ráadásul a függvény túlságosan cikcakkos, így ezek az adatok használhatatlanok, a grafikonból nem tudunk következtetéseket levonni.

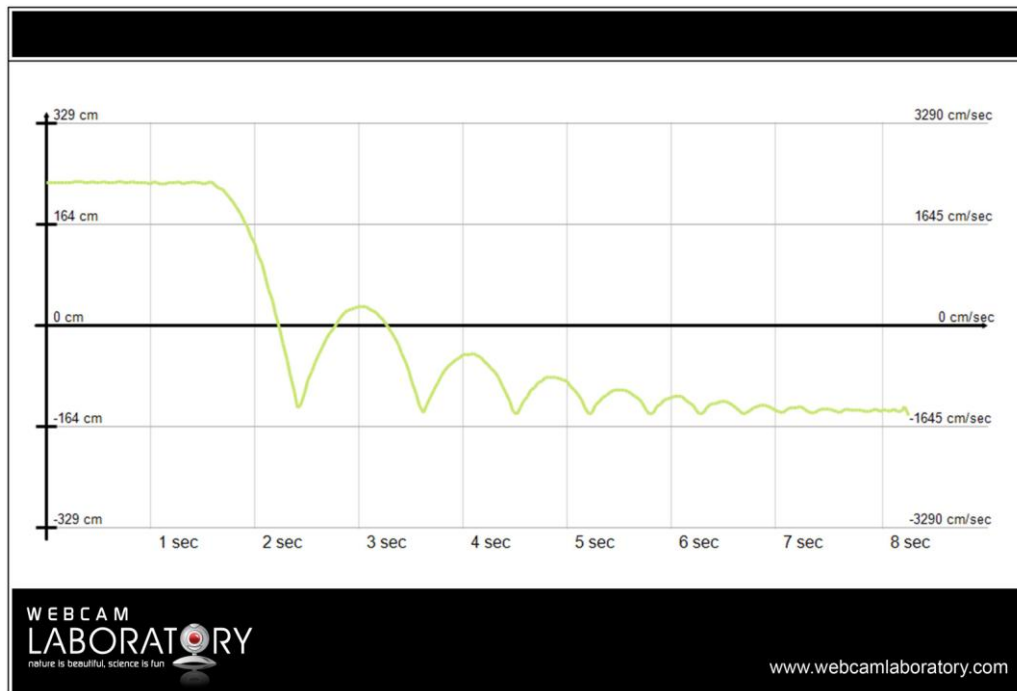
A mérés elvégzésének egy pillanatát ábrázoló fénykép a **13. ábrán** látható.



**13. ábra:** Mérési összeállítás pattogó labda mozgásának vizsgálatához

## 2.2. A mérési adatok

A labda mozgásáról készült út-idő grafikont a **14. ábra**, a sebesség-idő grafikont a **15. ábra** mutatja. (A gyorsulás-idő grafikon a fenti okok miatt nem szerepel.)



14. ábra: Pattogó labda mozgásának magasság-idő grafikonja



15. ábra: Pattogó labda sebesség-idő grafikonja

A labda tömegét digitális mérleggel határoztuk meg, 271 g-ot mértünk.

### 2.3. Az adatok kiértékelése

1. Mind az út-idő, mind a sebesség-idő grafikonon látszik, hogy ezek nem harmonikus rezgőmozgás grafikonjai, nem szinuszhullám-alakúak. Az út-idő függvény szakaszai paraboláknak felelnek meg, a sebesség-idő grafikonon látható, hogy az esés szakaszán a függvény egyenes (és minden szakaszban egyforma meredekségű), vagyis *a labda egyenes vonalú, egyenletesen változó mozgást végzett, nem pedig harmonikus rezgőmozgást.*

2. Az ütközési szám definíció szerint megegyezik egy lepattanás utáni és előtti sebesség hányadosával:

$$k = \frac{v_{utána}}{v_{előtte}}$$

A mechanikai energia megmaradásának törvényét felhasználva kiszámolható, hogy ez az érték meghatározható úgy is, ha két egymást követő felpattanás magassága hányadosának négyzetgyökét vesszük.

A mechanikai energia megmaradásának törvénye minden lepattanásra:  $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$

Ebből a lepattanás előtti sebesség:  $v_{előtte} = \sqrt{2gh_{előtte}}$  ;

A lepattanás utáni sebesség:  $v_{utána} = \sqrt{2gh_{utána}}$

Vagyis az ütközési szám:  $k = \frac{v_{utána}}{v_{előtte}} = \frac{\sqrt{2gh_{utána}}}{\sqrt{2gh_{előtte}}} = \sqrt{\frac{h_{utána}}{h_{előtte}}}$

Így ha ismerjük a magasságot, amire a labda föl pattan, meg tudjuk határozni az ütközési számot. Ezt a **14. ábra** alapján végeztük el.

A magasság-idő grafikonról leolvasható a labda felpattanási magassága, amely segítségével kiszámíthatjuk az ütközési számot. A WebCam Laboratory Mikroszkóp funkcióját használtuk fel a magasság meghatározására, és az eredményeket a **4. táblázat** tartalmazza.

Visszapattanások	Magasság (cm)
Eredeti Magasság	364,92
1.	175,06
2.	95,61
3.	59,25
4.	39,05
5.	28,28
6.	20,20

4. táblázat: Labda felpattanási magasságai

A táblázat további értékei már nem adnak megbízható adatokat az ábra kis méretei miatt.

Ezt követően a  $k = \sqrt{\frac{h_{utána}}{h_{előtte}}}$  képletet felhasználva ki számolhatjuk a  $k$  értékét az egyes felpattanásokra. Az eredményeket az **5. táblázat** mutatja.

Visszapattanások	$h_{előtte}$ (cm)	$h_{utána}$ (cm)	$k$
Alap – 1	364,92	175,06	<b>0,6926</b>
1 – 2	175,06	95,61	<b>0,7390</b>
2 – 3	95,61	59,25	<b>0,7978</b>
3 – 4	59,25	39,05	<b>0,7872</b>
4 – 5	39,05	28,28	<b>0,8509</b>
5 – 6	28,28	20,20	<b>0,8451</b>

5. táblázat: Ütközési szám kiszámítása pattogó labda esetén

A kapott  $k$  értékekből látszik, hogy az ütközési szám (a dőlttel írt két értéket figyelmen kívül hagyva) folyamatosan nő a pattogások során. Ez azt jelenti, hogy a labda egyre rugalmasabban pattan vissza. Ez egybevág a várt eredményekkel, miszerint a kisebb magasságról lehulló labda kevésbé nyomódik össze, így rugalmasabban ütközik.

(A sorozatból kilógó értékek eltérésének több oka is lehet. Például: a pattogás során a labda nem tudott végig függőleges egyenes mentén maradni, a vízszintes mozgás a mérési eredményeket befolyásolja. Ezen kívül a grafiknról való leolvasás is lehet pontatlan.)

3. A pattogó labda mozgása során megfigyelhető, hogy a visszapattanás magassága egyre csökken. Ebből egyértelműen következik, hogy a labda energiát veszít pattogás közben. (Az egynél kisebb ütközési szám is ezt mutatja.) Ha a labdára ható légellenállás elhanyagolható, feltételezhetjük, hogy az összes elvesztett energiát a talajnak adja át a labda.

A mérések során készült sebesség-idő grafikon (**15. ábra**) segítségével kiszámíthatjuk a labda kinetikus energiáját az egyes lepattanások előtt. A kapott adatokat felhasználva pedig megadhatjuk, hogy mennyi energiát nyel el a talaj az ütközések során.

Egy adott pattanás előtti kinetikus energia kiszámítása:  $E_m = \frac{1}{2}mv^2$

Az energiaveszteség kiszámítása:  $\Delta E_m = E_{m_2} - E_{m_1}$

A WebCam Laboratory Mikroszkóp funkciójának felhasználásával mért sebességeket a **6. táblázat** mutatja:

Visszapattanások	$v$ (m/s)
Eredeti magasság	7,05
1.	4,33
2.	2,98
3.	2,30
4.	1,70
5.	0,94

6. táblázat: Pattogó labda sebessége az egyes magasságokból való leesések végén

A kinetikus energia kiszámításához így rendelkezésünkre áll minden adat. A labda tömege 271 g (=0,271 kg), a  $v$  értékekhez pedig a fenti táblázatot használtuk fel. A labda kinetikus energiáját az egyes magasságokból való leesések végén a **7. táblázat** mutatja. A kinetikus energia változását (vagyis a labda által elvesztett energia nagyságát) az egyes lepattanások során a **8. táblázat** tartalmazza.

Visszapattanások	$E_m$
Eredeti magasság	6,73 J
1.	2,54 J
2.	1,21 J
3.	0,71 J
4.	0,39 J
5.	0,11 J

7. táblázat: Pattogó labda kinetikus energiája az egyes magasságokból való leesések végén

Visszapattanások	$\Delta E_m$ (J)
1 – Eredeti m.	- 4,91
2 – 1.	- 1,33
3 – 2.	- 0,5
4 – 3.	- 0,32
5 – 4.	- 0,28

8. táblázat: Pattogó labda kinetikus energiájának változása az egyes lepattanások során

A **8. táblázat** adataiból látható, hogy a talajnak átadott energia egyre kisebb, ez megfelel az ütközési számnál tett megállapításnak, hogy a pattogás során a labda egyre rugalmasabban ütközik a talajhoz (vagyis az energiaveszteség egyre kisebb).

#### 2.4. Felhasznált irodalom

Fizikai Kísérletek Gyűjteménye 1. (Szerk.: Juhász András) Arkhimédész Bt., Budapest, 2001. 112. oldal

A Károly Ireneusz Fizikaverseny 2003. évi feladata (15-16 éves korosztály 2. feladat) alapján. Megtalálható: Károly Ireneusz Fizika Tanulmányi Verseny 1993-2003. (Szerk.: Juhász András) Öveges József Tanáregylet kiadványa; 104. oldal

Gulyás János - Honyek Gyula - Markovits Tibor - Szalóki Dezső - Tomcsányi Péter - Varga Antal: Fizika 11. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2003.; 9-13. oldal

### 3. Vízben úszó, lenyomott kémcső mozgásának vizsgálata

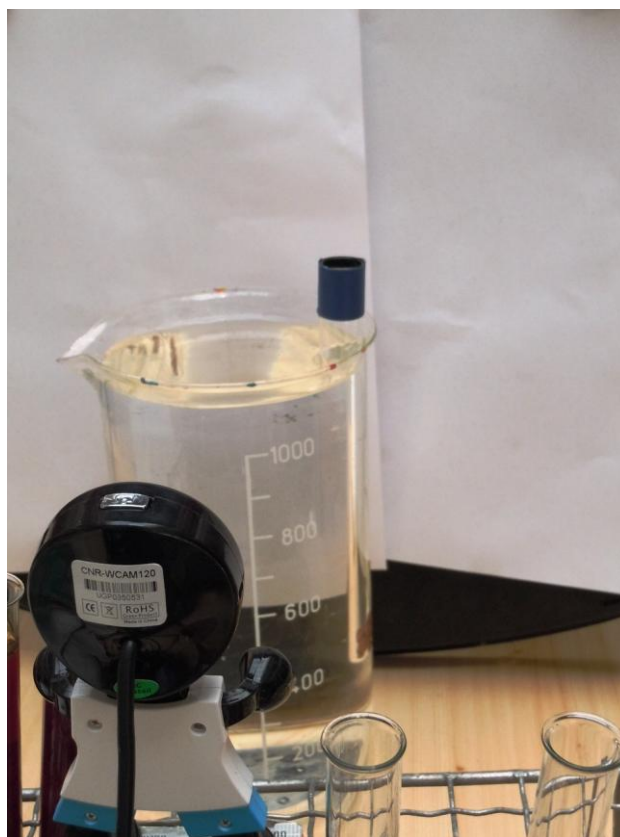
#### 3.1. A mérés lényege

A kísérletben vízben úszó, lenyomott kémcsőnek a mozgását vizsgáltuk, hogy elengedés után a vízből való kiemelkedés és a vízbe való lesüllyedés tekinthető-e (csillapított) rezgőmozgásnak. Arra voltunk kíváncsiak, hogy a mért és a számolt adatok megegyeznek-e.

#### 3.2. A mérés kivitelezése

Vízbe állított kémcsőbe ólomgolyókat tettünk nehezeknek. Erre azért volt szükség, hogy a kémcső függőlegesen lebegjen a vízben, vagyis az ólomgolyók megakadályozták a jobbra-balra való kilengést, így a kezünk által átadott energia csak a függőleges süllyedésre és emelkedésre fordítódott.

Kezdeti állapotban a kémcsőre ható felhajtóerő és a nehézségi erő megegyezik, tehát a kémcsőre ható eredő erő nulla. Így egy egyensúlyban levő, úszó kémcsővel tudtuk a mérést kezdeni. (Ld. **16. ábra**)



**16. ábra:** Mérési összeállítás a webkamerával, a vízbe nyomott kémcső mozgásának vizsgálatához

A mérés elindítása után kissé lenyomtuk a kémcsövet, kivettük a kamera képéből a kezünket, és megvártuk, amíg megáll a kémcső mozgása. Ezután állítottuk meg a felvételt. Többször kellett a mérést elvégeznünk, mert a kémcső sokszor hozzáért az edény falához, így fellépett egy súrlódási erő is, és így nemcsak a közegellenállás lassította, hanem a súrlódási erő is. Végül sikerült az edény közepén elvégezni a mérést. Fontos volt, hogy egy olyan kémcsövet válasszunk, amelynek alja is minél inkább hasonlít egy hengerhez, mert a felírt egyenletek (ld. alább) hengerre érvényesek.

A kémcső felső részére körbe színes szigetelőszalagot ragasztottunk, és egy fehér papírlapot tartottunk a kémcső és az edény mögé, így a program könnyebben tudta követni a kémcső mozgását.

### 3.3. Elméleti háttér

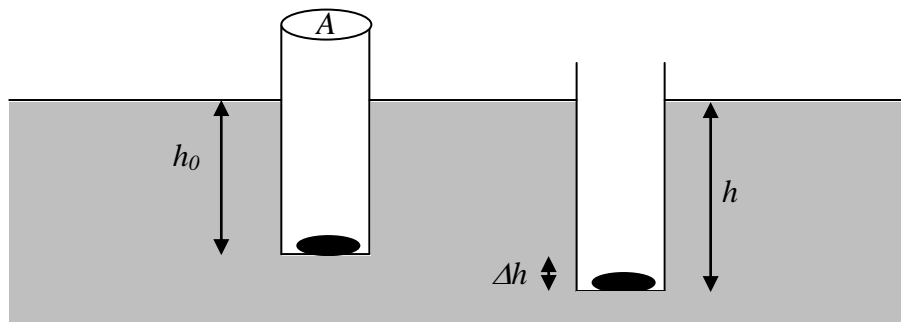
A kiindulási (magára hagyott) állapotban a kémcsőre ható erők eredője nulla, vagyis a felhajtóerő és a nehézségi erő megegyezik:

$$mg = h_0 A \rho g$$

ahol:

- $m$  a kémcső tömege (az ólomgolyókkal együtt)
- $g$  a nehézségi gyorsulás
- $h_0$  a nyugalmi állapotban lévő kémcső víz alatti részének hossza
- $A$  a kémcső felszíne
- $\rho$  a víz sűrűsége

(A jelöléseket ld. a 17. ábrán)



17. ábra: Vízben úszó, ill. lenyomott kémcső jellemző adatai

Amikor  $h$  mélységbe lenyomjuk a kémcsövet, egy függőlegesen lefelé mutató erővel hatunk rá, az egyensúly fennmaradásához a felhajtóerő megnő (hiszen nagyobb térfogat merül vízbe), pont annyival, mint amennyi a lenyomáshoz szükséges erő:

$$mg - hA\rho g = F$$

$$mg - (h_0 + \Delta h)A\rho g = F$$

ahol:

- $F$  a kémcső lenyomásához kifejtett erő
- $h$  a lenyomás utáni teljes víz alatti rész hossza
- $\Delta h$  a lenyomás mélysége

A zárójelet felbontva:  $mg - h_0 A \rho g - \Delta h A \rho g = F$ . Felhasználva a magára hagyott állapotra felírt első egyenletet (az erők eredője nulla):  $F = -\Delta h A \rho g$ . Vagyis a kémcsőre a kitérésével arányos, azzal ellentétes irányú erő hat. Ez a Hooke-törvény, ami a harmonikus rezgőmozgás dinamikai feltétele.

A mozgás során a kémcsőre a közegellenállási erő is hat, ezért a kémcső csillapított rezgőmozgást végez. Az egyenletet a Hooke-törvény  $F = -Dx$  alakjával összehasonlítva meghatározható az „effektív” rugóállandó:  $D_{\text{eff}} = A \rho g$ . Ezt felhasználva a periódusidő



kiszámítható:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D_{\text{eff}}}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{A\rho g}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\frac{mg}{h_0}}} = 2\pi \sqrt{\frac{h_0}{g}}$ . Vagyis a bemelegítés

mélységének mérésével a periódusidő mérhető is!

A harmonikus rezgőmozgást végző test kitérése, sebessége és gyorsulása az idő szinuszával ill. koszinuszával arányos az alábbi összefüggések szerint:

$$x = A \sin(\omega t)$$

$$v = A \omega \cos(\omega t)$$

$$a = -A \omega^2 \sin(\omega t)$$

ahol:

- $x$  a rezgő test kitérése
- $v$  a rezgő test sebessége
- $a$  a rezgő test gyorsulása
- $A$  a rezgés amplitúdója
- $\omega$  a rezgés körfrekvenciája
- $t$  az eltelt idő

A kémcső fel-le mozgása során fellép a sebességgel arányos közegeellenállási erő is, ez annyiban jelent változást, hogy a kémcső mozgása csillapított rezgőmozgás. Az amplitudót csökkenti, de a periódusidőt nem befolyásolja.

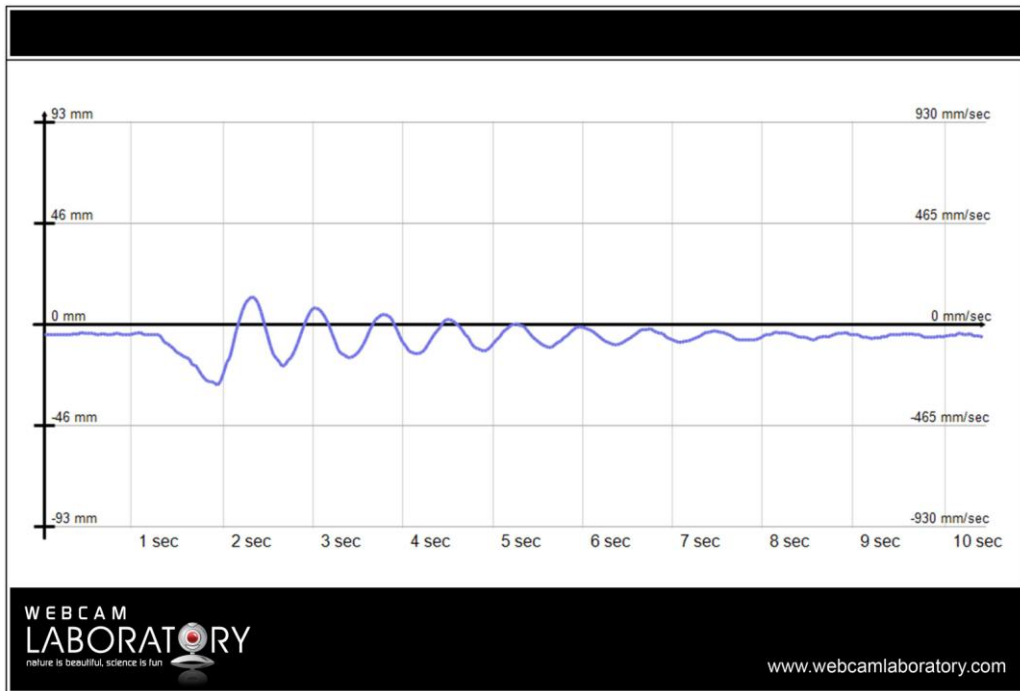
#### 3.4. A mért adatok és kiértékelésük

A kémcső kezdeti bemelegítésének mélysége:  $h_0 = 12,5 \text{ cm} = 0,125 \text{ m}$

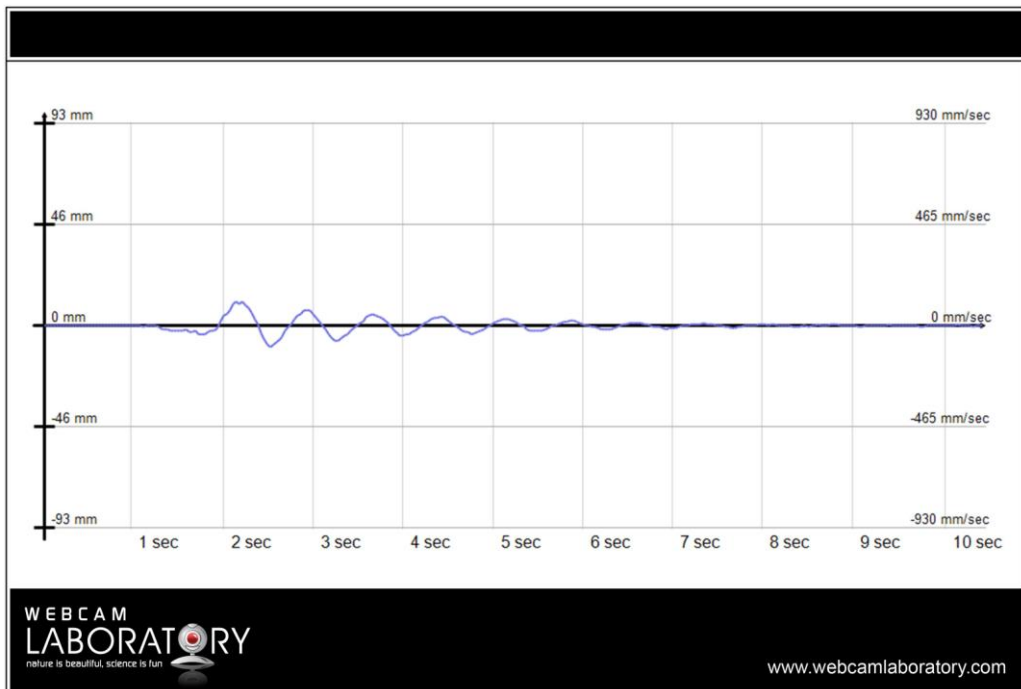
Ezt behelyettesítve:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{0,125 \text{ m}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 0,7092 \text{ s}$

A WebCam Laboratory programmal felvettük a kémcső mozgásának út-idő és sebesség-idő grafikonját, és ezekről is eldöntöttük, hogy csillapított rezgőmozgást mutat-e; illetve leolvastuk a periódusidőt. A gyorsulás-idő grafikon túlságosan cikcakkos, csak nehezen vonhatók le belőle következtetések.

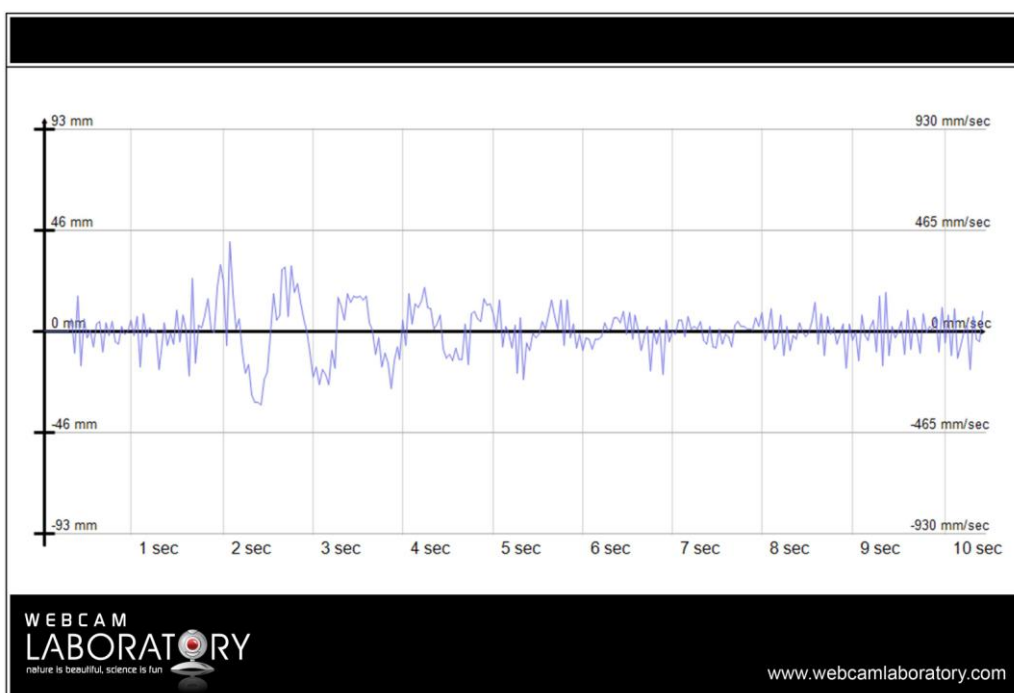
A mozgás út-idő, sebesség-idő, gyorsulás-idő grafikonját a **18-20. ábra** mutatja.



18. ábra: A kémcső mozgásának út-idő grafikonja



19. ábra: A kémcső mozgásának sebesség-idő grafikonja



20. ábra: A kémcső mozgásának gyorsulás-idő grafikonja

A grafikonokról látható, hogy a kémcsőnek mind a kitérése, mind a sebessége, mind a gyorsulása harmonikusan periodikusan változik az időben, tehát valóban rezgőmozgást végez.

A készült út-idő grafikonról a WebCam Laboratory program Mikroszkóp funkcióját használva leolvastuk a mért adatokat úgy, hogy 10 mm-re kalibráltunk egy másodpercet, és utána arányossággal kiszámoltuk, hogy hány másodperc alatt tett meg a kémcső egy periódust. Az adatokat a **9. táblázat** tartalmazza.

	Mért távolság (mm)	Átszámítva másodpercre (s)	Eltérés a kiszámított adattól (s)
1. mérés (fenti periódus)	6,72	0,672	0,0372
2. mérés (lenti periódus)	7,17	0,717	0,0078
3. mérés (fenti periódus)	7,07	0,707	0,0022
4. mérés (lenti periódus)	7,13	0,713	0,0038
Átlag		0,702	

9. táblázat: A kémcső mozgásának mért periódusideje

A táblázatból látható, hogy a meghatározott periódusidők igen jól közelítik a kiszámított értéket (0,709 s). Viszonylag nagyobb eltérés csak az első periódusban van, ennek egy lehetséges oka, hogy ha túlságosan lenyomjuk a kémcsövet, akkor felemelkedéskor „ugrik” egyet, ami az eredményeket befolyásolhatja.

### 3.5. Felhasznált irodalom

KöMaL 1999. novemberi száma alapján (510. oldal, 210. fizika mérési feladat.)

Gulyás János - Honyek Gyula - Markovits Tibor - Szalóki Dezső - Tomcsányi Péter - Varga Antal: Fizika 11. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2003.; 9-15. oldal

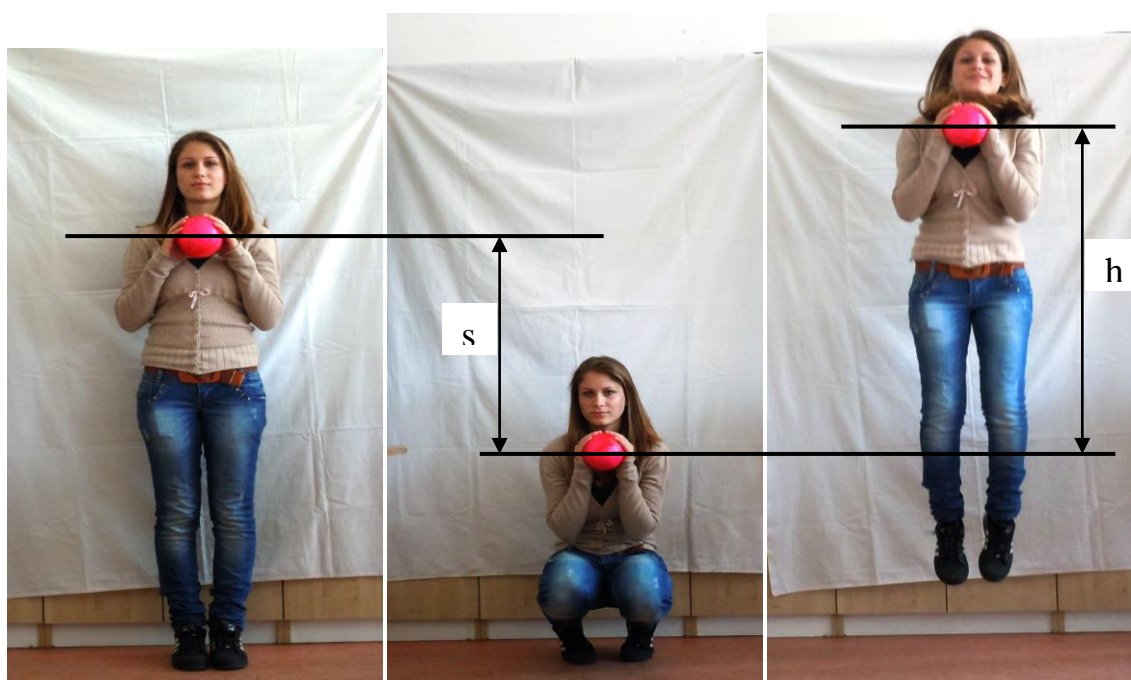
## 4. Combizom által kifejtett erő mérése

### 4.1. Elméleti háttér, a mérés lényege

A combizom által kifejtett (maximális) erőt guggolásból való felugrás során határozhatjuk meg, a súlypont emelkedéséből.

A munkatétel alapján a combizom által kifejtett erő által végzett munka alakul a felugró ember helyzeti energiájává:  $W = E_h$

A combizom által kifejtett erő akkora úton végez munkát, amíg a lábunkat kiegyenesítjük. Ez a távolság megegyezik a leguggolás során bekövetkező magasságsökkenéssel ( $s$ ). A felugrás végén pedig az ehhez képest  $h$  magasságú állapot helyzeti energiájával rendelkezünk. Magyarázatként ld. a **21. ábrát**, melyen a felugrás egyes állapotai láthatók.



**21. ábra: A felugrás egyes pillanatai, a mérendő adatokkal**

Ezeket behelyettesítve a munkatételt leíró egyenletbe:  $F_{comb} \cdot s = mgh$ , ahol  $F_{comb}$  a combizom által kifejtett erő. (A képlet felírásakor feltételezzük, hogy az elrugaszkodás során a combizom végig ugyanakkora nagyságú erőt fejt ki.) Ezt kifejezve:  $F_{comb} = \frac{mgh}{s}$ .

Az ember combizma által kifejtett erő meghatározásához tehát meg kell mérnünk a guggolás során bekövetkező magasságsökkenést és (ehhez az állapothoz képest) a felugrás magasságát. Ezeket az adatokat a mozgás út-idő grafikonjáról olvastuk le a WebCam Laboratory program Mikroszkóp funkciójával. A felugró ember tömegét fürdőszobamérleggel határoztuk meg.

### 4.2. A mérés kivitelezése

A mérést a WebCam Laboratory program Kinematika funkciójával végeztük. Egy felugró ember függőleges mozgásának út-idő grafikonját kellett felvennünk úgy, hogy a szükséges távolságok leolvashatók legyenek.

A mérés menete:

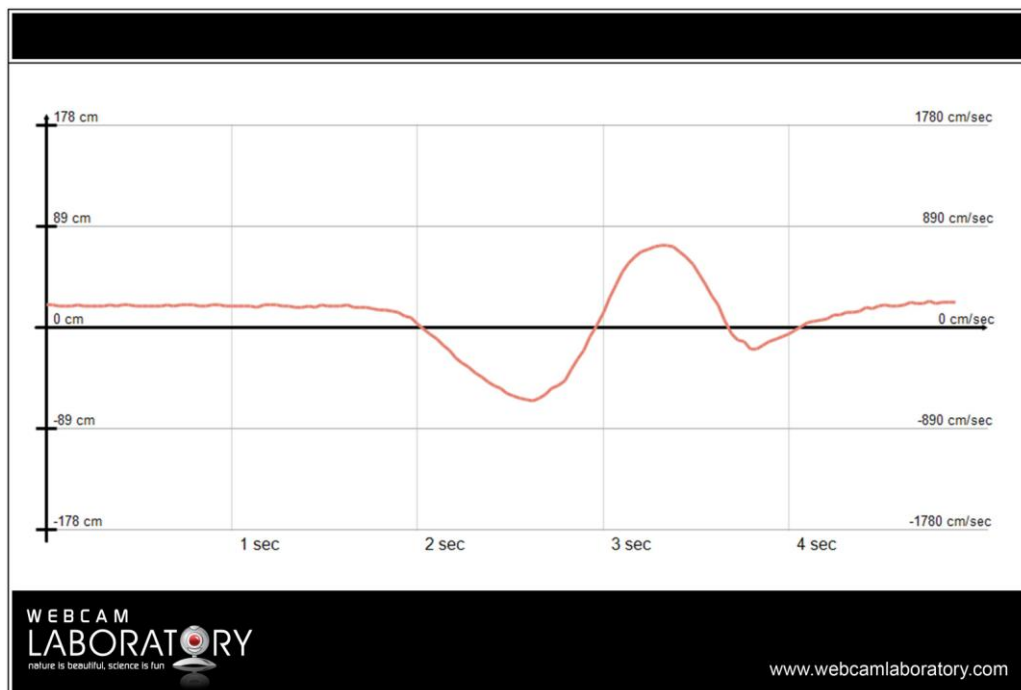
1. A felugró társunkra gombostűvel egy piros zacskót rögzítettünk, amit a program felismert, ez alapján követte az ember mozgását. (Más módszerként a felugró ember egy piros labdát tartott maga előtt az ugrás során végig.)

2. A mérést fehér lepedőkből álló háttér előtt végeztük, a kamera elé két oldalról fehér papírlapokat tartottunk, így a háttérben levő hasonló színű zavaró objektumokat sikerült kitakarnunk.

3. A mérést akkor indítottuk, amikor a felugró ember kinyújtott lábakkal állt, így a grafikonon ki tudtuk jelölni a „nullszintet”.

4. Társunk leguggolt, majd teljes erejéből felugrott.

A mérés során készült magasság-idő grafikon a **22. ábrán** látható.



**22. ábra: Guggolásból felugrás magasság-idő grafikonja**

#### 4.3. A mérési adatok kiértékelése

A számításhoz szükséges távolságokat ( $s$ ,  $h$ ) a grafikonról a Mikroszkóp funkcióval határoztuk meg.

$$s = 0,87 \text{ m}$$

$$h = 1,42 \text{ m}$$

$$m = 55 \text{ kg}$$

$$\text{A combizom által kifejtett erő: } F_{comb} = \frac{mgh}{s} = \frac{55 \cdot 9,81 \cdot 1,42}{0,87} = 881 \text{ N}$$

Érdeemes kiszámítani a combizom által kifejtett erőt az ember súlyához viszonyítva. Az egyenletből látszik, hogy ezt  $h$  és  $s$  aránya szabja meg:  $F_{comb} = mg \frac{h}{s} = mg \frac{1,42}{0,87} = 1,63mg$ , tehát a felugró személy saját súlyánál 1,63-szor nagyobb erőt tud kifejteni combizmával.

A combizom által kifejtett erő a guggolás mélységétől biztosan függ. Van egy optimális mélység, ahonnan felugorva a legnagyobb erőt fejt ki a combizom ( $s$  így a legmagasabbra tudunk ugrani). Mi azt az esetet vizsgáltuk, amikor a felugró személy a lehető legmélyebbre leguggolt, és onnan ugrott fel. Ez feltehetően nem a legkedvezőbb állapot, hiszen a combizomnak hosszú úton kell munkát végeznie, ezalatt elfárad, a végén már csak kisebb erőt tud kifejteni. A guggolás mélységével a lábszárak iránya is változik, feltehetően ez is befolyásolja a combizom által kifejtett erő maximális nagyságát. Az optimális guggolási mélység meghatározása további mérések elvégzését igényli.

A mérés adatai alapján kiszámítható még a combizom teljesítménye a felugrás során. Ezt a végzett munka és az eltelt idő hányadosából számíthatjuk ki:  $P = \frac{W}{t}$

A felugrás idejét a grafikonról olvastuk le a Mikroszkóp funkcióval.

$$t = 0,77 \text{ s}$$

$$\text{A combizom teljesítménye: } P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = \frac{881N \cdot 0,87m}{0,77s} = 995W$$

#### 4.4. Felhasznált irodalom

A Károly Ireneusz Fizikaverseny 1998. évi feladata alapján. Megtalálható: Károly Ireneusz Fizika Tanulmányi Verseny 1993-2003. (Szerk.: Juhász András) Öveges József Tanáregylet kiadványa, 116. oldal

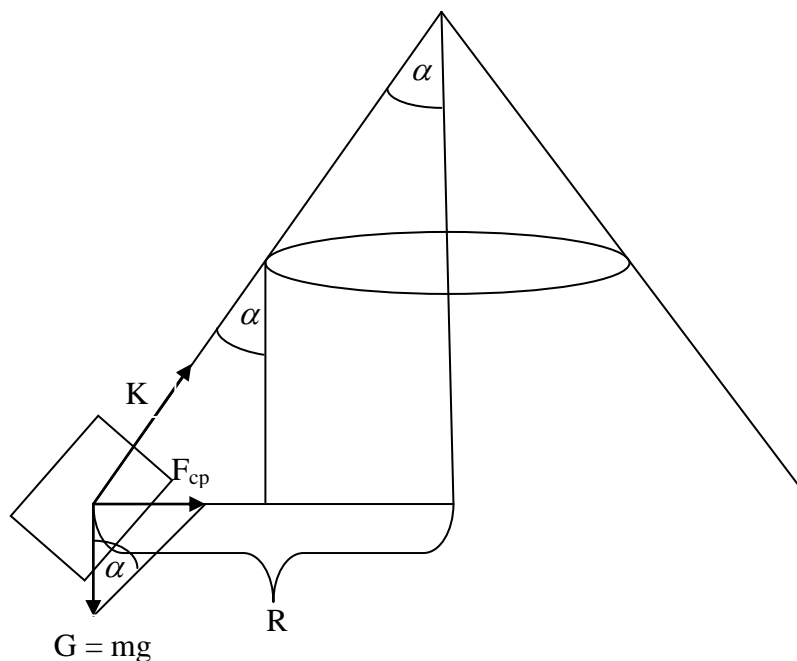
## 5. Körhinta mozgásának vizsgálata fénykép alapján

### 5.1. Elméleti háttér, a mérés lényege

Egy körhintáról készült fénykép (23. ábra) alapján meghatározhatók a körhinta mozgásának jellemzői: szögsebessége, kerületi sebessége, centripetális gyorsulása. Ezek kiszámításához elegendő tudnunk a mozgás periódusidejét. A periódusidőt ki tudjuk számolni a hinta kitérülésének a függőlegessel bezárt szöge ( $\alpha$ ) és a hinta tengelytől való távolságának ( $R$ ) ismeretében. A jelöléseket a 24. ábra mutatja.



23. ábra: Forgásban lévő körhinta



24. ábra: A szélső helyzetben levő hinta jellemzői és a rá ható erők



Az ábra alapján:  $tg\alpha = \frac{F_{cp}}{mg} = \frac{ma_{cp}}{mg} = \frac{a_{cp}}{g} = \frac{\omega^2 R}{g} = \frac{\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R}{g} = \frac{4\pi^2 R}{gT^2} = \frac{4\pi^2 R}{gT^2}$

Ebből:  $T^2 = \frac{4\pi^2 R}{g \cdot tg\alpha}$ , vagyis a periódusidő:  $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 R}{g \cdot tg\alpha}}$  ahol ismert a  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$  nehézségi gyorsulás.

A centripetális gyorsulás:  $a_{cp} = \omega^2 R = \frac{v_k^2}{R}$ , ebből a kerületi sebesség is kiszámítható.

### 5.2. A mérés menete

Egy mozgásban lévő körhinta képét betöltöttük a Mikroszkóp funkcióban. Itt meg tudtuk mérni a szükséges  $\alpha$  szöget és az  $R$  távolságot (**25. ábra**).

A távolságot a képen látható ember magassága alapján kalibráltuk, ezt 180 cm-nek vettük.

$$\alpha = 31,31^\circ$$

$$R = 3,58 \text{ méter}$$



25. ábra: A szélró helyzetben levő hinta adatainak meghatározása

### 5.3. Az adatok kiértékelése

A periódusidő a  $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 R}{g \cdot tg\alpha}}$  képletbe behelyettesítve:  $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot 3,58}{9,81 \cdot tg 31,31^\circ}} = 4,9 \text{ s.}$

Ebből az  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  képlet alapján:  $\omega = \frac{2\pi}{4,9} = 1,3 \frac{1}{s}$  a körhinta szögsebessége.

A centripetális gyorsulás:  $a_{cp} = \omega^2 R = 1,3^2 \cdot 3,58 = 5,96 \frac{m}{s^2}$

A kerületi sebesség:  $v_k = \omega \cdot R = 1,3 \frac{1}{s} \cdot 3,85m = 4,62 \frac{m}{s}$ .

#### 5.4. Felhasznált irodalom

A Károly Ireneusz Fizikaverseny 2006. évi feladata alapján. (Megtalálható: <http://www.ovegesegylet.hu/feladatok2006.doc>)

A felhasznált kép forrása: [http://www.hhrf.org/gombos/hazalatogat\\_47.htm](http://www.hhrf.org/gombos/hazalatogat_47.htm)

### **III. TAPASZTALATAINK A WEBCAM LABORATORY PROGRAMMAL, JAVASLATAINK A TOVÁBBFEJLESZTÉSÉRE**

*(A mérés során felmerült közös tapasztalatokat és javaslatokat lejegyezte: Szakmány Csaba, felkészítő tanár.)*

A WebCam Laboratory szoftverrel való megismerkedésünk után, a mérések elvégzése során úgy láttuk, hogy a program rendkívül sokféle mérési lehetőséget biztosít, és olyan folyamatok vizsgálatát teszi lehetővé, amik szabad szemmel nem láthatók, nem mérhetők. Bár a rövid idő alatt nem volt időnk részletesen megismerkedni a program valamennyi funkciójával, sokat foglalkoztunk vele, aminek során lehetőségeit és korlátait is kitapasztaltuk.

Az alábbiakban egy rövid összefoglalást adunk arról, milyen nehézségekkel találkoztunk a mérések során, ebből kiindulva néhány javaslatot szeretnénk tenni a program továbbfejlesztésére (elsősorban a Kinematika funkcióra vonatkozóan).

1. A Kinematika funkció grafikonábrázolásával több nehézségünk is adódott. Az első a skálabeosztás túlságosan nagy léptéke. A függőleges tengelyen legfeljebb egy-két osztás található általában, erről nehéz leolvasni a köztes értékeket. Javasoljuk, hogy be lehessen állítani az osztásközt, vagy vezetőrácsokat lehessen láthatóvá tenni pl. egy „kapcsoló” ki/bekapcsolásával. A vízszintes tengelyen (vagyis az időtengelyen) is szükség lenne erre, rövid időtartamokat nehezen, csak pontatlanul lehetett leolvasni.

2. A sebesség-idő függvényt a program ugyanebben a grafikonban ábrázolja. Ennek következménye, hogy a függőleges (sebesség-) tengely beosztása igencsak nagy lépésközzel változik, viszonylag lassú mozgások sebességét leolvasni gyakorlatilag lehetetlen, a függvény a vízszintes tengelybe szinte beleolvad. Javasoljuk, hogy a sebességtengely beosztását (maximumát és a lépésközt is) kézzel lehessen beállítani, hogy kis sebességeket is le lehessen olvasni).

3. A sebesség-idő grafikon sokszor elég „cickakkos”, hullámos, a „grafikon simítása” sem sokat változtat a helyzeten.

4. A gyorsulás-idő grafikonnal a legnagyobb problémánk az volt, hogy ehhez egyáltalán nem tartozott függőleges tengely, vagyis a gyorsulás értéke egyáltalán nem olvasható le. Javasolunk ehhez is egy kézzel beállítható skálabeosztást. A gyorsulás-idő függvény pedig még a sebesség-időnél is hullámosabb volt, gyakran még csak azt sem tudtuk eldönteni ez alapján, hogy állandó vagy változó gyorsulást mutat-e.

5. További (az előzőeknél viszonylag kisebb) problémát okozott a grafikonokkal kapcsolatban, hogy a kitérés (elmozdulás) origója a kamera „szemmagasságában” van, így pl. egy leejtett test mozgásának grafikonján a test kitérése pozitívból negatívba változik. Javasoljuk, hogy (a kalibrációhoz hasonló módon) a nullhelyzet is beállítható legyen, illetve a grafikon felrajzolása előtt meg lehessen fordítani a függőleges tengelyt. (Vagyis pl. egy lefelé eső labda elmozdulása is a pozitív tartományban legyen, sebessége növekvő legyen.)

6. A mérés adatainak Excel file-ba történő mentése sajnos nem segített sokat, itt ugyanis rengeteg adatot láttunk, de nem tudtuk, hogy ezek pontosan mit jelentenek, mire vonatkoznak. Az elmozdulás és a sebesség oszlopának felirata (amennyiben jól láttuk) fel van cserélve (V, S, A a sorrend). Nem volt egyértelmű számunkra, hogy a számsorok milyen mértékegységben értendők, az idő másodpercben-e, az elmozdulás pixelben vagy a kalibrálás utáni mértékegységben-e (pl. cm, m). Javasoljuk, hogy a táblázat adatainak értelmezéséhez vagy részletesebb feliratokat készítsenek, vagy mellékeljenek egy tájékoztatót a szoftverhez.

7. A program a függvény vonalát olyan színnel rajzolja fel, amilyen a követett objektum. Ez sokat segít, ha egyszerre több objektumot követünk, de nehézséget okoz, ha csak egyet, ugyanis pl. egy világoszöld vagy okkersárga tárgy grafikonja alig üt el a fehér háttértől. A grafikon vonala fekete-fehér nyomtatásnál túlságosan halvány, színes nyomtatásnál beleolvad a háttérbe. Javasoljuk, hogy (legalább egyobjektumos mérés során) a függvény színe kiválasztható legyen (fekete vagy színes).

8. Egy-egy mérés elvégzése után a grafikont és adatokat elfelejtettük elmenteni, mielőtt kiléptünk volna a Kinematika funkcióból. Sajnos az eredményeket később nem tudtuk visszahozni. Ezért javasoljuk, hogy egy felugró ablak kérdezzen rá az adatok mentésére (vagy legalább emlékeztesse a használót erre) a Kinematika funkcióból való kilépéskor vagy új mérés indításakor.

9. Sok próbálkozást, kísérletezést igényelt az objektumok felismertetése és követése. Annak érdekében, hogy a program a mozgás során végig felismerje a tárgyat, minden zavaró körülményt ki kellett küszöbölnünk, még így is sokszor előfordult, hogy a vizsgálandó objektumról egy más, hasonló színű tárgyra ugrott a követőnégyzet. Ezt fehér háttérrel próbáltuk megoldani, de távoli mozgás megfigyelése esetén nem tudtunk elegendően nagy fehér háttérrel biztosítani. Végül a megoldásunk az lett, hogy a webkamera elé két oldalról egy-egy fehér papírt tartottunk, kitakarva a kamera látószögéből a „nemkívánatos” részeket (ld. **26. ábra**). Így már nem fordult elő az „átugrás”. Javasoljuk, hogy a Kinematika funkcióban is kiválasztható legyen a kamera képéből az a „hasznos” tartomány, amiben a mozgás történik, amit a kamera és az objektumfelismerő kezel. (Hasonlóan az Univerzális naplózás funkcióhoz.)



**26. ábra:** A zavaró részek kitakarása a kamera látóteréből

10. Javasoljuk, hogy a Kinematika funkcióban is lehessen dolgozni korábban (vagy más kamera által) felvett videókkal, illetve, hogy az itt készült felvételek elmenthetők legyenek videóformátumban.

Bízunk benne, hogy a WebCam Laboratory szoftverrel a későbbiekben is tudunk érdekes méréseket, megfigyeléseket végezni.

# TARTALOMJEGYZÉK

<b>I. BEVEZETÉS .....</b>	<b>2</b>
<b>II. MÉRÉSEK A WEBCAM LABORATORY PROGRAMMAL .....</b>	<b>2</b>
1. Folyadék belső súrlódásának meghatározása .....	2
2. Pattogó labda mozgásának vizsgálata .....	13
3. Vízben úszó, lenyomott kémcső mozgásának vizsgálata.....	18
4. Combizom által kifejtett erő mérése .....	24
5. Körhinta mozgásának vizsgálata fénykép alapján .....	27
<b>III. TAPASZTALATAINK A WEBCAM LABORATORY PROGRAMMAL, JAVASLATAINK A TOVÁBBFEJLESZTÉSÉRE .....</b>	<b>30</b>

## ADATLAP

### a doktori értekezés nyilvánosságra hozatalához\*

#### I. A doktori értekezés adatai

A szerző neve: Szakmány Csaba

MTMT-azonosító: 10063401

A doktori értekezés címe és alcíme: Tantárgyközi kapcsolatok a fizika és a kémia középiskolai tanításában

DOI-azonosító<sup>46</sup>: 10.15476/ELTE.2018.059

A doktori iskola neve: ELTE Fizika Doktori Iskola

A doktori iskolán belüli doktori program neve: Fizika Tanítása Doktori Program

A témavezető neve és tudományos fokozata: Dr. Rajkovits Zsuzsanna

A témavezető munkahelye: ELTE TTK Anyagfizikai Tanszék

#### II. Nyilatkozatok

##### 1. A doktori értekezés szerzőjeként

a) hozzájárulok, hogy a doktori fokozat megszerzését követően a doktori értekezésem és a tézisek nyilvánosságra kerüljenek az ELTE Digitális Intézményi Tudástárban. Felhatalmazom a Természettudományi kar Dékáni Hivatal Doktori, Habilitációs és Nemzetközi Ügyek Csoportjának ügyintézőjét, hogy az értekezést és a téziseket feltöltse az ELTE Digitális Intézményi Tudástárba, és ennek során kitöltse a feltöltéshez szükséges nyilatkozatokat.

b) kérem, hogy a mellékelt kérelemben részletezett szabadalmi, illetőleg oltalmi bejelentés közzétételéig a doktori értekezést ne bocsássák nyilvánosságra az Egyetemi Könyvtárban és az ELTE Digitális Intézményi Tudástárban;

c) kérem, hogy a nemzetbiztonsági okból minősített adatot tartalmazó doktori értekezést a minősítés (*dátum*)-ig tartó időtartama alatt ne bocsássák nyilvánosságra az Egyetemi Könyvtárban és az ELTE Digitális Intézményi Tudástárban;

d) kérem, hogy a mű kiadására vonatkozó mellékelt kiadó szerződésre tekintettel a doktori értekezést a könyv megjelenéséig ne bocsássák nyilvánosságra az Egyetemi Könyvtárban, és az ELTE Digitális Intézményi Tudástárban csak a könyv bibliográfiai adatait tegyék közzé. Ha a könyv a fokozatszerzést követően egy évig nem jelenik meg, hozzájárulok, hogy a doktori értekezésem és a tézisek nyilvánosságra kerüljenek az Egyetemi Könyvtárban és az ELTE Digitális Intézményi Tudástárban.

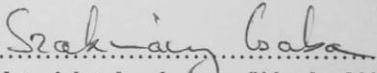
##### 2. A doktori értekezés szerzőjeként kijelentem, hogy

a) az ELTE Digitális Intézményi Tudástárba feltöltendő doktori értekezés és a tézisek saját eredeti, önálló szellemi munkám és legjobb tudomásom szerint nem sértem vele senki szerzői jogait;

b) a doktori értekezés és a tézisek nyomtatott változatai és az elektronikus adathordozón benyújtott tartalmak (szöveg és ábrák) mindenben megegyeznek.

3. A doktori értekezés szerzőjeként hozzájárulok a doktori értekezés és a tézisek szövegének plágiumkereső adatbázisba helyezéséhez és plágiumellenőrző vizsgálatok lefuttatásához.

Kelt: Budapest, 2018. június 23.

  
a doktori értekezés szerzőjének aláírása