

Sumi Ildikó Katalin

**Légszennyező anyagok adszorpciójának modellezése, a
szimulációs eredmények oktatásban való alkalmazása és
hatásának vizsgálata**

Doktori disszertáció



Eszterházy Károly Egyetem, Neveléstudományi Doktori Iskola

Környezeti nevelés és tudatformálás Program

A Neveléstudományi Doktori Iskola vezetője: Dr. Pukánszky Béla, dr. habil, DSc, az MTA doktora

A Neveléstudományi Doktori Iskola programigazgatója: Dr. Bárdos Jenő, professor
emeritus, dr. habil, DSc, az MTA doktora

Témavezetők: Dr. Jedlovszky Pál

egyetemi tanár, az MTA doktora

Dr. Murányi Zoltán

főiskolai tanár

Eger

2018

„A legjobb iskola, amelyben egy ifjú ember megtanulhatja, hogy a világnak van értelme, a természettel való közvetlen kapcsolat.”

(Konrad Lorenz)

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	5
2. A témaválasztás időszerűsége, indoklása	7
3. A környezeti nevelés helye a hazai közoktatásban	9
4. A Nemzeti Alaptanterv és módosításai a környezeti nevelés területén	11
5. A konstruktivizmus és a természettudományos nevelés.....	14
6. A konstruktivizmus és a környezeti nevelés.....	17
7. A kémia tananyagban megjelenő környezeti neveléshez is kapcsolódó tartalmak ...	20
7.1. A 7-8. évfolyam tananyag tartalma.....	21
7.2. A 9-10. évfolyam tananyag tartalma.....	22
8. Az adszorpció a kerettantervben.....	23
9. Nemzetközi kitekintés, problémák	28
10. A hazai helyzet, tévképzetek	30
11. Célkitűzések, a kutatás jellemzői	41
11.1. Kutatási kérdések	41
11.2. Kutatási stratégiák, módszerek és eszközök	41
12. Kísérletes rész: az előteszt és az eredmények értékelése	42
12.1. Mintavétel, minta, populáció	42
12.2. Kódolás, a feladatok típusai, jellemzői.....	43
12.3. A kutatás hipotézisei előteszt esetén.....	44
12.4. Az előteszt feldolgozott adatainak elemzése	44
12.4.1. Az első hipotézis	46
12.4.2. A második hipotézis	49
12.4.3. A harmadik hipotézis	51
12.4.4. A negyedik hipotézis.....	52
12.4.5. Az ötödik hipotézis	54
13. Az adszorpció folyamatának modellezése, a szimuláció	56
13.1. A szimuláció helye a tudományban	57
13.2. Az elektronikus tanulási környezet megjelenése a konstruktivista tanulásfelfogásban	58
13.3. A számítógépes szimuláció módszere, a molekuláris rendszerek szimulációja	60
13.4. A Monte Carlo számítógépes szimuláció	61
13.5. Méréseink eredményei és a következtetések	61
14. A kísérleti csoportban oktatót adszorpciós tananyag	69
15. Kísérletes rész: az utóteszt és az eredmények értékelése	71

15.1. Minta, populáció	71
15.2. Kódolás, a feladatok típusai, jellemzői	72
15.3. A kutatás hipotézisei az utóteszt esetén	72
15.4. Az utóteszt feldolgozott adatainak elemzése	72
15.4.1. Az első hipotézis	81
15.4.2. A második hipotézis	84
15.4.3. A harmadik hipotézis	97
16. Összegzés és további kutatási irányok, lehetőségek	105
17. Bibliográfia.....	107
18. Mellékletek.....	116
1. számú melléklet: A kutatásban alkalmazott előteszt (A).....	116
2. számú melléklet: A kutatásban alkalmazott előteszt (B).....	117
3. számú melléklet: Az adszorpció oktatásához használt prezentáció elemei	118
4.1. számú melléklet: A kutatásban alkalmazott utóteszt (A).....	120
4.2. számú melléklet: A kutatásban alkalmazott utóteszt (B).....	122
5. számú melléklet: Az előteszt feldolgozása SPSS programmal.....	124
6. számú melléklet: Az utóteszt feldolgozása SPSS programmal	131
7. számú melléklet. Az ábrák jegyzéke.....	151
8. számú melléklet: A táblázatok jegyzéke.....	153
19. Köszönetnyilvánítás	154

1. Bevezetés

Számos felmérés, kutatás támasztja alá, hogy a tanulók természettudományos tantárgyi attitűdje az iskolában eltöltött évek alatt folyamatosan csökken. Közöttük a kémia és a fizika népszerűsége a többi tantárgyétól is elmarad. A hetedik évfolyam végén a diákok többsége még szereti a kémiát, de a kilencedik és a tizenegyedik évfolyam végére lényegében a kémia az elutasított tantárgyak közé kerül (*Fernengel, 2009*). A középiskola végén a kémia egyértelműen a népszerűtlen tantárgyak között van.

Az attitűdmérések igazolják, hogy világszerte a kémia a legkevésbé szeretett, legnehezebbnek tartott tantárgyak egyike. Az attitűdvizsgálatok eredményei azt jelezhetik, hogy milyen affektív feltételek között folyik az egyes tantárgyak oktatása, mely tantárgyak népszerűbbek illetve kevésbé kedveltek az adott korosztályban a vizsgált minta esetén, mit szeretnek inkább a jobb képességű tanulók az egyes tantárgyakban, illetve következtethetünk arra is, hogy milyen utánpótlásra számíthatnak a felsőoktatási intézmények egyes szakjain.

A tantárgyak kedveltségéről az ezerkilencszázhetvenes évek elejéig visszanyúlóan vannak magyarországi adatok. Már az első IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievements) felmérésekhez kapcsolódóan sor került az attitűdök vizsgálatára. A tizennégy éves korosztályban a magyarországi eredmények kedveltségi sorrendje csökkenő rendben a következő volt: irodalom, élővilág, történelem, földrajz, fizika, számtan-mértan, kémia, nyelvtan, orosz (*Ballér, 1973*). Később Báthory Zoltán (1989), majd Orosz Sándor vizsgálta a tantárgyi attitűdöket, utóbbi főként azoknak a teljesítményekkel való kapcsolatát (*Orosz, 1991, 1991, 1992a, 1992b, 1998*) elemezte.

1999-ben a Pécsi Tudományegyetem Neveléstudományi Intézetének kutatócsoportja a tantárgyi attitűdök felmérését egy nyolc dimenziós, ellentétpárokat (változatos-egyhangú, pihentető-fárasztó, kellemes-kellemetlen, fontos-felesleges, könnyű-nehéz, érdekes-unalmas, hasznos-haszontalan, jó-rossz) tartalmazó skálát alkalmazott. A nyolc dimenzió átlagából képezett mutató alapján megállapította, hogy a hetedik évfolyamon még kiegyenlített a tantárgyi sorrend, de a tizenegyedik évfolyamon már a nyelvtan, a kémia és a fizika a többi tantárgytól leszakadva a lista végén áll (*Kocsis, 2000*).

Az egyik hazai felmérés során a tantárgyi attitűdöket, mint a tanulást és a teljesítményeket befolyásoló tényezőket vizsgálták 1997 és 2000 között reprezentatív minta alapján (*Csapó, 2000*). A legtöbb esetben a tanulók viszonya a vizsgált tíz tantárgyhoz az iskolában eltöltött idő függvényében folyamatosan és csaknem egyenletesen romlott.

Közöttük csak alig néhány pozitív irányú változás említhető. Ilyen a biológia, amelyet a hetedik osztályosok jobban szeretnek tanulni, mint az ötödikesek, és a középiskola végén is a kedvelt tantárgyak között foglal helyet. A legproblematikusabb a kémia és a fizika helyzete. A kémia tanítása hetedik osztályban kezdődik, és ekkor még a tantárgyak sorrendjében valahol középen foglal helyet, majd népszerűsége meredeken zuhan, és a középiskola végére a legnépszerűtlenebb tantárgyak egyike lesz. A hozzáférhető adatok alapján kitűnik, hogy a kémiához és a fizikához való tanulói viszony Magyarországon néhány év alatt sokkal erőteljesebben romlott, mint más országokban. E két tantárgy annyira népszerűtlen, hogy ez már komoly tantervi, valamint tanításmódszertani problémákra is utal.

A kutatásban kitértek annak a vizsgálatára is, hogy van-e szignifikáns különbség a lányok és a fiúk tantárgyakkal kapcsolatos attitűdje között. Eltérés adódhat azért, mert a lányok esetében a verbális képességek és a globális megértés, míg a fiúk esetében a térbeliség, a mennyiségek, az analitikus gondolkodás bizonyult több más esetben is jobbnak. Ezek a különbségek a tapasztalatok szerint elég kicsik és az azonos neműeken belüli eltérések sokkal nagyobbak, mint ami a nemek között megfigyelhető. A biológiai eredetű különbségeket a kultúrából származó hatások is elfedhetik. A vizsgálat adatai alapján megállapították, hogy az attitűdökben nem jelennek meg olyan eltérések, amelyeket ilyen jellegű különbségekre lehetne visszavezetni. Nem adódott szignifikáns eltérés a matematika, a kémia, a földrajz és a történelem tekintetében sem. Egyedül a fizika volt az a tantárgy, amelyet a fiúk kimutathatóan jobban szeretnek, mint a lányok, a többi tantárgyat viszont a lányok inkább kedvelik. A nemzetközi összehasonlító vizsgálatokban Magyarország legtöbbször az országoknak abba a csoportjába tartozik, ahol kismértékű fiú-lány különbséget lehet kimutatni.

Ismert tény, hogy a lányok biológiai és szociális érése egyaránt megelőzi a fiúkét, a lányok fejlettségbeli előnye akár több éves is lehet. Az attitűdök elemzése során ilyen eltérés nem adódott. Bár az attitűdök az évfolyamok között sokat változtak, a fiúk és lányok közötti különbségek a hetedik és a kilencedik évfolyamban ugyanannál a tantárgynál ugyanolyan irányban jelennek meg. Összességében a tantárgyak többségét a lányok általában jobban szeretik, mint a fiúk.

A felmérés során elemezték az attitűdök és az általános képességek összefüggéseit, valamint a természettudományi tudással való kapcsolatot is. Alkalmazható természettudományi tudással a hetedik és a tizenegyedik évfolyamon számolhattunk. Az adatok kiértékelése során megállapítást nyert, hogy alig van kapcsolat a tanulók képességei, tudása és a tantárgyakhoz való viszonya között. A fejlettebb képességekkel, több tudással

rendelkező gyerekek sem szeretik jobban a felsorolt tantárgyakat (matematika, fizika, kémia, biológia, földrajz, nyelvtan, irodalom, történelem, rajz, idegen nyelv), mint a gyengébben teljesítők. A tizenegyedik évfolyamon már alig tapasztaltak szignifikáns összefüggést. A fizikával és a kémiával kapcsolatos attitűdök már egyáltalán nem függenek össze az induktív gondolkodás fejlettségével vagy a TIMSS (Third International Mathematics and Science Study) teszteken nyújtott teljesítményekkel. Megállapítható, hogy a képességek fejlettségétől függetlenül mindenki elutasítóan viszonyul e két tantárgyhoz.

Elemezték azt is, hogy a szülők iskolázottsága milyen mértékben befolyásolja azt, hogy a tanulók mennyire szeretik az egyes tantárgyakat. A fizika, a kémia, a nyelvtan és a rajz esetében nem találtak szignifikáns kapcsolatot, sőt az életkor előre haladtával a szülők iskolázottságának szerepe még tovább csökken (*Csapó, 2000*).

A tantárgyakkal kapcsolatos attitűdök nemzetközi összehasonlítására alkalmas harmadik nemzetközi matematika és természettudomány felmérés (TIMSS) keretében végzett attitűdvizsgálat adatai is azt mutatják, hogy nemzetközi viszonylatban is a legtöbb országban csökken az iskolában töltött évek arányában a kémia kedveltsége. Nem önmagában az problémás, hogy a tanulók kémia tantárggyal kapcsolatos attitűdje csökken, hanem az, hogy a többi tantárgyhoz képest lényeges változás, jelentős lemaradás tapasztalható (*Csapó, 2000*).

2. A témaválasztás időszerűsége, indoklása

Az utóbbi évtizedekben a tananyag változott, viszont az elsajátítandó természettudományos tudás egy része nem megfelelően alkalmazható a hétköznapi felmerülő problémák megoldásában. Ezért is fontos, hogy a kémia tanítása során folyamatosan keressük azokat a pedagógiai-módszertani újdonságokat, aktuális ismereteket, amelyek oktatási gyakorlatba való beépítésével hatékonyabbak, eredményesebbek lehetünk.

A hazai közoktatásban is kiemelt szerepe van a természettudományos nevelésnek, ezen belül is a környezeti nevelésnek. Nemzetközi felmérések eredményei azt bizonyítják, hogy a biológia, fizika, természetföldrajz és a kémia tantárgyakat oktató tanárok felkészültsége diszciplináris szempontból, tudományos színvonalukat tekintve kiválóan minősíthető (*Nahalka, 1995*). Ezzel szemben a hazai és nemzetközi összehasonlító vizsgálatok adatai tükrözik a természettudományos oktatás és tanulás problémáit is. Ezeket is figyelembe véve szükségessé vált a Nemzeti Alaptantervben is az Ember a természetben műveltségi terület alapelveinek és törekvéseinek kiszélesítése (NAT, 2003). Olyan oktatási programcsomagok fejlesztése kezdődött, amelyekben a fontosabb elvek és szempontok a következők voltak: a

gyakorlatiasság és az alkalmazható tudás szempontja, a tartalomtudás és a képességfejlesztés megfelelő arányának követelménye, a képesség- és személyiségfejlesztés szempontjai, a hatékony nevelői kompetenciák szükségessége, a konstruktív tanulási gyakorlat követelménye, a differenciált fejlesztés és esélyegyenlőség szempontja, a tanulási környezet és tanulási eszközök hatékonyságának követelménye, a tanulási tartalmak komplexitásának szempontja (Havas, 2009).

A kémia tantárgy keretein belül már a 7-8. évfolyamon is ki kell térni a víz- és levegőtisztaságra, a levegőszennyező forrásokra, a szennyezés megelőzésének lehetőségeire, valamint a környezetet károsító folyamatok okainak ismertetésére. A 9-12. évfolyamon a környezeti rendszerek állapota, védelme, és a fenntarthatóság terén foglalkozni kell a mezőgazdasági és ipari tevékenységek környezeti hatásaival is.

A kémia tantárgy részletes követelménye tartalmazza a középszintű tananyag részeként azt is, hogy hangsúlyt kell fektetni szerves kémiából a halogéntartalmú szerves vegyületek környezetvédelmi vonatkozásaira, különösen az ózonrétegre gyakorolt hatásaikra, a savas eső kialakulására, valamint a mérgező hatásukra, a következményekre.

A levegőszennyező anyagok vizsgálata, azok adszorpciójának mértéke, eltérése, hatásaik bemutatása különböző körülmények között lényeges az oktatásban. Az adszorpció fogalmát mindenkinek ismernie kell, amely előkerül kilencedik osztályban a szilárd anyagok tanulmányozásakor kémiából, de a biológia tananyagban is szerepel például a talajkolloidok szerepe kapcsán. A környezettudatos szemléletmód kialakítása fontos része a természettudományos nevelésnek, így az ökológia, a talajtan, a levegő ismertetése, tanulmányozása során is ki kell térni az adszorpcióra. Fontos, hogy ezt a témát is hétköznapi példákkal szemléltessük, mert ez segíti a megértést, az ismeret konstruálását, valamint használható, adaptív tudást hozhat létre.

Az adszorpció egyike azon jelenségeknek, amelynek megértése könnyíthető, ha konkrét vizsgálati eredményeket mutatunk be. Ha a fogalom bemutatása után közösen próbálunk meg hétköznapi példákat felsorakoztatni, akkor a diákok sok olyan helyzetet is meg tudnak majd magyarázni, amelyet már tapasztaltak, de nem gondolták át, hogy mi mehetett végbe közben. Ilyenek például: az ételek átveszik egymás szagát a hűtőszekrényben, ha nem fedjük le azokat, a dohányfüst megkötődik a hajon és a ruházaton, vagy a festékanyagok megkötődnek a ruha szálain. Ezeken keresztül a fizikai és kémiai adszorpció is bemutatható, jól érzékeltethető a kettő közötti különbség. A gyerekek egyre több hasonló példát említenek, és így az előzetes tudásukra építve, gyakran azt pontosítva vagy átalakítva maguk konstruálják meg azt a tudást, amelyet feltehetően sikerrel fognak

alkalmazni a biológia, a fizika és a kémia tantárgy adott keretei között, sőt a hétköznapi életben is.

A számítógépes szimulációs módszerrel kapott eredményekkel alkalom adódik olyan jelenségek szemléltetésére, amelyek a tapasztalatra épülnek, bizonyíthatók, hitelesek és tudományosak. Ez a módszer szemben áll minden olyan áltudományos gondolkodással, amely feltételezéseken alapul, hitelessége megkérdőjelezhető.

A vizsgálati módszer ismeretében a számítógépes szimulációs eredmények alapján a tanulóknak lehetőségük van további hipotézisek felállítására, ellenőrzésére. Így a szimulációra építve kutatás alapú tanulás/tanítás is megvalósítható, amely a komplex természettudományos látásmód kialakítására és számos fontos kompetencia fejlesztésére egyaránt alkalmas, a jövő természettudományos oktatási módszereinek egyik leghatékonyabbika lehet.

Számtalan felmérés igazolja, hogy a középiskolás tanulók természettudományos ismeretei nemcsak hiányosak, de tévképzetek sokaságával is terheltek. Az egyik problémás terület a kémiai részecskék, anyagi halmazok jellemzőinek megtanítása, a megfelelő részecskeszemlélet kialakítása. Éppen ezért választottam disszertációm témájaként ennek egy részterületét, amely szorosan kötődik a molekulákhoz, az adszorpció jelenségéhez, ezen keresztül a részecskék közti kölcsönhatások egyes típusaihoz, és a modellezés során a vizsgált molekulákon keresztül a környezeti neveléshez is.

A disszertációm első részében a mindennapi gyakorlatban jelenleg iránymutatásként szolgáló NAT 2012 előírásait foglaltam össze a kémia tantárgyra vonatkozóan a környezeti nevelés szempontjából. Ezután a konstruktivista pedagógia elméleti hátterét ismertetem, és ezt alapul véve mutatom be a vizsgált molekulák adszorpciója során készített modelleket. Majd ezen eredmények oktatási hatékonyságát kilencedik évfolyamon tanuló diákok körében végzett kontrollcsoportos kísérlet alapján elemzem.

3. A környezeti nevelés helye a hazai közoktatásban

Hazánkban, az utóbbi évtizedekben többszörös paradigmaváltás történt a tanítási és tanulási folyamat tervezése és szervezése terén. A XX. században tartalom- és ismeretközpontú oktatási modell volt jellemző, amelyben a tananyag központi tantervek által pontosan előírt volt, és szigorúan meghatározta a pedagógusok számára a célokat és a tanítási folyamat kimenetelét, valamint az elvárt eredményeit is.

A XX. század végétől kezdve megjelent a kompetenciaalapú oktatási modell, amelyben nagyobb hangsúlyt kapnak a mindennapi élethelyzetekhez szükséges készségeket,

képességeket, az egyén és a társadalom szempontjából elfogadható, illetve hasznos attitűdök kialakulását támogató tanulási folyamatok. Minden iskola meghatározta a saját célrendszerét, megfogalmazta a pedagógiai programját, amely a helyi tantervet is tartalmazta. Ennek alapját a Nemzeti Alaptantervre épülő kerettanterv képezte, de egy részét a pedagógusok választották ki a helyi körülmények, igények alapján.

A XXI. század tízes éveinek elején a tartalomközpontú és a kompetenciaalapú elképzelések egyensúlyán alapuló oktatási modell bevezetése történt meg. A kettősség célja, hogy biztosítsák az élethosszig tartó tanuláshoz elegendő, rendszerezett ismeretek (ún. közműveltségi tartalmak) átadását, az ehhez szükséges fogalom- és összefüggésrendszer kialakítását, a felelős állampolgári magatartáshoz és a mindennapi intelligens döntéshozatalhoz szükséges (természettudományos) műveltséget, továbbá az annak hatékony alkalmazásához elengedhetetlen képességek, készségek és attitűdök kialakulását is (Szalay, 2015).

A természettudományos tantárgyak oktatása a szűkös órakeretek és a magas követelmények miatt nagy feladatot ró a tanárookra és a diákokra egyaránt. A környezeti nevelés szinte minden tantárgyba beépülhet, bár főként a természettudományos tantárgyak esetén kap hangsúlyt. A Nemzeti Alaptanterv 2012 változatában a Földünk és környezetünk valamint az Ember és természet műveltségi terület részeként (amelybe a természetismeret, a fizika, a kémia, a biológia és egészségtan tantárgyak tartoznak) jelenik meg főként kiemelten a környezeti nevelés (Lükő, 2003).

A környezeti nevelés össztársadalmi folyamat, amely átfogja az iskolai és az iskolarendszeren kívüli képzési-nevelési területeket is. A környezeti nevelés az egész személyiségre, a teljes emberre ható nevelési folyamat, amely az ökológiai szemléletet képviseli, és kiterjed az emberi kapcsolatok világára is. A környezeti nevelés nemcsak a négy fal között zajlik, hanem helyszíne az erdő, az utca, a város, a folyópart is, azaz a szűkebb és tágabb környezetünk. A környezetünkben szerzett személyesen átélt tapasztalat érzelmeket és attitűdöket formál, alakít, befolyásol, és aktív, felelős cselekvésre ösztönöz. Ennek során ki kell hogy alakuljon egy megfelelő egyensúly a helyi és globális problémák felismerése és megértése terén.

A közoktatásban folyó környezeti nevelés átfogó célja, hogy elősegítse a tanulók környezettudatos magatartásának, életvitelének kialakulását annak érdekében, hogy a felnövekvő nemzedék képes legyen a környezeti válság elmélyülésének megakadályozására, elősegítve ezzel az élő természet fennmaradását és a társadalmak fenntartható fejlődését. Az oktatásban ezen a téren várhatóan elért eredmények a társadalom minden tagjára

kihathatnak, hozzájárulnak ezáltal a családokon, kisebb közösségeken keresztül egyre szélesebb körben a szemléletformáláshoz, szemléletváltáshoz.

Napjaink környezeti problémáinak tárgyalása (pl. a globális felmelegedés, a biodiverzitás rohamos csökkenése) kiemelt részét képezi a környezeti nevelésnek. Ennek során nem csak a globális válság alapos megismerése fontos, hanem az is, hogy feltárjuk a válság valódi okait is. Ma már biztosak vagyunk abban, hogy a természetben végbemenő negatív irányú változások jelentős része emberi beavatkozás eredménye, a káros anyagok nagyobb része antropogén eredetű. A természet, társadalom és a gazdaság hármásának kapcsolatában kiemelt szerepe van az embernek, mert az ember tudja a gazdasági és társadalmi viszonyokat úgy alakítani, hogy a fenntarthatóság megvalósulhasson. Ezért ki kell alakítani a környezeti nevelés keretein belül is a diákokban az érdeklődést, az érzékenységet és a kritikusságot a természeti és társadalmi folyamatokkal, viszonyrendszerekkel szemben. Az iskolai környezeti nevelés legfontosabb feladata tantárgyaktól függetlenül az, hogy sokféle alternatívával ismertesse meg a tanulókat. A megszerzett tudás birtokában képesek lehetnek megalapozott döntéseket hozni, önálló, kritikus, felelős módon gondolkodó emberré válni.

A környezeti nevelést meghatározó alapvető dokumentumok a Nemzeti Alaptanterv és módosításai, az Óvodai Nevelési Országos Alapprogram valamint a Nemzeti Környezeti Nevelési Stratégia.

4. A Nemzeti Alaptanterv és módosításai a környezeti nevelés területén

Hazánkban a kilencvenes években a közoktatásban csak egy-két tantárgy keretein belül vagy szakkörökön folyt környezeti nevelés, és viszonylag kevés pedagógus mindennapi oktatási gyakorlatába épült be. Ugyanakkor már megjelent egyes országos tanulmányi versenyek témakörei között. Később egyre inkább elterjedté vált a tehetséggondozásban, majd teret hódított a tanórai és a tanórán kívüli foglalkozásokon is, főként az erdei iskolákban, terepgyakorlatokon. A magyarországi környezeti nevelés gyakorlata fokozatosan megerősödött (*Havas és Varga, 2009*).

A környezeti nevelést átfogóan kell értelmezni, ezért ez egy tantárgyakon átívelő, komplex feladat. Fő cél, hogy a természettudomány ismeretei és módszerei beépüljenek a tanulók gondolkodásába úgy, hogy a mindennapi problémák megoldása és értelmezése során az ismeretek előhívhatók legyenek. Az elméleti háttér elsajátítása mellett kiemelten fontos a gyakorlatközpontúság, a hétköznapi jelenségek, folyamatok megértése, vagyis az alkalmazható tudás megszerzése is.

A Nemzeti Alaptanterv kulcskompetenciákat fogalmaz meg. Szerepel közöttük a természettudományos és technikai kompetencia is. Ehhez szükség van elsajátítandó ismeretekre: a természeti világ alapelveinek, az emberi tevékenység természetére gyakorolt hatásának megismerésére. A szükséges képességek a következők: a tudás alkalmazása, problémamegoldás, döntésképeség. A kialakítandó attitűdök pedig a kritikusság, kíváncsiság és az etikusság.

„A természettudományos kompetencia az ismereteknek és készségeknek azt a rendszerét jelöli, amelynek megfelelő szintje lehetővé teszi, hogy megfelelő ismeretek és módszerek felhasználásával leírjuk és magyarázzuk a természet jelenségeit és folyamatait, bizonyos feltételek mellett előre jelezve azok várható kimenetelét is. Segít abban, hogy megismerjük, illetve megértsük természetes és mesterséges környezetünket, és ennek megfelelően irányítsuk cselekedeteinket. A technikai kompetencia ennek a tudásnak az alkotó alkalmazása az emberi vágyak és szükségletek kielégítése érdekében. A természettudományos és technikai kompetencia magában foglalja a fenntarthatóság, azaz a természettel hosszú távon is összhangban álló társadalom feltételeinek ismeretét, és az annak formálásáért viselt egyéni és közösségi felelősség elfogadását.” (NAT, 2012).

Ehhez nélkülözhetetlen a természet működési alapelveinek, az alapvető tudományos fogalmaknak, módszereknek, folyamatoknak az ismerete, de lényeges, hogy a tanulók ismerjék az emberi tevékenységek környezetre gyakorolt hatásait és azok következményeit is. Emellett a természettudományos kompetencia kritikus és kíváncsi attitűdöt, nyitottságot alakít ki az emberben, így igyekszik megismerni és megérteni a természeti jelenségeket, megoldásokat, figyel az etikai vonatkozásokra, valamint tiszteli a biztonságot és a fenntarthatóságot.

A NAT kiemelt fejlesztési feladatokat is megfogalmaz azért, hogy a kulcskompetenciák megvalósítása könnyebb legyen. Ezek elsődlegesen határozzák meg a személyiségfejlesztés érdekében megvalósítandó célokat. Közöttük szerepel a környezettudatos nevelés is. Célok pl. a környezetet óvó, a fenntartható fejlődést segítő magatartás, életvitel kialakítása, kreatív gondolkodás, eligazodás a természet, a társadalom, a jog és a gazdaság területén, természettudományos gondolkodás fejlesztése, a természet és az ember alkotta értékek felismerése és megőrzése, a környezetkímélő magatartás, a fenntartható fogyasztás elvének megértése, a környezeti értékek megőrzésében, gyarapításában való részvétel.

Az ember és természet műveltségi területen belül a fejlesztési feladatok között is hangsúlyos szerepe van az egységes természettudományos szemlélet kialakítására való

törekvésnek, emiatt is fontos a tantárgyak közötti kapcsolódási pontok megtalálása, a komplex szemléletmód kialakítása. A környezeti nevelés átfogó fogalom, környezetkultúrára való nevelést is jelent, amely magába foglalja a természetes, az ember által alkotott és a társadalmi (gazdasági, politikai és kulturális) környezetet egyaránt.

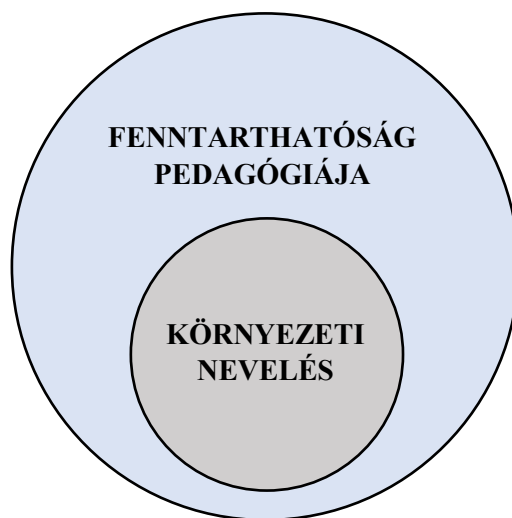
A környezeti nevelés fogalom a NAT 2003-as változatában már kibővül, mert abban már nem egyszerűen fenntartható társadalomról, hanem a társadalmak fenntartható fejlődéséről, egy dinamikus folyamatról van szó. A környezeti nevelés hatókörének egyértelmű szélesítését jelenti az egész életen át tartó tanulás beemelése a környezeti nevelés célrendszerébe. Azaz nemcsak a tudás átadása lényeges, hanem az is, hogy megtanítsuk a tanulókat arra, hogy folyamatos tanulással hogyan válaszoljanak az újabb és újabb kihívásokra, amelyek a társadalmak fenntartható fejlődése felé vezető úton jelentkeznek.

A NAT 2012-es változata tovább bővíti a fenntarthatóság és a környezettudatosság területére vonatkozó elvárásokat. „A felnövekvő nemzedéknek ismernie és becsülnie kell az életformák gazdag változatosságát a természetben és a kultúrában. Meg kell tanulnia, hogy az erőforrásokat tudatosan, takarékosan és felelősségteljesen, megújulási képességükre tekintettel használja. Cél, hogy a természet és a környezet ismeretén és szeretetén alapuló környezetkímélő, értékvédő, a fenntarthatóság mellett elkötelezett magatartás váljék meghatározóvá a tanulók számára. Az intézménynek fel kell készítenie őket a környezettel kapcsolatos állampolgári kötelességek és jogok gyakorlására. Törekedni kell arra, hogy a tanulók megismerjék azokat a gazdasági és társadalmi folyamatokat, amelyek változásokat, válságokat idézhetnek elő, továbbá kapcsolódjanak be közvetlen és tágabb környezetük értékeinek, sokszínűségének megőrzésébe, gyarapításába.”

A környezeti nevelés nem arról szól, hogyan védhetnénk meg a környezetet, hanem arról, hogyan védhetnénk meg saját magunkat. Erre épül a fenntarthatóság pedagógiája kifejezés is, hiszen ez nem a környezet, hanem az emberiség, a társadalmak fenntarthatóságára vonatkozik. Ennek érdekében a képzésben több kognitív, szociális és emocionális kompetencia elsajátítására van szükség. Mindezen képességek elsajátítása azt a hosszú távú célt szolgálja, hogy az emberek képessé váljanak a közösségek életét a fenntarthatóság szellemében aktív részvétellel befolyásolni, ily módon hozzájárulva a fenntartható társadalom jövőbeli kialakulásához (Varga, 2004).

A fenntarthatóság pedagógiájának megfogalmazása mögött annak a belátása húzódik meg, hogy a természeti környezet megóvása lehetetlen a társadalom fenntarthatóságának elérése nélkül. Vagyis „a fenntarthatóság pedagógiája nem más, mint a környezeti nevelés kibővült tartalmi és fogalmi rendszerére épülő, a környezeti nevelést mintegy magába

foglaló pedagógiai gyakorlat.” (Vöcsei és mtsai, 2009). A mai értelmezés alapján tehát a környezeti nevelés a fenntarthatóság pedagógiájának szerves részét képezi, amint azt az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra: A környezeti nevelés és a fenntarthatóság pedagógiájának kapcsolata (Schróth, 2015 alapján)

A pedagógiai gyakorlat során lényeges, hogy a fenntarthatósággal kapcsolatban hangsúlyt kapjanak a komplex társadalmi, gazdasági és környezeti összefüggések, ezért elengedhetetlen, hogy a humán tantárgyakban is jelen legyenek a környezettudatossággal és a fenntarthatósággal kapcsolatos felelősség kérdései (Schróth, 2015).

5. A konstruktivizmus és a természettudományos nevelés

„A konstruktivizmus a tudás természetére és keletkezésére vonatkozó ismeretelmélet, amelynek legfőbb állítása, hogy a megismerő rendszerek maguk hozzák létre a tudást, a világról alkotott kép, az ismeretek rendszere konstrukció eredménye” (Nahalka, 2002).

A konstruktivizmus egy ismeretelmélet, amely azzal foglalkozik, hogy mi a tudás, és hogyan keletkezik. Szemléletében új, mert hisz a tudás aktív, belső, személyes felépítésében. Alaptétele szerint a tudás nem az egyénben kumulálódik, hanem az egyén saját maga konstruálja. Kialakulásában talán a leglényegesebb elem a már meglévő tudás. Van egy élő, létező rendszer az agyunkban, amely folyamatosan fejlődik és változik. Ez a folyamat a tanulás, amely mindenkién ugyanúgy megy végbe, de eltérő eredményre vezet. A tanulás szociális folyamat is, amelyben a társas érintkezések is kiemelkedő szerepet játszanak. A konstruktivizmus nem fogadja el, hogy a világot tapasztalatainkból kiindulva ismerjük meg, hanem úgy véli, hogy már a tapasztalataink is konstruáltak (Nahalka, 2002).

A természettudományos nevelés területén még ma is elterjedt az empiria elsőbbsége, vagyis az, hogy minden természettudományos ismeretet az empirikus megismerés során szerzünk, megfigyeléseket, méréseket végzünk, a tapasztalatok alapján fogalmakat alkotunk, következtetéseket vonunk le az általános összefüggésekre vonatkozóan. Ezek alapján az ismeretszerzés induktív logikán alapszik, az egyszerűbbtől az összetett felé, az egyestől az általános felé haladó folyamatról van szó. Ez azt is jelenti, hogy a kémia órákon az elvégzett kísérletek is egyértelműen megalapozzák az elméletet, az empirikus bizonyítékok, a kísérletek alapján biztosan általánosításokat fogalmazhatunk meg.

Az elmúlt évtizedekben a tudományfilozófiában bekövetkezett nagymértékű fejlődés során bebizonyosodott, hogy a tudomány működése nem ilyen. A tudományra a deduktív jellegű ismeretelsajátítás a jellemző. Csak empirikus tények alapján nem lehet elméleti általánosításokhoz eljutni, minden empirikus vizsgálat háttérében ott van valamilyen elmélet, előfeltevés. A korszerű tudományfelfogások nem tagadják, hogy fontos szerepe van a megfigyeléseknek, a kísérleteknek, de nem lehet az empiriából közvetlenül eljutni az elméletig. Ennek oka az, hogy a megfigyeléseket, a kísérleteket is bizonyos elméleti háttértudás birtokában végezzük, vagyis nem létezik elméletfüggetlen megfigyelés, kísérlet, mérés. A tudomány logikája tehát döntően deduktív (*Nahalka, 1995*).

A konstruktivizmust megelőzően az ismeretátadás, a szemléltetés és a cselekvés pedagógiája esetén minden elképzelés középpontjában a tudás keletkezése állt, amely szerint a tanulás valamilyen külső forrásból származik és válik az ember sajátjává. Így a teljes folyamat objektív, a külvilág változásának függvénye, és független a tanuló szubjektumától. A konstruktivizmus nem fogadja el a tanuló passzív részvételét a tanulás folyamatában, és azt sem, hogy az ismeret nem más, mint a környezet egyszerű lenyomata. A tudásrendszert egy bonyolult hálózatként értelmezi, amelynek elemei kapcsolódnak egymással. De a tanulás során nem új egységek illeszkednek egyszerűen a már meglévő rendszerhez, hanem beépülve megváltoztatják az eredeti kapcsolatrendszert, átalakítják a köztük levő mintázatot. Így a konstruktivizmus szerint a tudás egy olyan rendszer, amelynek szerkezete folyamatosan átalakul, és nem kumulatív módon épül egymásra.

A konstruktivizmus egy olyan ismeretelmélet, amely szerint a tanulás a belső világ folyamatos építése, állandó konstrukció. A konstruktivista tanulás szemlélet alapvetően épít a meglévő, előzetes tudásra (prior knowledge), amely irányítja az új gondolkodási struktúrák létrejöttét. Ha a megelőző tudás könnyen előhívható, akkor jó esély van rá, hogy az új információ értelmezése sikeres lesz. Az emberi tudás konstrukció eredménye, vagyis az ember felépít magában egy világot, amely a tapasztalatait szervezi, befogadja és értelmezi.

Ennek a belső világnak a funkciója lesz az embert érő információk feldolgozása, értelmezése, rendszerbe való beépítése, azaz a tanulás. Ezért az elsajátítás során kiemelt szerepe van a modelleknek, analógiáknak és hasonlóságoknak.

„A modell szó többjelentésű. Jelent egyrészt mintát, követendő dolgot. Jelent tárgyi modellt, vagyis az eredetihez formájában, esetleg működésében is hasonló tárgyat, játékot. Jelent demonstrációs eszközt. Jelent elméleti konstrukciót, ekkor a modell szó valójában az elmélet vagy a paradigma szónak a szinonimája. Jelent valamilyen anyagi rendszert, amelynek néhány tulajdonsága, működése reprezentálhatja egy másik anyagi rendszer tulajdonságait, működését. S jelenthet a modell – tudományelméleti értelemben – elméleti leképezést, vagyis olyan összefüggésrendszert egy adott elméleti keretben, egy adott valóság-szféra vizsgálatában, amely egy másik paradigma keretei között vizsgált jelenségek, rendszerek leírásának is jó mintája, elsősorban a matematikai megfelelések fontosak ebben az esetben. A természettudományos nevelésben használt modellfogalom valójában az itt felsorolt értelmezések közül néhányának a keveréke.” (Nahalka, 1995).

A modell szót többféle kontextusban is használjuk a részecskeszemlélet oktatása során. Amikor anyagszerkezeti modellről beszélünk, az anyagi halmazokat írjuk le, akkor gyakran azt mondjuk, hogy az anyagokat kicsi, gömb alakú, állandóan mozgó, egymással kölcsönhatásban álló részecskék sokaságaként értelmezzük. Ekkor egy elméletet fejtünk ki a modellt felhasználva, vagyis a modell szó az elmélet része.

Ha összekeverünk például kristálycukrot és babot, akkor tapasztaljuk, hogy az össtérfogat kisebb, mint a felhasznált cukor és a bab térfogatának összege. A cukor és a bab egy-egy anyagi rendszer modellezésére szolgál, és általa megfogalmazhatunk bizonyos hipotéziseket a valóságos részecskerendszerek viselkedésére vonatkozóan is. Arra is következtethetünk, hogy két különböző folyadék (pl. víz és etil-alkohol) összeöntésekor sem adhatók össze az egyes térfogatok. Ebben az esetben a modell szerepe az, hogy segíti a deduktív hipotézisalkotást (Nahalka, 1995).

A modellek alkalmazásának pozitív hatása, hogy a modell felállítása után olyan célirányos kísérletek végezhetőek el, amellyel a modell finomítható, javítható, tökéletesíthető, esetleg teljesen elvethető lesz. Az alkalmazható modellekkel folyó oktatás egyrészt támaszkodik a valódi tudományos kutatás eredményeire, másrészt segíti a tudás konstruálását. Ezért is tartottam fontosnak az új kutatási eredményeinkre alapozott modelljeink oktatásban való alkalmazását, kipróbálását. A tanítási folyamatban az ismeretelsajátítás deduktív módját követtem, mert a problémák felvetése után került sor az

elmélet, a modell ismertetésére, majd ezután a részletek megismerése, a fogalomalkotás következett.

6. A konstruktivizmus és a környezeti nevelés

A környezeti nevelés olyan terület, amely nem elsősorban az ismeretközpontú pedagógiát követi, hanem a tanulók tevékenységére, problémamegoldásaira épít. Ez azt is jelenti, hogy nagyon fontossá válik a felfedezés, a tapasztalatok szerzése. A környezeti nevelésben is alapvetően szükséges a holisztikus látásmód, vagyis az egységben, egészben való gondolkodás, a rendszerszemlélet.

A környezeti nevelés a fenntarthatóság pedagógiájának része, amely interdiszciplináris, multidiszciplináris megközelítést igényel. Ezért is alkalmas arra, hogy a diákok megtanulják, hogy a tudás komplex, gazdag kontextusokba helyezhető, és azt a tudást is el kell sajátítaniuk, amellyel a különböző kontextusokban megfelelően alkalmazzák az ott releváns tudást (*Nahalka, 2011*). A környezeti nevelés kezdetben csak természetvédelmet jelentett. Később jelent meg a környezetvédelem, amely az ember környezetet károsító tevékenységét, biológiai, kémiai, fizikai hatásrendszerének vizsgálatát állította a középpontba. Napjainkra eljutottunk a környezeti nevelés széles értelmezéséig, amely a társadalmi folyamatokat, az ember ökológiai felelősségét, a komplex ökológiai és társadalmi rendszerek működésének vizsgálatát tekinti legfontosabb feladatának. A környezeti nevelés tehát fokozatosan kimozdult a merev tudomány-központúságból, fokozatosan interdiszciplinárisá, vagy még inkább multidiszciplinárisá vált, a holisztikus látásmódot valósítja meg.

Tudnunk kell, hogy az egyes paradigmák, környezeti nevelési látásmódok nem a régiók kiszorításával, hanem azoknak átfogóbb rendszerekbe való beépítésével jönnek létre. A modern környezeti nevelés nem tagadja meg a természetvédelmet, vagy a környezetvédelem tudományos megközelítéseit. Ezek ma is nagyon fontos részei a környezeti nevelésnek, csak beágyazódnak egy átfogóbb feladatrendszerbe, a környezettudatos magatartás kialakításának követelményébe (*Nahalka, 1998*). A konstruktív pedagógia a környezeti nevelés terén is abból indul ki, hogy a gyerekek iskolába lépésük pillanatában rendelkeznek olyan meghatározó tudással, amely irányítani fogja iskolai ismeretszerzésüket és képességeik fejlődését az ökológiai összefüggések megismerésében, a környezetvédelem feladatainak elsajátításában, a környezettudatos magatartás felépítésében. Tudjuk, hogy a gyerekek „élő” fogalma egyáltalán nem azonos a felnőttekével. Tudjuk, hogy a gyerekek az élőlények közötti kapcsolatokról olyan

elképzeléseket hordoznak magukban, amelyek éppen ellentétesek az ökológia tudománya által vallottakkal. Tudjuk, hogy az öröklődés kérdésében milyen, szintén a tudományos ismereteknek ellentmondó képeket, felfogásokat hordoznak magukban.

A konstruktivista szemléletből kiindulva már kezdetben ismerjük a gyerekek elképzeléseit környezeti, ökológiai kérdésekben, és tudjuk, hogy hol vannak azok a pontok ebben az ismeretrendszerben, amelyeknek jelentős átalakuláson, konceptuális váltáson kell keresztülmenniük. Ezek a váltások nehezen előidézhetők, létrejöttük érdekében jelentős erőfeszítéseket kell tenni. Olyan tapasztalatokat kell biztosítani a gyerekek számára, hogy világosan láthassák, meglévő ismereteik, felfogásuk alkalmazásával ellentmondásokra jutnak, majd ismerjék fel, hogy világmagyarázataik nem kielégítőek, vagy legalábbis problémák vethetők fel velük kapcsolatban. Fel kell kínálni az alternatív magyarázatok lehetőségét, és olyan tanulási környezeteket kell megszervezni, amelyekben a tanuló fokozatosan felkészül a konceptuális váltásra, és végül majd meg is teszi azt, vagyis az alternatív magyarázatot, a tudomány álláspontját fogadja el. Ha nem törődünk a gyermeki értelmezésekkel, ha a pedagógiai folyamat tervezéséből, kivitelezéséből és értékeléséből kihagyjuk ezek hatását, akkor a folyamat leglényegesebb hatótényezőjét hagyjuk figyelmen kívül. A kulcskérdés az ismeretrendszer, a kognitív struktúra szerveződése, gazdagodása. Elsőként nem képességeket, érzelmeket, attitűdöket fejlesztünk, hanem ismeretrendszert, tudást, olyat, amely egyre komplexebb struktúrákba szerveződve a személyiségben – nem második tudásréteggént, hanem az alapvető tudásrétegekhez erősen rögzítetten – végül is komplexebb struktúrák, képességek, érzelmek, attitűdök kialakítására is képes (Nahalka, 1997d).

A környezeti nevelés során is erősíthetjük a tanulóknak azt, hogy a tanulás önálló tudáskonstrukció. Ezért olyan feladatokat, tevékenységeket adhatunk, amelyek során a tanulóknak „elméleteket kell gyártaniuk” az egyes folyamatok, jelenségek magyarázatára. Kémia tantárgyból minden évfolyamon megjelenik az energiaforrásokkal, az energiafelhasználással kapcsolatos téma. Így kereshetnek magyarázatot arra, hogy miért növekszik folyamatosan az emberiség energiafelhasználása akkor, amikor a fejlett országok nagy erőfeszítéseket tesznek ennek mérséklésére, vagy hogy milyen tényezők és mennyire befolyásolják a légkör szén-dioxid tartalmának növekedését, ha figyelembe vesszük a növények szén-dioxid felhasználását és oxigéntermelését, valamint a lebontó folyamatokhoz kapcsolódóan a légzéshez szükséges oxigén felvételét és a termelt szén-dioxid kibocsátását is.

A természettudományos tantárgyak oktatásakor a pedagógusok gyakran szembesülnek „tévkepzetekkel”. A környezeti nevelés során is sok olyan terület van, amely esetén azt tapasztaljuk, hogy a környezetükben lejátszódó folyamatok értelmezését, a fenntarthatóság egyes kérdéseit sajátos elképzelések, magyarázatok jellemzik. Nincs jó és rossz tudás, hanem adaptív vagy kevésbé adaptív tudás létezik. Ezért nemcsak a téves információkat kell kijavítanunk, újra cserélnünk a nevelés során, hanem fogalmi váltást kell elérnünk.

A konstruktivista pedagógia szerint csak az a valódi tanulás, amely során létrejön a megértés. „A megértés nem más, mint az újonnan konstruált tudás és a már korábban is létező tudás erős kapcsolatrendszer, az új tudás erős lehorgonyozottsága” (Nahalka, 2011). A kémia tanulásakor is többször előkerül a szelektív hulladékgyűjtés, a megújuló és a nem megújuló energiaforrások használata, amelyekkel kapcsolatban nem a „divatos szólamok” ismerete lényeges, hanem a jelenségek, összefüggések alapos megértése (pl. „jobb” a megújuló energiaforrások használata).

A folyamatok, összefüggések jobb megértését szolgálhatja a projektek szervezése is. Ha egy ipari folyamatban, egy üzem működése során környezetkárosítás történik, akkor alaposabban elsajátíthatják az ismereteket annak az adott, konkrét környezetkárosító hatásnak (pl. folyók vízszennyezése mosószerekkel, tavakba bemosódó műtrágyák hatása) a tanulmányozásával.

A konstruktivizmus szerint a tanulás során alapvetően fontos az előzetes tudás. E felfogás szerint a tanuló szinte minden esetben rendelkezik valamifajta előzetes ismerettel, amelyet „elő tud hívni”, és erre építve képes reagálni az adott problémára. Tehát előzetes tudás mindig van, de annak tartalma, pontossága tanulónként jelentősen eltérhet. A konstruktivista tanuláselmélet azt állítja, hogy a gyerekek fejében elméletek vannak, amelyekkel a pedagógus dolga foglalkozni a nevelés során. A pedagógiai tevékenység során segíteni kell a tanulókat alternatívák megkonstruálásában, és ez által következhet be a fogalmi váltás. A tanulás nagy részben ezeknek az átfogó tudásterületeknek a formálódását, alakulását jelenti (Nahalka, 2011).

Az anyagról alkotott gyermeki elképzeléseket több kísérletben is vizsgálták. Tudjuk, hogy a gyermekek számára komoly kihívást jelent az anyag részecskékből való felépíttessége, az atom- és molekulaszervezet, vagy a gázok tulajdonságainak megértése. A gyermeki szemléletben kezdetben a levegő azonos a semmivel, a gáz nem más, mint az a valami, amit a fűtéshez, a világításhoz vagy a főzéshez használunk, és az anyagok bármilyen halmazállapotban is vannak, mindig kitöltik a teret. Ez az a kiindulási helyzet, ahonnan el kell jutnunk az iskolai természettudományos nevelésben odáig, hogy az anyagokat sokféle

formában megjelenő, eltérő szerkezettel bíró, jelentős átalakulásokra képes dolognak értelmezzék. Ez a folyamat számos konceptuális váltás során mehet végbe sikerrel.

Az anyagok tulajdonságaival kapcsolatos ismeretrendszerek bővülésekor újabb nehézség jelentkezik, amikor például a gázokhoz mértéket rendelnek. Az anyagmennyiség a gyermekekben sokáig a térfogattal, a nagysággal egyező fogalom. A tapasztalatok azt mutatják, hogy a gyermekek kognitív struktúráiban differenciálatlan fogalomgyűttesek alakulnak ki. A nem kellően megalapozott, rögzült tudás az új ismeretek megszerzésekor az értelmezés sajátos, egyéni folyamatai révén a tudományostól teljesen eltérő értelmezésekhez vezethet.

Az anyagfogalom kialakulása során az egyik legfontosabb a részecskeszemlélet formálódása. Ez az egyik legnehezebb konceptuális váltás gyermekkorban. Nehéz elfogadni azt, hogy az anyag nem folytonos, hanem szemcsézett, kisebb részekből áll. Ez egy sor újabb kognitív fejlődésnek is az alapja (*Nahalka, 2002*).

7. A kémia tananyagban megjelenő környezeti neveléshez is kapcsolódó tartalmak

A természettudományos tantárgyaknál kiemelten fontos, hogy a tanulók megismerjék az egyes tudományos felfedezések hatását a mindennapi életre és a társadalmi fejlődésre. Számítalan lehetőség nyílik arra, hogy felismerhessék az egyes kutatások jelentőségét a környezeti problémák megoldásában, a természetes és épített környezet védelmében, valamint ismereteket szerezzenek arról, hogy az eredmények hogyan alkalmazhatók a hétköznapi életben.

A konstruktivista szemléletmódhoz igazodva a természettudományokban, így a kémiában is alapvető kérdés, hogy honnan szerezzük a tudásunkat a világról. Mivel nem létezik előismeret nélküli megfigyelés, ezért a tanuló is mindig úgy írja le a saját tapasztalatait, hogy a fejében, a gondolataiban már hozzáteszi az addigi világlátását, tudását, ismereteit, tapasztalatait. Így előtérbe kerül a rugalmas modellalkotás. Közben mindig újabb ismeretekre teszünk szert, amely eredményeképpen a fejünkben kialakult modellt, a gondolkodásmódunkat megváltoztatjuk, hozzáigazítjuk, finomítjuk az előzetes ismereteinkhez. Addig marad érvényben egy ilyen modell, amíg ellentmondásba nem kerül az előző ismereteinkkel (*Balázs, 2015*).

A diákok tanulási folyamata is hasonló séma szerint mehet végbe. Nem lehet eltekinteni az előzetes tudásuktól, gondolkodásmódjuktól, azoktól a modellektől, amelyeket addig kognitív módon szereztek és kialakítottak magukban. Ha az iskolában szerzett új

ismeretek nem illeszkednek a már meglévő ismeretekhez, akkor a tanuló elkezd külön kezelni ezeket, ezért az iskolai lecke csak egy bemagolandó ismerethalmaz lesz, ami távol esik az ő saját gondolkodásmódjától. A természettudományos tantárgyakra ez fokozottan érvényes lehet, és a kialakuló tévképzetek elvezethetnek az áltudományokban való őszinte hitig, valamint hozzájárulhatnak ahhoz, hogy a tanulók nehezen és nem szívesen tanulják az egyes tantárgyakat, nehéznek, megtanulhatatlannak tartják az adott tananyagot.

A következő részben az egyes tananyagtartalmakra térek rá, amelyek elsajátítása a kémia tantárgy keretein belül hozzájárul a komplex természettudományos gondolkodásmód kialakításához.

7.1. A 7-8. évfolyam tananyagtartalma

A hetedik évfolyamon jelenik meg új tantárgyként a kémia. A tanulók többsége nagy várakozással kezdi meg kémiából is a tanulmányait, így fontos feladat hárul a pedagógusra azért, hogy felkeltse a diákok érdeklődését, és ezután sikerüljön is megtartani. Kiemelt cél, hogy a diákok az újonnan elsajátított ismeretek és természettudományos szemlélet birtokában egyre tudatosabban ügyeljenek az egészségükre és az őket körülvevő szűkebb és tágabb környezetükre is.

Az oktatás és nevelés során számos módszer áll a pedagógus rendelkezésére (pl. kísérlet, projekt módszer, kooperatív technikák, modellalkotás, kiselőadás, prezentáció készítése, vita, számítógépes animációk), amelyekkel a kémiai jelenségek vizsgálata során mind elméleti, mind gyakorlati készségeket alakíthat ki és fejleszthet. Így lényeges, hogy a tanulókat sikerélményhez juttassa, ezáltal fenntartsa az érdeklődésüket, valamint hozzájáruljon a hatékony tanuláshoz is.

A diákok természetes kíváncsisága nagyban segíti a pedagógus munkáját. Erre építve a hetedik és a nyolcadik évfolyamokon az élményközpontúságon van a hangsúly. Lényeges, hogy a tananyag szervesen kapcsolódjon a hétköznapi jelenségekhez, folyamatokhoz, így „közelebb hozható” a diákokhoz, vagyis segíti a megértést, ugyanakkor további folyamatok, jelenségek vizsgálatára, magyarázatok keresésére ösztönöz. Ennek megvalósításához kereshetünk példákat a konyhai tevékenységek között, az ételek elkészítésének folyamataiban, a takarítás, tisztálkodás tevékenységeiben, valamint a különböző étkezési szokások, diéták megismerésekor is. A megszerzett elméleti és gyakorlati tudásukkal képessé válhatnak az egészséges életmód és a környezettudatos magatartás kialakítására is.

A kerettanterv előírásai között kiemelten fontos szerepet kap a levegő- és vízszennyezés kérdése, valamint az antropogén és természetes eredetű szennyezések

megkülönböztetése. Ezekkel együtt meg kell ismerniük a szűkebben vett környezetük, azaz helyi környezetük problémáit, majd ezeken keresztül cél a globális méretű problémák felismerése, a megértése iránti fogékonyság kialakítása is. Adhatunk olyan feladatokat a diákoknak, amelyben a szűkebb környezetükben kell keresniük ipari létesítményeket, és meg kell vizsgálniuk, hogy milyen, a környezetre káros (a levegőt, a vizet vagy a talajt szennyező) tevékenységet folytatnak, és utána kell járniuk ezek hatásainak, következményeinek is, végül egy prezentáció formájában ismertethetik a tapasztalataikat a társaikkal. Ezután közös véleményalkotásra, vitára is sor kerülhet. Több helyen méri a levegő minőségét, amelyek fontosságára szintén ki kell térni. Keressenek ilyen mérőpontokat, és gyűjtsék össze, hogy mit jelentenek például a tájékoztatási küszöb, riasztási küszöb fogalmak, értékek.

A konkrét tananyagtartalmakat megvizsgálva láthatjuk, hogy ebben főként a levegő és a víz, mint környezeti tényező vizsgálata, megismerése, valamint a levegő- és vízszennyező anyagok élettani hatása szerepel. Lényeges a környezet és fenntarthatóság terén a környezetterhelő folyamatok felismerése, a fosszilis energiahordozók ismerete, kimerülésük következménye, valamint az alternatív energiahordozók megismerése, jelentőségük felismerése, előnyeik megértése. Itt jelentős szerepe lehet az önálló munkának, adatgyűjtésnek például az egyes energiahordozók előnyeinek és hátrányainak rendszerezésekor.

A mindennapok során számtalan területen használunk papírból és műanyagból készült termékeket, így fontos a papír- és a műanyaggyártás folyamatainak áttekintése, a gyakoribb vegyszerek használata során felmerült környezetszennyezés lehetőségének megismerése. A műanyagok előnyei mellett ki kell emelni a hulladékkezelés kérdését, a szelektív hulladékgyűjtést, valamint a papírtakarékosság szükségességét, az újrapapír használatát is. Fontos tehát, hogy a tanulóknál kialakuljon a fokozott odafigyelés a környezetükre, ezen keresztül pedig cselekvően is vegyenek részt a környezeti rendszerek állapotának megőrzésében.

7.2. A 9-10. évfolyam tananyagtartalma

A középiskolások többsége már képes az elvontabb fogalmak befogadására, így lehetőség nyílik a korábban megszerzett ismeretek bővítésére és a logikus kapcsolatok felismerésére is. Ezért olyan gyakorlati ismeretek állnak a középpontban, amelyek hozzájárulhatnak a természettudományos tantárgyak közötti kapcsolódási pontok megtalálásával egy egységes természettudományos műveltség kialakulásához. A kémia, a fizika, a biológia és a földrajz tantárgyak sok területen összekapcsolódnak, egymásra

épülnek, az egyes jelenségek, törvényszerűségek egymásból következtethetők, magyarázhatók.

Kiemelt szerepet kap az egyes kémiai anyagok tanulmányozásakor azok hétköznapi felhasználásának kérdése, ezzel együtt olyan szemlélet kialakítása, amellyel felnőttként erkölcsileg helyes, és a fenntarthatóságot elősegítő irányba haladó, felelős döntéseket lesznek képesek hozni. A sokféle konkrétumokból kiinduló szemlélet lehetővé teszi az áltudományos és a féltudományos állítások felismerését is.

Központi helyen a fenntarthatóság kérdése áll, amely során alapvető a víztisztaság, levegőtisztaság megőrzésének kérdése, a szennyező anyagok és forrásaik felismerése, keletkezésük, hatásaik, valamint a szennyezés megelőzési módjának ismerete. Ennek sokrétű feldolgozásakor válogathatunk a különböző tudományos cikkekből, amelyeket közösen, vagy csoportmunkában is feldolgozhatunk. A csoportmunka a kezdeményezőkézséget, az önismeretet és a társas kapcsolati kultúrát fejleszti. Ezzel együtt lehetőségünk adódik az áltudományos információk kiszűrésére, elemzésére és a helyes válaszok megadására is.

A fogyasztási szokásokkal kapcsolatban kiemelten fontos az ésszerű és felelős szemlélet kialakítása és erősítése. Ennek érdekében is célszerű egy konkrét helyi környezeti probléma megismerése, információk gyűjtése a konkrét folyamatról, jelenségről és a környezetkárosító hatások következményeiről, valamint az elhárítás lehetőségeiről. Fontos ezután az egyéni vélemények megfogalmazása is például kiselőadás vagy vita alkalmával.

Egy-egy környezeti probléma vizsgálata alkalmas lehet arra is, hogy azt a tanulók az interneten való tudatos kereséssel, adatgyűjtéssel dolgozzák fel, ezáltal fejlesztve nemcsak a digitális kompetenciájukat, hanem az idegen nyelvi ismereteiket is. Erre alkalmas lehet az energiaforrásaink megismerése, azok keletkezésének folyamatain keresztül megvalósítható kiemelt környezeti nevelési cél az energiatakarékosság szükségességének felismerése, megértése. Fontos, hogy az egyes részterületeket feldolgozva a kapott eredményeiket, a levont következtetéseiket ismertessék a csoport vagy osztály előtt, így az anyanyelvi kommunikációs képességeik is fejlődnek.

8. Az adszorpció a kerettantervben

Az adszorpció folyamata több tantárgy tananyagának egyes részterületéhez is kötődik. Kémia tantárgyból a kerettanterv *A* és *B* változata is összesen 108 órára, azon belül 97 órára jelöli meg a tananyagot, míg 11 óra a szabadon tervezhető órakeret.

Az általános iskolák 7-8. évfolyama számára készült kerettanterv bevezetője a következőket tartalmazza: „Tanulmányaik során a diákok legtöbbször megfigyelésekből, tapasztalatokból, kísérletekből indulnak ki, ezekből vonnak le következtetéseket, majd kutatják az anyag viselkedésének okait. Menetközben maguk a tapasztalatok sarkallhatják a tanulókat nyomozásra, a miértek keresésére. Így a tudományos megismerés egyes formáinak alkalmazásával egyre önállóbban és sokoldalúbban tudnak új ismereteket szerezni. Kísérleteik, mini kutatásaik, méréseik révén hasznos anyagismerethez jutnak, amelyeket a napi élethez kapcsolódó tevékenységeik során – mint például tűzvesélyesség, tűzoltás, háztartási vegyszerek tulajdonságai, kozmetikai krémek hatásai, főzés-sütés, mosás – közvetlenül is alkalmazhatnak. Mindeközben elsajátítják a kémiai anyagokkal való felelősségteljes, balesetmentes bánásmód alapszabályait is.

A kémiával való ismerkedés közben tehát a tanulók olyan tapasztalatokon, kísérleteken nyugvó, biztos anyagismereten alapuló tudást szerezhetnek meg, amely nemcsak segíti őket (például a háztartási teendőkben), hanem életmentő is lehet számukra (például a benzingőz robbanásveszélyes viselkedése, szén-monoxid végzetes hatása). Az elsajátított ismeretek és a természettudományos szemlélet birtokában a tanulók, majd a felnőttek lehetőségeiktől és tehetségüktől függően egyre tudatosabban ügyelhetnek az egészségükre, szűkebb és tágabb környezetükre. Ez a kialakuló természettudományos látásmód – bizonyos mértékű tényszerű anyagismerettel karöltve – védheti meg a jövő generációt vagy legalább annak egy részét az áltudományok különböző formáitól.”

A 7-8. évfolyam számára előírt követelmények figyelembe veszik azt is, hogy a tanulók egy kis része az általános iskola elvégzése után nem folytatja tovább a tanulmányait, vagy olyan képzési formát választ, amely során a kémia tantárggyal közvetlenül már nem fog találkozni. Ezért több szinten közelítve meg a tárgyalt jelenségeket egyben biztos kapaszkodót ad mindenki számára, ugyanakkor alapot szolgáltat azoknak, akik a középiskolás tanulmányaik során eltérő szinteken folytatják tovább a tanulást.

A kémiai jelenségek vizsgálata elméleti és gyakorlati készségeket igényel, oktatása során fontos a kísérletezés, a megfigyelés, amely sikerélményhez juttathat mindenkit, így hozzájárul a hatékony tanuláshoz is. Képesek lesznek egyszerű eszközökkel kísérleteket végezni egyénileg vagy csoportosan, a problémamegoldás során használni a modellalkotást, főként a részecskemodellt. A nyolcadik évfolyam végére ismereteket kapnak az anyagi világunkat felépítő apró részecskék (atomok, ionok, molekulák) szerkezetéről, a részecskék között kialakult kölcsönhatásokról.

A kerettanterv a gimnáziumok 7-12. évfolyama számára A változata a következőkkel kezdődik: „A kémiai alapképzettség az anyagi világ megismerésének és megértésének egyik fontos eszköze. A kémia tanulása olyan folyamat, amely – tartalmain és tevékenységein keresztül – az alapismeretek elsajátításán, illetve az alapvető logikai összefüggések felismerésén túl arra motiválja a tanulókat, hogy tudásukat a napi életüket érintő kémiai problémák kritikus végiggondolására alkalmazzák, és igényt alakít ki arra, hogy azt a későbbiekben gyarapítsák. A kémiai alapképzettség birtokosaként a tanuló érzékenyebbé válik az anyagokkal kapcsolatos természettudományos problémákra, és ezek értelmezésében képes kémiai ismeretekkel kapcsolatos információk értelmezésére, érti a kémiai gondolkodásmód és a tudományos kutatások alapvető szemléletmódját.”

Hetedik osztályban ismerkednek meg a tanulók a különböző részecskékkel, melynek során a közvetlen környezetükben levő anyagok tanulmányozása, az egyes folyamatok, jelenségek megfigyelése és értelmezése fontos szerepet játszik. A kémiaoktatás célja ebben az életkorban, hogy a tanulók anyagokról illetve az anyagok változásairól szóló elképzeléseit közelítse a tudományos igényű magyarázatokhoz, és rávilágítson az áltudományos információkra valamint azok felismerését tegye lehetővé. Emellett fontos, hogy megismerjék és egyre tudatosabban alkalmazzák a tudományos megismerés, magyarázat és érvelés alapjait, amelyek segíthetik őket a hétköznapi folyamatok során is a döntések meghozásában. A folyamatok megértéséhez modelleket alkotnak és alkalmaznak, amelyek a megértést szolgálják.

Nyolcadik évfolyamon a részecskék szerkezete és tulajdonságainak kapcsolata közötti összefüggés megismerése tovább mélyül, kiegészül a szimbólumszintű feldolgozással. Az A változatban a problémák, jelenségek, gyakorlati alkalmazások, ismeretek részben szerepel az oldatok összetevőinek elválasztása egységen belül az adszorpció és ennek néhány gyakorlati alkalmazása a háztartásban, az iparban. A fejlesztési követelmények között a szétválasztási műveletek magyarázata esetén a részecskemodell alkalmazása lényeges. A kapcsolódási pontok között a biológia-egészségtan terén is megjelenik az adszorpció, főként az adszorpció és allergia kapcsolata esetén.

Emellett a szén keletkezése, az ásványi szén, elemi szén, a fa száraz lepárlása, valamint a mesterséges szenek is szerepelnek az ismeretek között, amely kiegészül az adszorpció, mint megfordítható folyamattal illetve ennek alkalmazási területeivel. Az adszorpció kísérletek főként az aktív szénrel kapcsolatosak, és kiegészülnek annak felhasználási lehetőségeivel például a háztartásban, a kéményekben, a gázálarcban.

A *B* változat fejlesztési követelmények/módszertani ajánlások része kiegészül egy *M* betűs résszel, amely a tananyag feldolgozására vonatkozó további lehetőségekre mutat rá. Az itt megjelölt részek ajánlások, nem kötelező jellegűek, ötleteket, tanácsokat foglalnak össze. Kiemelten fogalmazódik meg, hogy a tanulók minél több olyan anyaggal és tulajdonságaival ismerkedjenek meg, amelyekkel a mindennapokban, a háztartásokban találkozhatnak, ezért a kísérletek során is ilyen anyagokat célszerű választani.

A keverékek komponenseinek szétválasztása részben itt is szerepel az oldás, kristályosítás, ülepítés, dekantálás, szűrés, bepárlás, mágneses elválasztás, desztilláció, valamint az adszorpció is. Az *M* jelű részben a fejlesztési követelmények, módszertani ajánlások között fordul elő az orvosi szén, a dezodorok és a szilikagél anyagok megismertetése, tulajdonságaik vizsgálata.

A négyévfolyamos általános tantervű gimnáziumok számára készült kémia-kerettanterv kiemeli, hogy a gimnáziumba járó tanulók már képesek az elvontabb fogalmak befogadására, a megismert sokféle anyag tulajdonságai közötti magyarázó, logikus kapcsolatok felismerésére. Fontos a részecskék szintjén magyarázható tulajdonságok megismerése, a kémiai kötések alapos megtanulása, ezáltal a fizikai és kémia tulajdonságok, jellemzők, valamint a közöttük levő kapcsolatok megértése is. Ez is lehetővé teszi a komplex természettudományos gondolkodás kialakulását, amellyel a fizika, biológia és a földrajz tantárgyak egyes területei valamint a kémiai ismereteik között lévő kapcsolatok felfedezhetők és alkalmazhatók lesznek.

A meghatározott ismeretanyag a 9-10. évfolyam esetén heti két órában kerül feldolgozásra, amelyből a kerettanterv 144 órájából 130 órára szóló tananyagot jelöl ki, míg 14 óra tananyaga szabadon tervezhető. A *B* változat nem csak általános és szerves kémiai ismereteket foglal magába, hanem szervetlen kémiai tananyagot is feldolgoz. Az anyagi rendszerek részben az előzetes tudás között szerepel az adszorpció fogalma. A kolloid rendszerek témakörben a tananyag tartalmazza az adszorpció jelenségének és jelentőségének megismerését, amelyhez az *M* betűs részben szerepelnek adszorpciós kísérletek és kromatográfia is. A téma mélyebb és tágabb tanulmányozásához a javaslatok között a szmogról, a ködgépekről, a szagtalanításról, a széntablettáról, a gázálcokról, a nanotechnológiáról szóló információk ismertetése, feldolgozása is olvasható. A szervetlen kémia tanulmányozása közben a szén tulajdonságai között javasolt az aktív szén felületén történő adszorpció bemutatása is.

A kerettanterv külön kezeli a hat- és nyolcévfolyamos általános tantervű gimnáziumi osztályokat, amelyek esetén alkalmazható az általános iskolák 7-8. évfolyama, majd a

négyévfolyamos gimnáziumok számára készült követelményrendszer. A gimnáziumi előírások között ezért itt is csak a *B* változatot alkalmazók esetén jelenik meg az adszorpció.

Az 5-12. évfolyam számára előírt követelményekben az *A* változat tartalmazza a kolloidok fajlagos felületére és felületi megkötőképességére vonatkozó tananyagtartalmat, amelynek megismerése főként a konyhai tevékenységek során előforduló kolloid rendszereken keresztül történhet.

A biológia-egészségtan tantárgy 9-12. évfolyama számára készült kerettanterv a növényi szövetek, a növények életműködései téma feldolgozása során a kémia tantárggyal való kapcsolódási pontnál említi a víz adszorpcióját. Az adszorpció jelenségének ismerete segít megérteni a szállítószövet felépítése és működése közötti kapcsolatot, így a növények vízszállítását is. A sejtek, szervek működésének megértéséhez nélkülözhetetlen a víz, az oldatok és kolloid rendszerek ismerete, amely szintén a kémia tantárggyal való összefonódást támasztja alá.

A NAT 2019 tervezete a tanulási és nevelési célok között a következőt említi: „A Föld egészségét érintő, országhatárokon túlmutató, összetett környezeti változások, mint például a klíma- és éghajlatváltozás, a környezetszennyezés, eddig ismeretlen kihívások elé állítják az emberiség egészségét, és egyben szükségessé teszik, hogy a különböző nemzetek együttműködve találjanak új megoldásokat az ebből fakadó problémák enyhítésére. Az új feladatok megkövetelik, hogy a felnövekvő nemzedékek tagjai megismerjék a megoldások kimunkálásához szükséges tudományos modelleket és technológiákat.” A környezeti problémák felismerése, azok megoldására való igény kialakítása a tervezet alapján is fontos feladat marad, és ebben a természettudományos tantárgyaknak kiemelt szerepe van.

A tervezet alapján az aktív tanulás kerül a középpontba. „Az aktív tanulás olyan szemlélet, amely a tudás passzív átadása helyett a tanuló aktív részvételét kívánó tudáskonstruálás sajátosságait veszi figyelembe. Az aktív tanulást támogatandó a pedagógus úgy mutatja be a jelenségeket, hogy tantárgya határait átlépve, a különböző tudásterületekhez tartozó ismeretek és készségek összekapcsolásával a tanulók gondolkodását, komplex jelentésalkotását serkenti. Segíti a tanulókat abban, hogy önállóan is képesek legyenek felismerni az összefüggéseket és a kölcsönhatásokat.”

A kémia tantárgy esetén kiemeli a tervezet, hogy fontos szerepe van „a tanulók számára releváns problémák, életszerű helyzetek megismerésének,” valamint a tanulók aktív közreműködésének is. „Az élményszerű, a tanulók gondolkodásához, problémáihoz közel álló ún. kontextusalapú tananyag-feldolgozás” hozhat sikert a kémia oktatása során. Az áltudományos nézetek, a tévképzetek nehezítik a megértést. „Elkerülhetetlen a tudományos

ismeretek és a hétköznapi tapasztalatokon alapuló naiv elméletek, primitív axiómák ütköztetése. Fogalmi megértést nehezítő további tényező a kémiai fogalmak néhány sajátossága. Az anyagok és jelenségek többszintű (makro-, részecske- és szimbólumszintű) értelmezése, számos kémiai fogalom elnevezésének és korszerű jelentésének ellentmondásossága, bizonyos fogalmak definiálatlansága, kontextustól függő jelentése, a tudományos és a köznyelvi jelentések különbözősége, valamint a kémia elméleti modelljeinek egymást kiegészítő, szimultán jellege riasztóvá, megemészthetlenné teheti a kémia tananyagát a kezdők számára. Ezért is különösen fontos a tanulók gondolkodásának megismerése, a fogalmi megértési problémák feltárása és a metafogalmi tudás kialakítása.”

A kémia tananyaga a tervezet szerint is mindenkire szól, szervesen kötődik a hétköznapi élethez és erősen alkalmazásközpontú, jelenségközpontú. Céljai között szerepel a környezettudatos, a fenntarthatóságot szem előtt tartó gondolkodás kialakítása mellett a mindennapi életben hasznosítható kémiai ismeretek bemutatásával az értő, felelős döntési képesség kialakításának elősegítése. Ezek a célkitűzések is azt támasztják alá, hogy új módszerek, eljárások alkalmazásával a problémaorientált, elemző és kritikai gondolkodást kell kialakítani, amelyhez a kutatásban szereplő számítógépes szimuláció módszere is hozzájárulhat.

9. Nemzetközi kitekintés, problémák

Az Európai Unió Bizottságának jelentése (A Renewed Pedagogy for the Future of Europe, 2007) több vizsgálat eredménye alapján rámutatott arra, hogy a fiatalok természettudományos tantárgyak és a matematika iránti érdeklődése csökken. Az adatok azt mutatják, hogy számos európai ország egyetemén egyre többen tanulnak, de a természettudományos területen mégis csökken a hallgatók száma. Ha a nemek közti megoszlást nézzük, akkor még rosszabb a helyzet. A PISA felmérések is azt támasztják alá, hogy a lányok között jelentősebben csökken az érdeklődés a természettudományok iránt, és ez már a 15 évesek körében is kimutatható.

A fiatalok érdeklődése a tudományok iránt elmarad a várthoz képest. Ennek oka sokféle, de bizonyíthatóan szoros összefüggés van a tudomány iránti érdeklődésük és az adott tudományterület tanítása között. Egy 2005-ben elkészített tanulmányban (“Europeans, Science and Technology”) számolnak be arról, hogy a megkérdezett tanulóknak csak a 15%-a elégedett az iskolai oktatás minőségével, színvonalával. Egy 2001-ben végzett felmérésben szereplő mintapopuláció tagjai a természettudományos érdeklődés és a

természettudományos pálya iránti csökkenés okai között 59,5%-ban az iskolai oktatást tartják felelősnek.

Az OECD által kiadott "Evolution of Student Interest in Science and Technology Studies" jelentés szerint a gyerekekben alapvetően megvan a pozitív hozzáállás, érdeklődés a tudományok iránt, de a hagyományos oktatás ezt gyakran elfojtja, negatívan hat rájuk. Az okok között szerepel az, hogy a tanárok gyakran az ún. „tábla-kréta” módszert alkalmazzák, nem mutatnak be és nem végeztetnek kísérletet, nem alkalmaznak új módszereket, amelyek segíthetnék az alaposabb megértést. A jelentésben javasolják, hogy a tanárképzésben is az új pedagógiai módszerek megismertetésére és elsajátítására kell helyezni a hangsúlyt.

Ahogy Peter G. Nelson (University of Hull) írja a Basic Chemical Concepts című tanulmányában (Nelson, 2003), a kémiatanárok folyamatosan szembesülnek azzal, hogy már az alapfogalmak tanítása is nehézségekbe ütközik. Gyakran a tankönyvekben található megfogalmazások is pontatlanok, és legtöbbször az atomok megismerésével kezdődik a kémia tanítása, ami ellentétes a tanulás alapvető pszichológiai folyamatával. A kémia tantárgy csak akkor oktatható eredményesen, ha először a makroszkóposan megfigyelhető tulajdonságokat vizsgáljuk, értelmezzük, és csak ezután következnek az atomi, szubatomi részecskék.

Mare Taagepera és munkatársai a tanulók természettudományos gondolkodásának vizsgálatával is foglalkoztak, és kutatásaik eredményét több tanulmányban is összefoglalták. Az egyik kutatásban (Vaarik, Taagepera és Tamm, 2008) a tanulók részecskeszemléletét a következőképpen vizsgálták: a tanulóknak az elektronegativitás értékek alapján kellett megállapítaniuk a vegyületek polaritását, majd ezek alapján megadni a várható fizikai tulajdonságaikat. Egy tizenöt kérdésből álló feladatsorban a feladatok nehézség szerint hierarchikusan épültek egymásra. A megoldások elemzését a tudástérelmélettel végezték el, és meghatározták a tanulók tudásszerkezetét is. Megállapították, hogy a vizsgált minta esetén a tanulók tudása felszínes, sokan tévesen azt hiszik, hogy minden hidrogén atom ugyanolyan helyzetben van egy molekulában függetlenül attól, hogy milyen másik atomhoz kapcsolódik. A hidrogénkötést gyakran keverik a kovalens kötéssel, vagyis az elsőrendű és a másodrendű kötések különbsége nem rögzült a számukra. Kiemelik, hogy a kémiai kötések megértése alapvető a kémia tanulásában, és ezt jelentősen segítik a vizuális eszközök, mint az ábrák, modellek alkalmazása (Taagepera és mtsai, 2002).

Egy másik tanulmány szerint széleskörű európai felmérés bizonyítja a diákok viszonylag alacsony szintű érdeklődését a természettudományok iránt (Teppo és Rannikmae, 2003). Az elemzés szerint kevésbé lenne nehéz a természettudományos tantárgyak tanulása,

könnyebbé válhatna a tananyagtartalmak megértése, ha nagyobb hangsúlyt fektetnénk annak tanulmányozására, hogy a diákok hogyan tanulnak. A természettudományok tanulásához meg kell érteni az alapvető elveket, és szükség van a fogalmi és vizualizációs képességek mellett matematikai és problémamegoldó képességekre is (Vaarik, Taagepera és Tamm, 2008). Megállapították, hogy a diákok ismeretei téveszmékkel terhelték. Mivel a kémia tantárgy oktatása három különböző szinten zajlik: makroszinten (az érzékelhető valóság szintje), mikroszinten (érzékszerveinkkel nem érzékelhető, nem tanulmányozható szint) és szimbolikus (speciális kémiai jelrendszert használva) szinten, így ezen szintek közötti váltás teszi nehezzé a megértést. Rámutatnak arra, hogy a diákoknak főként a szimbolikus értelmezéssel vannak problémáik, nem tudják elképzelni az alapvető kémiai kötéseket, a részecskék felépítését, ezért a modellalkotás folyamata is nehézségekbe ütközik.

A részecskemodellt nem csak az anyagok jellemzésére, hanem az anyagok átalakulásával kapcsolatos jelenségek, reakciók leírására is használjuk. Segítségükkel az anyagi halmazokat felépítő részecskék egyedi tulajdonságait mutatjuk be, és ezen keresztül a részecskék közti kölcsönhatások vizsgálata, elemzése is megtörténik. A tanulók gyakran az anyagok makroszkopikus tulajdonságait alkalmazzák az egyedi részecskékre is, és ezeket használják fel a részecskék átalakulására, a reakciókra is (Taber, 2002).

Taagepera és munkatársai a felmérésük során készült tanulmányukban arra a következtetésre jutottak, hogy a részecskék szerkezetének és tulajdonságainak megértésében fontos szerepe van a modelleknek, és javaslatként megfogalmazzák, hogy hasznos lenne olyan számítógépes szimulációkat alkalmazni, amelyek lehetővé teszik a diákok számára a különböző struktúrák megjelenítését és így a megértését is (Vaarik, Taagepera és Tamm, 2008).

10.A hazai helyzet, tévképzetek

A tanítás-tanulás folyamatában kiemelten fontos a fogalmak megfelelő szintű elsajátítása. A tanárok mindennapi gyakorlata és számtalan kutatás is azt bizonyítja, hogy ez gyakran nem sikerül. Sok diák megtanulja a fogalmakat, mert ezt kérik számon tőlük, de a mögöttük levő tartalmakat nem értik meg. Gondot okoz számukra az, ha más tantárgyakban, vagy hétköznapi jelenségek magyarázata során is fel kell azokat használniuk. Ilyenkor nem az iskolában tanultakat, hanem a korábbi, mindennapi tapasztalataikon alapuló, sokszor hibás fogalmakat alkalmazzák.

A hetedik évfolyamon elkezdődik a részecskeszemlélet kialakítása, a részecskemodellek tanítása. Ez nehézségekbe ütközik, mert a tanulók megismerik sok anyag

makroszkopikus tulajdonságait, és ezután az atomok, ionok, molekulák szerkezetének bemutatása következik. Ezek a közvetlenül nem érzékelhető, nem megfogható tulajdonságok sokak számára nehezen kapcsolhatók össze az érzékelhető jellemzőkkel, melyek nem párosulnak a részecskemodellek megértésével, alkalmazásával (Sebestyén, 2012).

A kognitív pszichológia kialakulása, a memória szerveződésével, a megismeréssel, a tudás reprezentációjával, a fogalomrendszerekkel kapcsolatos eredmények megjelenése távlatokat nyitott a megismerés kutatásában. A megismerés mint információfeldolgozás paradigma szerint a memóriában tárolt információhalmaz nem különálló részenként van jelen, hanem egy összefüggő, állandóan változó rendszert alkot (Gagné, 1985). A rendszer elemei a képzetek és a fogalmak, amelyeket kapcsolatok fűznek össze. Egyes fogalmak kapcsolatrendszere szerteágazó, míg bizonyos fogalmak szinte teljesen elszigeteltek, nem kapcsolódnak más fogalmakhoz (ha egy fogalomnak csak a definícióját ismerjük, de azt nem tudjuk semmilyen más fogalomhoz kötni). Egy-egy elem a fogalmi hálóban annál könnyebben felidézhető, minél több szállal kapcsolódik a többi elemhez. A fogalmi rendszerünk elemei közötti kapcsolatok száma folyamatosan változik. Az elszigetelt, ritkán felidézett elemek a hosszú távú memóriánkban fokozatosan halványulnak, de nem törlődnek teljesen. Más folyamatok révén viszont gazdagodik az ismeretháló. A gazdagodás kétféleképpen valósulhat meg. A gondolkodás révén a már meglévő elemek között összefüggéseket találva újabb kapcsolatokat alakítunk ki, vagy új információkat veszünk fel és építünk be a meglévő rendszerbe.

A tanulás során, amikor az egyén új ismereteket szerez, az új fogalmakat be kell építenie a fogalmi hálójába. Egy új fogalom megtanulásakor azonban nem feltétlenül jön létre a megfelelő reprezentáció, a megértés. A megértéséhez a tanulónak rendelkeznie kell az előfeltétel-tudással (*prior knowledge*), azaz ismeretrendszerében léteznie kell a megfelelő fogalmi hálónak, amelybe be tudja illeszteni az adott fogalmat. A tanulónak aktivizálnia kell ezt a fogalmi struktúrát és fel kell fedeznie az összefüggéseket a már ismert fogalmak és az új fogalom között. Ha mindez nem történik meg, akkor az új fogalom nem tud beépülni a fogalmi rendszerbe, elszigetelt marad, nem válik hozzáférhetővé, felidézhetővé. Ez az elméleti háttér kiindulópont lehet a tévképzetek kialakulásának felderítéséhez.

A gyerekek születésük pillanatától fogva folyamatosan érzékelik, tapasztalják a világot. Idővel pedig már tudatosan is törekszenek a környezetük megismerésére. Az információkat elsősorban közvetlen tapasztalataikon keresztül gyűjtik be, de sok ismeretet szereznek a társaikkal, illetve a felnőttekkel való kapcsolatuk révén is. A megismerési

folyamatot nagymértékben befolyásolja az, hogy mindent a saját szemszögükből vizsgálják, hajlamosak az én- és emberközpontú magyarázatokra, és gyakran a dolgokat emberi tulajdonságokkal ruházzák fel. A dolgok legfeltűnőbb tulajdonságait veszik csak észre, és azok alapján általánosítanak.

A gyerekek az iskola megkezdése előtt főként a környezetükből szerzett tapasztalataik alapján naiv elméleteket alkotnak a természeti jelenségek megértéséhez is. Mivel a fogalmi rendszerük egyéneenként változó, ezért ugyanannak a jelenségnek nagyon sokféle egyéni interpretálása lehetséges. A gyerekek sajátos, egyénileg különböző fogalmi struktúráját a szakirodalomban alternatív fogalomként, tévképzetként, prekoncepcióként, naiv elképzelésként, gyermeki tudományként találjuk meg. Piaget (1978) ezt úgy fogalmazta meg, hogy a gyerekek minőségileg más modelleket alkotnak a világról, mint a felnőttek, és csak hosszú fejlődés eredményeként érik el a felnőttekre jellemző gondolkodásmódot.

A gyerekek magukkal viszik az iskolába naiv elméleteiket, az egyéni megismerési módszereiket, amelyek sokszor gátolják az iskolában tanított tananyag elsajátítását. Tévképzetek nemcsak az iskolai képzés előtt, a naiv elméletekben szülehetnek, hanem kialakulásukat az oktatás is segítheti, ha nem alakul ki összhang a már meglévő és az új információ között. Nem jöhet létre megértés, ha a tanulók fogalmi rendszerében az adott témával kapcsolatban hibás fogalmak, téves kapcsolatok vannak vagy teljesen hiányoznak azok az előismeretek, melyekre alapozni lehetne.

A tévképzetek mélyen gyökereznek, a gyerekek világszemléletének szerves részét képezik, ezért rendkívül stabilak, sokszor ellenállnak a változásoknak. A tévképzetek feltárása meglehetősen bonyolult feladat, mert nagyon nehéz eldönteni, hogy egy rosszul értelmezett fogalom mögött nem csak a tárgyi tudás hiánya húzódik-e meg. Ezért nem az ismeretek egyszerű visszakérdezése fontos, hanem az alapfogalmak megértésének, alkalmazásának vizsgálata is (Korom, 2002).

Az iskolai tanulmányok előtt szerzett tapasztalatok és a kialakult tévképzetek feltárása során elmondható, hogy a diákok által adott hibás válaszok nagy része nem véletlenszerű, sőt a hibákban gyakran fellelhető a következetesség. Ezek arra utalnak, hogy az egyes tanulók fogalmi hálójában hasonló módon szerveződött hibás egységek vannak. A kutatók ezt azzal magyarázzák, hogy a tanulók nem tiszta lappal kezdik meg az iskolai tanulmányaikat, hanem magukkal hozzák a saját világszemléletüket, sajátos jelentésű fogalmaikat, egyéni magyarázataikat. Saját elméleteket alkotnak az őket körülvevő világról. A diákok még az iskolai oktatás előtt létrehozhatnak egy jól szervezett fogalmi struktúrát, amely

fogalmi rendszer gyakran ellentétben áll az általánosan elfogadott tudományos tételekkel (Korom, 1997).

Mi lehet e tapasztalatok hátterében? Ennek vizsgálata mind az elméleti kutatók, mind a tanítás módszertanával foglalkozó szakemberek számára visszatérő kérdés. Azt a tényt, hogy a diákok többsége még az alapvető természettudományos fogalmakat sem érti meg tökéletesen, sokféleképpen próbálták már megmagyarázni. A leggyakrabban említett okok között szerepel például, hogy a tananyag helyenként túl magas szintű, az absztrakt ismeretek nehezen hozhatók összefüggésbe a mindennapi gyakorlattal, a rendelkezésre álló kevés idő miatt nincs lehetőség hosszasan foglalkozni egy-egy témával, illetve a gyerekek túlterheltek. Bár ezek valós dolgok és mindegyiknek szerepe lehet a nem megfelelő szintű fogalmi rendszer kialakulásában, a fogalomelsajátítási problémák gyökere feltehetően mélyebben van.

A kémiaoktatás kutatása egyre több eredményt szolgáltatott az utóbbi évtizedekben, de több szaktekintély (pl. Norman Reid, Alex H. Johnstone, Vicente Talanquer, Keith Taber, Hans-Dieter Barke, Hans-Jurgen Schmidt, Geogios Tsaparlis, Uri Zoller, Onno de Jong) szerint sem változott lényegesen a kémia oktatásának hatékonysága és a tanulók kémiához való viszonyulása. A kutatók egyetértenek abban, hogy ennek egyik fő oka, hogy nem ismertük meg eléggé azt, hogy a tanulók hogyan gondolkodnak, miközben a kémiát tanulják, kémiai problémákat igyekeznek megoldani.

Egy kutatásból kiderül (Talanquer, 2006), hogy a kémia tanulásakor gyakran kimutathatóak fogalmi nehézségek, amelyek leginkább a hétköznapi tapasztalatokon alapuló, gyakran hibás gondolkodásból, következtetésekből, pontatlan megfigyelésekből, túláltalánosításokból erednek. Összefoglalóan ezeket tapasztalati feltételezéseknek hívjuk. Ez a hétköznapi módon, józan ésszel gondolkodó ember értelmezőrendszerében kialakult hiedelem, amely a körülöttünk levő világ megtapasztalásából származik. Közöttük az egyes részecskékkel kapcsolatban említhetjük a folytonosságot. Ez annak feltételezése, hogy minden anyag egyre kisebb részekre osztható, és az így kapott részek tulajdonságai egyeznek a kiindulási anyag egészének tulajdonságaival. Ez a feltételezés sok tévképzet alapjául szolgál. Ilyen például az, hogy a szénatom fekete, mert a szén is fekete, vagy a kénatom sárga, mert a kén is sárga, vagy a savak részecskéi szúrósak, míg a bázisok részecskéi puhák, simák. Az oktatásban használt modellek (pl. a pálcikamodell, a kalotta-modell, számítógépes animációk) is gyakran erősítik ezeket a tévképzeteket, mert a szénatomok ezeknél is feketék, a kénatomok pedig sárgák (Tóth, 2016).

A tévképzetek egyik fő jellemzője, hogy stabilisak, nagymértékben rezisztensek az oktatással szemben. Ezért nem sikerülhet egy természettudományos fogalom logikus elmagyarázásával, részletes megbeszélésével a tanulói tévképzetet egyszerűen megváltoztatni. A mindennapi megismerésből és a mindennapi módon való gondolkodásból származó tévképzetek mennyisége és minősége a felmérések szerint gyakorlatilag független attól, hogy a tanulók hány évig tanulták a tárgyat és milyen az abban elért iskolai teljesítményük (Tóth és Csatári, 2008).

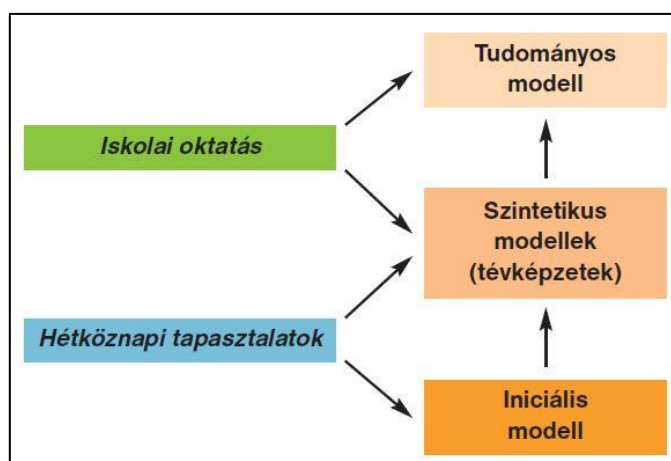
A stabilitás egyik oka, hogy a tévképzetek valamilyen szinten adaptívak, azaz bizonyos fajta problémák megválaszolására alkalmasak, vagy legalábbis annak tűnnek. A tévképzetek személyesek és szituatívak is. Különösen a naiv elméletekre igaz, hogy iskolai kontextusban kevésbé jelennek meg. Mivel minden tanulónak más és más a kognitív értelmező rendszere, ezért egy-egy témakörrel kapcsolatos tévképzetei nagyon különbözhetnek egymástól. A tévképzetek gátolják a további tanulást és megalapozhatják az áltudományos nézeteket (Tóth, 2011).

A részecskék világa nagyon nehezen megfogható a kémiai tanulmányok kezdetén, a hetedik évfolyamon. A tananyag elején ismerkednek meg a tanulók a fizikai és a kémiai változás fogalmával, a köztük levő különbségekkel. E két fogalom alapvető, de több kutatás eredménye is azt mutatja (Tóth és Kiss, 2007), hogy e két fogalom nehezen megkülönböztethető, és még sokan az középsiskolás éveik végén sem tudnak különbséget tenni a két változás között. Írásbeli teszttel vizsgálták a makro-, részecske- és szimbólumszinten megfogalmazott kémiai és fizikai változások, valamint oldási folyamatok elsajátítását 7-11. évfolyamos hat- és nyolcosztályos gimnáziumi diákok körében. Cél volt a tudástérelmélet alapján a tudásszerkezet, a tanulócsoportokra jellemző feladathierarchia és a tudás szerveződésének legvalószínűbb modelljének meghatározása. Az eredmények alapján megállapították, hogy a szakértői, azaz a tankönyvekben meghatározott és előírt tanulási út, az ismeretek tanítási sorrendje lényegesen eltér a tanulócsoportokra jellemző tanulási utaktól. A tankönyvek először a fizikai és kémiai változások makro-, majd részecskeszintű értelmezésével foglalkoznak, majd a végén kerül sor a kémiai változás, az oldás és a fizikai változás szimbólumszintű, kémiai egyenletekkel leírt tárgyalására. A tanulócsoportokra jellemző tanulási út azt mutatja, hogy az oldódási folyamatok ennek végén szerepelnek, és ez az eredmény évfolyamoktól függetlenül adódott. Kimutatták, hogy a jó tanulók tudásszerkezetében hamarabb következik be a makroszintű értelmezésről való áttérés a részecskeszintűre, mint a gyengébben teljesítők esetén, és minden évfolyamon a gyengébb tanulók tudásszerkezete eltérőbb, diffúzabb is (Tóth és Kiss, 2007).

Az anyagi halmazokat felépítő részecskék tulajdonságainak meghatározásában a tanulók főként az additivitás sémáját alkalmazzák (Talanquer, 2008). Egy empirikus vizsgálatban arra a kérdésre, hogy milyen színű lesz az az anyag, amely kék és sárga színű anyagok reakciójával keletkezik, és a kétféle színű anyagot egyenlő mennyiségben tartalmazza, 90%-ban a zöld színt adták válaszul. A keletkező anyag színe attól függ a vizsgált minta válaszi alapján, hogy melyik színű anyagból mennyit tartalmaz a reakciótermék.

Mi jellemzi a tanulók kémiai gondolkodását?

A tanulók már az oktatásba való bekerülés előtt is rendelkeznek természettudományos ismeretekkel, amelyek a mindennapi tapasztalatokon alapulnak. Ezek az iniciális modellek gyakran szembekerülnek az iskolai oktatás során megismert tudományos modellel. E kettő keveredése vezethet tévképzetek kialakulásához, amint azt a 2. ábra mutatja (Tóth, 2016).

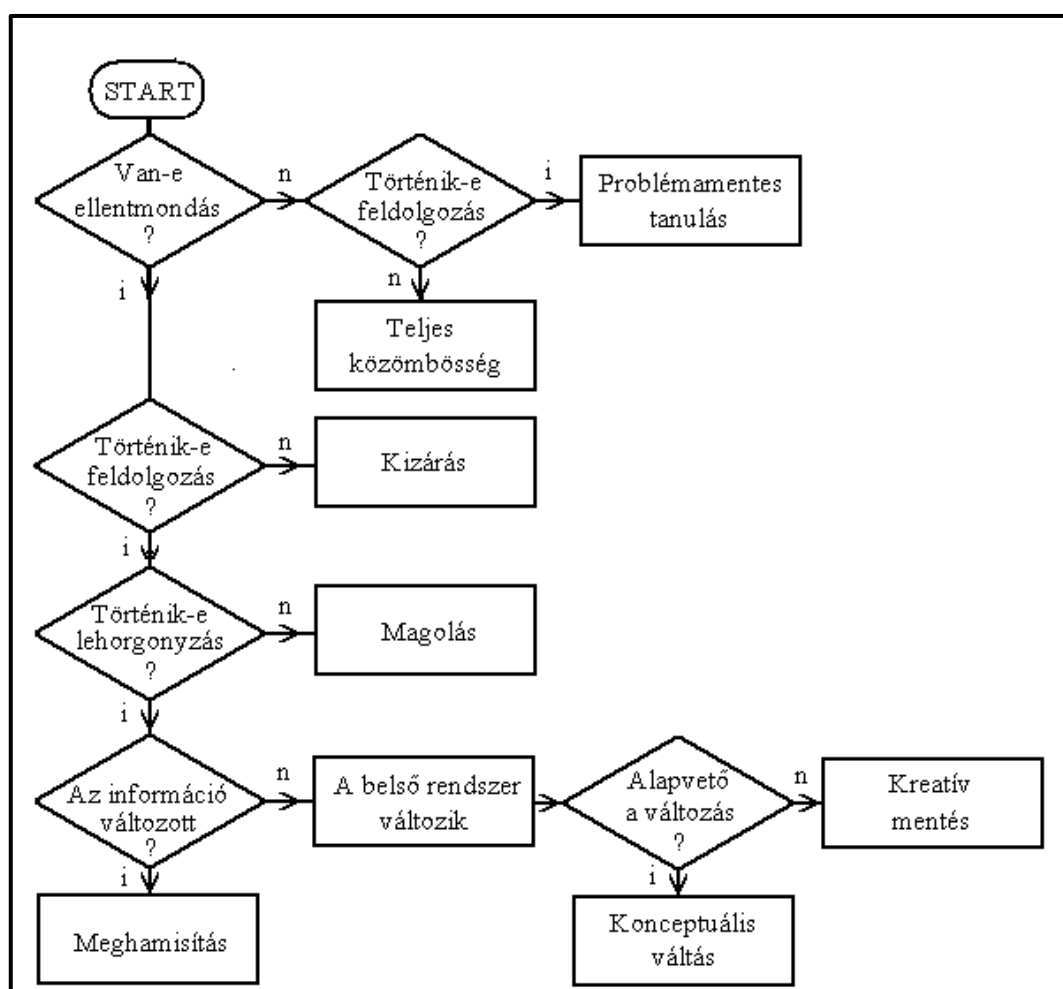


2. ábra: A fogalmi fejlődés és fogalmi váltás általános ábrája (Tóth, 2016)

Az anyagok szerkezetére vonatkozó modellek esetében a fogalmi fejlődés öt állomáson halad keresztül, azaz öt modellel írható le. Az első az iniciális modell, amely szerint az anyag folytonos, vagyis nem részecskékből áll. A második a szintetikus modell, ahol már a folytonos anyagban részecskék (cseppek, szemcsék) találhatóak („granulátum-modell”). A harmadik, szintetikus modell esetén a folytonos anyagban kémiai részecskék (atomok, molekulák, ionok) vannak („beágyazásos modell”). A negyedik, szintetikus modell is azt mutatja, hogy az anyag kémiai részecskékből (atomokból, molekulákból, ionokból) áll, és ezeknek a részecskéknek ugyanolyan tulajdonsága van, mint az anyag egészének. Az ötödik, már tudományos modell szerint az anyag kémiai részecskékből (atomokból,

molekulákból, ionokból) épül fel, és az anyag tulajdonságait a részecskék egyedi tulajdonságai és a részecskék közti kölcsönhatás együttesen határozza meg (Tóth, 2016).

A tévképzetek kialakulása szükségszerű velejárója a tanulásnak, ezért a konstruktivista tanuláselméletben is szerepel a tévképzetekhez, fogalmi megértési zavarokhoz vezető tanulási út. A tanulás kimenetele és fajtája szempontjából fontos annak vizsgálata, hogy az új ismeret és a már meglévő ismeretek (kognitív értelmező rendszer) között van-e valamilyen ellentmondás. Ez alapján levezethető a tanulás hétféle kimenetele, a közömbösség, a problémamentes tanulás, a kizárás, a magolás, a meghamisítás, a kreatív mentés, és a fogalmi váltás, amint azt a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra. A konstruktivista tanulásmoell blokkdiagramja (Nahalka, 1997c)

A tanulás eredményei többfélék lehetnek. Ha nincs ellentmondás az elsajátítandó ismeret és a belső értelmező rendszer között, akkor az egyik esetben nem történik feldolgozás, mert valami ezt megakadályozza (pl. teljes érdektelenség, valamilyen külső hatás). Ebben az esetben nem történik tanulás, így ezt teljes közömbösségnek nevezzük. A másik esetben akadály nélkül végbemegy a rögzítés, az értelmezés, vagyis a tanulás. Ezt

nevezzük problémamentes tanulásnak. A problémamentes elsajátítás önmagában még nem elegendő ahhoz, hogy az új ismeret erősen rögzüljön az adott kognitív struktúrához, vagyis nagyon sokáig megmaradjon.

Már az asszociációs pszichológiában is megfogalmazódott, hogy az erős, tartós tanuláshoz ismétlésekre, gyakorlásra van szükség. A konstruktivizmus is épít erre. A tanulás hatására módosult idegi kapcsolatok valószínűleg a használat során válnak tartósabbá, illetve az új ismeret több más ismeretelemhez is hozzákapcsolódik, így fontos szerepet játszik az ismeret megtartásában.

Gyakran az elsajátítandó információ és a belső értelmező, feldolgozó rendszer, vagyis az érintett kognitív struktúra között ellentmondás van. Ekkor lehet, hogy nem történik egyáltalán feldolgozás, mert olyan mértékben ellentmond a megtanulandó ismeret a belső rendszernek, hogy a gyermek képtelen az összeegyeztetésre, inkább kizárja magából az információt. Ezért hívjuk ezt kizárásnak, amely során a kognitív struktúra semmilyen változáson nem megy át. Ilyen esetekben felmerülhet, hogy az értelmezhetőség súlyos nehézségei akadályozzák meg a tanulást.

Ha ellentmondás van, és mégis történik valamilyen feldolgozás, akkor lehetséges, hogy a gyerek értelmezni nem tudja a meglévő belső elméletei segítségével az információt, vagy megkísérli azt, de mégis sikertelen marad a kísérlete. Ekkor dönthet úgy, hogy a nehézség ellenére is megtanulja a tananyagot abban a formában, ahogy azt tőle kéri. Például bemagol egy definíciót anélkül, hogy pontosan értené azt, esetleg megjegyzi egy feladatmegoldási algoritmus egyes lépéseit, hogy hasonló feladatok esetén is ugyanezt alkalmazhassa. Ez a tanulási forma a magolás. Jellemzője, hogy történik ugyan rögzítés, de nem a mélyen levő kognitív rendszer elemeihez kapcsolódik az információ, nincs lehorgonyzás, nem szervesen illeszkedik az új ismeret a meglévők rendszerébe.

Sajnos nagyon sok ismeretet pontosan ezen a módon sajátítunk el az iskolában. Gyakran az iskola iskolás tudást formál, olyat, amelyet az adott pedagógiai szituációban, az iskolai megmérésekben kell reprodukálni. A tudás a legtöbbször nem gyakorlati alkalmazási szituációkban kerül elő. Az ilyen tudás egy másodlagos tudásréteget alkot, nincs a mély struktúrákhoz rögzítve, ezért is nehezebb előhívni, ha használni kell.

Ha az ellentmondásos szituációban mégis van feldolgozás, és még a lehorgonyzás is megtörténik, akkor az egymásnak ellentmondó tartalmak közül az egyik megváltozott. Van olyan eset, amelyben a közvetített információ alakul át, vagyis a gyerek „meghamisítja” az információt. Ezt a tanulási típust hívjuk meghamisításnak. Amikor szövegeket hallgatunk vagy olvasunk, közben a szöveg tartalmával kapcsolatban bizonyos előfeltételezésekkel

élünk. Szinte várjuk, hogy az következzen be, amire öntudatlanul előre gondoltunk. Lehet, hogy nem jól jeleztük előre a szöveget, az előkép azonban mégis erősebb, az a kognitív struktúra a meghatározó, ami a fejünkben már kialakult, és ilyenkor a szöveget igazítjuk az elképzeléseinkhez. Vagyis elméletek élnek bennünk, amelyekkel magyarázzuk a világ dolgait. A meghamisításnak nem csak az az eredménye, hogy a gyerek az elsajátítandó információ ellentétét tanulta meg, hanem az is következik ebből, hogy megerősödik benne nagy valószínűséggel egy olyan struktúra, amit éppen felbontani, mással helyettesíteni kellene.

Van egy másik lehetőség arra, hogy az ellentmondásos esetben mégis legyen lehorgonyzás, amikor nem az információ, hanem a belső értelmező rendszer változik meg. Lehetséges, hogy valóban megváltozik a belső értelmező rendszer, de nem érdemi módon, mert nem jön létre egy olyan struktúra, amely már az ellentmondás teljes eliminálásával lenne képes magába foglalni az új információt, hanem csak egy látszatsmegoldás alakul ki. A belső struktúra ebben az esetben éppen csak annyit változik, hogy az új ismeret formálisan befogadható legyen. Ezt nevezzük kreatív mentésnek.

A legnagyobb változást jelentő tanulási forma neve konceptuális váltás. Ez azt jelenti, hogy az információ és a belső rendszer ellentmondása a belső rendszer radikális átalakulásához vezet. Valami új struktúrát, új magyarázó rendszert fogad el a gyerek, hogy később ezzel magyarázza a világ jelenségeit. Konceptuális váltás az, amikor a gyermek már az életjelenségeket mutató dolgokat tekinti élőknak, és nem az önmozgással rendelkezőket, vagy amikor megtörténik az élő rendszereknek, köztük az ökológiai szisztémáknak is egységes rendszerként való értelmezése, és nem valamilyen elemek kapcsolatok nélküli halmazaként való felfogása a jellemző. Konceptuális váltás annak az elfogadása is, hogy a környezeti problémák megoldása elsősorban bonyolult érdekmechanizmusok megváltoztatását igényli. Ezek során nem pusztán egy ismeret elsajátításáról van szó, hanem nehéz átalakulásról, új elemzési sémák elfogadásáról is. A konceptuális váltások végbemenetelében valószínűleg nagyon fontos szerepet játszanak az analógiák, a modellek is (*Nahalka, 2002*).

A tévképzetek a meghamisítás és a kreatív mentés esetén jönnek létre. A tanulóknak az anyag szerkezetére vonatkozó ismeretei folyamatosan átalakulnak a tanulás során, ismeretei módosulnak. Felmérések bizonyítják, hogy a tanulók gyakran az iskolai tanulmányaik vége felé is a folytonos anyag modelljéből kiindulva próbálják értelmezni az anyagok tulajdonságait és változásait.

A folytonos anyagképpel rendelkező tanuló számára új információ, hogy az anyag kis részecskékből (atomokból, ionokból, molekulákból) épül fel. Ez ellentmondásban van a korábbi ismereteivel, így ha nem fogadja el, nem tanulja meg az új ismeretet, akkor kizárásról beszélünk. Ha megtörténik a rögzítés, feldolgozás főként azért, mert meg kell tanulni a tananyagot, azt kérjük számon tőle, akkor magolásról beszélünk. Lehorgonyzás jön létre, ha a tanuló a régi ismereteit az újjal kapcsolja össze, és ekkor valamelyik ismeret megváltozik. Ha az információ módosul, akkor tévképzet jön létre, azaz a modell szerint meghamisítás történik. A részecskékkal kapcsolatban a tanuló elfogadja, hogy az anyag kisebb részecskékből áll, de a részecskék tulajdonságait az anyag tulajdonságaival azonosítja. A kreatív mentés során a belső értelmező rendszer változása figyelhető meg. Ekkor a tanuló elfogadja azt, hogy az anyag kisebb részecskékből áll, és a részecskék tulajdonságai eltérnek az anyag tulajdonságaitól, de az ilyen felfogás szerint a részecskék között létezik valamilyen folytonos anyag (pl. levegő). A konceptuális vagyis fogalmi váltás egy olyan minőségi változás, amelynek során a folytonos anyagképet felváltja a részecskeszemlélet (Tóth, 2015b).

A fogalmi fejlődés a fogalmi rendszer mennyiségi bővülése, gyarapodása, míg a fogalmi váltás egy olyan minőségi változás, amely a kognitív struktúrában alapvető, új kapcsolatok kialakulásával, a régi kapcsolatok gyengülésével jár. Piaget szerint a fogalmi fejlődés az új információk asszimilációját, a fogalmi váltás a fogalmi rendszer átszerveződését, akkomodációját eredményezi (Piaget, 1970).

Kezdetben úgy tartották, hogy a fogalmi váltás azt jelenti, hogy a régi ismeretet lecseréli az új ismeret. Ma az az elfogadottabb, hogy a régi és az új ismeret sajátos együttélése valósul meg, és a kontextustól is függ, hogy mikor, melyik aktivizálódik (Tóth, 2015a).

A kémiai fogalmakkal kapcsolatos megértési problémák kialakulásához több ok is hozzájárul. Közülük az egyik az, hogy a kémia alapfogalmai tudományos fogalmak. Már hetedik osztályban megismerkednek a tanulók az atom, molekula, ion, elem, vegyület, keverék, fizikai és kémiai változás, valamint az anyagmennyiség alapfogalmakkal, amelyek nem természetes fogalmak. Ezekkel a legtöbb diák az iskolában találkozik először, így megértésük, tanulásuk azért is nehéz, mert nem kapcsolódnak korábbi, mindennapi tapasztalataikhoz.

A kémiai fogalmak másik sajátossága az anyagok és jelenségek többszintű (makro-, részecske- és szimbólumszintű) értelmezése. Ez főként akkor jelent problémát, ha a makro- és a részecskeszintű értelmezés nem esik egybe. Ez nehezíti a kémiai változás fogalmának

tanítását. A kémiai változás, reakció általában új anyag keletkezésével jár, ezért makroszinten az új tulajdonságú anyagot, míg részecskeszinten új kémiai részecske (ion, molekula, atom) megjelenését értjük a változás alatt, ugyanakkor a szimbólumszintű értelmezés során megadjuk a folyamatot leíró reakcióegyenletet. A tanulók gyakran nem értik a makro- és a mikroszintű jellemzők közötti különbséget, ezért sokszor a részecske és az anyag tulajdonságait egyezőnek tartják.

A legtöbb kémiai fogalom jelentése a tudomány fejlődése során átalakult, megváltozott, de az elnevezés megmaradt a régi formájában, és legtöbbször a makroszintű értelmezéshez kötődik. Közöttük említhetjük a sav, valamint az oxidáció fogalmát is.

A kémiai fogalmak egy része nem eléggé jól definiált, jelentése kontextusfüggő. Egyes fogalmak (például a mól) leegyszerűsödtek, valamint megmaradt a kétszintű értelmezés például az atom, molekula, az elem és vegyület, a fizikai és kémiai változás esetén. Ezért minden témakör, új tananyag elején feltétlenül szükséges az adott fogalom jelentését meghatározni, pontosítani. A részecskékkel kapcsolatban például a sav-bázis reakciónál lényeges annak megértése, hogy az a proton, amelyik a savról átkerül a bázisra nem az atom atommagjából származik, hanem hidrogéniont jelent.

A kémia tudományában, elméleti rendszerében gyakran találkozunk a jelenségek többszörös modellekkel történő leírásával. A részecskeátmenet során a redoxireakciók megközelítése oxigén- vagy hidrogénátadással, elektronátadással és oxidációs szám-változással is lehetséges, de megjelenik az oktatásban is a Lewis-féle, Arrhenius-féle, Brönsted-féle sav-bázis elmélet is. Ezek egymást kiegészítik, adott területen jól alkalmazhatók, de mindenképp vannak korlátai is (Tóth, 2015b).

A tanulók elsajátított tudásának vizsgálata napjainkban kiszélesedett, és egyre inkább alkalmazzák mind egyéni, mind csoportos tudásszerkezet-vizsgálatra a szóasszociációs módszert. A módszer lényege, hogy bizonyos témakör kulcsfogalmait, mint hívószavakat alkalmazva azt vizsgálják, hogy adott idő alatt a tanuló milyen más szavakra gondol, asszociál. Az egyes hívószavak közötti kapcsolat erősségére a közös válasz-szavakból tudunk következtetni.

Osztálytermi körülmények között is viszonylag egyszerűen kivitelezhető a tudásszerkezet szóasszociációs teszttel történő vizsgálata. A természettudományos tudás vizsgálata ezzel a módszerrel közel negyven éves múltra tekint vissza. Nagy előnye, hogy a szóasszociációs módszerrel nyert tudásszerkezeteket mind egyéni szinten, mind csoportszinten lehet értelmezni és értékelni. Ezzel a módszerrel feltárhatók a fogalmakkal kapcsolatos hiányosságok és tévképzetek is. Több kutatásban megállapították, hogy az

oktatás hatására megváltozhat az ugyanazon hívófogalmakhoz kapcsolódó asszociált fogalmak minősége és száma is.

Kluknavszky és Tóth (2009) tanulócsoporthoz levegőszennyezéssel kapcsolatos fogalmi struktúráját vizsgálta szóasszociációs módszerrel. A módszert alkalmazva tévképzeteket is feltártak (pl. az ózonlyuk és a savas eső kapcsolatában). Több évfolyamon is végzett vizsgálataikból tudjuk, hogy az oktatás előre haladásával a tanulók tudásszerkezete egyre strukturáltabb lesz, a kapcsolati háló gazdagodik (Tóth, 2015a).

11. Célkitűzések, a kutatás jellemzői

A kutatás során a korábban említett adszorpció folyamatának megértését vizsgáltam kilencedikes gimnáziumi tanulók körében. „A pedagógiai kutatásnak az a célja, hogy új ismeretek feltárásával, pontosabbá tételével, elmélyítésével hozzájáruljon az oktatás-nevelés, a pedagógiai tevékenység eredményességének növeléséhez” (Falus, 2004).

A kutatásom első része a tanév elején kilencedikes tanulók körében készített előteszt adatainak feldolgozásából áll. Ez olyan empirikus vizsgálat, amely az adott minta esetén a különböző iskolatípusban tanuló diákok szaktárgyi tudásának vizsgálatát, felmérését, összehasonlítását tűzte ki célul. A második része olyan empirikus kísérlet elemzését tartalmazza, amelynek alapjául kontrollcsoportos kísérlet szolgál. A feldolgozott tananyag az adszorpció folyamatokra vonatkozik.

11.1. Kutatási kérdések

A kutatáshoz kapcsolódó kérdések két csoportba oszthatók. A kutatás első részét egy előteszt adja, amely a kilencedik osztályt kezdő tanulók adott mintájára vonatkozik. Célja annak feltárása, hogy a minta populáció tagjai milyen bemeneti tudással rendelkeznek a tanév elején a részecskék egyes tulajdonságaira vonatkoztatva. A kutatás folytatásaként az adszorpció terén elért eredményeket is alkalmazva kontrollcsoportos kísérletben annak feltárása következik, hogy az alkalmazott új információkat is beépítve az oktatási folyamatba kimutatható-e változás, és ha igen, akkor milyen mértékben. Ennek alapján a kutatás hipotézisei az előtesztre és az utótesztre alkalmazva eltérőek. Ezek részletezése a két vizsgálat elemzésénél történik meg.

11.2. Kutatási stratégiák, módszerek és eszközök

Az alkalmazott kutatási stratégia *induktív*, vagyis a pedagógiai valóságból, az empiriából kiindulva a kapott adatokat elemezve, majd általánosítva keresek választ a

kutatási kérdésekre. Az elemzésben helyet kap a *leíró stratégia*, mert a tanév elején a vizsgált mintára vonatkoztatva a diákok adott témában mutatott teljesítménye kerül előtérbe. Emellett alkalmazom az *összefüggés-feltáró stratégiát* is, mert különböző változók viszonyát, a köztük levő esetleges kapcsolatokat, korrelációjukat is vizsgálom. Ennek lényege, hogy „a változók legalább két csoportjáról gyűjtünk adatokat ugyanazon vizsgálati személyek esetén, s megnézzük, hogy a változók egyik csoportjában tapasztalható különbségek hogyan hatnak a változók másik csoportjában levő különbségekre” (Falus, 2004). Például a vizsgálatok között szerepel, hogy milyen kapcsolat van az iskolatípus (négy- vagy hatosztályos), vagy a tanulók neme és a teljesítményük között.

A harmadik, vagyis a *kísérleti stratégia* is alkalmazásra került. Ennek lényege, hogy nem a meglévő helyzetet írom le, hanem a független változókat módosítom, és ezek következményeit tárom fel. Jelen esetben a kísérleti csoport tanulói az adszorpció eredményeit, lényegét új ismeretekkel kibővítve sajátították el, míg a kontrollcsoport diákjai a hagyományos, vagyis kötelező tananyagrészekkel ismerkedtek meg. Ezáltal a kutatás céljának megfelelően beavatkozás történt a pedagógiai folyamatba, vagyis megváltoztak a független változók.

A kutatás *feltáró módszereinek* alapját a tudásszintmérő tesztek képezik, amelyek elején az elemzéshez, összehasonlításhoz szükséges személyes jellegű adatok összegyűjtésére is sor került. A kutatás során a *feldolgozó módszerek* statisztikai módszerek voltak, melyekhez az Excel mellett főként az SPSS programot használtam.

12. Kísérletes rész: az előteszt és az eredmények értékelése

12.1. Mintavétel, minta, populáció

2017. szeptember elején négy- és hatévfolyamos kilencedik osztályos gimnáziumi tanulók között végeztem felmérést, amely főként az előző két évben kémiából tanult adszorpció folyamatokra vonatkozó ismereteket kérte számon. A hét kérdésből álló előteszt egyik kérdése általánosabban is a részecskék tulajdonságaira, a részecskék viselkedése közötti különbség okaira vonatkozott (1. és 2. sz. mellékletek).

Az előtesztet a tényleges mintán történő kipróbálás előtt egy vidéki gimnázium hatévfolyamos képzésében részt vevő harminchárom kilencedikes tanulója töltötte ki szeptember első napjaiban. A feladatokra kapott válaszokat kiértékeltem, és a validálás után változtatás nélkül hagyva juttattam el ezeket a többi, vizsgálatba bevont iskola osztályaiba.

A vizsgálatba négy- és hatévfolyamos képzésben résztvevő diákokat vontam be. A diákok olyan budapesti és vidéki gimnáziumokban tanulnak, amelyek a különböző országos rangsorok alapján a gimnáziumok illetve gimnázium és szakgimnáziumi kategóriákban a lista első részében vagy élvonalában vannak. A vizsgált iskolák többségében van négy- és hatosztályos képzés is, közöttük van természettudományos, matematika és nyelvi tagozatos osztály is az általános tantervűeken kívül. Mivel a kémia tantárgy oktatása a hetedik osztálytól kezdődik, ezért a mintában egyrészt olyan tanulók vannak, akik kilencedik osztályban új közösségbe kerültek, vagyis sokféle általános iskolából érkeztek, illetve olyanok is kerültek, akik ugyanabban az iskolában és ugyanannál a tanárnál folytatták tanulmányaikat. Nyolcévfolyamos gimnáziumi képzésben levő osztályok tanulói körében is célom volt a kutatás, de ilyen iskolákban nem vállalták a kollégák a részvételt.

Az egyes osztályokban a szaktanárok felügyelete mellett történt a feladatlapok kitöltése. A tanárok feljegyezték a hiányzó tanulók nevét, így a tanév végén az utóteszt kitöltése után ezeknek a tanulóknak a válaszait nem vettem figyelembe. A feladatlap kitöltésére 15 perc elegendő volt. A feldolgozott mintába 385 db A csoportos és 354 db B csoportos feladatlap válaszai kerültek be.

12.2. Kódolás, a feladatok típusai, jellemzői

Az első négy kérdés a tanulók személyes, a vizsgálat szempontjából lényeges adataira vonatkozott. Megadták a nemüket (fiúk:1, lányok:2), a képzés típusát (négy- vagy hatévfolyamos, ebben a sorrendben 1 és 2 kóddal jelölve), kémia tantárgyból szerzett nyolcadik év végi érdemjegyeiket (kódolásuk az érdemjegynek megfelelően) és azt, hogy budapesti (1) vagy vidéki iskolában (2) tanulnak-e.

A kémiai ismeretekre vonatkozó kérdések közül az első hat nyílt végű kérdés, amelyekre rövid, szöveges választ vártam. A szöveges válaszok alapján nemcsak a jó válaszok arányára voltam kíváncsi, hanem elemeztem azt is, hogy milyen hibás válaszok fordultak elő a leggyakrabban. Az utolsó, hetedik kérdés zárt végű, feleletválasztós, egyszerű választásos feladat volt, amelyben négy lehetséges válasz közül kellett az egyetlen helyeset megadni. Ez a kérdés nem közvetlenül a vizsgált kísérletre vonatkozott, hanem általánosan a részecskék tulajdonságainak különbségére utalt. Mivel erre a kérdésre az előbbiektől függetlenül is lehetett jól válaszolni, ezért azok a feladatlapok is hasznos információkat hordoznak, amelyekben a tanulók csak erre az egy kérdésre adtak választ. Mivel a feleletválasztós teszt négy meghatározása a reakció, polaritás, részecske mérete és sebessége

terén fogalmazott meg állításokat, ezért feltehetően többen az előző kérdésekre is innen merítették ötletet a válaszhoz.

A teljes adatsor kiértékeléséhez a feldolgozást az Excel és az SPSS program segítségével végeztem el. Az SPSS programba bevitt adatok dichotóm skálán értelmezettek, így a tesztek kiértékelésekor egyes kódot adtam akkor, ha a tanuló jól válaszolt a kérdésre, és nulla lett akkor, ha rosszul válaszolt.

12.3. A kutatás hipotézisei előteszt esetén

1. A kapott jó válaszok száma és a tanulók nyolcadik évfolyam végén szerzett érdemjegyei között szignifikáns a kapcsolat.
2. Nincs különbség a fiúk és a lányok teljesítménye között.
3. Nincs szignifikáns különbség a vidéki és a fővárosi tanulók teljesítménye között.
4. Van különbség a hatévfolyamos és a négyévfolyamos képzésben tanuló diákok teljesítménye között.
5. A kilencedik osztályos tanulók részecskékkel kapcsolatos ismeretei hiányosak, sok tévképzettel rendelkeznek.

12.4. Az előteszt feldolgozott adatainak elemzése

Mindkét csoportban egy kromatográfiás, az általános iskolai követelményekben is szereplő kísérlet leírása alapján kellett válaszolnia a tanulóknak a kérdésekre. Az egyik csoport feladata a következő volt:

Három színű vízdékony festéket, sárgát, kéket és pirosat meghatározott arányban összekeverve barna színű festéket kapunk. Ebből a barna festékből pár cseppet csempelapon levő szűrőpapír közepére cseppentünk. Majd egy másik cseppentővel pár csepp vizet cseppentünk a festékfoltra. A festékfolt szétterjed a papíron és három színes gyűrű keletkezik. A külső, a legnagyobb sugarú kék színű.

A másik csoportban hasonló kísérletben krétán váltak szét a festékanyagok. A 739 tanuló között mindössze ketten voltak, akik az adszorpciót meg tudták nevezni. Sajnos a szintén jó válasznak számító kromatográfia kifejezés egy megoldásban sem szerepelt. Ez azt is jelenti, hogy a második kérdésre sem tudták a választ, hiszen itt a kísérlet alapját képező jelenség fogalmát kellett volna leírni.

Az első kérdésre a 739 tanuló közül mindössze 205 tanuló adott választ. Összegyűjtöttem azokat a hibás válaszokat, amelyeket a leggyakrabban adtak meg az adszorpció vagy kromatográfia helyett. A válaszadók többsége a folyamatot oldódásnak

nevezte (30,24%), sokan bomlásnak írták (21,46%), de a szétválasztás (5,85%) és a színválasztás (5,37%) is gyakran szerepelt.

A harmadik és a negyedik kérdésben arra kellett válaszolni, hogy milyen tulajdonságban tér el egymástól a felsorolt három festékanyag, és miért a megadott színű jutott a legmesszebbre a papíron illetve a krétán. A jelenséget csak két tanuló ismerte fel, mégis csak az egyikük válasza volt helyes. A tanulók hibás válaszai között ebben az esetben is jellemző csoportokat lehet megfigyelni. Erre a kérdésre összesen 324 tanuló adott választ. Sokan a festékanyagok viselkedése közti különbséget az eltérő sűrűségben (37,07%), mások a vízben való eltérő oldhatóságban (12,04%) jelölték meg. Jellemző volt még a válaszok között a részecskék eltérő mérete (6,48%), eltérő mennyisége (6,48%), eltérő polaritása (4,63%), de volt, aki a részecskék vízzel és egymással való eltérő reagálását (2,16%) vagy a részecskék eltérő sebességét jelölte meg (1,85%). Ezek is jelzik a tudásuk hiányosságait és a tévképzeteket.

Az ötödik kérdésben arra kellett válaszolni, hogy mire alkalmazzák a kísérletben szereplő eljárást a gyakorlatban. 157 tanuló válasza között nagyon kevés volt elfogadható. Huszonhárman az anyagok, keverékek elválasztását jelölték meg, amely nem pontos, és a hetedik kérdésből részben kikövetkeztethető volt. Kevesen adtak konkrét, jó választ. Közülük ketten a gázálarcban való alkalmazást írták, egy tanuló írta, hogy a ruhák színezésére is használható ez az eljárás, és egy pedig a gázok megkötését említette.

A kémia oktatása során is elsődleges cél annak elérése, hogy a tanulók az ismereteket a hétköznapi életben is jól tudják alkalmazni. Ezért a hatodik kérdésben egy konkrét példát kellett említeniük a hétköznapi tapasztalataik alapján, amely szintén a kísérletben szereplő folyamat alapján megy végbe. Erre a kérdésre egy tanuló írta helyesen a gázálarcok használatát, egy másik a színfogó alkalmazását színes ruhák mosásakor, egy tanuló pedig a széntablettát említette. A többi 131 válaszoló példája nem kapcsolódik a vizsgált jelenséghez.

12.4.1. Az első hipotézis

A kapott jó válaszok száma és a tanulók nyolcadik évfolyam végén szerzett érdemjegyei között szignifikáns a kapcsolat.

Ennek vizsgálatához az *A* és *B* csoportban külön, valamint összesítve is elemeztem a jegyek alakulását, majd a négy- és hatévfolyamos diákok esetén összehasonlítva is alkalmaztam a statisztikai módszereket.

Az *A* csoport megoldásainak értékelése:

Az *A* csoport feladatait megoldó 385 tanuló nyolcadik évfolyamon szerzett év végi jegyeinek átlaga viszonylag magas, 4,28. Az értékek szórása 0,815 és a variancia 0,665. A relatív gyakoriság adataiból megállapítható, hogy a tanulók 48,1%-a kapott jeles év végi osztályzatot, 34,5%-a jó eredménnyel zárt, közepest a 14,5%-uk, míg elégségest mindössze a 2,9%-uk szerzett. A jegyek nem tükrözik azt a tényt, hogy a kémia nem tartozik a diákok többségének kedvenc és eredményesen tanult tantárgyai közé (5.1. és 5.3. sz. mellékletek).

Ezek után megvizsgáltam külön a négyévfolyamos és a hatévfolyamos képzésben tanuló diákok év végi érdemjegyeinek alakulását is. Az év végi jegyek átlaga a négyévfolyamos képzésben adódott valamivel magasabbnak (4,30 míg a hatévfolyamos esetén 4,23), és a modulus értéke mindkét esetben 5. A hatévfolyamosok esetén lett nagyobb a szórás (0,864) és a variancia (0,747) is. A hatévfolyamos képzésben részt vevők 46,6%-a kapott jeles és 4,6% elégséges osztályzatot, míg a négyévfolyamosoknál nagyobb az arány a jeles osztályzat esetén, 48,8%, míg elégséges esetén 2% (5.5. sz. melléklet).

A *B* csoport megoldásainak értékelése:

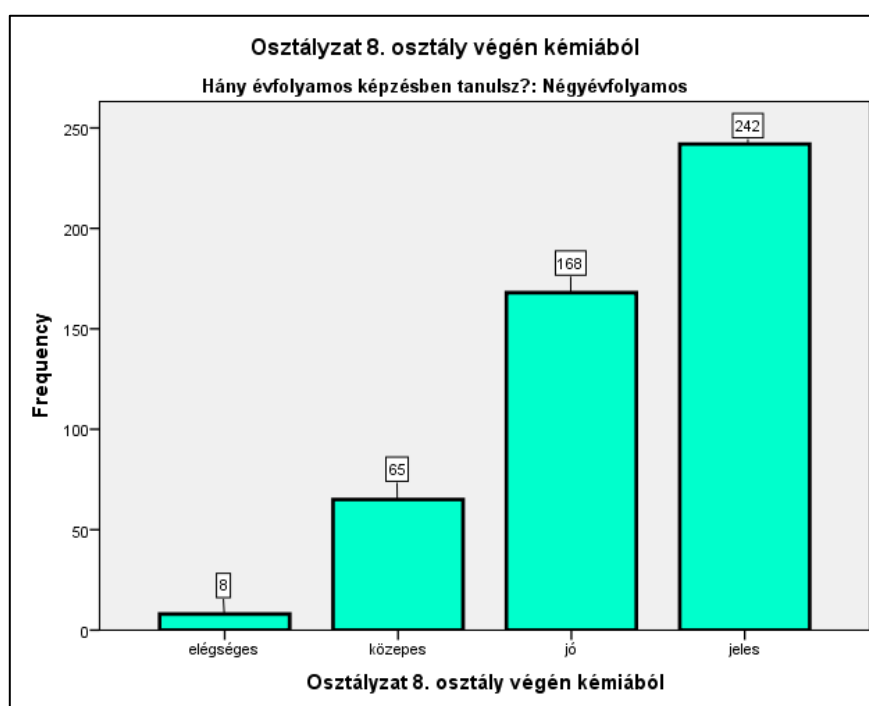
A *B* csoport feladatait megoldó 354 tanuló nyolcadik évfolyamon szerzett év végi jegyeinek átlaga valamivel magasabb, 4,32 volt. Az értékek szórása és a variancia is alacsonyabb, 0,767 valamint 0,588. A relatív gyakoriság adataiból megállapítható, hogy valamivel többen, a tanulók 49,4%-a kapott jeles év végi osztályzatot, az *A* csoportot megoldókkal szinte azonos, 35,0% jó eredménnyel zárt, közepest a 14,1%, míg elégségest mindössze 1,4% szerzett (5.2. és 5.4. sz. mellékletek).

Az év végi jegyek átlaga itt is a négyévfolyamos képzésben adódott valamivel magasabbnak (4,37 míg a hatévfolyamos esetén 4,25), és a modulus mindkét esetben 5, de a hatévfolyamosok esetén lett nagyobb a szórás (0,800) és a variancia (0,640), bár ezek valamivel kisebbek, mint az *A* csoportot írók esetén. A hatévfolyamos képzésben részt vevők 45,6%-a kapott jeles és 1,6% elégséges osztályzatot, míg a négyévfolyamosoknál nagyobb az arány jeles (51,5%) és kisebb az elégséges esetén (1,3%) (5.6. sz. melléklet).

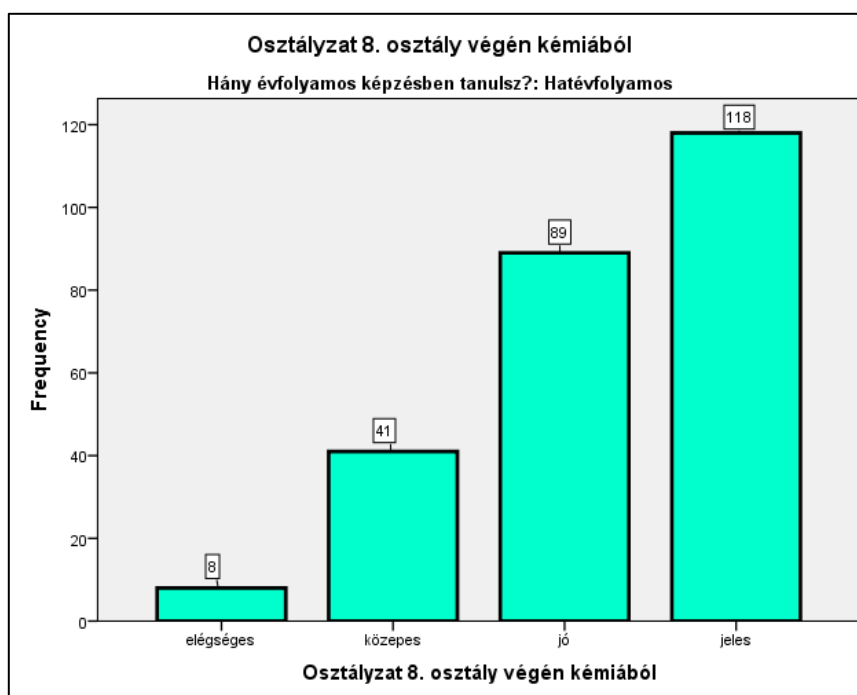
A két csoport tanulóinak év végi jegyeit összehasonlítva megállapítható, hogy arányukban nem mutatnak lényeges eltérést, a hatévfyamos képzésben részt vevő diákok esetén valamivel alacsonyabb a jegyek átlaga, de nagyobb a szórás és a variancia. A felmérésben szereplő összesen 739 diák nyolcadik évfolyamon szerzett év végi jegyeinek átlaga 4,30; az értékek szórása 0,792 és a variancia 0,628. A relatív gyakoriság adataiból megállapítható, hogy a tanulók 48,7%-a kapott jeles év végi osztályzatot, 34,8% jó eredménnyel zárt, középezt a 14,3%, míg elégségest mindössze 2,2% szerzett (5.7. és 5.8. sz. mellékletek).

Az összesített adatok alapján a négyévfolyamos tanulóknál (N=483) a jegyek átlaga 4,33; a szórás 0,769 és a variancia 0,592, míg a hatévfyamosoknál (N=256) ezek az értékek sorban 4,24; 0,832 és 0,692 (5.9. sz. melléklet).

A 4. és az 5. ábra a tanulók év végi jegyeinek alakulását mutatja a négyévfolyamos és a hatévfyamos képzés esetén.



4. ábra: A kémia érdemjegyek megoszlása a négyévfolyamos képzésben nyolcadik évfolyam végén



5. ábra: A kémia érdemjegyek megoszlása a hatévfolyamos képzésben nyolcadik évfolyam végén

Megvizsgáltam a jó válaszok számának alakulását az év végi jegyekkel összefüggésben. Ezt mutatja az 1. táblázat.

	Összes jó válaszok száma			
Év végi érdemjegyek	0	1	2	5
elégséges	11	5	0	0
%	68,75	31,25		
közepes	71	34	1	0
%	66,98	32,08	0,94	
jó	179	75	3	0
%	69,65	29,18	1,17	
jeles	228	124	7	1
%	63,33	34,45	1,94	0,28
Összesen	489	238	11	1

1. táblázat: Az év végi jegyek és a jó válaszok száma

Az A csoportban a feltett hét kérdésre a tanulók mindössze 0, 1, vagy 2 jó választ tudtak adni, ami összességében nagyon gyenge eredmény. Ez már előre vetíti a hipotézis elemzésének eredményét. Mindössze hét olyan tanuló volt a vizsgált mintában (N=385), akik két helyes választ adtak, és közülük négyen jeles, ketten jó és egyikük pedig közepes év végi osztályzatot kapott. 250 tanuló, azaz a tanulók 64,9%-a egyetlen jó választ sem adott.

A keresztábrás lekérdezés eredményeként a χ^2 értéke 3,547 és a szignifikancia 0,738 (SZF=6), azaz nincs szignifikáns kapcsolat (5.10., 5.11. és 5.12. sz. mellékletek).

A B csoportban a helyes válaszok száma 0, 1, 2 és 5 volt, és az öt jó válasz az első öt kérdésre született. A mintában (N=354) 239 tanuló (67,5%) egy jó választ sem adott (5.13., 5.14. és 5.15. sz. mellékletek). A χ^2 értéke 4,679 és a szignifikancia 0,861 (SZF=9), így az A csoporttal egyező következtetésre jutunk.

A teljes adathalmazra nézve igaz, hogy nincs szignifikáns összefüggés a nyolcadik osztály év végén kapott érdemjegyek és az összes jó válaszok, vagyis a feladatlap eredményes kitöltése között (χ^2 értéke 4,413 és a szignifikancia 0,882; SZF=9). (5.16. és 5.17. sz. mellékletek). Megállapítható, hogy az év végi jó eredmények nem állnak kapcsolatban a tesztben elért pontszámokkal, vagyis akinek jó és jeles év végi osztályzata volt, az sem tudott több helyes választ adni. A vizsgált 739 tanuló közül 489-en, a minta 66,2%-a nem tudott egy kérdésre sem helyesen válaszolni. Ez azért is elgondolkodtató, mert a hetedik kérdés önállóan is megállja a helyét, így nemcsak a konkrétan vizsgált jelenségre, hanem a részecskék általános fizikai és kémiai tulajdonságaira, polaritására és ennek következményére vonatkozó ismereteik is hiányosak.

Ezek alapján az *első hipotézis nem igazolódott be.*

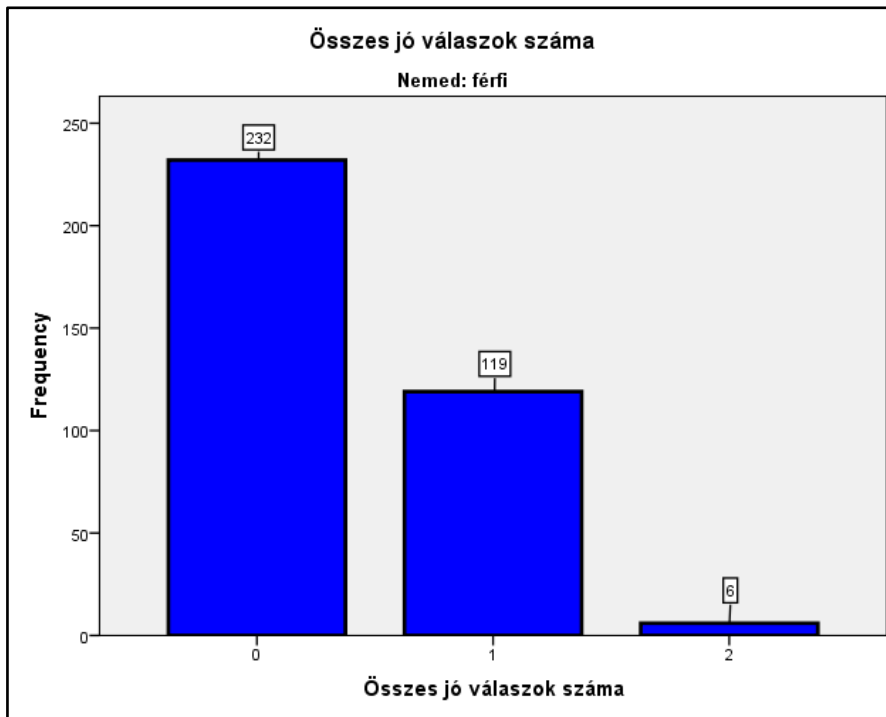
12.4.2. A második hipotézis

Nincs különbség a fiúk és a lányok teljesítménye között.

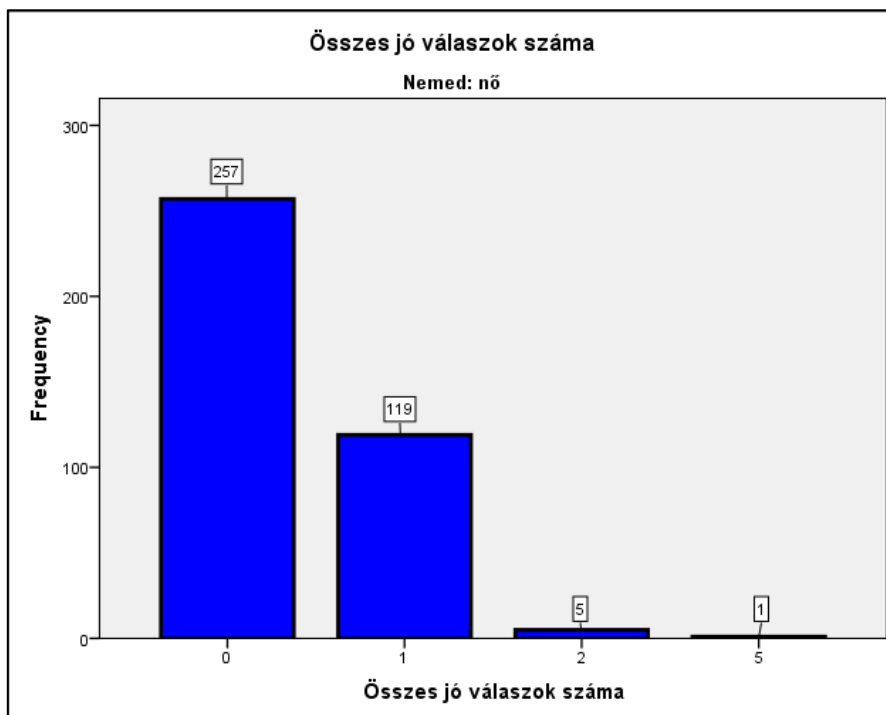
	Összes jó válaszok száma				N
	0	1	2	5	
Fiúk	232	119	6	0	357
%	65,0	33,3	1,7	0	
Lányok	257	119	5	1	382
%	67,3	31,1	1,3	0,3	

2. táblázat: Az összes jó válaszok számának alakulása a nemek szerint

Amint azt a 2. táblázat is mutatja, a fiúk közül 65,0% nem tudott egy jó választ sem adni, a lányok esetén 67,3%, míg egy jó választ a fiúk 33,3%-a és a lányok 31,1%-a adott. Az alábbi adatokat alapján (χ^2 értéke 1,525; a szignifikancia 0,677 és SZF=3) megállapítható, hogy a fiúk és a lányok teljesítménye között nincs lényeges különbség a helyes válaszok számát tekintve (5.18., 5.19. és 5.20. mellékletek). Az összes jó válaszok számának nemek közötti alakulását a 6. és a 7. ábra mutatja.



6. ábra: A fiúk összes jó válaszainak száma



7. ábra: A lányok összes jó válaszainak száma

Ezek alapján megállapítható, hogy **a második hipotézis beigazolódt**, vagyis nem adódott szignifikáns különbség a fiúk és a lányok teljesítménye között.

12.4.3. A harmadik hipotézis

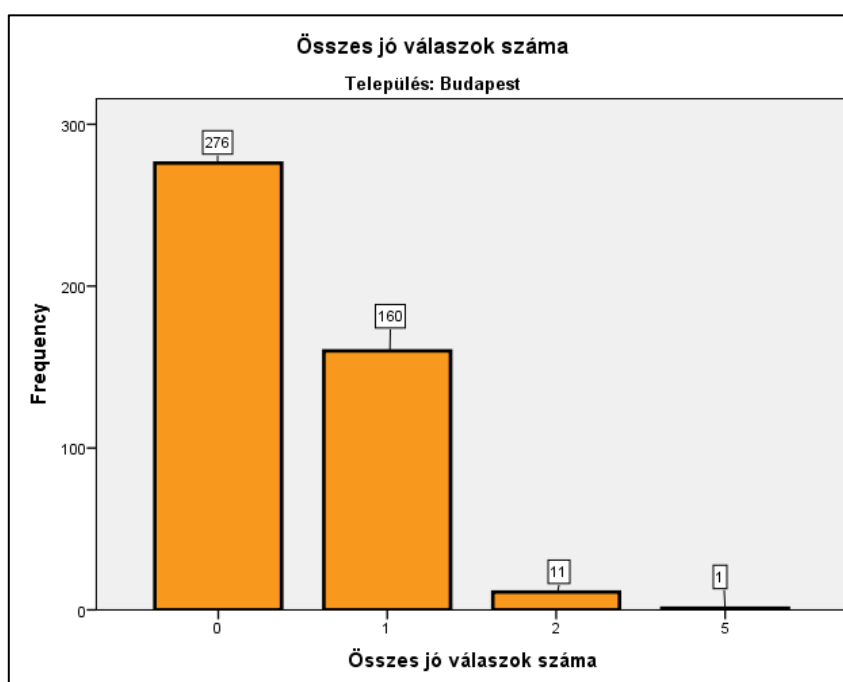
Nincs szignifikáns különbség a vidéki és a fővárosi tanulók teljesítménye között.

	Összes jó válaszok száma				N
	0	1	2	5	
Budapest	276	160	11	1	448
	61,6	35,7	2,5	0,2	
Vidék	213	78	0	0	291
	73,2	26,8	0	0	

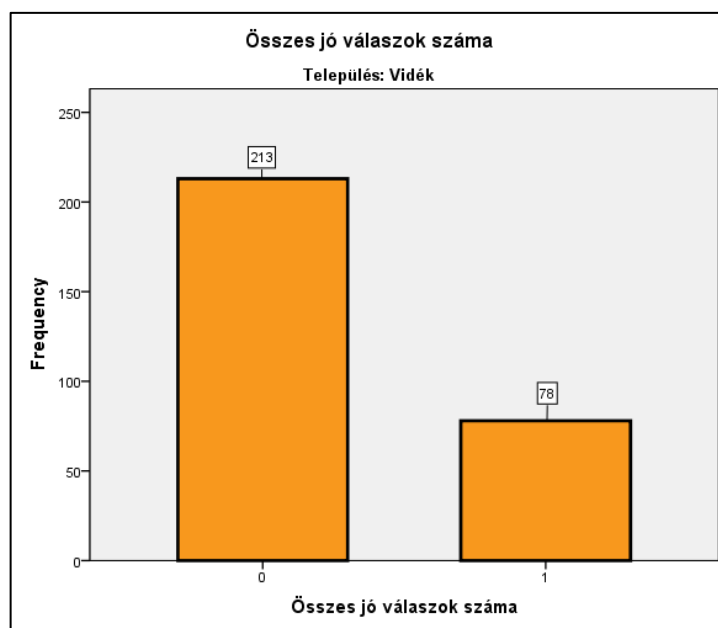
3. táblázat: A vidéki és a budapesti diákok jó válaszainak száma, százalékos adatai

Külön megvizsgáltam a vidéki és a fővárosi tanulók teljesítményét (3. táblázat). Az összes adatot feldolgozva a relatív gyakoriságokat összehasonlítva a budapesti diákok (N=448) 0, 1, 2 és 5 jó választ (8. ábra) adtak a kérdésekre, míg a vidékiek (N=291) esetén 0 és 1 jó válasz volt mindössze (9. ábra). A budapesti diákok 61,6%-a egy kérdésre sem válaszolt helyesen, míg a vidékiek esetén magasabb érték, 73,2% adódott. A budapesti tanulók adataira vonatkozó szórás értéke 0,581; a variancia 0,338; míg a vidékiek esetén a szórás 0,444 és a variancia 0,197 (5.21. és 5.22. sz. mellékletek).

A keresztábrás lekérdezés adatai (χ^2 értéke 15,724; a szignifikancia 0,001 és SZF=3.) bizonyítják, hogy lényeges különbség van a két részminta kapott eredményei között (5.23. és 5.24. sz. mellékletek).



8. ábra: A budapesti diákok jó válaszainak száma



9. ábra: A vidéki diákok jó válaszainak száma

A fentiek alapján **a harmadik hipotézis nem igazolódott be**, mert szignifikáns különbség mutatható ki a budapesti és a vidéki tanulók teljesítménye között. A budapesti tanulók teljesítménye adódott jobbnak.

12.4.4. A negyedik hipotézis

Van különbség a hatévfolyamos és a négyévfolyamos képzésben tanuló diákok teljesítménye között.

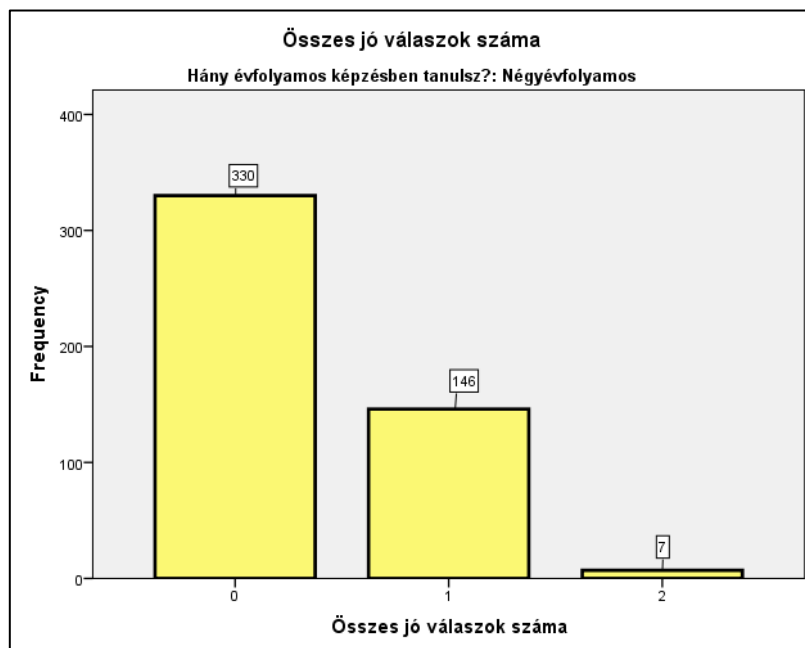
A negyedik hipotézis a négyévfolyamos és a hatévfolyamos képzésben tanuló diákok eredményének, teljesítményének összehasonlítására vonatkozik.

	Összes jó válaszok száma				N
	0	1	2	5	
Hatévfolyamos	159	92	4	1	256
%	62,1	35,9	1,6	0,4	
Négyévfolyamos	330	146	7	0	483
%	68,32	30,23	1,45	0	

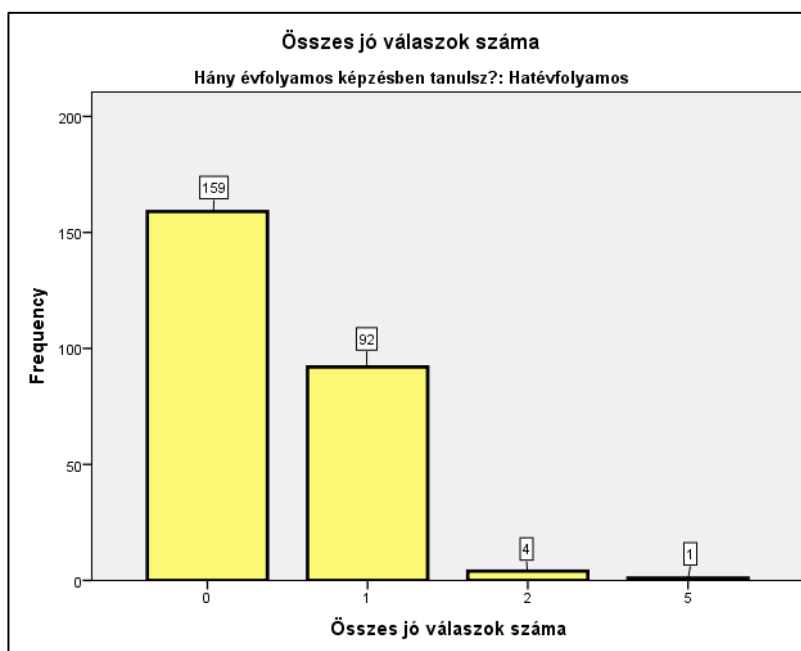
4. táblázat: Az összes jó válaszok száma a kétféle képzésre vonatkoztatva

A 4. táblázatban összefoglalva látható, hogy hány olyan diák töltötte ki a feladatlapot, aki jelenleg hatévfolyamos (N=256), és hány olyan, aki négyévfolyamos (N=483) képzésben tanul. Mivel a két részminta elemszáma lényegesen eltérő, ezért az összes jó választ adók száma alatt azok százalékos megoszlását is feltüntettem egy-egy képzési típuson belül. A négyévfolyamos tanulók teljesítménye kisebb szórást mutat (0,501) és a variancia is kisebb (0,251) mint a hatévfolyamosoké (0,594 illetve 0,353) (5.25. sz. melléklet). Az összes jó

válaszok számát a négyévfolyamos és a hatévfolyamos tanulók esetén a 10. és a 11. ábra szemlélteti.



10. ábra: A négyévfolyamos képzésben tanuló diákok összes jó válaszainak száma



11. ábra: A hatévfolyamos képzésben tanuló diákok összes jó válaszainak száma

A relatív gyakoriságok alapján elmondható, hogy a négyévfolyamos képzésben tanuló diákok nagyobb része nem tudott egy jó választ sem adni a kérdésekre, míg egy és két jó választ is kevesebben adtak meg. A kereszttáblás lekérdezés alapján is megállapítható (χ^2 értéke 4,571 és SZF=3, a szignifikancia 0,206), hogy **a negyedik hipotézis**

bizonyítottak, igazoltnak tekinthető, vagyis van szignifikáns különbség a négy- és a hatévolyamos gimnáziumi tanulók teljesítménye között, mert a hatévolyamos képzésben tanulók teljesítettek jobban (5.26. és 5.27. sz. mellékletek).

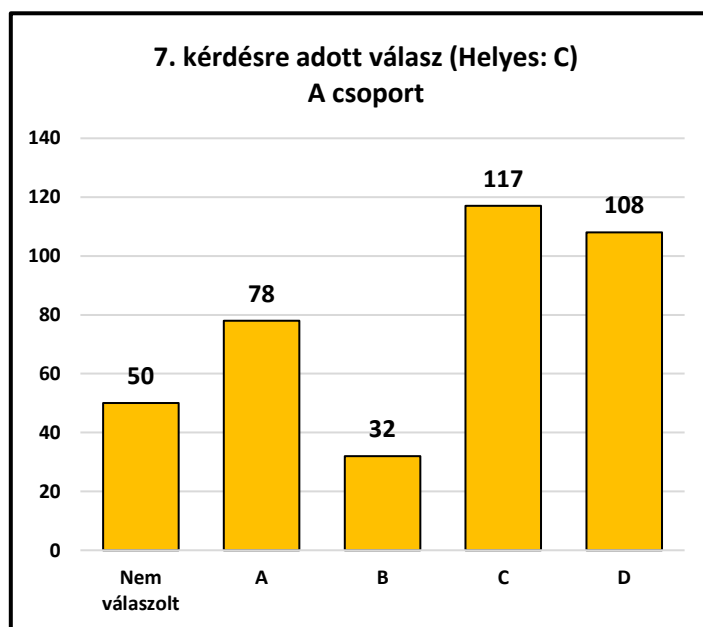
12.4.5. Az ötödik hipotézis

A kilencedik osztályos tanulók részecskékkel kapcsolatos ismeretei hiányosak, sok tévképzettel rendelkeznek.

A hetedik kérdésre adott válaszok kiértékelése

A hetedik kérdés egy gázelegyre vonatkozott, amelyből a három felsorolt gáz egyike elválasztható a többitől aktív szén segítségével. A feleletválasztós kérdésben négy alternatíva közül kellett kiválasztani, hogy mi lehet az oka ennek. Az A csoportban a gázelegy ammóniát, oxigént és nitrogént, míg a B csoportban szén-monoxidot, kén-dioxidot és szén-dioxidot tartalmazott. A felsoroltak között a válaszlehetőségek a következők voltak: a részecskék különböző mérete, eltérő sebességgel történő mozgása, eltérő polaritása, valamint a részecske szénrel való reakciója.

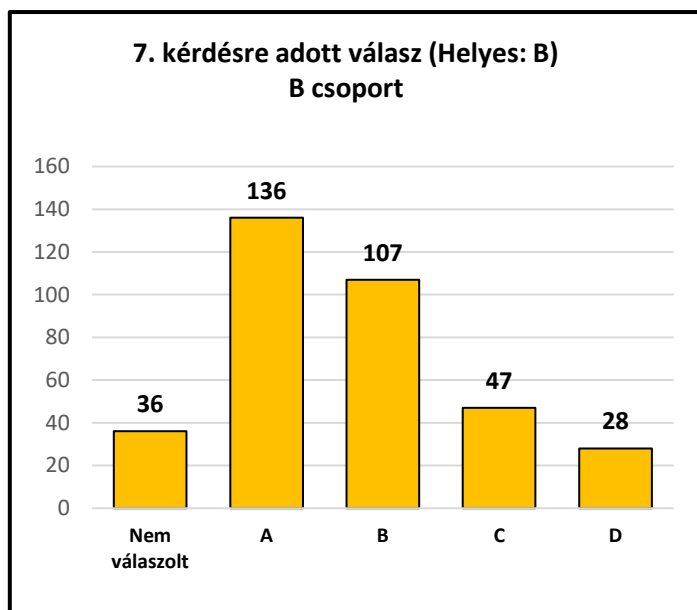
Ez a kérdés az adszorpció ismerete nélkül is helyesen megválaszolható lett volna az általános iskolai kémiai ismeretek alapján. Sajnos mindkét csoportban gyenge eredmény született.



12. ábra: A hetedik kérdésre adott válaszok alakulása az A csoportban

Az A csoportban a helyes válasz, vagyis a részecskék eltérő polaritása a C jelű volt. A felsorolt gázok: ammónia, oxigén és nitrogén. Ötven tanuló nem adott választ erre a kérdésre, és csak a tanulók 30,39%-a válaszolt helyesen. Szintén sokan választották a D-t,

vagyis úgy vélték, hogy a részecskék közül az ammónia reagál az aktív szénnel, míg az oxigén és a nitrogén nem (12. ábra).



13. ábra: A hetedik kérdésre adott válaszok alakulása a B csoportban

A B csoportban a szén-monoxid, kén-dioxid és szén-dioxid közül kellett eltérő polaritás miatt a kén-dioxidot kiválasztani. Közülük 36 tanuló semmilyen választ nem adott, és az A csoporthoz hasonló arányban (30,23%) választottak helyesen. De a jól válaszolóknál többen az A választ jelölték meg, vagyis többen gondolták úgy, hogy a különbség a szénrel való reakción múlik, és nem az eltérő polaritás az alapja a tapasztaltaknak (13. ábra).

Mindkét csoportban a kémiai reakció szerepelt az első helyen a hibás válaszok között, ami a tudás hiányosságán kívül utal tévképzetre is.

Van-e összefüggés az év végi érdemjegyek és a 7. kérdésre kapott jó válaszok között?

Az összes adat elemzése során (N=739) a χ^2 -próba eredménye 1,327 és a szignifikancia 0,723 alapján is megállapítható, hogy a független feladatnak is tekinthető 7. kérdésre adott jó válaszok száma és az év végi érdemjegyek között sincs szignifikáns összefüggés (p=0,001). Ez azért is figyelemre méltó, mert nemcsak egy részterületre vonatkozó ismeretet kér számon ez a feladat, hanem az előző két tanévben tanultak alapján elsajátított alapvető ismeretekre is utal. A válaszok alapján megállapítottam, hogy sajnos a kilencedikes tanulók adott mintájára vonatkoztatva igaz, hogy ezen a téren lényeges információk, ismeretek hiányával kezdték el a tanévet (5.28. és 5.29. sz. mellékletek).

Az előző kérdésekre adott válaszok összesítése alapján is az állapítható meg, hogy a vizsgálatba bevont tanulók kémiai részecskékkal kapcsolatos ismeretei nagyon hiányosak,

sok tévképzettel rendelkeznek, és az egyes kérdésekre adott válaszaik között gyakran lényeges ellentmondás is felfedezhető. Vagyis **az ötödik hipotézis beigazolódott.**

Az előteszt eredménye messze elmarad az elvárttól, és ez is indokolja, hogy olyan módszerek kidolgozására van szükség, amelyek segíthetik a részecskék tulajdonságainak, viselkedésének jobb megértését, a részecskeszemlélet eredményes kialakítását. Erre lehet alkalmas a szimulációs eredmények oktatásban való alkalmazása is.

13. Az adszorpció folyamatának modellezése, a szimuláció

A diákok nyitottak az új ismeretek befogadására, könnyen felkelthető az érdeklődésük olyan folyamatok megértésére is, amelyek nem láthatók szabad szemmel. Ezek közé sorolhatók az adszorpciós folyamatok is. Fontos, hogy hatékony, újszerű módszereket alkalmazzunk, amelyek révén a tanulók önmaguk képesek lesznek a tudás konstruálására, és ez egyben új ismeretek megszerzésére is ösztönzi őket.

A természettudományos tantárgyak, így a kémia oktatása során a tanulók nehezen értik meg a molekuláris szintű folyamatokat, ezért a kémia és a biológia tantárgy sok részterülete is távol áll tőlük.

A szimulációs eredmények oktatásban való alkalmazhatóságát indokolja, hogy az animációkkal, modellekkel szemben valódi matematika és fizika van mögötte, elektronikus környezetre épül, általa egy bonyolult kémiai folyamatot egyszerűen, szemléletesen, de ugyanakkor valóságként mutathatunk be. Segíti az oktatást, mert a nehezen értelmezhető, kísérletileg nem bemutatható fogalmak, folyamatok, jelenségek (pl. extrém körülmények, súlyosan mérgező anyagok) megértését könnyíti meg. Emellett különböző életkorban és oktatási szinteken is hatékonyan alkalmazható.

A levegőszennyező anyagok adszorpciójának vizsgálata kevésbé elterjedt, és az eredmények oktatásban való alkalmazására még kevés jó gyakorlat áll rendelkezésre. A természettudományos eredmények napjainkban is csak későn kerülnek be az oktatási gyakorlatba, és gyakran nem teljesen „korszerű” ismeretek átadása történik.

A számítógépes szimulációs eredmények kémiaoktatásban történő alkalmazásának előnyei:

- nincs vegyszerigény,
- nem veszélyes,
- ismételhető,
- a hosszadalmas, lassú eljárások rövidíthetők,
- használata környezetkímélő,
- a már meglévő informatikai infrastruktúrára épül,

- a valódi kísérleti eszközökkel nem modellezhető jelenségek is megjeleníthetők (atomok, mozgások szimulációja, molekuláris szintű jelenségek, reakciómechanizmusok stb.),
- különböző oktatási szinteken is alkalmazható.

13.1. A szimuláció helye a tudományban

A szimuláció egyrészt egy valós dolog, állapot, folyamat leképezését jelenti, másrészt a szimuláció, mint tevékenység egy bizonyos fizikai vagy absztrakt rendszer fő jellemzőinek vagy viselkedésének, működésének ábrázolását valósítja meg. A digitális szimuláció egy mód arra, hogy egy valós folyamatot modellezzünk a számítógépen tanulmányozás, vizsgálat céljából. A rendszer jellemzőinek változtatásával képet alakíthatunk ki a működéséről is.

Hagyományosan a rendszerek formális leírására matematikai modelleket alkalmaztak, amelyek analitikus megoldásokat kerestek az egyes problémákra. Ma már a szimulációt inkább a matematikai modellekkel együttesen, vagy azokat helyettesítve alkalmazzák. Előnye, hogy a szimuláció olyan esetekben is képes választ adni a kiindulási problémára, amikor egy rendszer leírása a matematikai módszerekkel túl bonyolult vagy lehetetlen lenne.

A meghatározásból adódik, hogy a szimuláció jól alkalmazható az oktatásban is, mert lehetőség nyílik a szimulált rendszer olyan lényeges elemeinek kiemelésére, amelyek szükségesek a rendszer működésének megértéséhez, ezáltal segíti a tanulási folyamatot. A számítógépes szimuláció egyik feladata, hogy bizonyos természeti folyamatokat egyszerűen, ugyanakkor szemléletesen, érzékletesen mutasson be (*Starkné és Fogarassyné, 2008*).

A rendszerek atomi szintű szerkezetvizsgálatának kétféle – elviekben különböző - lehetősége közül az egyik a kísérleti, a másik az elméleti megközelítés. A kísérleti módszerek közül alkalmazhatunk pl. spektroszkópiái (pl. NMR, IR) vagy diffrakciós (neutron- vagy röntgendiffrakció) módszereket. A másik lehetséges mód az elméleti megközelítés, amely során azonban többféle közelítést is alkalmazunk. A valódi rendszert valamilyen alkalmas modellel helyettesítjük, és közben maguk az elméleti módszerek (pl. integrálegyenletek) is közelítéseket, egyszerűsítéseket tartalmaznak. Az alkalmazott elméleti közelítések érvényességét a kísérleti eredményekkel való megfelelő egyezés képes igazolni.

Az elméleti és a kísérleti megközelítési mód mellett a múlt század közepén megjelent egy új, a természettudományban elfogadott harmadik, egyre inkább teret hódító módszer, a számítógépes szimulációk módszere. A számítógépes szimulációk során az elméletekhez

hasonlóan rendszerünket valamilyen célszerűen választott modellrendszerrel kell helyettesíteni, azonban ezeknek a modellrendszereknek a tulajdonságait egzaktul, az elméletek során használt közelítések nélkül tudjuk a szimulációk segítségével számítani. Így azonos modellek alkalmazása mellett a szimulációk a különböző elméleti megközelítések érvényességét képesek ellenőrizni, az elméletekkel szemben úgy játsszák el a kísérlet szerepét, hogy az alkalmazott modell hibáinak a hatása kiküszöbölhető. Ugyanakkor a kísérletekkel való összehasonlítások során éppen ezeknek a modelleknek az érvényességét vizsgálhatjuk, vagyis a kísérletekkel szemben a szimulációk az elmélet szerepét töltik be.

Az elméletekhez hasonlóan a szimulációk esetén is a kapott eredmények kísérleti adatokkal való jó egyezése igazolhatja a szimulációból nyert, kísérletileg közvetlenül nem ellenőrizhető adatok megbízhatóságát (Jedlovsky, 2006).

13.2. Az elektronikus tanulási környezet megjelenése a konstruktivista tanulásfelfogásban

Napjaink tanulásfelfogásában a környezet komplex hatásrendszerének jelentősége tölt be központi szerepet. A tanulás a környezettel való interakciók során jön létre, és nagy szerepe van a tanulási folyamatban az előzetes tudásnak. A konstruktivista tanulásikörnyezet-szervezés alapjai a tanulás belső, kreatív, mentális aktivitásként való értelmezéséből erednek. Alapja az, hogy a tudás nem a valóság tükörképe, hanem belső konstrukció eredménye. Ezért olyan tanulási környezetet kell létrehozni, amely megfelelő teret ad a tanuló öntevékenységének. A tanulási környezet akkor megfelelő, ha ebben a tanuló belső kognitív és emocionális világa folyamatosan aktív. A tanuló a tanítási/tanulási folyamat főszereplője, és az ő szükségleteihez igazodik a tanár segítő tevékenysége (Komenczi, 2009) (5. táblázat).

Elvek	Gyakorlati megvalósítás
Tanulás akkor történik meg, amikor problémákat oldunk meg	A tananyagot realizisztikus, releváns problémák formájában kell feldolgoztatni
A tanulás másokkal együttműködve eredményes	Csoportmunka szervezése
A tanulás lényeges eleme a hozzáértők megfigyelése és a mintakövetés	A problémamegoldás bemutatása, tanácsadás, együttes problémamegoldás

5. táblázat: A konstruktivista tanulásfelfogás elvei és gyakorlata (Komenczi, 2009)

A konstruktivista tanulásikörnyezet-szervezés olyan módszereket keres, amelyeket alkalmazva az iskolában megszerzett tudás használhatóbb, gyakorlatiasabb lesz. Ha egy problémakört többféle kontextusban dolgozunk fel, akkor növelhető annak a valószínűsége,

hogy a megszerzett tudás változó feltételek mellett is használhatóvá válik. Mivel a konstruktivista felfogás szerint a tudás forrása nem a környezet, hanem az elme konstrukciós tevékenysége, ezért a környezet szerepe nem a tudás átszarmaztatása, hanem az elmében létrejött tudás kipróbálása. Azt előre nem tudhatjuk, hogy a kialakult tudás adekvát tudás-e, azért érhető módon a tévedés a tanulási folyamat része. Így fel kell ismerni, hogy a tanulási folyamatban tévedéseken keresztül vezet az út, ezért szelekcióra van szükség, amely szelekciót a tanulási környezetnek elő kell segítenie (Komenczi, 2009).

A konstruktivizmus tanulásmodellje szerint az agyban a tanulás során modellek és megoldások konstrukciója jön létre. A tanulás során a tanár együttműködő, együtt tanuló partner, aki segíti a tanulót és egyben mintát is ad a számára. Lehetőséget biztosít a problémák megoldására, csoportmunkát épít be a tanulási folyamatba, és közben tanácsot és mintát is szolgáltat a problémamegoldás folyamatában. Közben az elme szerkezete változik, módosulnak a belső reprezentációk, vagyis az elme konstruál.

A számítógépes tanulás eszközkészlete az utóbbi években jelentősen kibővült. A számítógép információfeldolgozó képessége lehetővé teszi az interaktivitást, amely az e-learning tanulási környezetben nagyon lényeges. A természettudományos oktatásban egyre fontosabbá vált olyan jelenségek, folyamatok bemutatása, amelyek nehezen vizsgálhatók. Ezek szemléltetésére az animáció és a szimuláció nyújt lehetőséget.

Az animáció a mozgóképes információátadás egyik lehetséges módja, amely eredményesen alkalmazható az oktatásban. „Az animáció eredeti értelmezése olyan filmkészítési technikát jelent, amely élettelen tárgyak (többnyire bábok) vagy rajzok, ábrák stb. „kockázásával” olyan illúziót kelt a nézőben, mintha az egymástól kismértékben eltérő képkockák sorozatából összeálló történésben a szereplők megelevenednének vagy élnének.” (Komenczi, 2009). Az oktatási célú számítógépes animáció gyakran különböző típusú grafikus ábrázolások (pl. folyamatábrák, diagramok, függvények) elemeit jeleníti meg azért, hogy elősegítse a megértést, az értelmezést. Lehet interaktív is az animáció, amely során a felhasználó által megadott paraméterek függvényében a folyamat eredménye változik.

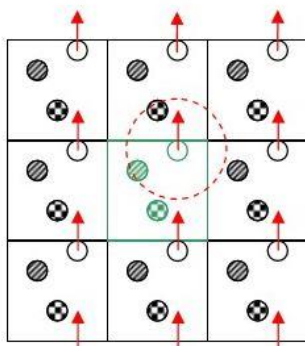
Szimulációról akkor beszélünk, ha valós folyamatok lényeges jellemzőinek egy elégséges halmazát tudjuk megadni, illetve ezek kölcsönhatásait megfelelő algoritmusokkal leírni. Ebben az esetben ezek számítógépen működő modellként megjeleníthetők, és tanulmányozhatóvá válnak. A modellben alkalmazott paraméterek a felhasználó által megváltoztathatók, így a változó körülmények hatása szinte azonnal megjeleníthető. A folyamatok, jelenségek számítógépes szimulációja alkalmas és megbízható módszer az

oktatásban, de alkalmazását némileg korlátozza, hogy a szimulációk létrehozása és a tanulási programokba való beillesztése munkaigényes feladat.

13.3. A számítógépes szimuláció módszere, a molekuláris rendszerek szimulációja

A rendezetlen, kondenzált fázisú rendszerek szerkezetének statisztikus mechanikai alapon történő vizsgálatában kiemelkedő helyet foglalnak el a számítógépes szimulációs módszerek. A számítógépes szimulációkban fontos szerepe van a részecskék kölcsönhatását leíró potenciálfüggvényeknek, és a szimulált rendszer ezen függvények segítségével számítható teljes potenciális energiájának.

Mivel a szimuláció során alkalmazott atomok száma jóval kisebb, mint a makroszkopikus rendszereket alkotó atomok száma, így a hibák kiküszöbölésére az ún. periodikus határfeltételeket alkalmazzuk. Ennek során a szimulációs dobozt a tér minden irányából körbe vesszük a saját eltoló képmásaival, így végtelen nagyságúra terjesztjük ki a rendszerünket. Ezért lényeges, hogy a szimulációs doboz olyan alakú legyen, ami képes a teret a belőle kizárólag eltolással kapott testekkel együtt hézag- és átfedésmentesen kitölteni. A gyakorlatban leginkább a kocka alakú szimulációs doboz használata terjedt el, de számos példa akad téglalap vagy éppen hatszög alapú prizma alakú szimulációs dobozok használatára is. Vizsgálataink során téglalap alakú dobozt alkalmaztunk. A szimuláció során az eltoló dobozokban lévő részecskék az alapdobozban lévő részecskékkel megegyező mozgást végeznek. Így ha az egyik részecske elhagyja az alapdobozt, akkor a megfelelő másolat részecske a doboz ellenkező oldalán belép. Két részecske távolsága alatt periodikus határfeltételek alkalmazása esetén nem feltétlenül az alapdobozban lévő részecskék távolságát értjük, hanem az egyik alaprészecske távolságát a másik részecske hozzá legközelebb eső másolatától (*Jedlovsky, 2006*) (14. ábra).



14. ábra: Periodikus határfeltételek alkalmazása (*Jedlovsky, 2006*)

A molekuláris rendszerek szimulációja a gömbszimmetrikus részecskékből (pl. atomok, ionok) állóképhez képest további kérdéseket vet fel. A molekulák helyzetének

leírásakor ugyanis már nem kezelhetők pontszerűen a részecskék, helyvektorukon kívül az orientációjukat és az alakjukat is figyelembe kell venni a potenciális energia számításánál és a konfigurációs térből történő mintavétel során. A rendszert alkotó molekulákat általában kényszerek által összekapcsolt gömbszimmetrikus részecskék (ezek az ún. kölcsönhatási helyek vagy site-ok, melyek lehetnek akár atomok, akár atomcsoportok) együttesének szokás tekinteni. A legegyszerűbb ilyen kényszer szerint az egyes kölcsönhatási helyek egymáshoz viszonyított helyzete a szimuláció során nem változik, azaz a molekulamodellünk merev.

13.4. A Monte Carlo számítógépes szimuláció

Monte Carlo módszernek a matematikában azt az eljárást nevezik, melynek során determinisztikus problémák megoldásakor az eredeti problémát egy analóg valószínűségi feladattal helyettesítjük, és azt sztochasztikus módszerekkel, statisztikai mintavételezéssel oldjuk meg.

A Monte Carlo szimuláció sztochasztikus, mert a vizsgált fázistérben véletlenszerűen mintát veszünk a fázistér pontjai közül, és így állítjuk elő a különböző mikroállapotú rendszerek sokaságát. Az egyensúlyi rendszer, mint sokaság statikus jellemzői számíthatók. Mivel konkrét helykoordináták által meghatározott térből veszünk mintát, ezért időfüggéseket nem, csak helyfüggéseket számolhatunk. Az eredményül kapott számítható mennyiségeket sokaságátlagként kapjuk meg (*Jedlovsky, 2006*).

Az elektronikus számítógépek gyors fejlődésével és elterjedésével párhuzamosan a Monte Carlo módszer világszerte használatos, viszonylag egyszerű eljárássá vált, amely segítségével egyre nagyobb és bonyolultabb rendszerek váltak vizsgálhatóvá.

13.5. Méréseink eredményei és a következtetések

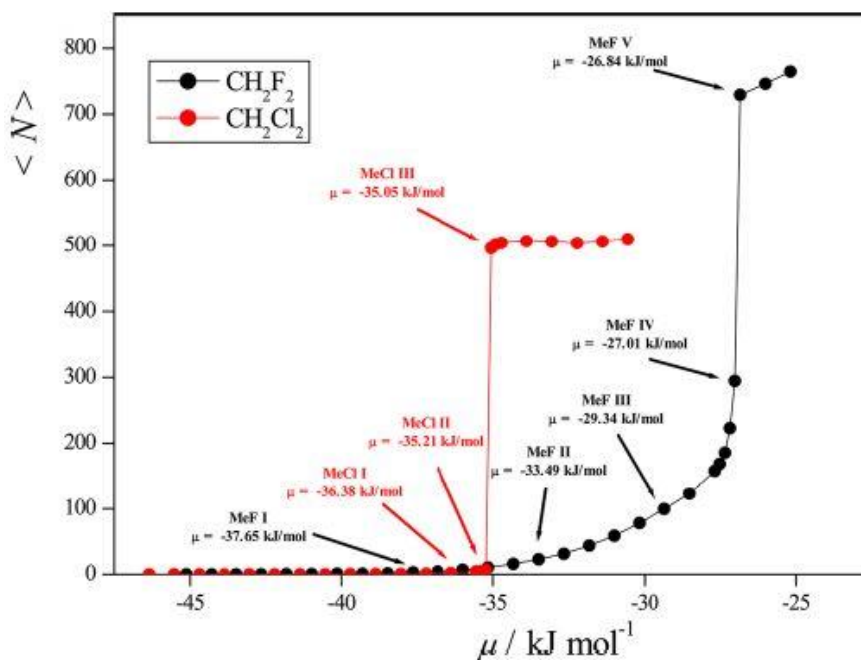
Napjainkban egyre nagyobb figyelmet kapnak a különböző halogénezett szénhidrogének, mert kiderült, hogy ezek némelyike szerepet játszik az ózon bomlásában, és például a hóval borított területeken is jelentős hatással vannak a légkörre.

Az Antarktisz feletti ózonlyuk képződésének vizsgálata azt mutatta, hogy a jégből felszabaduló halogének reakcióba léptek emberi tevékenységből származó anyagokkal, ezekkel stabil vegyületeket képeztek, és a sarki ózonréteg bomlásához hozzájárultak. Egyes halogénszármazékok nem járulnak hozzá az ózon bomlásához, de bizonyítottan üvegházhatást okoznak. Mivel ezek mennyisége a légkörben napjainkban az emberi tevékenység miatt növekszik, ezért is lényeges a hatásuk vizsgálata. A többségük a

légkörben sokáig állandó marad (akár évtizedekig is), ezért is tudni kellene, hogy milyen módon távolíthatók el a gázfázisból.

A számítógépes szimulációval végzett munkánk eredményeit három cikkben publikáltuk a *The Journal of Physical Chemistry* folyóiratban, valamint egy összefoglalás jelent meg a *Journal of Molecular Liquids* folyóiratban.

Az *első vizsgálatunk* két halogénezett szénhidrogén, a metilén-klorid és a metilén-fluorid jégen történő adszorpciójára terjedt ki 200 K-en, troposzférikus körülmények között. A két molekula csak a halogén atomban tér el egymástól, de az adszorpciós izotermájuk alapján mégis lényeges különbség tapasztalható. Amíg a metilén-fluorid több rétegben adszorbeálódik a jég felületén, addig a metilén-klorid nem mutat jelentős adszorpciót, még azelőtt lekondenzál, hogy egy molekularéteg kialakulna a felületen. Érdekes, hogy mindkét molekula felületi orientációja és kötési energiája hasonló. Az eltérő viselkedésük visszavezethető a molekulák közti összetartó erő eltérő nagyságára és az eltérő forráspontjukra.

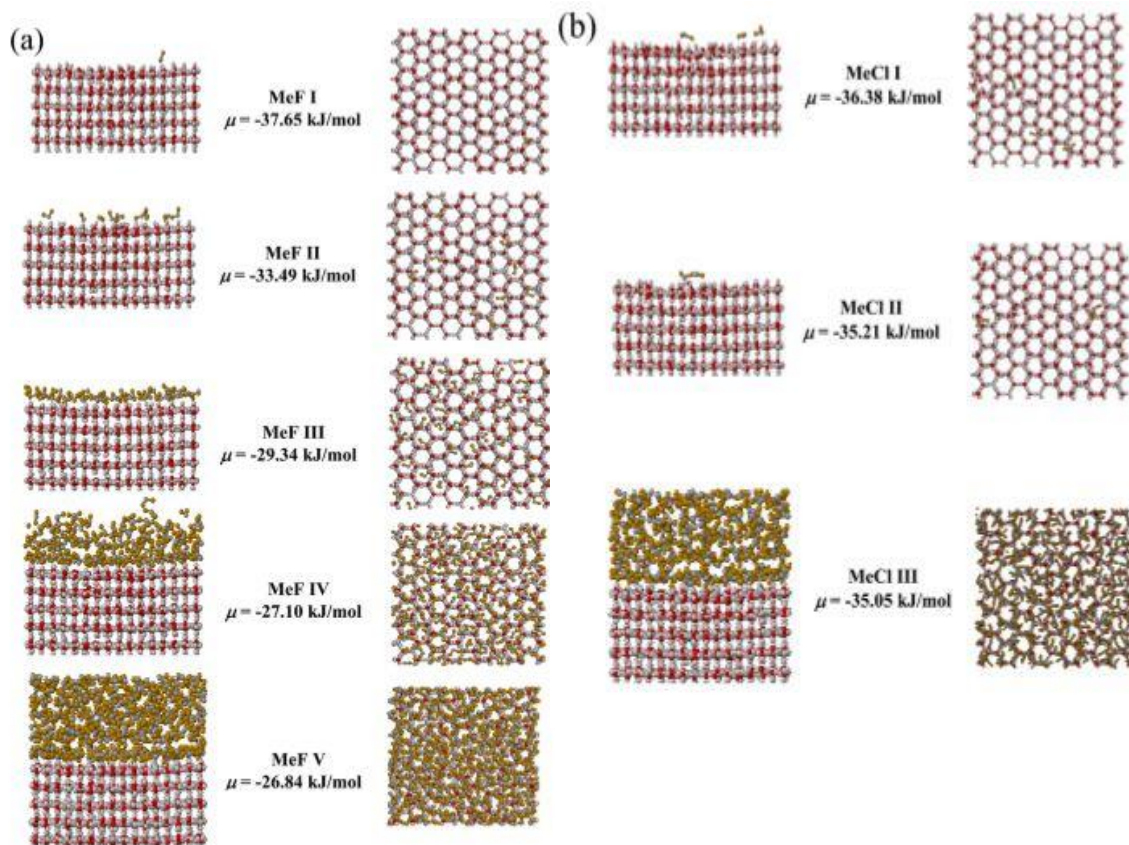


15. ábra: A metilén-fluorid (fekete) és a metilén-klorid (piros) adszorpciós izotermája jégen (Sumi, Picaud és Jedlovsky, 2015)

Az alábbi adszorpciós izoterma mutatja a számítási eredményeinket (15. ábra). Ezen a grafikonon az adszorbeálódott részecskék számát a kémiai potenciál függvényében ábrázoltuk. A metilén-klorid igen kis mértékben adszorbeálódik, lekondenzál, amelyhez tartozó kémiai potenciál értéke -35,13 kJ/mol. A metilén-fluorid esetén az adszorpciós réteg vastagsága folyamatosan nő, lényeges változás -27 kJ/mol kémiai potenciál esetén

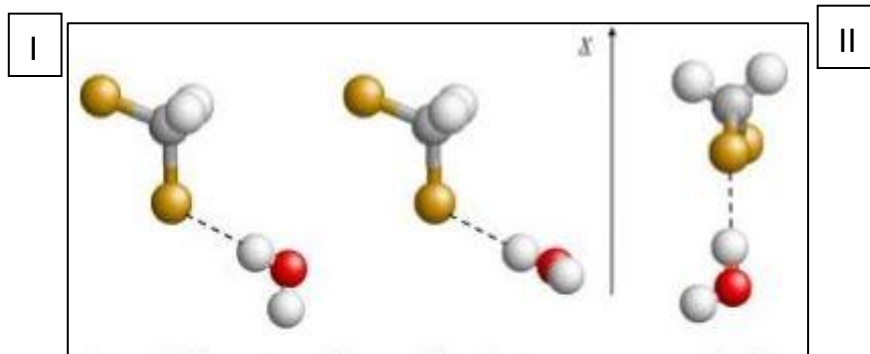
tapasztható. A két molekula közötti különbséget indokolja a forráspontok különbsége. A metilén-kloridé 313,2 K, míg a metilén-fluoridé 221,5 K.

Az adszorpciós izotermát elemezve a metilén-fluorid esetén öt, a metilén-klorid esetén három kémiai potenciál értékénél tovább finomítottuk a vizsgálatot, és adatokat gyűjtöttünk, majd megrajzoltattuk a felületen levő részecskék elhelyezkedését. A 16. ábra ezt mutatja.



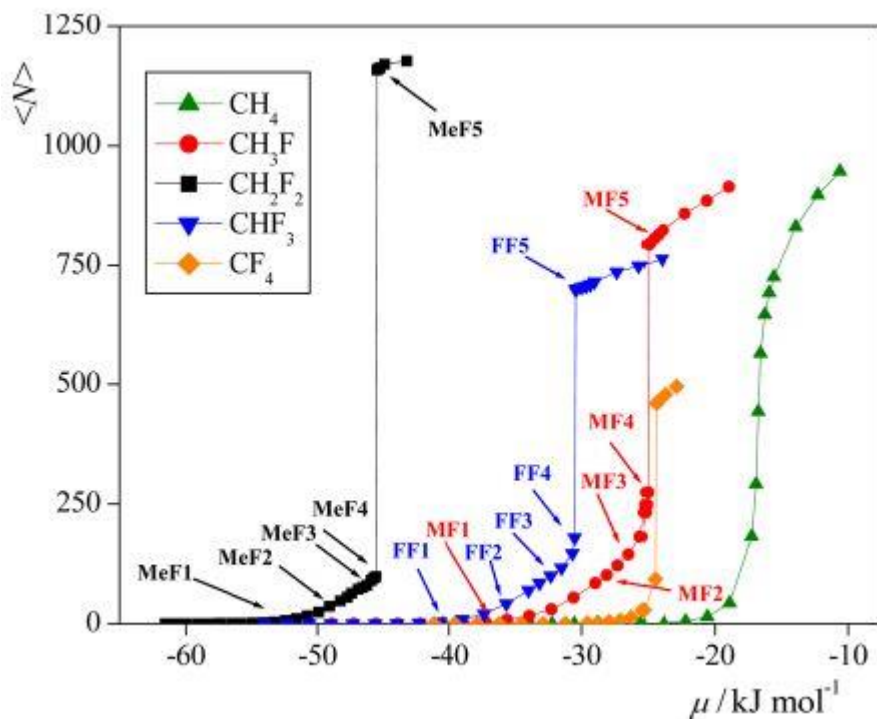
16. ábra: Az adszorpciós rétegek a metilén-fluorid (a) és a metilén-klorid (b) esetén. A bal oldali ábra oldalnézetben, a jobb oldali felülnézetben szemlélteti a rétegeket. A H, O, C és a F/Cl atomok színe sorrendben: világos szürke, piros, szürke és sárga. (Sumi, Picaud és Jedlovszky, 2015)

A továbbiakban meghatároztuk azt, hogy milyen a molekulák legjellemzőbb orientációja a jég felületén. A következő ábrán látható, hogy az első rétegben az egyik halogén atom helyezkedik el a vízmolekulákhoz közel, míg a másik halogén és a hidrogének távolabb (I). A másik lehetőség pedig (II), hogy a két halogén van a jég felszínhez közelebb, míg a két hidrogén velük szemben áll. Ekkor lehetőség adódik hidrogénkötés kialakítására a vízmolekulákkal, melyet a 17. ábra mutat.



17. ábra: A metilén-klorid és a metilén-fluorid lehetséges elrendeződése a vízmolekulákkal az első adszorpciós rétegben. Az alkalmazott színek egyeznek a 3. ábrán megjelöltekkel. (Sumi, Picaud és Jedlovszky, 2015)

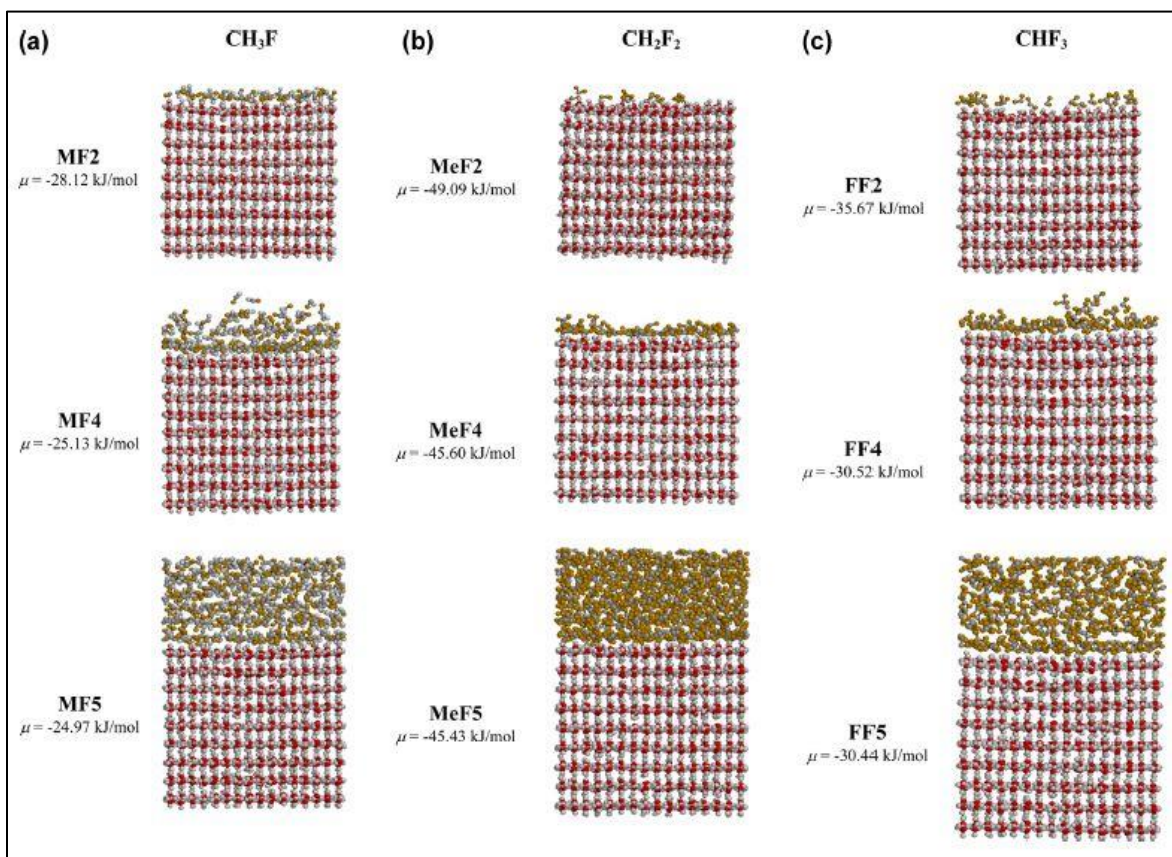
A második vizsgálat a fluorozott metánszármazékok adszorpciójára terjedt ki, amely során tanulmányoztuk a CH_3F , CH_2F_2 , CHF_3 és a CF_4 molekulák mellett összehasonlításként a CH_4 molekula viselkedését is. A vizsgálat körülményei az előző cikkben leírtakkal egyezők voltak. A metán és a tetrafluorometán is apoláris molekulák, így meglehetősen nehezen adszorbeálódnak a poláris vízmolekulákból álló jégfelszínen. Ezzel szemben a részben fluorozott metánszármazékoknál különböző mértékű többrétegű adszorpciót találtunk.



18. ábra: Az adszorpciós izoterma: a CH_4 zöld, a CH_3F piros, a CH_2F_2 fekete, a CHF_3 kék, míg a CF_4 narancssárga színű. (Sumi, Fábrián, Picaud és Jedlovszky, 2016)

Az izotermák alapján a kondenzációhoz közeli értékeknél újabb szimulációkat futtatva megállapítható, hogy a változás a következő kémiai potenciáloknál történik: CH_3F , CH_2F_2 ,

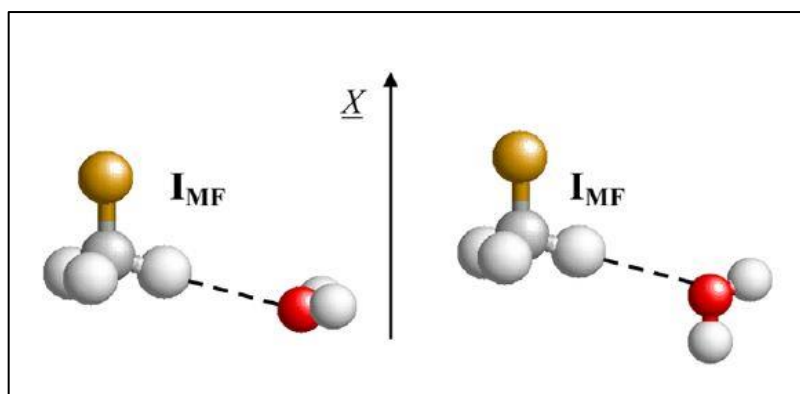
CHF₃, and CF₄ esetén sorrendben -25,09; -45,56; -30,48 és -24,55 kJ/mol (18. ábra). A részecskék felületen való elhelyezkedését a következő ábra mutatja:



19. ábra: Az adszorpciós rétegek a (a) CH₃F, (b) CH₂F₂, and (c) CHF₃ esetén. A H, O, és a F atomok színe sorrendben: szürke, piros, és sárga. (Sumi, Fábrián, Picaud és Jedlovsky, 2016)

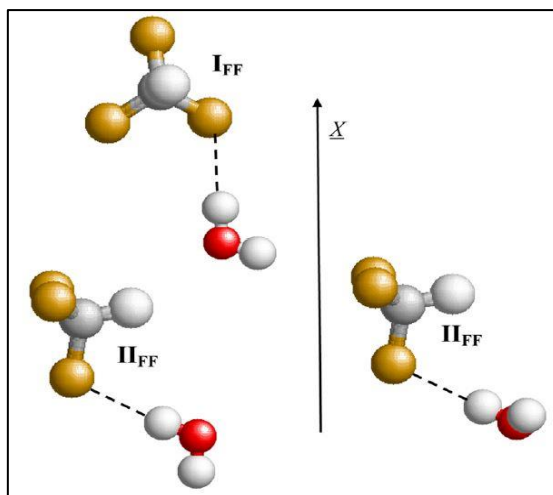
A felső sor relatíve alacsony borítottságot mutat, a középső közvetlenül a kondenzáció előtti állapotot mutatja, míg az alsó szemlélteti a lekondenzált állapotot.

Megvizsgáltuk három molekula (CH₃F, CH₂F₂, és CHF₃) orientációját is az első adszorbeált rétegben. A CH₃F esetén a fluor atom a vízzel ellentétesen áll, míg a három hidrogénatom egyike létesít kötést a víz oxigénjével.



20. ábra: A CH₃F molekulák kétféle lehetséges orientációja (Sumi, Fábrián, Picaud és Jedlovsky, 2016)

A CHF_3 többféle elrendeződése közül a leggyakrabban alakul ki a következő:



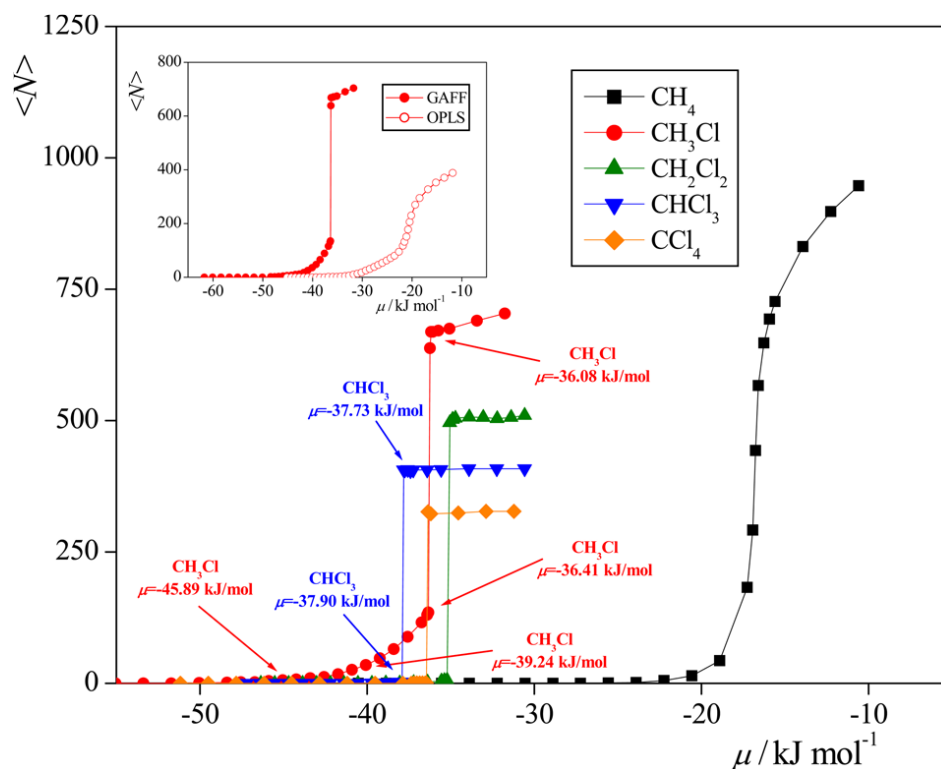
21. ábra: A CHF_3 jellemző orientációja (Sumi, Fábán, Picaud és Jedlovszky, 2016)

A részben fluorozott metánszármazékok vizsgálata során azt a megállapítást tehetjük, hogy ezek már alacsony hőmérsékleten jól adszorbeálódnak a jégen. Mindhárom adszorbeált molekula esetén legalább egy fluoratom a gázfázis felé mutat, ami újabb lehetőséget teremt további reakciók létrejöttére a gázfázisban levő részecskékkel (21. ábra).

A kötési energiák vizsgálata

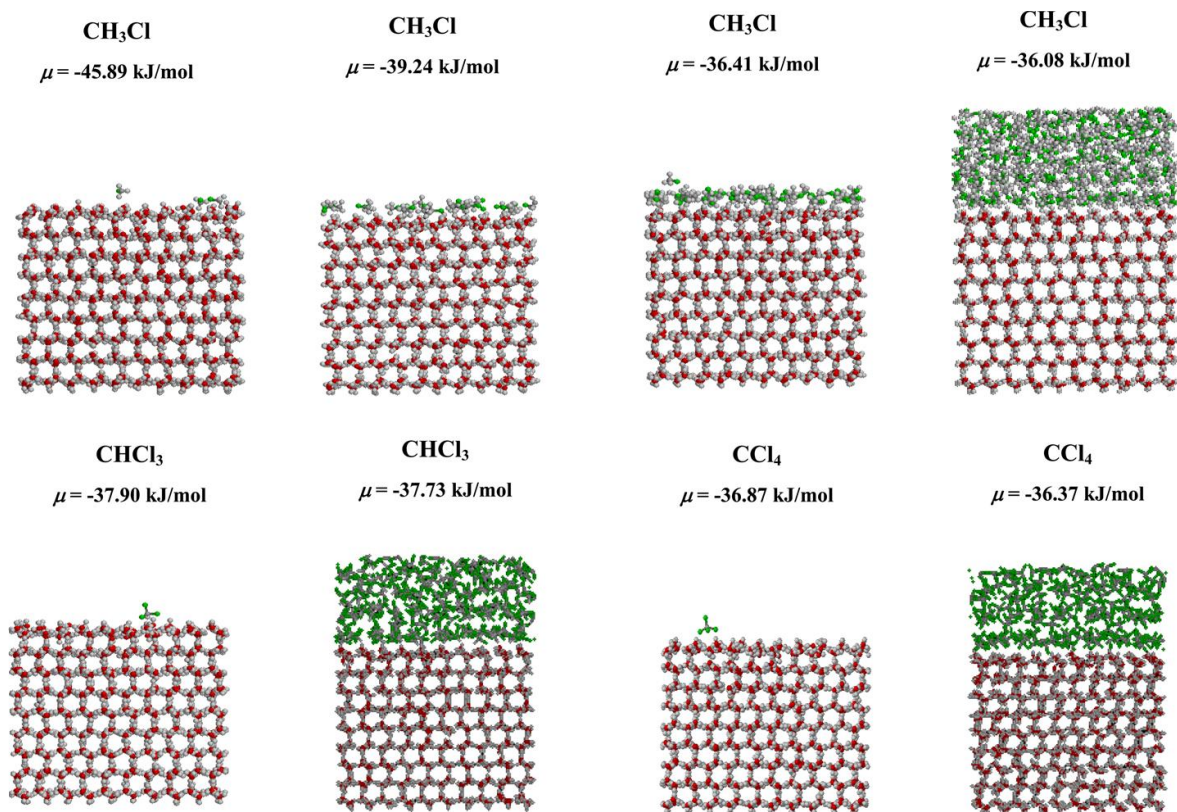
A molekulák közti kölcsönhatások vizsgálata során kitértünk egyrészt a metilén-klorid illetve a metilén-fluorid molekulák egymás közti, valamint a két molekula és a vízmolekulák közti kölcsönhatásokra. A teljes kötési energia a metilén-fluorid esetén -27 kJ/mol , míg a metilén-kloridnál -20 kJ/mol , amely indokolható azzal, hogy a fluor nagyobb elektronegativitású atom, így erősebb hidrogénkötés kialakításra képes, mint a klóratom. Ez azonban önmagában nem magyarázza az adszorpciós különbséget. Emellett lényeges, hogy a vizsgált molekulák egymás közti kölcsönhatása is különböző. Erre a többrétegű adszorpció esetén kapott görbék elemzése utal. A molekulák közti kötési energia kb. kétszer akkora a metilén-klorid esetén, mint a metilén-fluoridnál, ami okozhatja azt, hogy a metilén-klorid molekulák kevésbé adszorbeálódnak a jég felületén, mint a metilén-fluorid részecskéi.

A harmadik vizsgálat három klórozott metán-származék, a CH_3Cl , CHCl_3 , és CCl_4 jég felületén történő adszorpciójára terjedt ki.



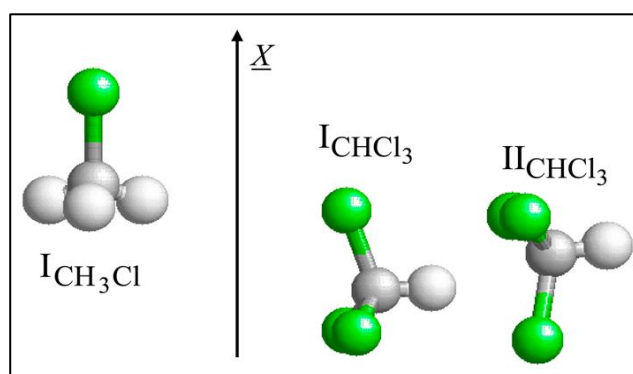
22. ábra: Átlagos adszorbeált részecskeszám és a kémiai potenciál változása (Sumi, Picaud és Jedlovsky, 2017a). A CH_2Cl_2 zöld, a CH_3Cl vörös, a CHCl_3 kék, a CH_4 fekete és a CCl_4 narancs színű.

A CH_3Cl eltérően viselkedik a többi klórozott származéktól, mert kis mértékben adszorbeálódik. Monoréteg alakul ki a jég felületén (23. ábra). A tapasztaltakat azzal magyarázhatjuk, hogy erősebb hidrogénkötés alakul ki a kérdéses molekulák és a víz között, mint a többi esetben. Ez természetesen gyengébb, mint a hidroxilcsoportok (-OH-csoportok) közötti hidrogénkötés.



23. ábra: A klórozott metánszármazékok adszorpciója (Sumi, Picaud és Jedlovsky, 2017a)

A CH₃Cl molekulák orientációja úgy valósul meg, hogy a három hidrogénatom mutat a jég felé, míg a klóratom azzal ellentétesen áll. A CHCl₃ molekulák esetén kétféle orientációt találtunk. Mindkét esetben a C–H-kötés iránya közel párhuzamos a jég felszínével. Az egyik esetben az egyik C–Cl kötés iránya mutat a jég felszíné felé, és a másik kettő ellentétesen, míg a másik esetben fordítva (24. ábra).



24. ábra: A CH₃Cl és a CHCl₃ lehetséges elrendeződése (Sumi, Picaud és Jedlovsky, 2017a)

A klórozott metánszármazékok nem adszorbeálódnak számottevően a jég felszínén, így légkörkémiailag szempontból nem jelentősek. De betölthetnek katalizáló szerepet különböző kémiai reakciókban (pl. ózon bomlása a troposzférában), és ehhez nem szükséges nagy koncentrációban jelen lenniük.

Az előbbieken bemutatott kutatási eredmények egyes részletei szerepeltek a kontrollcsoportos kísérletben. Az adszorpció tananyagának elsajátítása a kötelezően előírt információkon kívül kiegészült az egyes általunk vizsgált molekulák jég felületén történő adszorpcióját bemutató ábrákkal, azok elemzésével, így a részecskék eltérő viselkedésének megbeszélésével, valamint a velük kapcsolatos levegőszennyezés következményeivel is.

14.A kísérleti csoportban oktatott adszorpciós tananyag

Az adszorpció oktatására az anyagi rendszerek tematikus egységen belül a kolloid rendszerek tanulmányozása során kerül sor. A kolloid rendszerekkel való megismerkedés után az adszorpció jelenségét egy tanóra alatt mutattam be a kísérleti csoportokban. Közben a számítógépes szimuláció eredményeinek egy részét is ismerttettem, alkalmazva ezzel az új kutatási eredményeinket. A tanórán használt prezentáció diáit a 3. sz. melléklet tartalmazza.

Az adszorpció tananyagának feldolgozása, óraterve

Műveltségi terület: Ember és természet

Tantárgy: kémia

Osztály: 9.

Az óra témája: Az adszorpció jelensége

Az óra cél- és feladatrendszere:

- Kolloid rendszerek jellemzőinek ismételése
- Az adszorpció, adszorbens, adszorptívum, deszorpció fogalmai
- Az adszorpciót befolyásoló tényezők összegyűjtése
- Az adszorbens főbb jellemzőinek meghatározása
- Fontosabb adszorbensek: aktív szén, szilikagél, aktív alumínium-oxid, molekulasziták jellemzői, szerepük
- A fizikai és kémiai adszorpció összehasonlítása
- A halogénezett szénhidrogének légkörkémiail jellemzői, szerepük, vizsgálatuk szükségessége
- Halogénezett szénhidrogének jégen történő adszorpciójának számítógépes modellezése, az eredmények megbeszélése, következtetések levonása
- További adszorpciós folyamatok, hétköznapi példák gyűjtése, jelentőségük
- A folyamatok értelmezésének készségfejlesztése, természettudományos kompetenciafejlesztés

Az óra didaktikai feladatai:

- Ismeretek felelevenítése: kolloidok jellemzői, részecskék mérete, fajlagos felület, liozol, asszociációs kolloid, amfipatikus molekula, micella, makromolekulás kolloid, szol és gél állapot
- Új ismeretek nyújtása: az adszorpció jelensége, deszorpció, adszorbensek és jellemzőik
- Szóbeli kifejezőkészség fejlesztése, önálló gondolkodás fejlesztése
- Motiválás: számítógépes szimulációs eredmények megismertetése
- Következtetések levonása

Tantárgyi kapcsolatok:

- Biológia-egészségtan: fenntarthatóság, környezetszennyezés, levegő-, víz- és talajszennyezés, a talajkolloidok tulajdonságai, orvosi szén gyógyászati alkalmazása

Időkeret	Az óra menete	Nevelési-oktatási stratégia			Megjegyzés
		Módszerek	Tanulói munkaformák	Eszközök	
0-5	Ismétlés	Tanári kérdés-felelet.	Egy véletlenszerűen kiválasztott tanuló válaszol, egymás válaszait ellenőrzik, javítják		Ráhangolódás
6-8	Új ismeret feldolgozása	Problémafelvetés: az orvosi szén gyakorlati alkalmazása	Önálló jegyzetelés, következtetés levonása	Füzet, toll.	Érdeklődés felkeltése
9-15	Adszorpció fogalma, adhéziós erő, kohéziós erő, adszorbens, adszorptívum, deszorpció	Tanári kérdés-felelet. Fogalmak meghatározása tanári irányítással.	Kölcsönhatások megállapítása, következtetések levonása, önálló gondolkodás, következtetések megbeszélése közösen, figyelem, jegyzetelés	Prezentáció alapján jegyzetelés, füzet, toll, tábla, kréta	Fogalmak pontosítása
16-20	Az adszorpciót befolyásoló tényezők, elvárások az adszorbenssel szemben	Problémafelvetés: segítő kérdések hétköznapi példák alapján. Tanári kérdés-felelet.	Aktív figyelem, önállóan a tényezők átgondolása, majd közös megbeszélés, véleményalkotás, jegyzetelés, következtetések levonása	Prezentáció alapján jegyzetelés, füzet, toll, tábla, kréta	Vélemények ütköztetése, a folyamatok elemzésekor, hétköznapi példák gyűjtése

21-26	Az aktív szén, szilikagél, aktív Al_2O_3 és a molekulasziták, hétköznapiakban gyakori adszorbensek gyűjtése, a fizikai és a kémiai adszorpció különbsége	Tanári kérdés-felelet, a hétköznapi életben való előfordulás, jelentőségük kiemelése	Aktív figyelem, gyakorlati példák említése, közös megbeszélés, jegyzetelés, következtetések levonása	Prezentáció alapján jegyzetelés, füzet, toll, tábla, kréta	Sok példa gyűjtése
27-30	A halogénezett szénhidrogének légkörkémiailag jelentősége, a vizsgálatok időszériúsága	Tanári bevezetés, majd a korábban tanult levegőszennyezéssel kapcsolatos ismeretek felidézése, kérdés-felelet	Aktív figyelem, közös megbeszélés, jegyzetelés	Prezentáció alapján jegyzetelés, füzet, toll, tábla, kréta	Az üveg-házhatás, az ózonréteg károsodásának kiemelése
31-42	A számítógépes szimulációs eredmények ismertetése	Tanári bemutatás, ismertetés, kérdés-felelet	Aktív figyelem, közös megbeszélés, jegyzetelés	Prezentáció alapján jegyzetelés, füzet, toll, tábla, kréta	Másodrendű kötések
43-45	Rövid összefoglalás	Tanári kérdés-felelet	Aktív figyelem, kérdések, problémák megfogalmazása a tananyaggal kapcsolatban		

15. Kísérletes rész: az utóteszt és az eredmények értékelése

15.1. Minta, populáció

A tanév végén május hónapban minden olyan iskolában, ahol a tanulók az előtesztet megírták, az utóteszt feladatainak megoldására is sor került. Az egyik budapesti középiskolában egy osztály tanulói nem töltötték ki a feladatlapokat, és több hiányzó diák is volt, így ebben a mérésben a mintát 644 feladatlap képezi.

Minden, a kutatásba bevont osztályban a kilencedik évfolyamon a tananyag feldolgozásakor a szaktanárok kitértek az adszorpció folyamatára is, így a tanév elején kapott adatokkal összehasonlításra alkalmas eredmények születtek. A feladatlap kérdéseit a tényleges kutatás előtt az év elejéhez hasonlóan ugyanabban a vidéki gimnáziumban a hatévfolyamos képzésben tanuló huszonnyolc diák oldotta meg május elején. Az

eredményeik az összesített mintában nem szerepelnek. A kiértékelés után változatlan formában eljuttattam a nyomtatott feladatlapokat a megfelelő iskolák tanáraihoz.

15.2. Kódolás, a feladatok típusai, jellemzői

Az első három kérdés az összehasonlításhoz, elemzéshez szükséges adatokat tartalmazza: a tanuló neme, a képzés típusa (négy- vagy hatévfolyamos), valamint a település, ahol gimnáziumba jár. A települések kódolásakor az előteszthez hasonlóan a budapesti diákokat egyes, a vidékieket kettes számmal jelöltem.

A két csoport feladatai egymáshoz hasonlóak. Mivel azonos kérdések is előfordultak közöttük, ezért a kérdések sorrendje eltérő volt. Ezt az adatfeldolgozásnál figyelembe kellett vennem. Az *A* és a *B* csoport azonos vagy hasonló feladatai párokban a következők: 1-4; 2-5; 3-6; 4-7; 5-1; 6-2; 7-3; 8-8; 9-9.

A feladatok között kettő definíció szerepelt, vagyis meg kellett fogalmazniuk, hogy mit jelent az adszorpció és a felületi feszültség fogalma. Két nyílt végű feladat esetén példákat kellett említeni adszorbensként használt anyagra, illetve hétköznapi adszorpciós folyamatra. Két esetben ábrát kellett elemezniük. Az egyikben a látható különbséget kellett röviden megfogalmazni, míg a másikban a megadott két molekula közötti kémiai kötés típusát kellett a felsorolt három közül kiválasztani. Ez a feladat, és további három egyszerű választásos feladat volt (4.1. és 4.2. sz. mellékletek). A válaszok megadására 15 perc elegendő volt.

15.3. A kutatás hipotézisei az utóteszt esetén

1. Nincs különbség a nemek között az elért teljesítmény, az összpontszám alapján.
2. A négyévfolyamos és a hatévfolyamos képzésben tanuló diákok teljesítménye között nem mutatható ki különbség.
3. Az adszorpciós eredményeket is alkalmazva a kísérleti csoportban lényeges eltérés tapasztalható a kontrollcsoporthoz képest.

15.4. Az utóteszt feldolgozott adatainak elemzése

Az *A* csoport kiértékelése

1. kérdés / az adszorpció fogalma

Az első kérdésre az adszorpció fogalmát kellett válaszul megadni. Az előtesztben mindössze két tanuló írta az ott vizsgált jelenségre az adszorpció szót, de pontosan definiálni senki nem tudta. Mivel ebben a tanévben mindenki tanulta ezt a folyamatot, így az

A feladatlapot megoldó 337 diák közül 218 adott jó választ, közülük 106 tudta meghatározni a fogalmat közel pontosan. A helyes definícióban szerepelnie kellett volna, hogy szilárd felületen megy végbe a folyamat, amelyen gázok, gőzök vagy oldatok összetevői vagy folyadékok megkötődése történik meg. Ha azokat a válaszokat nem vesszük figyelembe, amelyekben csak a gázok megkötődése, vagy csak szilárd felületen, szilárd anyagokon megkötődés szerepel, akkor 46 pontos definíció született.

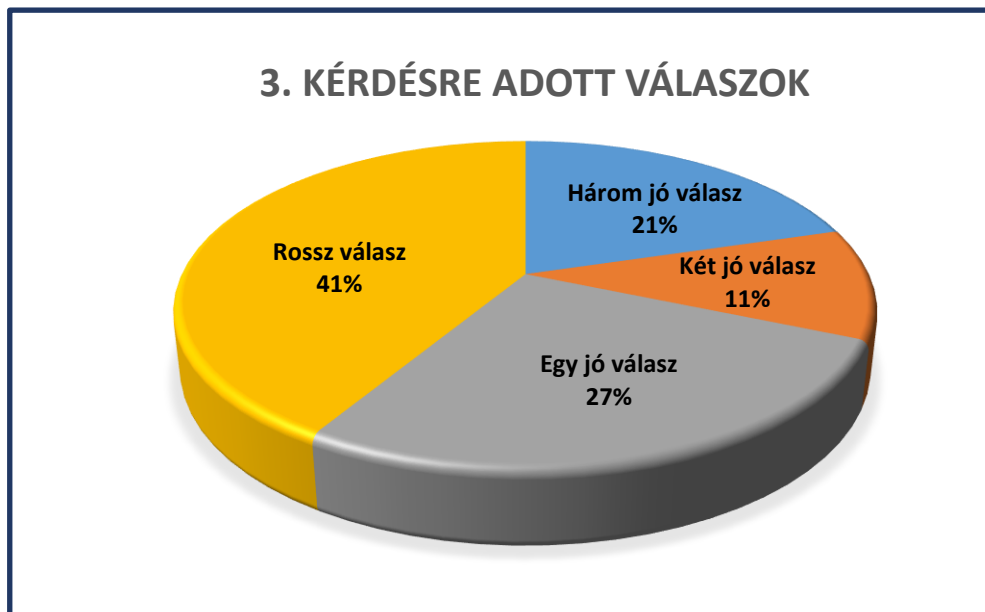
Összességében a válaszok többségéről elmondható, hogy a tanulók emlékeztek az adszorpció folyamatára, de a legtöbben nem pontosan fogalmazták azt meg. Gyakori hiba volt, hogy kimaradt a felület szó a válaszokból, vagy a felület helyett az anyag területe került be a mondatba, illetve hiányzott az, hogy milyen felületen illetve milyen anyagok kötődnek meg. Többen vegyületek részecskéinek megkötődéséről vagy egyszerűen csak testeken történő folyamatról írtak helytelenül. Nyolc esetben a megkötődés helyett a részecskék tapadása fordult elő, de néhányan a részecskék megragadását vagy összeragadását írták.

2. kérdés / a fajlagos felület fogalma

Erre a kérdésre jóval kevesebben, 142-en adtak választ, de csak 34 volt helyes. A tipikus hibák között szerepel, hogy a felületet nem a tömeghez, hanem a részecske méretéhez vagy térfogatához viszonyították. Sokan nem a definíciót fogalmazták meg, hanem arról írtak, hogy az adszorbensnek nagy a fajlagos felülete, de nem szerepelt az, hogy ez mit jelent.

3. kérdés

Erre a kérdésre akkor járt egy pont, ha fel tudott sorolni három olyan anyagot a diák, amelyet adszorbensként alkalmaznak. Itt fontos az alkalmazás szó, ezért a feladatsor további részében adszorbensként szereplő jég ennél nem fogadható el. Erre a kérdésre 201 diák válaszolt, közülük 41 tudott három jó példát felsorolni, két jó választ 22, míg egyet 55 esetben találtam. A válaszok százalékos megoszlását a 25. ábra szemlélteti.



25. ábra: Adsorbensek felsorolása (A csoport)

A helyes válaszok között 109 esetben szerepelt az aktív szén, 39 esetben a szilikagél és 22 alkalommal az orvosi szén. Sokszor fordult elő még a zeolit (18), az enzim (14) és az aktív alumínium-oxid (12), de felsorolták még a faszenet (7), a molekulaszűrőt (3), valamint a szilikátokat (2) és a műanyag polimereket (2) is. Előfordult a fehérje szó is négy esetben. Feltehetően az enzimként működő fehérjékre gondoltak, de önmagában, általánosan a fehérje említése nem megfelelő, így ezekre nem jár pont.

A példák között 47 esetben írták, hogy a szén adszorbens. Ez így nem elfogadható, bár kétségtelenül utal arra, hogy a tanuló emlékszik arra, hogy a szén bizonyos fajtájának van köze a folyamathoz. Az aktív szén, orvosi szén kifejezések a pontosak.

4. kérdés

Ebben az esetben két konkrét példát kellett felsorolni, amely a hétköznapi életből származik, és adszorpciós folyamatot jelent. Gyakran erre is adszorbent neveztek meg, és nem írták le a hétköznapi alkalmazását, ezért a válasz nem tekinthető jónak. 179-en válaszoltak erre a kérdésre, és közülük 71 diák két jó választ adott, míg 64-en egy helyes gyakorlati példát tudtak írni. A legtöbbször a füst vagy a dohányfüst megkötődése a ruhán (46), az orvosi szén használata (32) és a füst megkötődése a hajon (22) fordult elő.

5. kérdés

Ez a feladat azt mérte fel, hogy egy ábra alapján, amely jég felszínén mutatja két eltérően viselkedő molekula adszorpcióját, meg tudják-e fogalmazni a kettő közti látható különbséget, vagy nem. Itt fontos, hogy nem a különbség okait kellett leírni, hanem csak a

látható eltérést kellett megfogalmazni. Többen azt írták, hogy a molekulák tulajdonságai (pl. polaritásuk) eltérők, de ez nem erre a kérdésre válasz, mert nem látható különbséget ad meg. Többen használták a kiválás szót a felületen való megkötődés helyett, ami szintén nem tévesztendő össze az adszorpcióval.

168 válasz érkezett erre a kérdésre, de közülük csak 86 volt helyes. Vagyis a feladatlapot kitöltők 25,52 %-a tudta értelmezni a látott ábrát. Ez egy olyan feladat, amit komolyabb kémiai ismeretek nélkül is meg lehet jól oldani, így ez az eredmény nemcsak a kémiai tudás hiányosságát tükrözi, hanem szövegértési problémára is utal.

A leggyakoribb hiba (31) az volt, hogy a tanulók nem voltak tisztában azzal, hogy milyen részecskékről van szó. Bár a kérdés szövegében is egyértelműen molekulák szerepeltek, mégis sok rossz válasz született. Nagyon sokan a különbséget abban látták, hogy a klór atom felszabadul, vagy hozzáköt a vízhez, vagy több klórmolekula lesz a jégen, vagy a CH_3Cl -ben több klóratom kötődik meg, a klór kisebb része kötődött meg, a klór kiválik a CH_3Cl -ből, a klórmolekulák beborítják a felszínt stb. Ezek azt bizonyítják, hogy a részecske (atom, molekula) fogalommal nincsenek tisztában. Öten polaritásbeli különbséget láttak az ábrán, szintén öten olvadással magyarázták a különbséget, és hárman a kémiai reakció különbségét olvasták le a rajzról. A többi válasz még kevésbé kapcsolódott az ábrához.

6. kérdés

A 6-9. kérdések egyszerű feleletválasztós kérdések voltak. A 6. kérdésben arra kellett válaszolni, hogy a két rajzon látható különbségnek mi lehet az oka. Három állítás közül kellett a helyeset kiválasztani, amely a B volt. A C lehetőség önmagában igaz állítást fogalmaz meg, de a látottakat nem magyarázza.

A hatodik kérdésre 310-en válaszoltak a 337 diák közül. 198-an (63,8%, az összes mintaelemszám 58,75%-a) jelölték meg a helyes választ, 33-an az A-t választották, vagyis szerintük a nagyobb moláris tömeg ad magyarázatot, míg 79-en azt választották, hogy a CH_3Cl molekulák közti kötés erősebb, mint a CCl_4 esetén. Ez önmagában igaz, de a kérdésre nem ad választ, magyarázatot. Mivel a válaszolók 25,48%-a így vélekedett, ez azt is jelentheti, hogy a molekulák közti kölcsönhatások különbségével valamennyire tisztában vannak, de nem értették meg a feltett kérdést vagy az adszorpció lényegét, amelyben nem a felületen levő részecskék közti kölcsönhatás a leglényegesebb.

7. kérdés

A hetedik kérdésben a megadott ábra alapján kellett válaszolni az általános kémiai ismereteiket is felhasználva arra, hogy a jég felszínén megkötött CH_2F_2 molekula milyen kötést alakít ki a vízmolekulákkal. Tekintettel arra, hogy itt intermolekuláris kölcsönhatásokról van szó, így a C válasz, vagyis a kovalens kötés nem jöhetett szóba, míg az A válasz azért nem jó, mert a diszperziós kötés apoláris molekulák között alakul ki, és az említett molekula poláris. Emellett a poláris kötésben levő fluor és a hidrogén atom között hidrogénkötés alakul ki, amit a kilencedikes tananyag korábbi részében már minden diák tanult. Így a helyes válasz a B.

A 329 válaszoló közül 233 jelölte meg a B-t (70,82%, az összes elemszám 69,14%-a), 59-en az A-t, vagyis a diszperziós kötést, míg 37-en a C-t, az elsőrendű kovalens kötést tartották megfelelőnek.

8. kérdés

A nyolcadik kérdés az adszorpciót befolyásoló tényezők közül a hőmérséklet változtatás hatását vizsgálta. Arra kellett válaszolni, hogy a hőmérséklet növelése hogyan befolyásolja az adszorpció mértékét. Magasabb hőmérsékleten kevesebb adszorptívum lesz, így a helyes válasz betűjele a B. Ezt a 321 válaszoló diák közül mindössze 128-an választották, 58-an a C-t jelölték meg, amely szerint a hőmérséklet változtatása nem befolyásolja a folyamatot, míg sokan, 135-en az A válasz alapján az adszorpció növekedését gondolták. Ez utóbbi azért is magas arány, mert a kilencedikes tananyagban kiemelt szerepe van a különböző halmazállapotok megismerésének, ahol a gázokkal kapcsolatban több területen is (pl. oldódás vízben) azt tanulták illetve figyelték meg, hogy a hőmérséklet növelésekor az adott folyamat egyre kevésbé játszódik le.

9. kérdés

Az utolsó, azaz kilencedik kérdés egyezik azzal, ami az előtesztben is szerepelt. Az aktív szénen történő adszorpció ammónia esetén megvalósul, de az oxigén és a nitrogén nem adszorbeálódik. Ennek az okát kellett megválaszolni a négyféle állítás egyikének kiválasztásával. Erre a kérdésre 311 válasz érkezett, és helyesen a C megjelölésével 140-en válaszoltak. A különbség a molekulák eltérő polaritásával magyarázható. 63-an a részecskék eltérő méretében, 46-an a részecskék eltérő sebességgel való mozgásában, míg 62-en abban látták a különbséget, hogy az ammónia reagál a szénnel, míg a többi nem.

Ennek a kérdésnek azért is van jelentősége, mert összehasonlítható, hogy milyen mértékben változott a tanév végére a diákok részecskeszemlélete, mennyire bővült az adszorpcióval kapcsolatos ismerete.

Szövegértési problémák

Az összes válaszok alapján kitűnt, hogy sok esetben nem a kérdésre válaszoltak, hanem például az adszorpcióval kapcsolatban példát említettek, de nem a fogalmat adták meg. Nem az ábra alapján válaszoltak a kérdésre, vagy nem három adszorbenst soroltak föl, hanem konkrét tevékenységet, folyamatot adtak meg, mint például a hajfestés, ruhafestés, víztisztítás, katalízis. Megállapítottam, hogy sokszor a kérdés hibás értelmezése is okozhatta a rossz válaszokat.

A B csoport kiértékelése

4. kérdés / Adszorpció

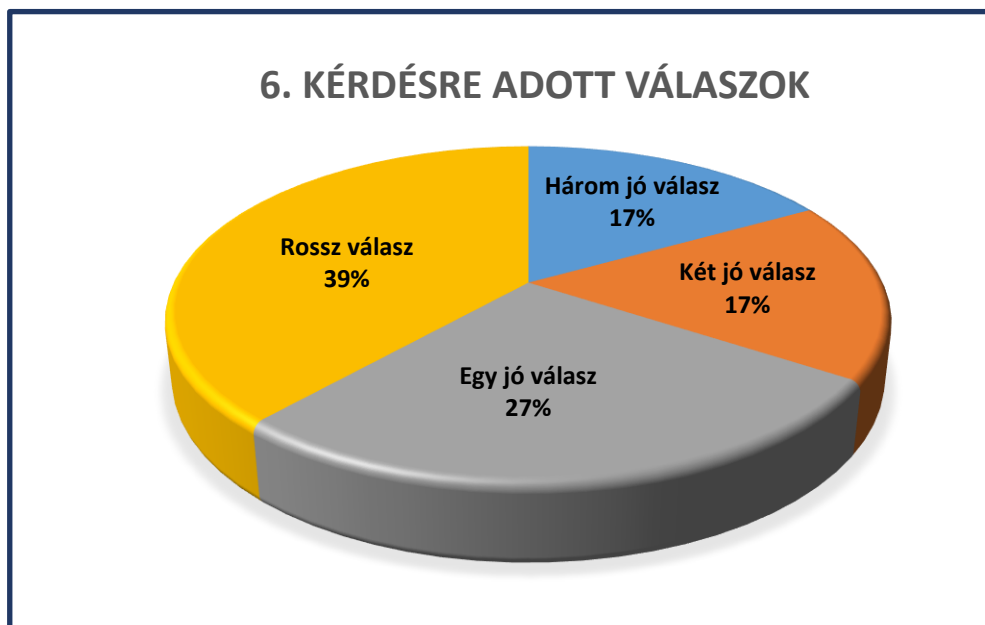
A B csoportba 307 tanuló került. Az adszorpcióra vonatkozó kérdésre 196-an adtak választ, közülük 107 volt elfogadható, és 36 tekinthető minden szempontból tökéletesnek. Az A csoport megoldásaihoz hasonló hibákat, pontatlanságokat találtam a válaszokban.

5. kérdés / a fajlagos felület fogalma

Erre a kérdésre 113 válasz adódott, és közülük 32 bizonyult helyesnek. Hét tanuló nem a tömeget, hanem a részecske méretét, míg négy a térfogatát viszonyította a tömeghez. A feladatlapok kitöltése alapján úgy tűnik, hogy három kisebb létszámú vidéki középiskolai osztályban egy tanuló sem tudott válaszolni erre a kérdésre, ezért lehetséges, hogy a fajlagos felületről nem esett szó a tanórákon. Öt esetben a diákok nem tudták leírni a fogalmat, de válaszukban kifejtették, hogy ha egy anyagot részekre osztunk, akkor egyre kisebb részhez nagyobb felület tartozik, vagyis a fogalom bevezetésekor feltehetően elhangzott gondolatmenetre valamennyire emlékeztek, de az arány szó, a viszonylagosság kimaradt a mondatból.

6. kérdés

Erre a kérdésre 190 diák válaszolt, közülük 32 tudott három jó példát felsorolni az adszorbensek közül, két jó választ 33, míg egyet 52 esetben találtam. A válaszok százalékos megoszlását a B csoportban a 26. ábra szemlélteti.



26. ábra: Adsorbensek felsorolása (B csoport)

A helyes válaszok között 105 esetben szerepelt az aktív szén, 30 esetben a szilikagél és 17 alkalommal az orvosi szén. Sokszor fordult elő még a zeolit (16), az enzim (9) és az aktív alumínium-oxid (16), de felsorolták még a faszént (8), a molekulaszűrőt (6), valamint a szilikátokat (5) és a műanyag polimereket (1) is. A válaszok között szerepelt a fehérje szó egy esetben, ami az enzimmel nem helyettesíthető. A példák között 48 esetben írták, hogy a szén adszorbens, amit természetesen itt sem fogadtam el az aktív szén helyett.

	A csoport	B csoport	Összesen
aktív szén	109	105	214
szilikagél	39	30	69
zeolit	18	16	34
szilikát	2	5	7
molekulaszűrő	3	6	9
orvosi szén	22	17	39
aktív alumínium-oxid	12	16	28
faszén	7	8	15
műgyanta	1	0	1
enzim	14	9	23
műanyag polimerek	2	1	3

6. táblázat: A leggyakrabban említett adszorbensek a két csoportban

A 6. táblázat adataiból jól látszik, hogy az aktív szén fordul elő a leggyakrabban, és a szilikagél, zeolit, orvosi szén is az ismertebb adszorbensek közé tartozik.

7. kérdés

Ez a kérdés az adszorpció folyamatának gyakorlati alkalmazására vonatkozott. Összesen 176-an válaszoltak, közülük 80-an két, míg 68-an egy jó választ adtak. A legtöbbször a füst, dohányfüst ruhán való megkötődését írták (53), majd az orvosi szén következett (34), és az A csoportot írókkal ellentétben a festék megkötődése, hajfestés, ruhafestés, batikolás szerepelt a harmadik helyen (27).

	A csoport	B csoport	Összesen
füst / dohányfüst megtapadása a ruhán	46	53	99
orvosi szén (hasmenés)	32	34	66
hajfestés, ruhafestés, batikolás, festék megkötődése (papíron)	21	29	50
füst / dohányfüst megtapadása a hajon	22	26	48
az ételek átveszik egymás szagát a hűtőben	19	17	36
szagelszívó (hűtőben, konyhában)	19	17	36
gázmaszk	15	20	35
szilikagél a cipősdobozban, gyógyszeres dobozban	7	12	19
macskaalom, zeolit folyadékot köt meg	7	7	14
szennyvíztisztítás, víztisztítás	7	5	12
levegőtisztítás, gázok megkötése a levegőből (aktív szénnel)	7	4	11
parfüm, dezodor	3	4	7
cigaretaszűrő, kémény szűrője	2	3	5
katalizátor	1	0	1
színfogó	0	1	1

7. táblázat: A gyakorlati példák összefoglaló táblázata

A 7. táblázat összesítve mutatja a két csoport megoldásait. Megállapítható, hogy a kutatásban részt vett diákok leggyakrabban a füst vagy a dohányfüst ruhán való megkötődését írták (99), az orvosi szén gyógyászati alkalmazása 66 esetben, a festékek megkötődése 50, míg a füst, dohányfüst hajon való megkötődése 48 alkalommal szerepelt.

1. kérdés / Ábraelemzés (az A csoport 5. kérdése)

196-an válaszoltak erre a kérdésre, közülük 78-an adtak jó választ, ami az összes B csoportot kitöltő diák 25,4%-a. A hibás válaszok között 51 esetben a fluor, klór, hidrogén és a szénatomok száma, mérete, valamint az szerepel, hogy ezek az atomok másképpen kötődnek a vízhez vagy a jéghez, vagy azok atomjaihoz. Itt is látható, hogy sokan nem a molekulák, hanem azok atomjainak kapcsolódását, vagy a klórmolekulák eltérő viselkedését

találták helyesnek. Ez is bizonyítja, hogy a részecskék közti különbségről nem alakult ki alapos tudásuk.

Feleletválasztós kérdések

A 2-3. és a 8-9. feladatok feleletválasztós egyszerű választásos kérdések voltak. A 2. kérdésben a két ábrán található különbség okát kellett megadni. Erre 289 válasz közül 183 volt helyes, 81-en a különbséget abban látták helytelenül, hogy a CH_2Cl_2 polárisabb, mint a CH_2F_2 , míg 25-en a CH_2F_2 kisebb moláris tömegét jelölték meg. Ez a C válasz önmagában igaz, de a feltett kérdéshez nem kapcsolódik.

A harmadik kérdés a CHF_3 molekula jégen megfigyelhető legjellemzőbb elhelyezkedését mutatja, amely alapján ki kellett választani a fenti szerves molekula és a víz között kialakuló kötést. Erre is a B válasz jó, mert hidrogénkötés létesül. Ezt a 296 válaszoló közül 201-en választották, míg 33-an az A (kovalens kötés) és 62-en a C választ (diszperziós kötés) tartották elfogadhatónak. A válaszok alapján itt is az derül ki, hogy az intermolekuláris kölcsönhatásokkal és a molekulák polaritásának megállapításával kapcsolatos ismereteik is hiányosak.

A nyolcadik kérdésben arra kerestem a választ, hogy hogyan hat az adszorpcióra a nyomás növelése. Szintén az anyagi halmazok témakörben a gázokkal kapcsolatban megtanultak is segíthették volna a válaszadást, de konkrétan az adszorpció tanításakor is ki kellett térni erre. A 288 válaszoló többsége, 173 diák jól válaszolt, mivel a nyomás növelése növeli a megkötődést, míg 78-an az adszorpció csökkenését gondolták, és 37-en azt jelölték meg, hogy a nyomás változtatása nem hat az adszorpció mértékére.

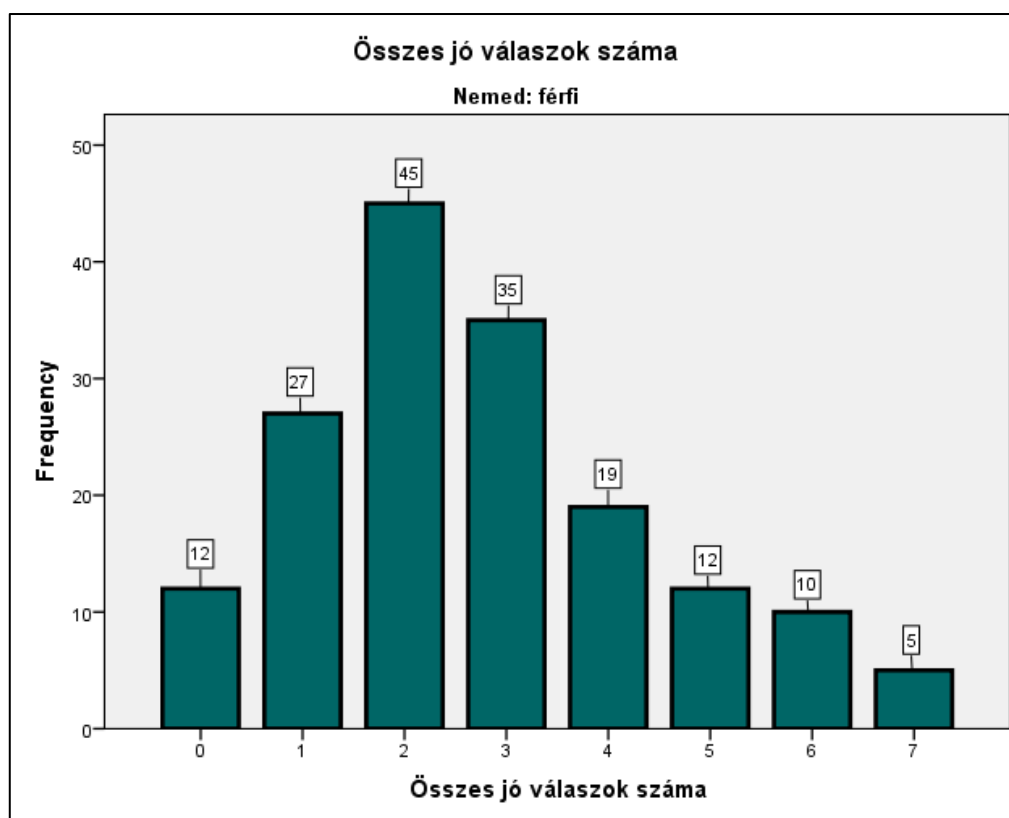
Az utolsó, kilencedik kérdés az előtesztben már szerepelt. A felsorolt három gáz (szén-monoxid, kén-dioxid és szén-dioxid) közül a kén-dioxid adszorbeálódik aktív szénen, a másik kettő nem. Ennek az okát kellett megadni a felsorolt négy válasz egyikének megjelölésével. A 284 válaszoló közül viszonylag kevesen, csak 120-an jelölték meg a helyes B választ (a minta 39,08%-a), amely szerint az eltérő polaritás ad magyarázatot, 83-an a C-t tartották helyesnek, vagyis a részecskék méretében, 27-en a részecskék eltérő sebességében találtak indokot. Viszonylag sokan, 54-en úgy gondolták, hogy a kén-dioxid reakcióba lép a szénnel.

15.4.1. Az első hipotézis

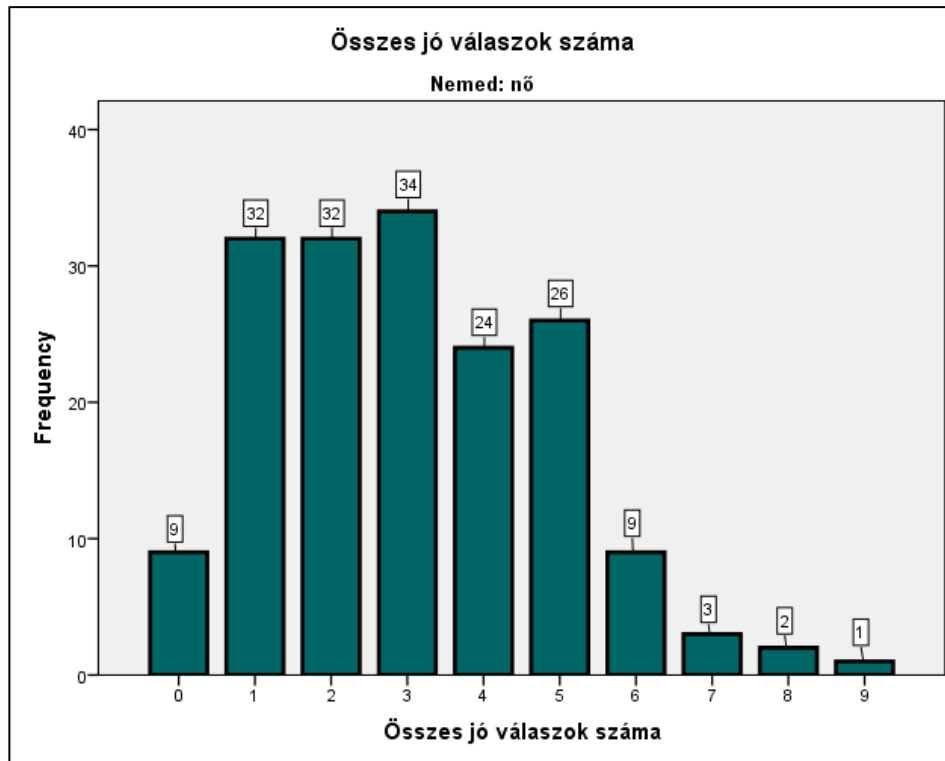
Nincs különbség a nemek között az elért teljesítmény, az összpontszám alapján.

A csoport

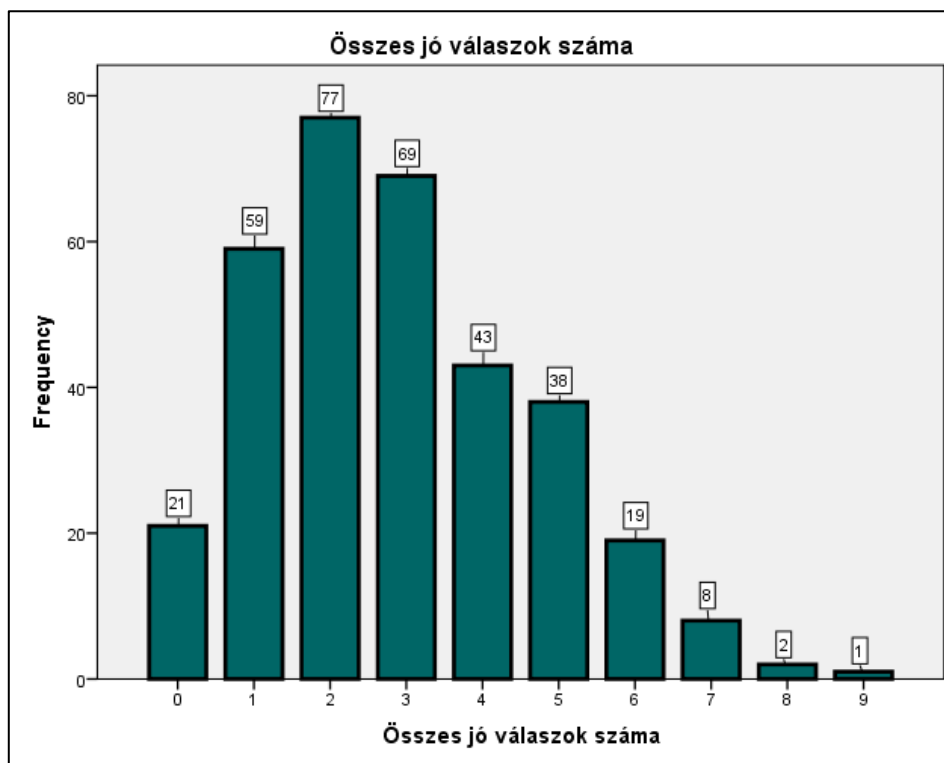
A kilenc feladat javítását követően összehasonlítottam csoportonként, majd összesítve is az elért összpontszámok alakulását a nemek szerint. Minden jól megoldott feladat egy pontot ért, önálló itemnek tekinthető. Látható, hogy a fiúk maximum hét feladatot tudtak jól megoldani (27. ábra), míg a lányok közül ketten 8, egy diák pedig 9 jó választ adott (28. ábra). A fiúk átlagosan kevesebb jó választ adtak (2,75), mint a lányok (3,05), és a lányok esetén tapasztalható a nagyobb szórás (1,847 míg a fiúknál 1,724) (6.1., 6.2. és 6.3. sz. mellékletek). Az összes jó válaszok alakulását az A csoportban a 29. ábra szemlélteti.



27. ábra: A fiúk összes jó válaszainak száma az A csoport alapján



28. ábra: A lányok összes jó válaszainak száma az A csoport alapján

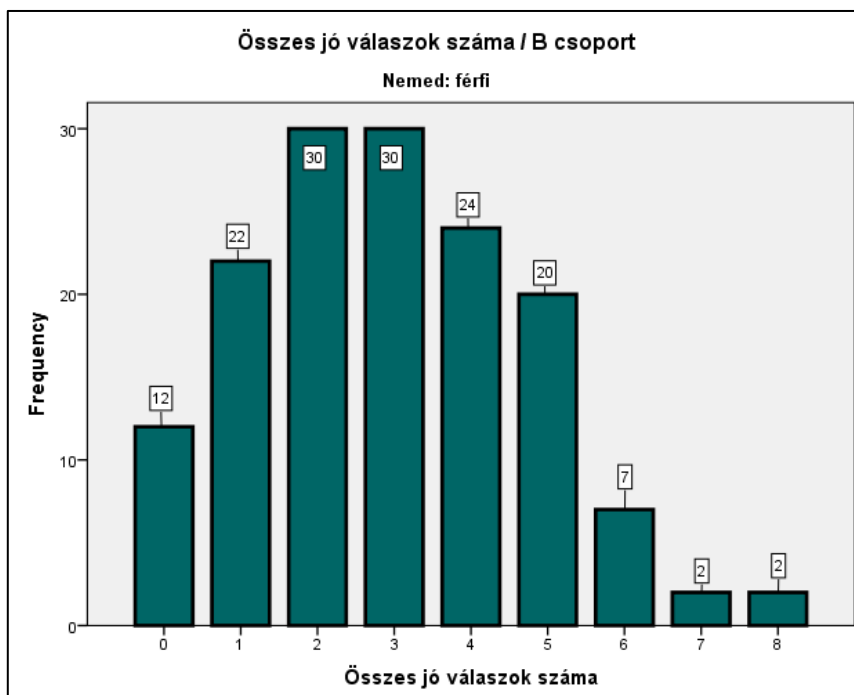


29. ábra: A 337 feladatlap alapján az összes jó válaszok számának alakulása az A csoportban

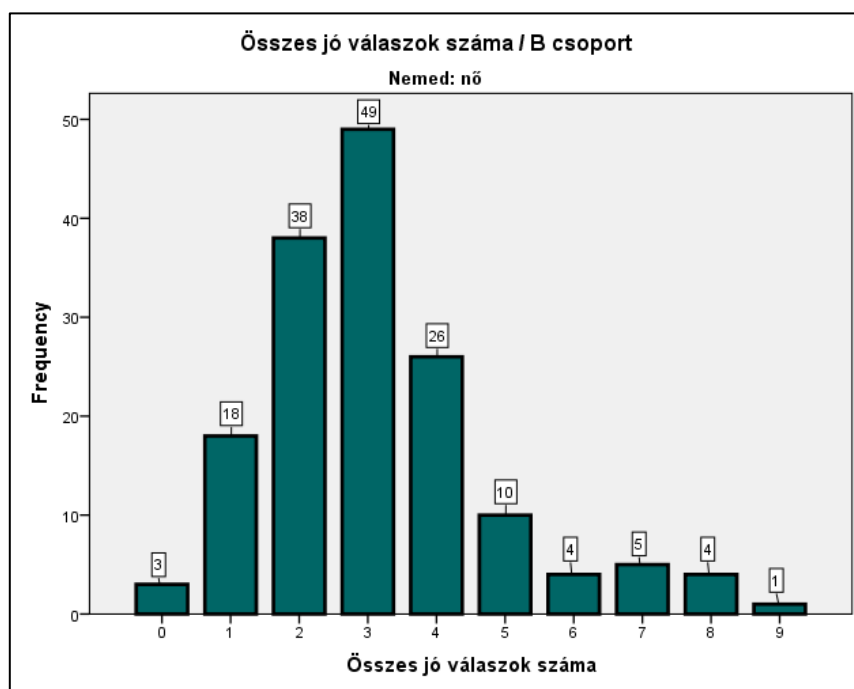
A χ^2 -próba eredménye (12,213; SZF=9 és a szignifikancia 0,202) alapján megállapítható hogy nem találunk különbséget az A csoporton belül a nemek és az elért teljesítmény között (6.4. sz. melléklet).

B csoport

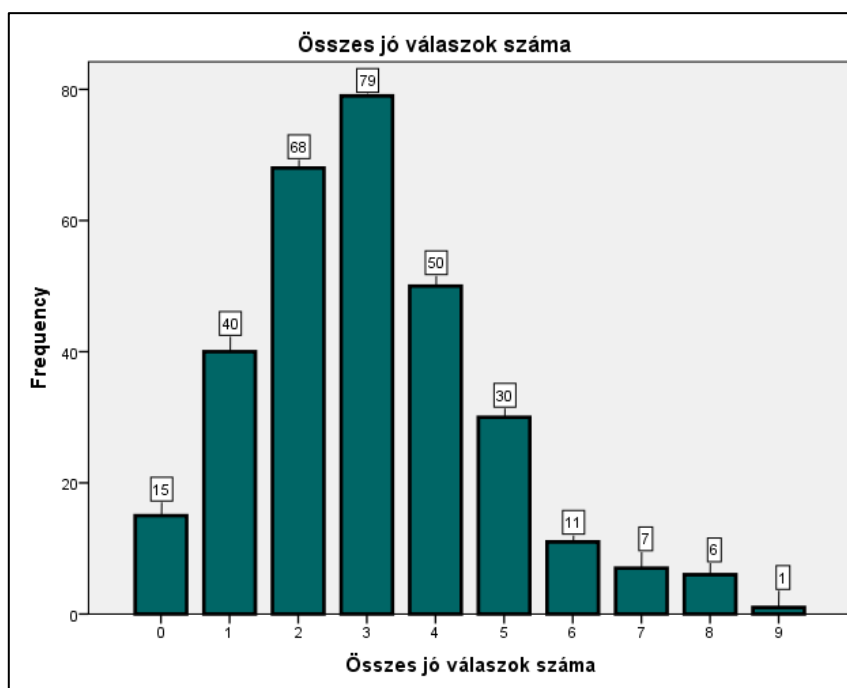
A fiúk közül ketten tudtak nyolc feladatot megoldani jól (30. ábra), a lányok közül négyen nyolc jó választ adtak, és egy diák kilenc kérdésre válaszolt helyesen (31. ábra). A fiúk átlaga (2,95) alacsonyabb a lányokénál (3,13), de a fiúk esetén nagyobb a szórás értéke (1,791 míg a lányoké 1,697) (6.5., 6.6. és 6.7. sz. mellékletek). A B csoportban az összes jó válaszok alakulását a 32. ábra mutatja.



30. ábra: A fiúk összes jó válaszainak száma az B csoport alapján



31. ábra: A lányok összes jó válaszainak száma az B csoport alapján



32. ábra: A 307 feladatlap alapján az összes jó válaszok számának alakulása a B csoportban

Az adatokból (χ^2 -próba eredménye 18,247 és a szignifikancia 0,032; SZF=9) megállapítható, hogy van szignifikáns különbség a nemek és az elért összpontszám között. A lányok teljesítménye tekinthető valamivel jobbnak a fiúkéhoz képest (6.8. sz. melléklet).

Összegzés a teljes minta alapján

A teljes mintára vonatkozóan az elért összpontszám és a nemek között nem állapítható meg különbség (χ^2 értéke 11,343; SZF=9, $p=0,253$ és a korreláció 0,069), bár a B csoportban a lányok valamivel jobb teljesítményt értek el (6.9., 6.10. és 6.11. sz. mellékletek). A fenti adatok alapján megállapítható, hogy *az első hipotézis beigazolódott.*

15.4.2. A második hipotézis

A négyévfolyamos és a hatévfolyamos képzésben tanuló diákok teljesítménye között nem mutatható ki különbség.

A négy- és hatévfolyamos képzésben tanulók eredményeinek összehasonlítása

Az első kérdés: az adszorpció fogalma.

Az adszorpció definíciójának megfogalmazása mindkét csoportban kérdés volt. A teljes mintát feldolgozva látható, hogy a négyévfolyamosok (N=406) közül 37, míg a hatévfolyamosok (N=238) közül 45 diák (12,7%) adott meg minden szempontból pontos fogalmat. A χ^2 -próba (12,953; SZF=1 és $p=0,001$) alapján megállapítható, hogy van

szignifikáns különbség köztük, vagyis a hatévfyamosok lényegesen jobban teljesítettek, többen tudták pontosan definiálni ezt a fogalmat (6.12., 6.13., 6.14. és 6.15. sz. mellékletek).

A második kérdés: a fajlagos felület fogalma.

Nehezebbnek bizonyult a fajlagos felület definiálása, mert jóval kevesebben (10,2%) tudták erre a kérdésre a jó választ. Ennek alapján arra is következtethetünk, hogy a fajlagos felület meghatározása kevésbé képezte a tananyag hangsúlyos részét. A χ^2 értéke (4,195 és $p=0,041$) alapján még így is találunk különbséget, vagyis a hatévfyamosok teljesítménye adódott jobbnak (6.16., 6.17. és 6.18. sz. mellékletek).

A harmadik kérdés: Sorolj fel három anyagot, amelyet adszorbensként alkalmaznak!

Az adszorpció jelenségének tanításakor is feltétlenül fontos sokféle adszorbens bemutatása azok gyakorlati jelentőségének ismertetésével, megbeszélésével együtt. Nélkülözhetetlen sok olyan gyakorlati példa említése is, amelyek azáltal is segítik a tananyag megértését, hogy közvetlenül a hétköznapi életből származnak. A harmadik feladatban három adszorbensként alkalmazott anyagot kellett felsorolni. 73 tanuló válaszolt jól erre a kérdésre (11,3%), és ennél a feladatnál is a hatévfyamosok teljesítettek jobban. Az adatok alapján (χ^2 értéke 14,964 és $p=0,001$) megállapítható, hogy van különbség a négy- és a hatévfyamos képzésben tanuló diákok eredményei között (6.19., 6.20., 6.21. és 6.22. sz. mellékletek).

A negyedik kérdés: Említs két konkrét példát a hétköznapi tapasztalataidból, amely szintén adszorpción alapul!

A tanulók nagyobb része válaszolt erre a kérdésre, de sokan voltak olyanok, akik csak egy konkrét példát írtak. Az A csoportban 61, míg a B csoportban 71 ilyen találtam. Két jó hétköznapi példát a teljes mintából 151-en adtak meg. A tanulók 23,4%-a tudott jól válaszolni erre a kérdésre.

A kétféle képzés szerint tanuló diákok teljesítményében (χ^2 értéke 1,923 és $p=0,166$) nem állapítható meg szignifikáns különbség. Úgy tűnik, hogy sokféle hétköznapi példát hallottak, ismernek, és ezek egy részét meg is jegyezték. Az is jól látszik, hogy jelentősen növeli az oktatás hatékonyságát, ha többféleképpen, sokféle területről hozott példákkal támasztjuk alá az egyes tananyagokat, és igyekszünk a diákok hétköznapi tapasztalataira is nagyban építve tanítani (6.23., 6.24., 6.25. és 6.26. sz. mellékletek).

Az ötödik kérdés: Ábraelemzés

A következő feladatban egy adszorpciót bemutató ábra alapján kellett arra válaszolni, hogy milyen látható különbség van a két molekula viselkedése között a jég felszínén. 164 jó válasz született, de a hatévfolyamosok nagyobb arányban válaszoltak jól (31,9%, míg a négyévfolyamosok 21,7%), így állíthatjuk, hogy van szignifikáns különbség a teljesítményükben (χ^2 értéke 8,318 és $p=0,004$) (6.27., 6.28., 6.29. és 6.30. sz. mellékletek).

A teljes mintát vizsgálva megállapítható, hogy csak a diákok 25,5%-a válaszolt erre a kérdésre helyesen. Mivel ez a feladat nem igényelt feltétlenül komoly kémiai ismereteket, így jelezhet például szövegértési problémát is.

A következő négy kérdés egyszerű választásos tesztfeladat volt.

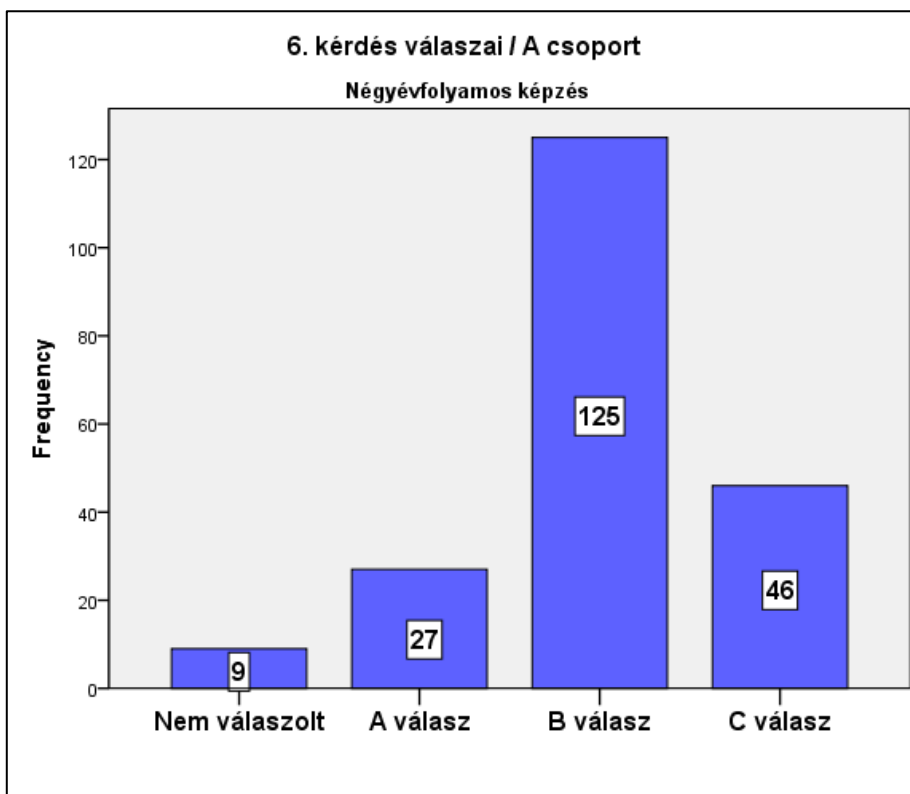
A hatodik kérdés

Ebben az előző ábrán látható különbség okát kellett kiválasztani a felsorolt három lehetőség közül. Az általános kémia tananyag részecskék közti kölcsönhatásával és a molekulák polaritásával kapcsolatos ismereteket felhasználva lehetett jól válaszolni erre a kérdésre akkor is, ha hasonló ábrát még a diákok korábban nem láttak. A tanulók 59,2%-a válaszolt jól a teljes mintát megvizsgálva (helyes válasz: B). A két csoportban a jó válaszok százalékos megoszlását a 8. táblázat tartalmazza, míg a válaszokat (nem válaszolt, A, B vagy C választ adott) a 33-36. ábrák szemléltetik.

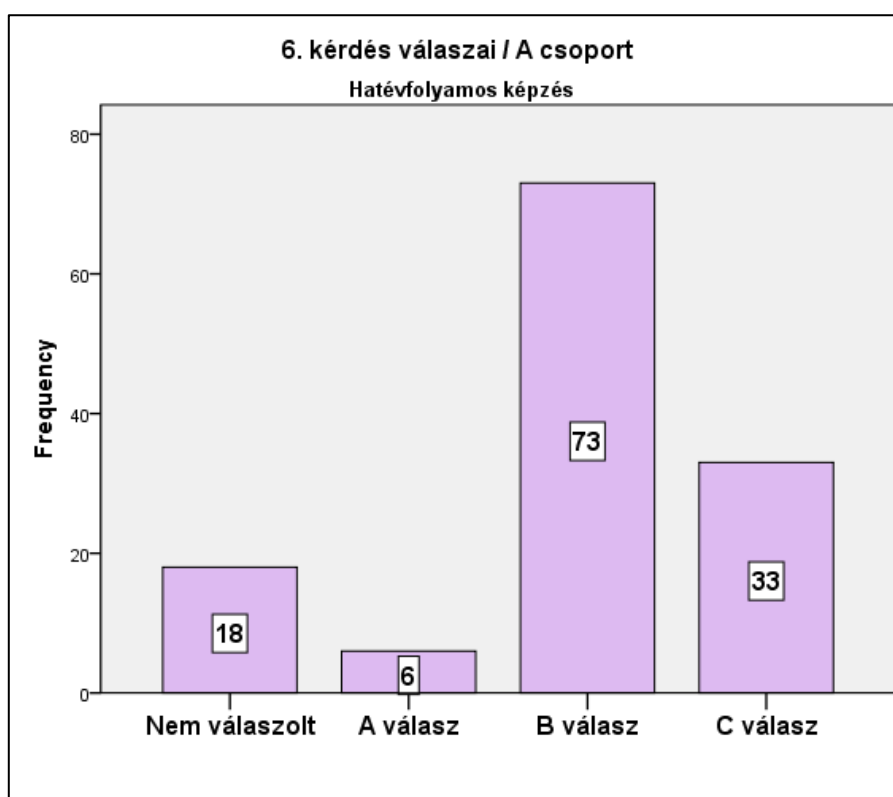
Jó válaszok	négyévfolyamos	hatévfolyamos
A csoport	60,4%	56,2%
B csoport	59,8%	59,3%

8. táblázat: A 6. kérdés jó válaszainak alakulása a két csoportban.

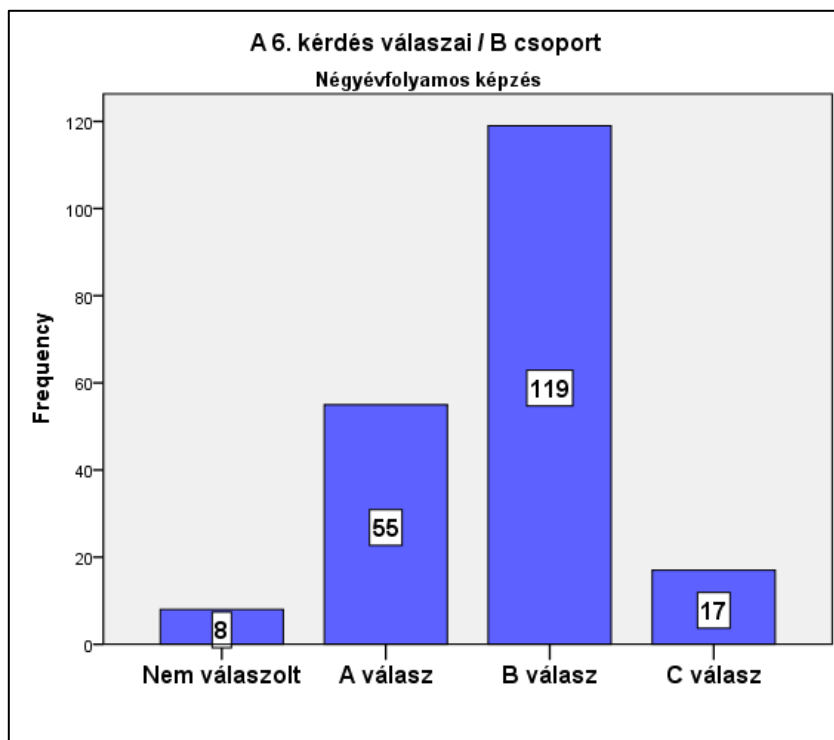
Az eredmények azt jelzik, hogy nincs lényeges különbség a négy- és hatévfolyamosok teljesítménye között (χ^2 értéke 0,399 és $p=0,527$) (6.31., 6.32., 6.33. és 6.34. sz. mellékletek).



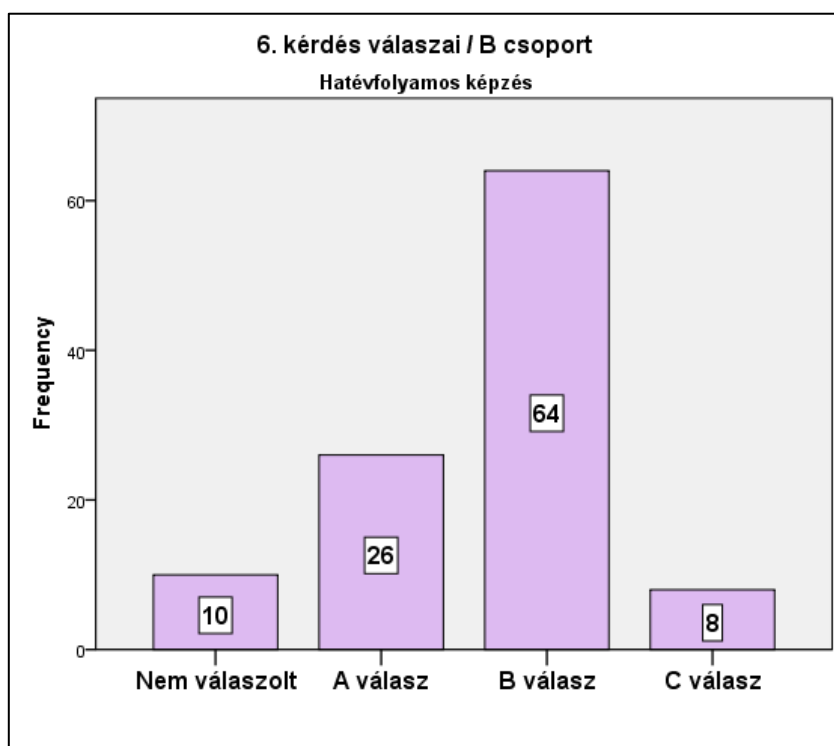
33. ábra: A hatodik kérdésre adott válaszok az A csoportban a négyévfolyamos képzésben



34. ábra: A hatodik kérdésre adott válaszok az A csoportban a hatévfyolyamos képzésben



35. ábra: A hatodik kérdésre adott válaszok a B csoportban a négyévfolyamos képzésben



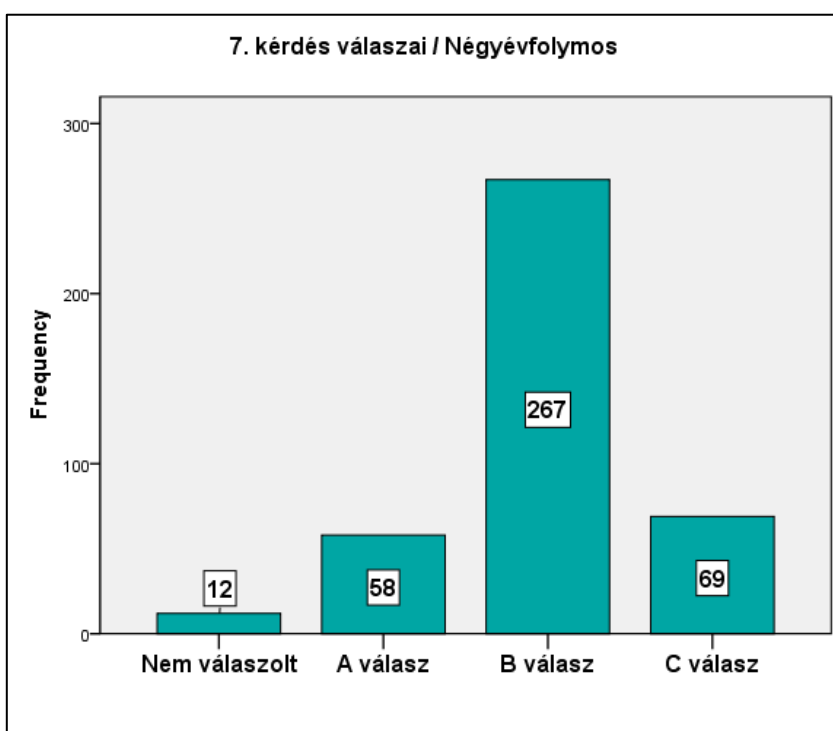
36. ábra: A hatodik kérdésre adott válaszok a B csoportban a hatévfolyamos képzésben

A hetedik kérdés

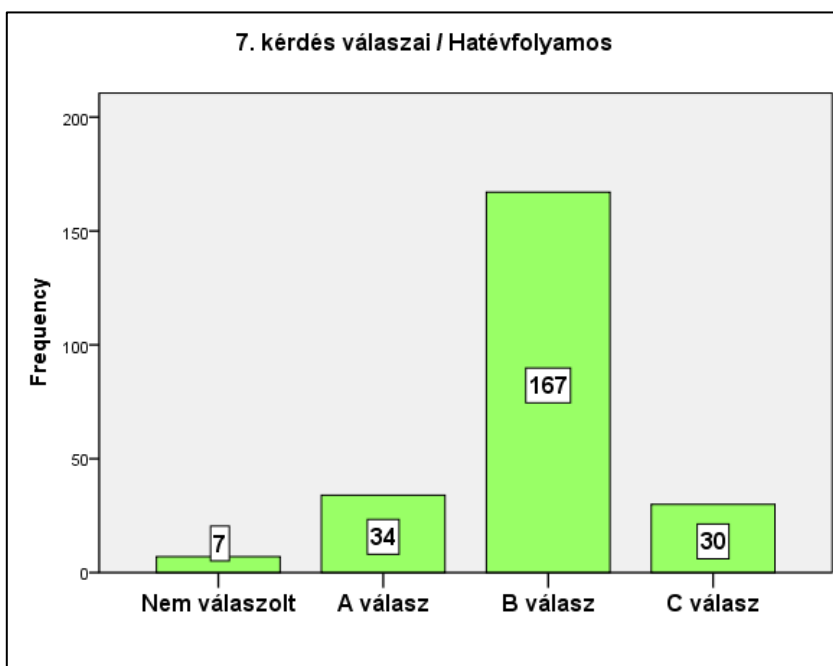
Mindkét csoportban arra kellett válaszolni, hogy milyen kémiai kötés alakul ki a fluor atom és a víz molekulák között. A felsorolt kötések: kovalens kötés (A), hidrogénkötés (B)

és a diszperziós kötés (C). A kétféle molekula egymáshoz viszonyított helyzetét egy ábra szemlélteti a feladatlapon. A jó válasz a B.

Jobban teljesítettek a hatévnyolcosok (70,2%), mint a négyévfolyamosok (65,8%), de nincs szignifikáns különbség (χ^2 értéke 1,325 és $p=0,250$) a kétféle képzésben tanuló diákok között (6.35., 6.36., 6.37. és 6.38. sz. melléklet). A válaszok alakulását a négyévfolyamosok és a hatévnyolcosok esetén a 37. és 38. ábra mutatja.



37. ábra: A molekulák közti kötés megadás a négyévfolyamosok esetén



38. ábra: A molekulák közti kötés megadás a hatévnyolcosok esetén

Megvizsgáltam, hogy a tanulók milyen százalékos arányban adtak helytelen választ. Ez 32,7%-nak adódott. A C választ, vagyis a kovalens kötést jelölték meg a legkevésbé (9. táblázat). Ezt azért érdemes kiemelni, mert a kovalens kötés elsőrendű kémiai kötés, míg a másik kettő másodrendű, így a tanév végére a vizsgált minta esetén megállapítható, hogy a kétféle kötéscsoport közötti különbséget elég jó elsajátították, és a legtöbben tudják, hogy a molekulák között a másodrendű kötések valamelyike adja az összetartó erőt.

	A válasz	C válasz	Nem válaszolt
Négyévfolyamos	14,3%	17%	3%
Hatévfolyamos	14,3%	12,6%	3%
Összes mintában	14,3%	15,4%	3%

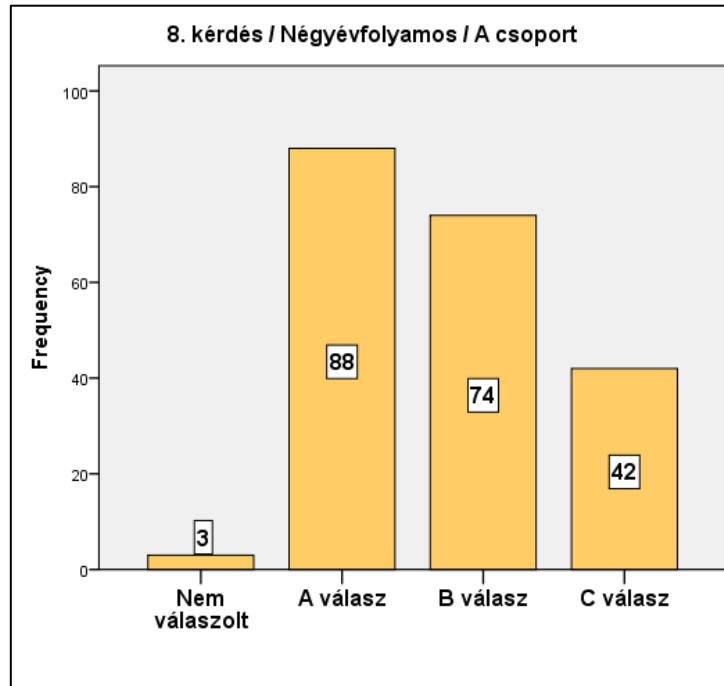
9. táblázat: A helytelen válaszok alakulása (teljes minta)

A nyolcadik kérdés

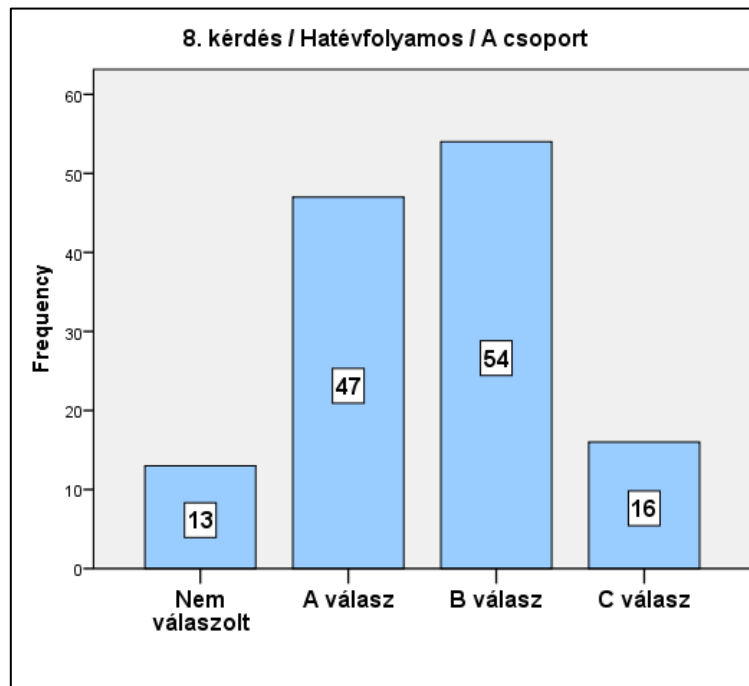
A következő kérdésben arra kellett választ találni, hogy az adszorpció folyamatát milyen mértékben befolyásolja a hőmérséklet növelése (A csoport) vagy a nyomás növelése (B csoport). A négyévfolyamos tanulók 44,6%-a, míg a hatévfolyamosok 50,4%-a válaszolt jól, ami a diákok 46,7%-át jelenti. Ezekre a tényezőkre is az adszorpció folyamatának tanításakor feltétlenül ki kell térni. A tanulók válaszai alapján ebben sincs szignifikáns különbség (χ^2 értéke 2,055 és $p=0,152$) a négy- és a hatévfolyamosok válaszai között (6.39., 6.40., 6.41. és 6.42. sz. mellékletek).

Az A csoport válaszai

Megvizsgáltam, hogy a két csoporton belül milyen a válaszok megoszlása. Az A csoportban a hőmérsékletváltozás adszorpcióra gyakorolt hatását kellett megadni. A helyes válasz szerint a hőmérséklet növelése csökkenti az adszorpciót (B), míg a hibás válaszok között szerepel, hogy növeli (A) vagy nem befolyásolja (C). A négyévfolyamosok 35,7%-a, míg a hatévfolyamosok 41,5%-a válaszolt jól erre a kérdésre. A négyévfolyamosok nagyobb arányban (42,5%) gondolták úgy, hogy magasabb hőmérsékleten nő az adszorpció mértéke (6.43. sz. melléklet). A válaszok alakulása (nem válaszolt, A, B vagy C választ adott) látható a 39. és 40. ábrákon.



39. ábra: Az adszorpciót befolyásoló tényezők az A csoportban (négyévfolyamos)

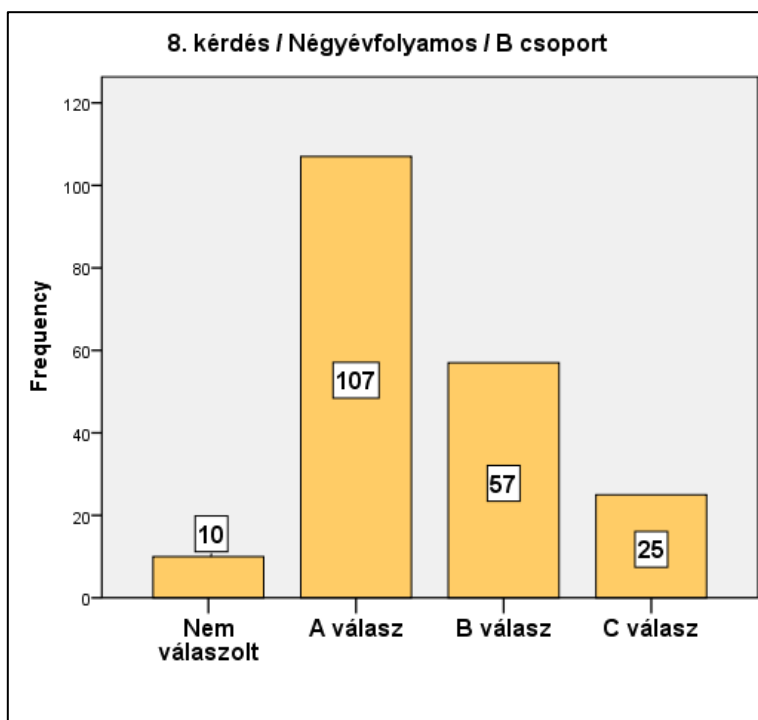


40. ábra: Az adszorpciót befolyásoló tényezők az A csoportban (hatévfolyamos)

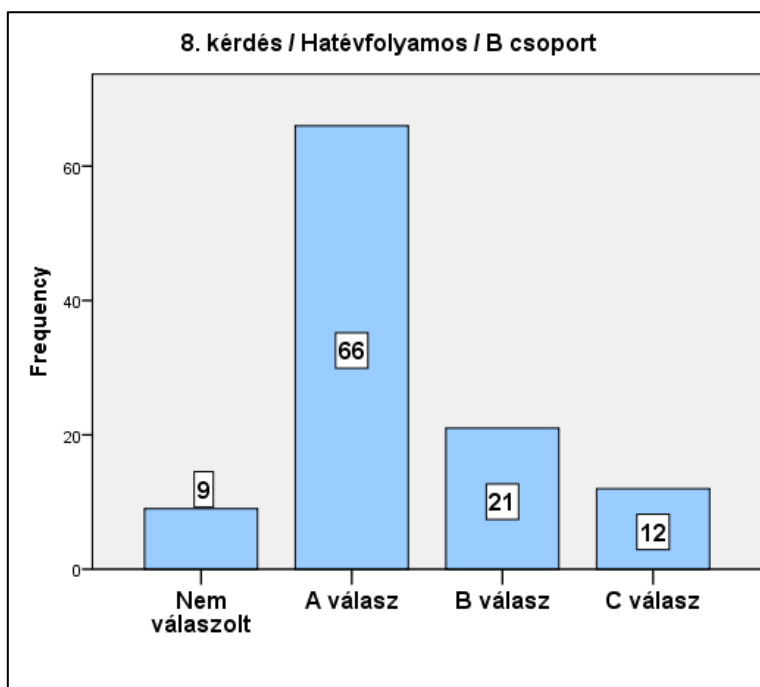
A B csoport válaszai

A B csoportban a nyomás növelésének adszorpcióra gyakorolt hatását kellett megadni. A helyes válasz szerint a nyomás növelése növeli az adszorpciót (A), míg a hibás válaszok között szerepel, hogy csökkenti (B) vagy nem befolyásolja (C). A négyévfolyamosok 53,8%-a, míg a hatévfolyamosok 61,1%-a válaszolt jól erre a kérdésre (6.44. sz. melléklet).

A válaszok alakulása a B csoportban (nem válaszolt, A, B vagy C választ adott) látható a 41. és 42. ábrákon.



41. ábra: Az adszorpciót befolyásoló tényezők a B csoportban (négyévfolyamos)



42. ábra: Az adszorpciót befolyásoló tényezők a B csoportban (hatévfolyamos)

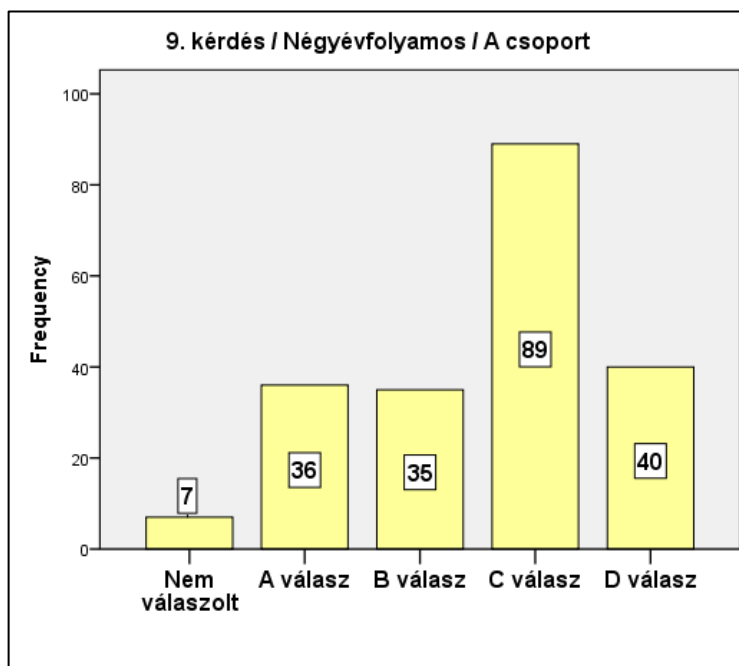
A kilencedik kérdés

Az utolsó kérdés az előteszt egyik feladatával egyezik. Aktív szénen történő adszorpció eredményének okát kellett megadni a négy lehetséges válasz közül kiválasztva. Ebben jobban teljesítettek a négyévfolyamos képzésben tanuló diákok (43,3%), mint a hatévfolyamosok (35,3%), vagyis van különbség az eredmények között (χ^2 értéke 4,045 és $p=0,044$). A tanulók mindössze 40,4%-a tudott jó választ adni a kérdésre, ami azért is minősül gyenge eredménynek, mert a feladatlap kitöltésére a tanév végén került sor, amikor az anyagi halmazokkal, a halmazt felépítő részecskékkel kapcsolatban (a kérdésben szereplő polaritás, sebesség, méret, reakcióképesség tekintetében) sok ismerettel kellene rendelkezniük, mivel több témakörben is foglalkoztak ezekkel a tanórákon. Ez volt az egyetlen kérdés, amelyben valamivel jobb eredményt a négyévfolyamos képzésben részt vevő diákok nyújtottak (6.45., 6.46., 6.47. és 6.48. sz. mellékletek).

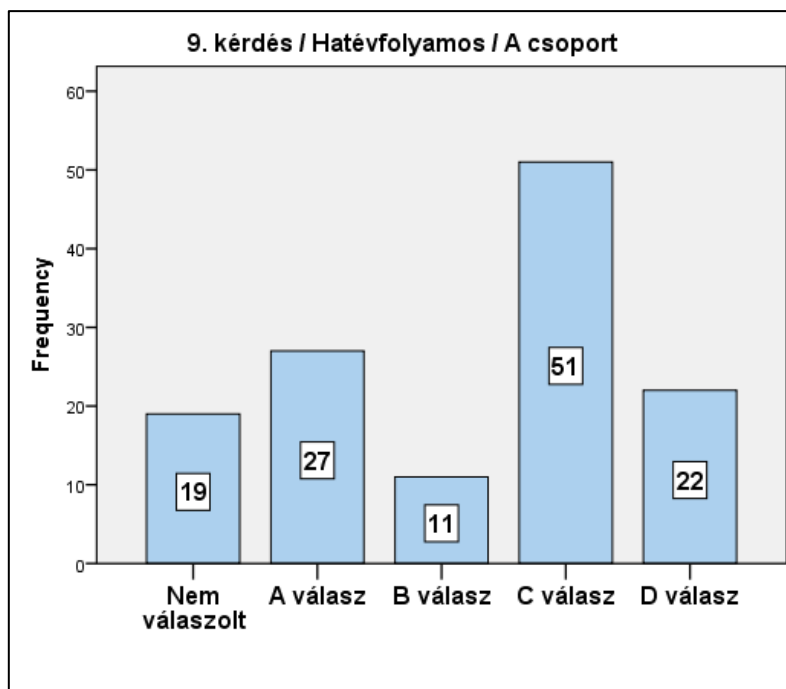
Megvizsgáltam, hogy az A és a B csoportban hogyan alakultak a válaszok a kilencedik kérdés esetén.

A csoport

A négyévfolyamosok 43,0%-a, míg a hatévfolyamosok 39,2%-a válaszolt jól erre a kérdésre. A helyes válasz betűjele a C, vagyis a részecskék eltérő polaritása (6.49. sz. melléklet). A válaszok alakulása (nem válaszolt, A, B, C vagy D választ adott) látható a 43. és 44. sz. ábrákon.



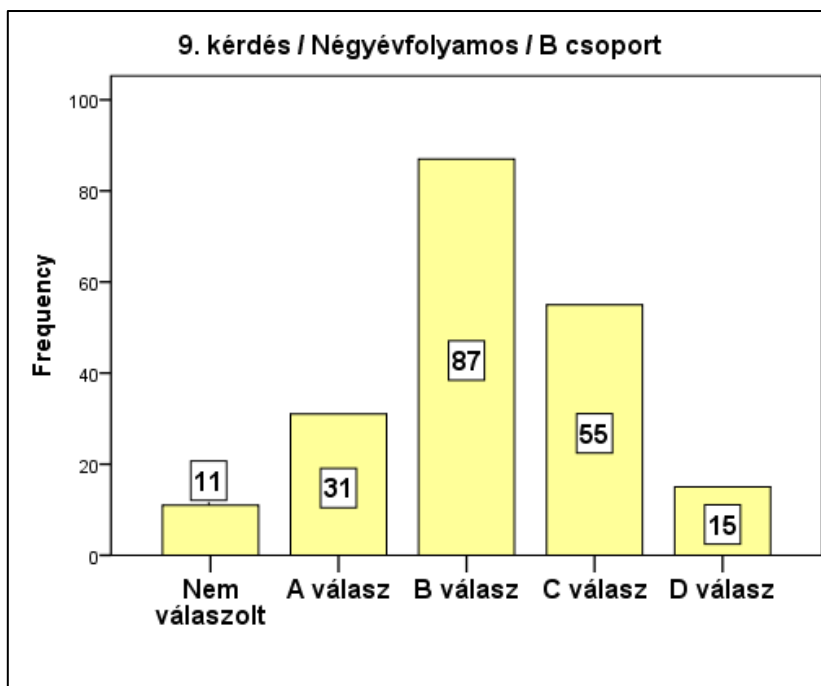
43. ábra: Az aktív szénen történő adszorpció a négyévfolyamosok esetén (A csoport)



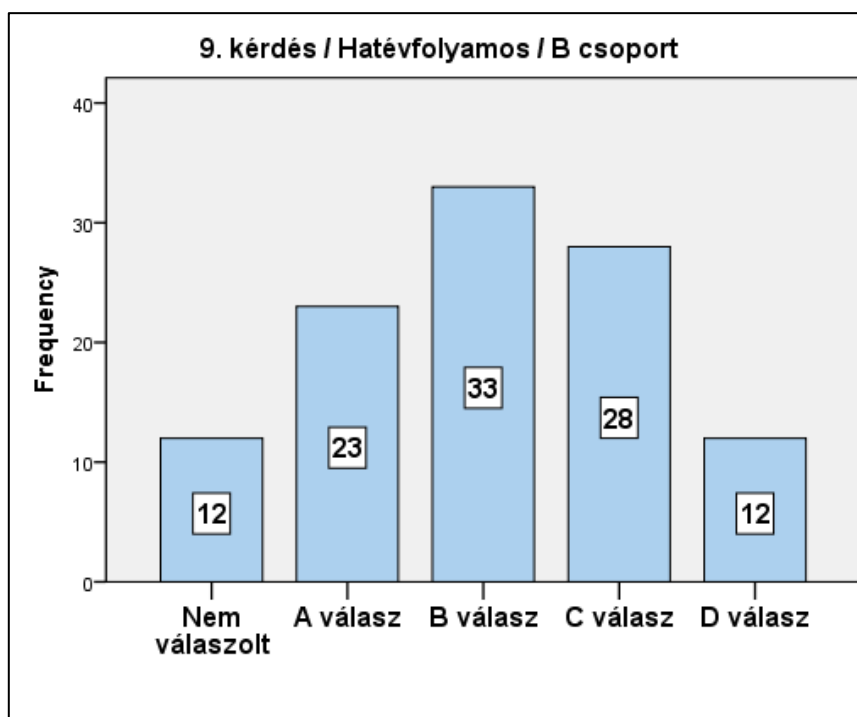
44. ábra: Az aktív szénen történő adszorpció a hatévfolyamosok esetén (A csoport)

B csoport

A négyévfolyamosok 43,7%-a, míg a hatévfolyamosok 30,6%-a válaszolt jól erre a kérdésre. A helyes válasz betűjele a B, vagyis a részecskék eltérő polaritása (6.50. sz. melléklet). A válaszok alakulása a B csoportban (nem válaszolt, A, B, C vagy D választ adott) látható a 45. és 46. ábrákon.



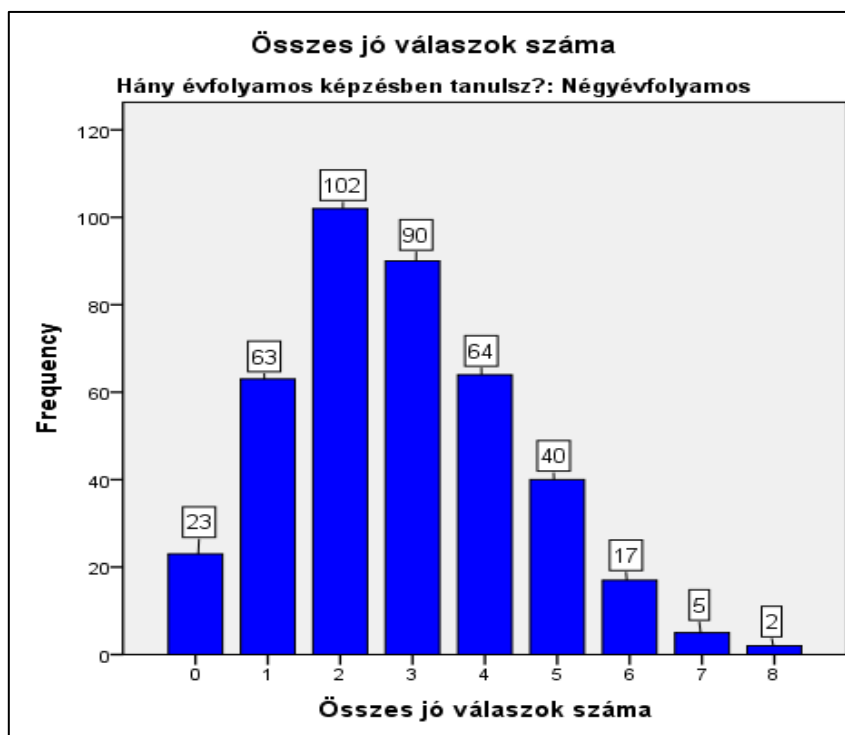
45. ábra: Az aktív szénen történő adszorpció a négyévfolyamosok esetén (B csoport)



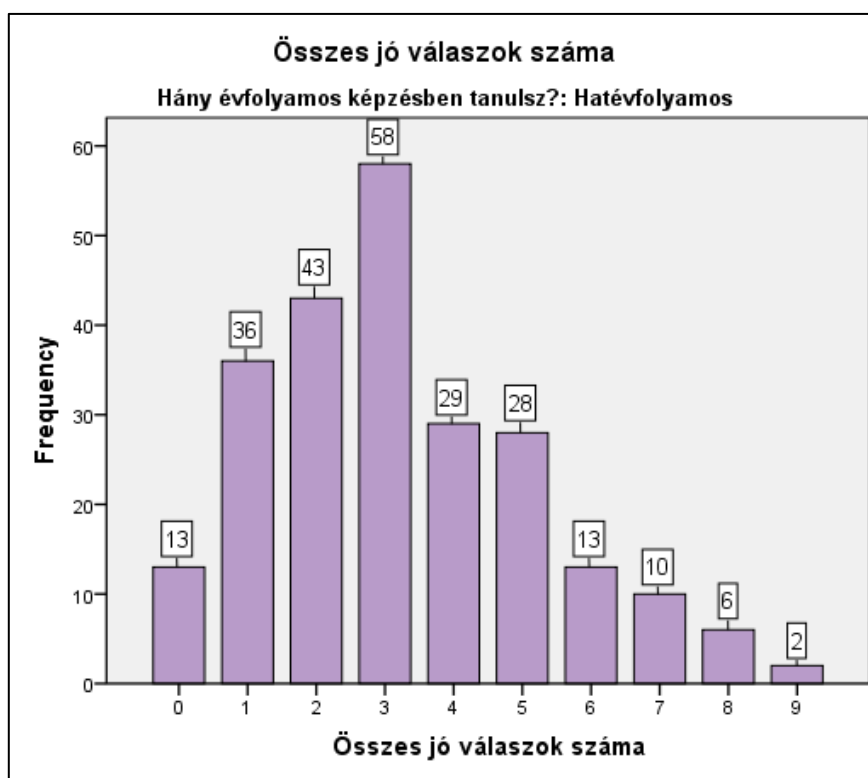
46. ábra: Az aktív szénen történő adszorpció a hatévfolyamosok esetén (B csoport)

Az összes jó válaszok számának alakulása

A négyévfolyamos tanulók a kilenc kérdésből nyolcra tudtak jól válaszolni (47. ábra), a hatévfolyamosok közül ketten kilenc jó választ adtak (48. ábra). A négyévfolyamosok átlagpontszáma alacsonyabb (2,82), mint a hatévfolyamosoké (3,22), bár ez utóbbinál nagyobb a szórás és a variancia értéke is. A négy- és hatévfolyamos képzésben tanuló diákok teszteredményét, az összpontszámokat összehasonlítva eredményül azt kaptam, hogy a hatévfolyamosok jobban teljesítettek. Megállapítottam, hogy van szignifikáns különbség a két minta kilenc kérdésből álló tesztfeladatainak megoldása, eredményessége között (χ^2 értéke 20,099 és SZF=9, $p=0,017$) (6.51., 6.52. és 6.53. sz. mellékletek).



47. ábra: Az összes jó válaszok száma a négyévfolyamosok között (teljes minta)



48. ábra: Az összes jó válaszok száma a hatévfolyamosok között (teljes minta)

Összefoglalva megállapítható, hogy *a második hipotézis nem igazolódott be*, vagyis szignifikáns különbség mutatható ki a négyévfolyamos és a hatévfolyamos tanulók teljesítményében. A hatévfolyamos tanulók jobb eredményt értek el.

15.4.3. A harmadik hipotézis

Az adszorpció eredményeket is alkalmazva a kísérleti csoportban lényeges eltérés tapasztalható a kontrollcsoporthoz képest.

A kísérleti és a kontrollcsoport összehasonlítása

A kutatásban négy gimnáziumi osztály (két hatosztályos és két négyosztályos) tanulói kerültek a kísérleti csoportba, míg a többi, az előteszt feladatait is megoldó diák alkotta a kontrollcsoportot. A kísérleti csoportban a Monte Carlo szimulációs módszerrel kapott eredményeket is bemutattam a kémia órán, és ezek elemzésére is sor került.

A kutatás legfontosabb kérdése, hogy a szimulációs módszerrel kapott adszorpció eredmények beépítése az oktatásba eredményezett-e szignifikáns különbséget a tananyag elsajátításában. Ezért fontos, hogy a kísérleti (N=117) és a kontrollcsoport (N=527) esetén is összehasonlítsuk a teljesítményeket.

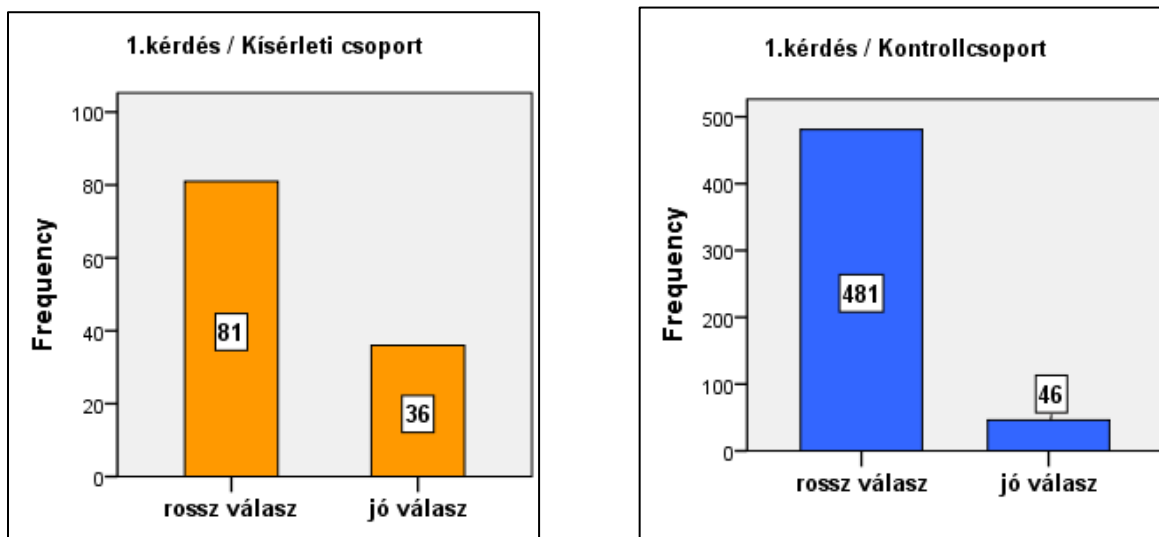
Feladatonkénti összehasonlítás

	Feladattípus	Kísérleti csoport	Kontrollcsoport	χ^2
		jó válaszok (%)		
1.	Adszorpció fogalma	30,8	8,7	41,858
2.	Fajlagos felület fogalma	33,3	5,1	82,836
3.	Három alkalmazott adszorbens felsorolása	27,4	7,8	36,486
4.	Két hétköznapi adszorpció folyamat	53,0	16,9	69,527

10. táblázat: A jó válaszok megoszlása a kísérleti és a kontrollcsoport esetén (1-4. kérdések)

Az első kérdés

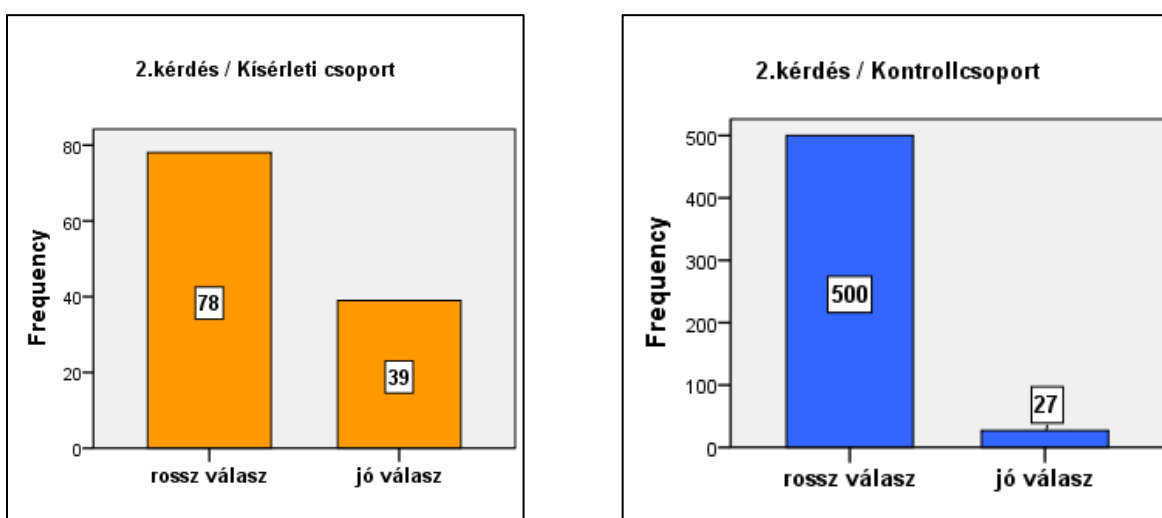
A két csoport eredményei (10. táblázat) között szignifikáns különbség állapítható meg (χ^2 értéke 41,858 és $p=0,001$) (6.54. és 6.55. sz. melléklet), a kísérleti csoport eredménye jobb lett (49. ábra).



49. ábra: az 1. kérdésre adott rossz és jó válaszok száma a két csoportban

A második kérdés

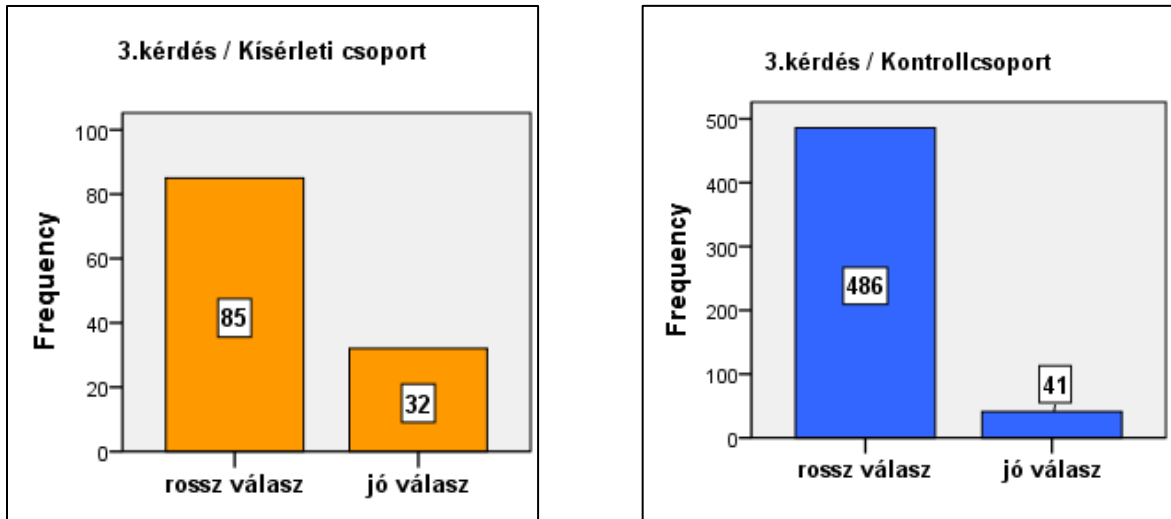
Ennél a kérdésnél is szignifikáns különbség adódik (χ^2 értéke 82,836 és $p=0,001$), a kísérleti csoport teljesítménye jobb (6.56. és 6.57. sz. melléklet) (50. ábra).



50. ábra: A 2. kérdésre adott rossz és jó válaszok száma a két csoportban

A harmadik kérdés

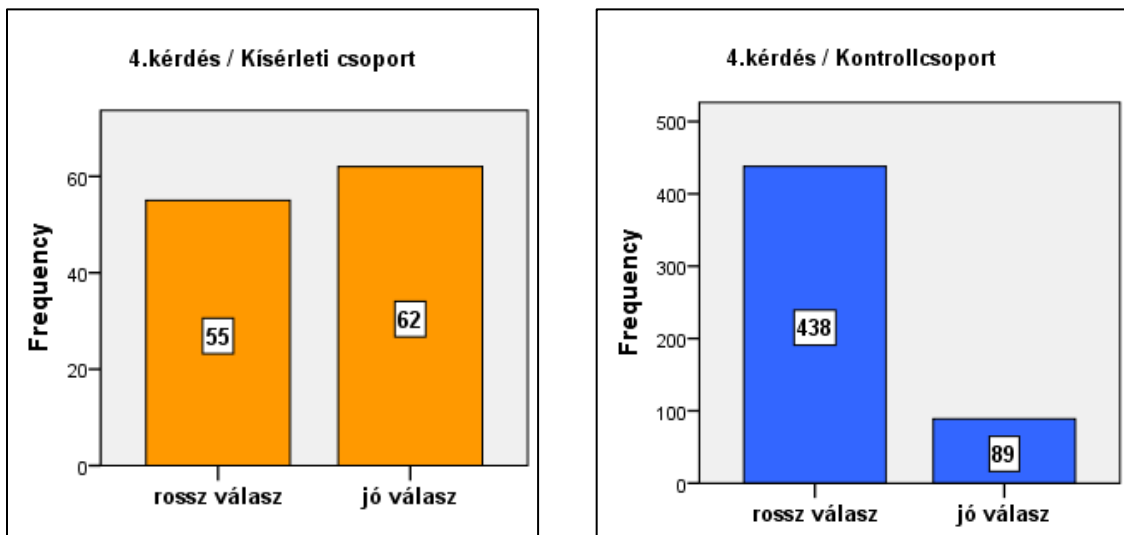
A harmadik kérdés esetén is az adatok szignifikáns különbséget mutatnak (χ^2 értéke 36,486 és $p=0,001$), a kísérleti csoport teljesítménye adódott jobbnak (6.58. és 6.59. sz. mellékletek) (51. ábra).



51. ábra: a 3. kérdésre adott rossz és jó válaszok száma a két csoportban

A negyedik kérdés

Az adatok alapján szignifikáns különbség adódik (χ^2 értéke 69,527 és $p=0,001$), a kísérleti csoport teljesítménye ebben az esetben is jobb (6.60. és 6.61. sz. mellékletek) (52. ábra).



52. ábra: a 4. kérdésre adott rossz és jó válaszok száma a két csoportban

Mind a négy kérdés alapján megállapítható, hogy a kísérleti csoport tanulói jobb eredményt értek el, és szignifikáns különbség mutatható ki ($p=0,001$) a kontrollcsoporttal összehasonlítva. A legnagyobb különbség a fajlagos felület fogalmának megadásánál látszik. A korábbi elemzés is azt mutatta, hogy ez a fogalom nem kapott nagy hangsúlyt minden, a kutatásba bevont osztály esetén, így ez a nagyobb eltérés is érthető.

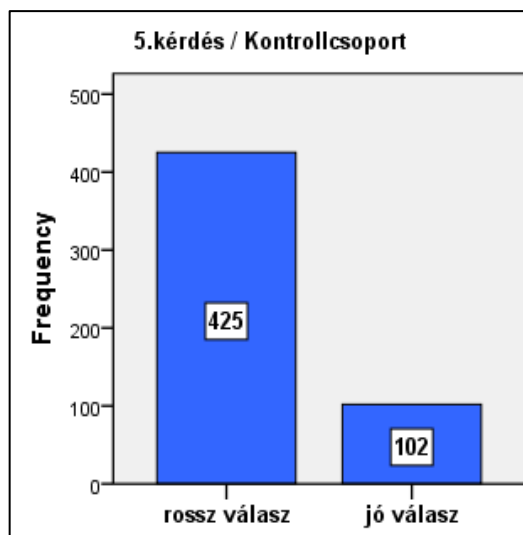
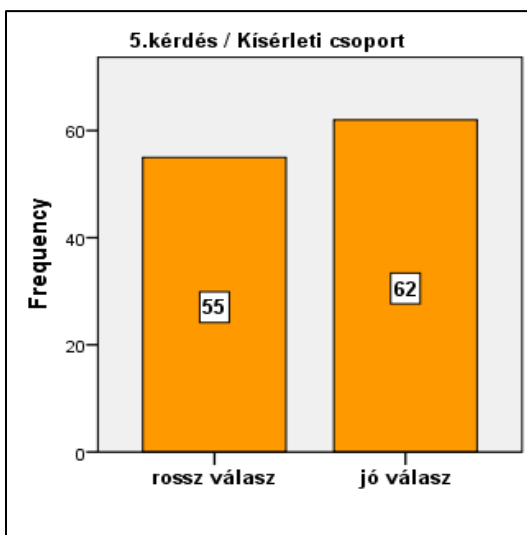
Ezután megvizsgáltam a szimuláció eredményeként kapott ábra elemzésére és a részecskék közötti kölcsönhatás kiválasztására kapott válaszokat is (11. táblázat).

	Feladattípus	Kísérleti csoport	Kontrollcsoport	χ^2
		jó válaszok (%)		
5.	Ábraelemzés	53,0	19,4	57,072
6.	A látható különbség oka	60,7	58,8	0,137
7.	A molekulák közti kötés típusa	73,5	66,0	2,431
8.	Az adszorpció hőmérséklet illetve nyomásfüggése	62,4	43,3	14,074
9.	Adszorpció aktív szénen	46,2	39,1	1,985

11. táblázat: A jó válaszok megoszlása a kísérleti és a kontrollcsoportban (5-9. kérdések)

Az ötödik feladat

Az ábraelemzés kérdésre adott válaszokban szignifikáns különbség található (a χ^2 értéke 57,072 és $p=0,001$), a kísérleti csoport tagjai jóval nagyobb arányban adtak helyes választ, jobban teljesítettek (6.62. és 6.63. sz. mellékletek). Ez is jól mutatja azt, hogy érdemes ugyanazt a folyamatot, jelenséget sokoldalúan bemutatni, mert így jobban rögzül a diákokban a tananyag, és később is sikeresebben tudják felidézni a látottakat. Mivel ez a kérdés is konkrétan az adszorpcióra vonatkozott, ezért a kontrollcsoport gyenge teljesítménye is felvet néhány problémát. A válaszban csak az adszorpció eltérő mértékét kellett volna megadni a kétféle molekula esetén. A hibás válaszokból értelmezési, szövegértési problémák, illetve a kémiai szaknyelvet nélkülöző megfogalmazások sokaságával találkoztam. Így ez nemcsak a kémia tudásokban fellelhető különbségre, hiányosságokra utal. A jó és a rossz válaszok alakulását az 53. ábra mutatja.

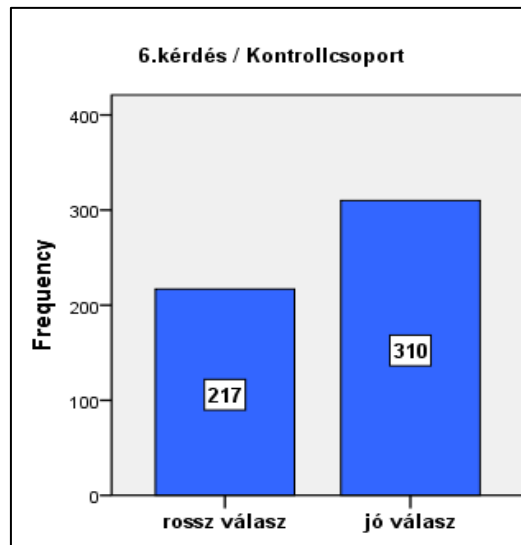
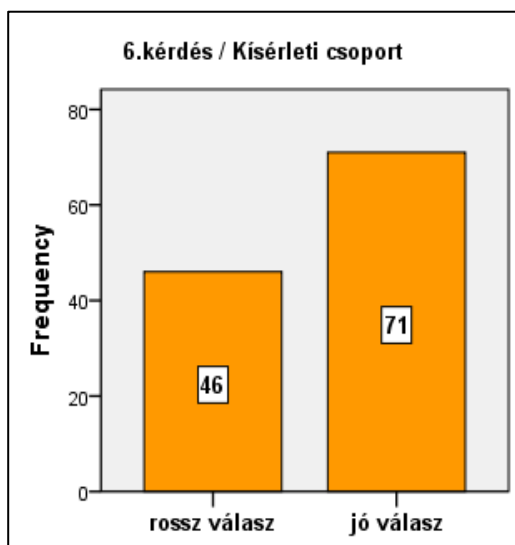


53. ábra: Az 5. kérdésre adott rossz és jó válaszok száma a két csoportban

A hatodik és a hetedik feladat kapcsolódik egymáshoz. Meg kellett adni a két molekula eltérő viselkedésének okát, majd egy másik ábra alapján kiválasztani a részecskék közti kölcsönhatást. Mindkét kérdés az általános kémiai ismereteik felhasználásával megválaszolható, ezért pozitívum, hogy az adatok alapján a különbségek nem szignifikánsak a kísérleti és a kontrollcsoport között. Ez azért is kiemelendő, mert a részecskék közti kötések típusai, azoknak készpénzsintű ismerete alapvető a kémia tantárgy egészének tanulása során. Így megállapítható, hogy ez a tananyagrészt minden, a kutatásba bevont kilencedik osztályban megfelelően nagy hangsúlyt kapott.

A hatodik feladat

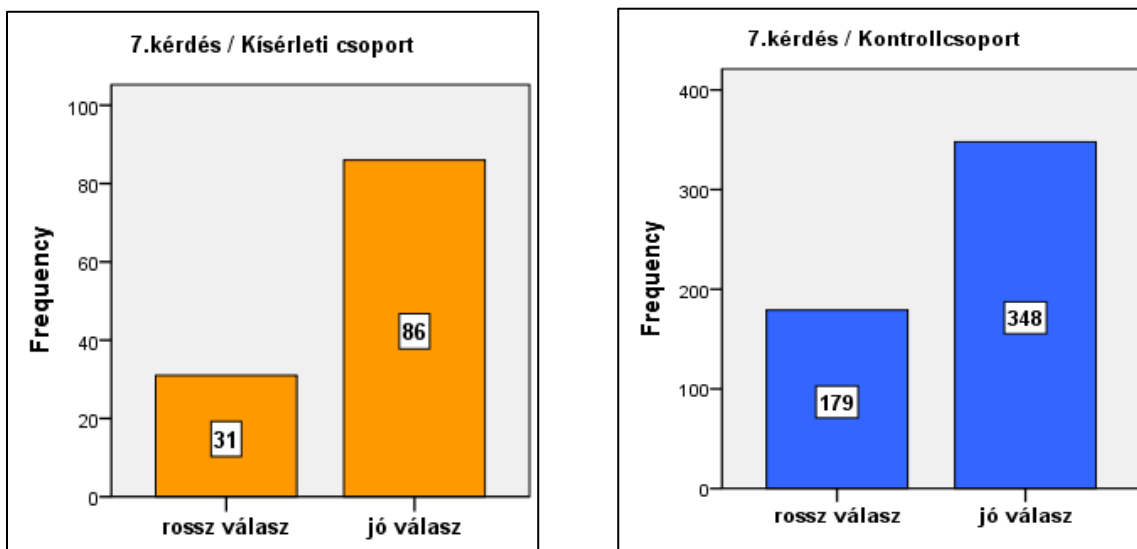
A hatodik feladat adatai (54. ábra) azt mutatják, hogy nincs szignifikáns különbség a két csoport teljesítménye között (χ^2 értéke 0,137 és $p=0,711$) (6.64. és 6.65. sz. mellékletek).



54. ábra: A 6. kérdésre adott rossz és jó válaszok száma a két csoportban

A hetedik feladat

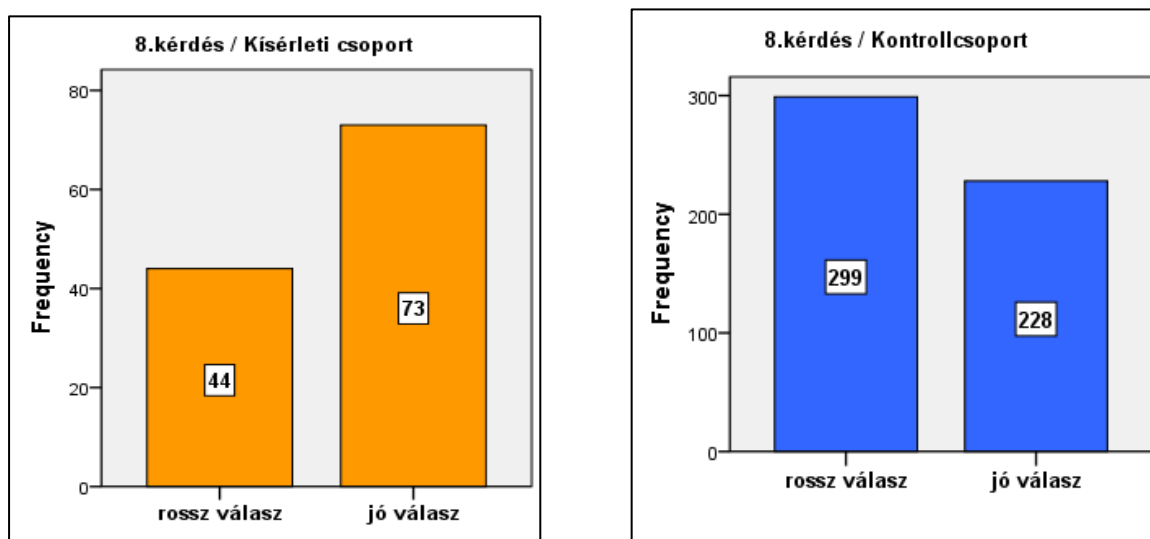
A hetedik kérdés esetén (55. ábra) is azt állapítottam meg, hogy ennél sincs szignifikáns különbség (χ^2 értéke 2,431 és $p=0,119$) a két csoport teljesítménye között (6.66. és 6.67. sz. mellékletek).



55. ábra: A 7. kérdésre adott rossz és jó válaszok száma a két csoportban

A nyolcadik feladat

Az adatok alapján (56. ábra) szignifikáns különbség adódott (χ^2 értéke 14,074 és $p=0,001$), a kísérleti csoport teljesítménye lett jobb (6.68. és 6.69. sz. mellékletek).



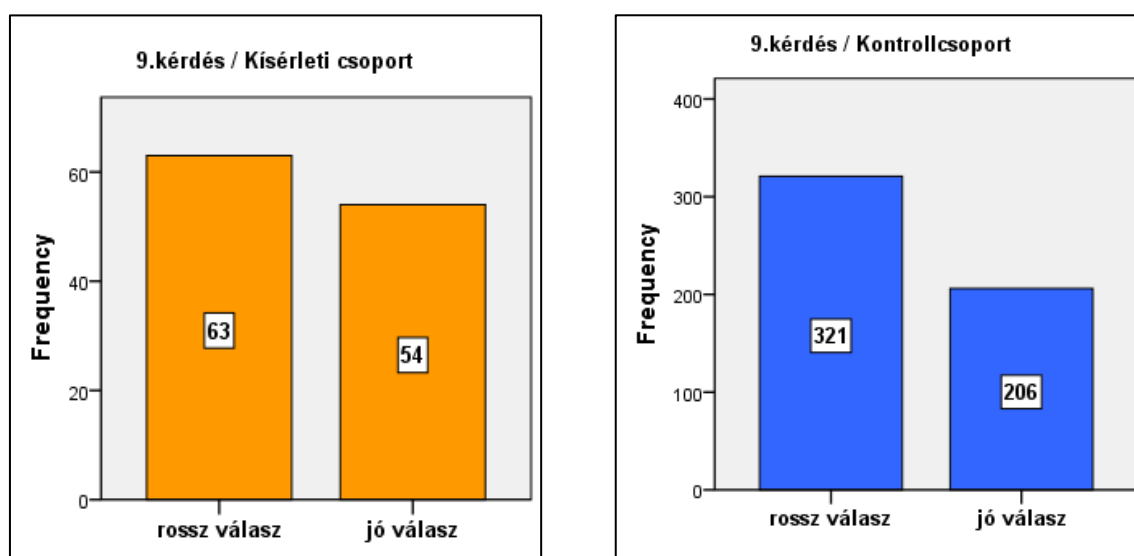
56. ábra: A 8. kérdésre adott rossz és jó válaszok száma a két csoportban

Az adszorpció mértékének hőmérséklettől és nyomástól való függése esetén adódott szignifikáns különbség azért is elgondolkodtató, mert ez a kérdés ismét az anyagi halmazok

témakörre vonatkozik, általános kémiai ismereteket kér számon. Minden osztály megoldásai között találtam jó válaszokat is, vagyis egyértelműen kitértek a tananyag feldolgozásakor a folyamatot befolyásoló tényezőkre, ám sokan ennek ellenére nem tudták összekötni ezt a kérdést az általános kémiai ismeretekkel. A helyes válaszok aránya azonban viszonylag alacsony, főként a kontrollcsoportnál, és ez arra hívja fel a figyelmet, hogy nem eléggé általános, stabil a tanév végére kialakult részecskeszemléletük, a kémiai látásmódjuk.

A kilencedik feladat

Ebben a kérdésben is egységesebb eredmény született a kísérleti és a kontrollcsoport esetén (57. ábra). Nem állapítható meg szignifikáns különbség (χ^2 értéke 1,985 és $p=0,159$), a kísérleti csoport teljesítménye ennél is jobb lett (6.70. és 6.71. sz. mellékletek).

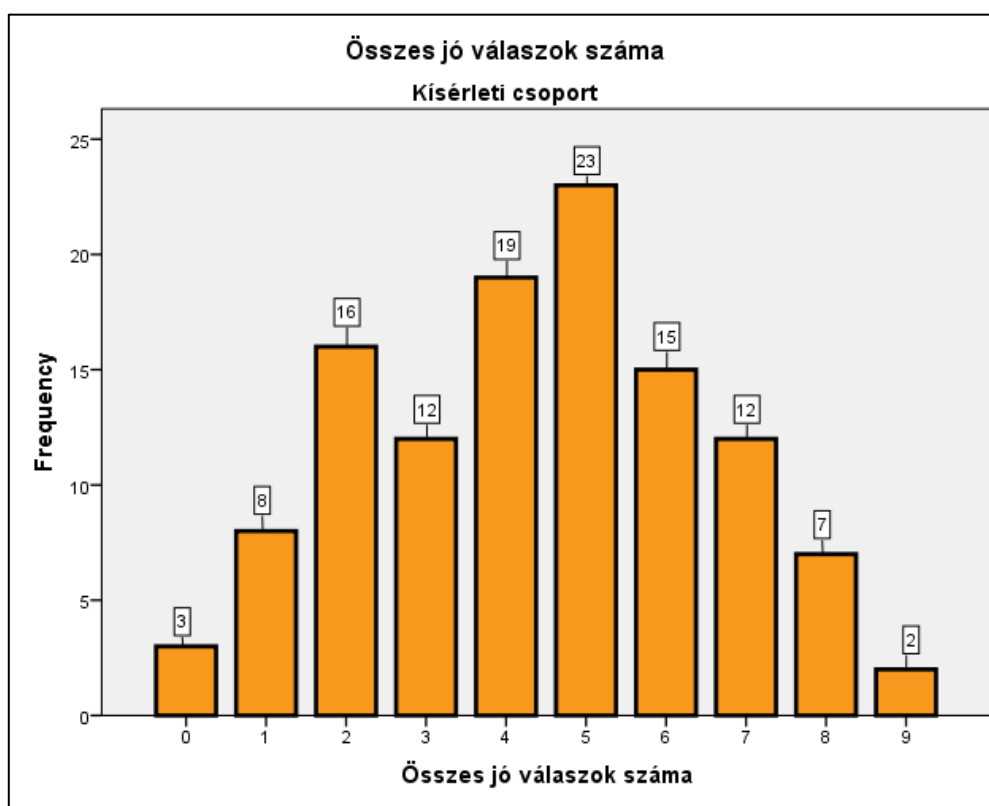


57. ábra: A 9. kérdésre adott rossz és jó válaszok száma a két csoportban

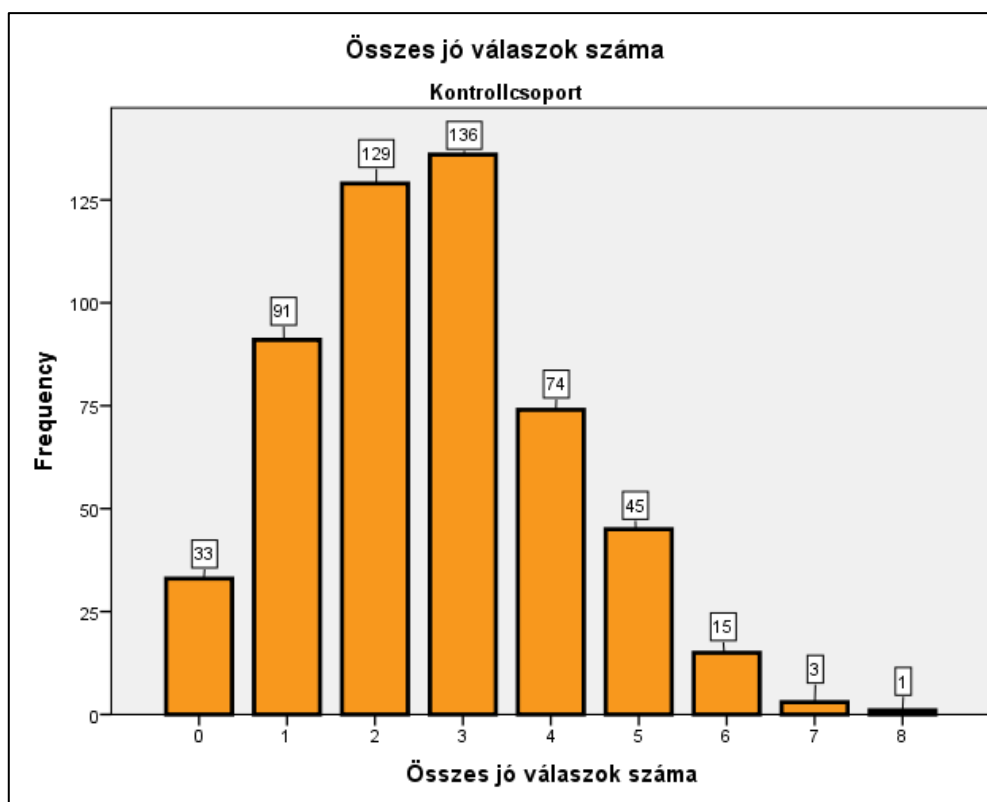
Az utolsó kérdés az aktív szénen történő adszorpcióra vonatkozott. Az aktív szenet, mint adszorbenst az előző kérdésekben nagyon nagy arányban jelölték meg a tanulók (314 fő), láthatóan ez minden osztályban említésre került. Az adszorpcióban rejlő különbségre a molekulák eltérő polaritásával kellett helyesen válaszolni. A különbségek az adatok alapján nem szignifikánsak a két csoport között, és az összes helyes válaszok viszonylag nagy száma (260) is jelzi, hogy az év eleji teljesítményükhöz képest összességében jelentős fejlődés mutatható ki. Az előteszt megoldásakor erre a kérdésre a mintában szereplő tanulók 30,3%-a adott jó választ, míg az utótesztben ez 40,4%. Ez a növekedés az év elejéhez képest mégsem megnyugtató, mert a tanulók többsége olyan hibás válaszokat adott, ami sok tévképzetre és a tananyag több területén is komoly hiányosságokra utal.

Összegezve a kísérleti csoportban részt vevő 117 diák átlagosan több (4,65) feladatot oldott meg jól, mint a kontrollcsoport tanulói (2,65), a medián az előbbi esetben 5, az utóbbiban 3, és a kísérleti csoportban a szórás (2,138) és a variancia (4,570) is nagyobb (a kontrollcsoportban sorrendben 1,503 és 2,258).

Megvizsgáltam, hogy van-e szignifikáns különbség a kísérleti és a kontrollcsoport összteljesítménye között (58. és 59. ábra), és az adatok alapján (a χ^2 értéke 129,581; SZF=9, p=0,001) szignifikáns különbség adódik. Ez azt támasztja alá, hogy az adszorpcióval kapcsolatos új eredmények alkalmazásával lényegesen eltérő, jobb eredményt lehetett elérni (6.72. és 6.73. sz. mellékletek).



58. ábra: A kísérleti csoportban elért összpontszámok



59. ábra: A kontrollcsoportban elért összpontszámok

A kétmintás t-próba alapján az adatok elemzése során is azt állapítottam meg, hogy szignifikáns különbség van az adszorpciós eredményekkel kiegészített tananyag oktatási hatékonysága és az ezt nélkülöző között ($t=10,473$ és $p=0,001$) (6.74. és 6.75. sz. mellékletek). A kísérleti csoport eredményei jobbak. **A harmadik hipotézis beigazolódott.**

16.Összegzés és további kutatási irányok, lehetőségek

A kutatásom bizonyítja, hogy a kilencedik évfolyam elején a diákok többségének a tudása messze elmarad attól, amire sikerrel lehetne alapozni. Az általános kémia tananyag alapos elsajátítása előfeltétele a további kémiai ismereteknek, és kihat a biológia tantárgy tanulására is. A tanév elején végzett előteszt és a tanév végén a kontrollcsoportos kísérletben kapott utóteszt eredménye alapján megállapítottam, hogy a kilencedikes tanulók kémiai részecskével kapcsolatos ismeretei a tanév elején nagyon hiányosak, de a tanév végén lényeges változás, fejlődés volt kimutatható. A kapott eredmények még nem kielégítőek, és számos esetben tévképzetek mutathatók ki, melyek akadályozhatják a következő tanévben a kémia és a többi természettudományos tantárgy tananyagának megértését.

Az adszorpciós kutatásunk eredményeinek alkalmazása az oktatásban szignifikáns különbséget eredményezett, a kísérleti csoport eredményei jobbak lettek. Ez is indokolja,

hogy újabb vegyületek adszorpcióját is érdemes bemutatni, amellyel feltételezhető, hogy még jobb eredményt érhetünk el. Szélesíthetjük azon vegyületek és adszorbensek körét, amelyek a hétköznapi gyakorlatban is előfordulnak és adszorpciós folyamatban is részt vehetnek. Érdemes lehet a tananyag más területének feldolgozásához másféle szimulációk bevezetését is meggondolni.

Újabb lehetőséget ad a feladatlapokban is szereplő fogalmak esetén a természettudományos tudás vizsgálatára napjainkban egyre többször használt szóasszociációs módszer alkalmazása is. Szóasszociációs vizsgálatokat először a lélektan területén végeztek, de alkalmazzák a nyelvészetben, és az 1980-as évektől kezdve a tudásszerkezet feltárására, változásainak vizsgálatára a természettudományok területén is. A módszer lényege, hogy az egyes fogalmakra meghatározott időn belül a diákok leírják azokat az asszociációkat, amelyek eszükbe jutnak az adott szóval, kifejezéssel kapcsolatban. Az adatgyűjtés után az adatok feldolgozása, a kapcsolati együtthatók kiszámítása, majd a leggyakoribb asszociációk meghatározása és az összefüggések grafikus ábrázolása következik (Czékmán, Kiss és Tóth, 2017).

Ezzel a módszerrel feltárhatók a hiányosságok, téves elképzelések nemcsak az adszorpció terén, hanem a tananyag bármely, a továbbhaladás szempontjából kulcsfontosságú fogalmi esetén is. A vizsgálat kiterjeszhető nemcsak a kilencedikes, hanem tízedikes tanulók körére is, és érdemes a fakultációs csoportokban tanuló diákok körében is elemzést végezni az egyes fogalmak alapján. Így nemcsak a fogalmi háló, hanem annak változása, alakulása a számítógépes szimuláció alkalmazása esetén is felmérhető és elemezhető lesz. A vizsgálatba sok diák bevonható akkor, ha online kitölthető űrlapot használunk, ezért a tanulók is szívesebben kapcsolódnak be a kutatásba. Az így nyert nagy elemszámú adatbázisban rögzített eredményeket számítógépes alkalmazással értékelhetjük ki. A jövőben ennek vizsgálatára a korábbi eredményeimet is felhasználva keresem a lehetőséget.

17. Bibliográfia

- Allen, M. P., Tildesley, D. J. (1987): *Computer Simulation of Liquids*; Clarendon, Oxford.
- Babbie, E. (2003): *A társadalomtudományi kutatás gyakorlata*. (6. átdolgozott kiadás). Balassi Kiadó, Budapest.
- Balázs Katalin (2005): Szemléletformáló módszerek a kémia tanításában. *A Kémia Tanítása* **XIII.** 4. sz. 7-10.
- Balázs Katalin, Labancz István és Szalay Luca (2015): Oktatási módszerek. In: Szalay Luca (szerk.): *A kémiatanítás módszertana*, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest. 20-67.
- Ballér Endre (1973): Tanulói attitűdök vizsgálata. *Pedagógiai Szemle*, **23.** 7.8. sz. 644-657.
- Báthory Zoltán (1989): Tanulói kötődések vizsgálata négy tanulói korosztály körében. *Pedagógiai Szemle*, **39.** 12. sz. 1162-1172.
- Bennett, S. W. (2008): Problem solving: can anybody do it? *Chemistry Education Research and Practice*, **9.** 60-64.
- Bodner, G. M. (2003): Problem solving: the difference between what we do and what we tell students to do. *University Chemistry Education*, **7.** 37-45.
- Cracolice, M. S., Deming, J. C. és Ehlert, B. (2008): Concept learning versus problem solving: A cognitive difference. *Journal of Chemical Education*, **85.** 6. sz. 873-878.
- Czékman Balázs, Kiss József és Tóth Zoltán (2017): Tudásszerkezet-vizsgálat online szóasszociációs teszttel. *Iskolakultúra*, **27.** 1-12. sz. 56-65.
- Czippán Katalin, Mathias Anna és Victor András (2004): *Segédlet az iskolák környezeti nevelési programjának elkészítéséhez*. Oktatási Minisztérium, Budapest.
- Csapó Benő (1992): *Kognitív pedagógia*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Csapó Benő (2000): A tantárgyakkal kapcsolatos attitűdök összefüggései. *Magyar Pedagógia*, **100.** 3. sz. 343-366.
- Csapó Benő (2005): *Az előzetesen megszerzett tudás mérése és elismerése*. Nemzeti Felnőttképzési Intézet, Budapest.
- Csapó Benő és Szabó Gábor (szerk.) (2012): *Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. <http://www.ntk.hu/823> (Utolsó letöltés: 2015. 05. 04).
- Csíkos Csaba (2009): *Mintavétel a kvantitatív kutatásokban*. Gondolat Kiadó, Budapest.
- Csíkos Csaba (2012): *Pedagógiai kísérletek kutatómódszertana*. Kutatómódszertani Kiskönyvtár, Gondolat Kiadó, Budapest.

- Dobóné Tarai Éva (2008): *Általános iskolai tanulók anyagszerkezettel és anyagi változásokkal kapcsolatos fogalmainak fejlődése*. Doktori (PhD) értekezés, Debreceni Egyetem, Kémia Doktori Iskola.
- Falus Iván (szerk.) (1998): *Didaktika – Elméleti alapok a tanítás tanuláshoz*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Falus Iván (szerk.) (2004): *Bevezetés a pedagógiai kutatás módszereibe*. Műszaki Kiadó, Budapest.
- Falus Iván és Ollé János (2000): *Statisztikai módszerek pedagógusok számára*. Okker Kiadó, Budapest.
- Falus Iván – Ollé János (2008): *Az empirikus kutatás gyakorlata. Adatelemzés és statisztikai feldolgozás*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Fernengel András (2009): *A kémia tantárgy helyzete és fejlesztési feladatai*. <http://ofi.hu/tudastar/tantargyak-helyzete/kemia-tantargy-helyzete>. (Utolsó letöltés: 2017. 04.05.).
- Gagné, E. D. (1985): *The cognitive psychology of school learning*. Brown and Company, Boston.
- Havas Péter (2001): A fenntarthatóság pedagógiai elemei. *Új Pedagógiai Szemle*, 10. sz., 3-15.
- Havas Péter (2009): *A természettudományi kompetenciákról és a természettudományi oktatás kompetencia alapú fejlesztéséről*. (<http://www.ofi.hu/tudastar/hazai-fejlesztési/havas-peter>) (Utolsó letöltés: 2016. 01. 03.).
- Havas Péter és Varga Attila (2009): *A környezeti neveléstől a fenntarthatóság pedagógiai gyakorlata felé*. <http://ofi.hu/havas-peter-varga-attila-kornyezeti-nevelestol-fenntarthatosag-pedagogiai-gyakorlata-fele> (Utolsó letöltés: 2016. 12. 28.).
- Horton, C. (2007): *Student preconceptions and misconceptions in chemistry (Student alternative conceptions in chemistry)*. www.daisley.net/hellevator/misconceptions/misconceptions.pdf. (Utolsó letöltés: 2018. 09. 28.).
- Horváth György (1993): *Bevezetés a testelméletbe*. Keraban Kiadó, Budapest.
- Horváth György (2004): *A kérdőíves módszer*. Műszaki Kiadó, Budapest.
- Jedlovsky Pál (2006): *Rendezetlen kondenzált fázisok tulajdonságainak vizsgálata számítógépes szimulációs módszerekkel*. <http://real-d.mtak.hu/235/> (Utolsó letöltés: 2017. 03. 10.).

- Johnstone, A. H. (2001): Can problem solving be taught? *University Chemistry Education*, **5**, 69–73. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1135489.pdf> (Utolsó letöltés: 2018. 02.10.).
- Kerettanterv elérése az OFI honlapon: <http://kerettanterv.ofi.hu> (Utolsó letöltés: 2017. 07. 03.).
- Kocsis Mihály (2000): Egy Baranya megyei iskolai tudásmérés néhány vizsgálati területéről. *Iskolakultúra*, 8. sz. 3-13.
- Kluknavszky Ágnes és Tóth Zoltán (2009): Tanulócsoporthoz levegőszennyezéssel kapcsolatos fogalmainak vizsgálata szóasszociációs módszerrel. *Magyar Pedagógia*, **109**, 4. sz. 321-342.
- Komenczi Bertalan (2009): *Elektronikus tanulási környezetek*. Gondolat Kiadó, Budapest.
- Korom Erzsébet (1997): Naiv elméletek és tévképzetek a természettudományos fogalmak tanulásában. *Magyar Pedagógia*, **97**, 1. sz. 19-40.
- Korom Erzsébet (2002): Az iskolai tudás és a hétköznapi tapasztalat ellentmondásai: természettudományos tévképzetek. In: Csapó Benő (szerk.): *Az iskolai tudás*, Osiris Kiadó, Budapest.
- Korom Erzsébet (2003): A fogalmi váltás kutatása. Az anyagszerkezeti ismeretek változása 12-18 éves korban. *Iskolakultúra*, **13**, 8. sz. 84-94.
- Korom Erzsébet (2005): *Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Korom Erzsébet és Nagy Lászlóné (2012): A fizikai és kémiai fogalmak megértését segítő oktatási módszerek alkalmazásának tapasztalatai a természetismeret tantárgy tanításában. *A Kémia Tanítása*, **20**, 1. sz. 3-15. https://www.mozaik.info.hu/Homepage/pdf/folyoirat/A_kemia_tanitasa_2012-1.pdf (Utolsó letöltés: 2018. 09. 10.).
- Kováts-Németh Mária (2010): *Az erdőpedagógiától a környezetpedagógiáig*. Comenius Kft, Pécs.
- Lee, K. W. (1985): Cognitive variables in problem solving in chemistry. *Research in Science Education*, **15**, 43–50. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02356524> (Utolsó letöltés: 2018. 02.11.).
- Lee, K. W. L.-Goh, N. K.-Chia, L. S.-Chin, C. (1996): Cognitive variables in problem solving in chemistry: A revisited study. *Science Education*, **80**, 691–710. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199611\)80:6%3C691::AID-SCE4%3E3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199611)80:6%3C691::AID-SCE4%3E3.0.CO;2-E) (Utolsó letöltés: 2018. 02.11.).

- Lee, K. W. L.-Tang, W. U.-Goh, N-K.-Chia, L. S. (2001): The predicting role of cognitive variables in problem solving in mole concept. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2. 285–301. <https://pdfs.semanticscholar.org/7d49/dea6fc6981c21e954e7c6115ccfdf62a0ab1.pdf> (Utolsó letöltés: 2018. 02. 11.).
- Ludányi Lajos (2008): *A tanulók kémiai részecskével kapcsolatos fogalmi rendszere*. Doktori (PhD) értekezés, Debrecen.
- Lükő István. (2003): *Környezetpedagógia*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Meadows D., Randers J. és Meadows D. (2005): *A növekedés határai: harminc és múltán*. Kossuth Kiadó, Budapest.
- Nagy Lászlóné (2006): *Az analógiás gondolkodás fejlesztése*. Műszaki Kiadó, Budapest.
- Nahalka István (1995): A természettudományos nevelés és a tudományelméletek. *Magyar Pedagógia*, 1995. 3-4. sz., 229-250.
- Nahalka István (1997a): Konstruktív pedagógia – egy új paradigma a láthatáron (I.). *Iskolakultúra*, 97/2, 21-33.
- Nahalka István (1997b): Konstruktív pedagógia – egy új paradigma a láthatáron (II.). *Iskolakultúra*, 97/3, 22-40.
- Nahalka István (1997c): Konstruktív pedagógia – egy új paradigma a láthatáron (III.). *Iskolakultúra*, 97/4, 3-20.
- Nahalka István (1997d): Tanítható-e a környezetvédelem? *Új Pedagógiai Szemle*, **47**. 47.sz. 125-132.
- Nahalka István (1998): *Gyorsítópályán a környezeti nevelés?*
<http://www.tabulas.hu/cedrus/1998/04/szakmas2.html> (Utolsó letöltés: 2018. 10.07.).
- Nahalka István (1999): Válságban a magyar természettudományos nevelés. *Új Pedagógiai Szemle*, 69. 5 sz. 3-22.
- Nahalka István (2002): *Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben. Konstruktivizmus és pedagógia*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Nahalka István (szerk.) (2006): *Hatékony tanulás. A gyakorlati pedagógia néhány alapkérdése*. Bölcsész Konzorcium, ELTE PPK.
- Nahalka István (2011): *A hatékony, önálló tanulás kulcskompetencia fejlesztésének lehetőségei a környezeti nevelés területén*. Oktatókutató és Fejlesztő Intézet, Budapest. http://korlanc.uw.hu/kulcskompetenciak/tanulas_nahalka.pdf (Utolsó letöltés: 2018. 04.15.).

- Nemzeti Alaptanterv: <http://www.kozlonyok.hu/nkonline/MKPDF/hiteles/MK12066.pdf>
(Utolsó letöltés: 2017. 01.04.).
- Nemzeti Alaptanterv tervezete:
https://www.oktatas2030.hu/wp-content/uploads/2018/08/a-nemzeti-alaptanterv-tervezete_2018.08.31.pdf (Utolsó letöltés: 2018. 10.10.).
- Orosz Sándor (szerk.) (1990): *Kibocsátó tudásszint Veszprém megye általános iskoláiban az 1988/89 tanév végén*. Megyei Pedagógiai Intézet, Veszprém.
- Orosz Sándor (szerk.) (1991): *Kibocsátó tudásszint II. Az 1988/89 tanév végi tudásszintmérés eredményei Veszprém megye általános iskoláiban (földrajz, kémia, rajz)*. Megyei Pedagógiai Intézet, Veszprém.
- Orosz Sándor (szerk.) (1992a): *Kibocsátó tudásszint III. Az 1988/89 tanév végi tudásszintmérés eredményei Veszprém megye általános iskoláiban (Fizika, technika, testnevelés, ének)*. Megyei Pedagógiai Intézet, Veszprém.
- Orosz Sándor (1992b): Tantárgyi attitűd és tanulási habitus. *Iskolakultúra*, 3-4. sz. 38-45.
- Orosz Sándor (1998): Az általános iskolából kilépő tanulók tudásának változása. In: Varga Lajos (szerk.): *Közoktatás-kutatás 1996/97*. MKM-MTA, Budapest, 201-217.
- Nelson, P. G. (2003): Basic Chemical Concepts. *Chemistry Education: Research And Practice*, 4. 1. sz. 19-24. http://old.uoi.gr/cerp/2003_February/pdf/04Nelson.pdf
(Utolsó letöltés: 2017. 05.19.).
- Piaget, J. (1970): *Válogatott tanulmányok*. Gondolat Kiadó, Budapest.
- Piaget, J (1978): *Szimbólumképzés a gyermekkorban*. Gondolat Kiadó, Budapest.
- Piaget, J. (1993): *Az értelem pszichológiája*. Gondolat, Budapest.
- Rawlinson J. G. (1989): *A kreatív gondolkodás és az ötletbörze*. Novotrade Kiadó, Budapest.
- Revákné Markóczi Ibolya és Tóth Zoltán (2015): *Osztálytermi kutatás*, Debreceni Egyetemi Kiadó, Szaktárnet-könyvek 29.
- Schróth Ágnes (szerk.) (2004): *Környezeti nevelés a középiskolában*. Trefort Kiadó, Budapest.
- Schróth Ágnes (2015): A környezeti nevelés és a fenntarthatóság pedagógiája. In: Szalay Luca (szerk.): *A kémiatanítás módszertana*, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, 260-274.
- Science Education Now: A renewed pedagogy for the future of Europe. (2007). http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf (Utolsó letöltés: 2017. 07.18.).

- Sebestyén Annamária (2012): A tudásszerkezet és a problémamegoldó stratégia kapcsolata kémiai kontextusban. In: Kozma Tamás és Perjés István (szerk.): *Új kutatások a neveléstudományokban. A munka és nevelés világa a tudományban*. MTA Pedagógiai Tudományos Bizottság, ELTE Eötvös Kiadó, 43-59.
- Starkné Dr. Werner Ágnes és Dr. Fogarassyné Valthy Ágnes (2008): A számítógépes szimulációk szerepe a kémia oktatásban. *A kémia tanítása*, 17-21.
- Sumi Ildikó (2016): A környezeti nevelés főbb fejlesztési területei és lehetőségei a hazai közoktatásban. *EDU Szakképzés-, és környezetpedagógia elektronikus szakfolyóirat*, 6. 3. sz. 157-175. http://eduszakped.com/wp-content/uploads/2016/09/edu11_08.pdf (Utolsó letöltés: 2018. 10.18.).
- Sumi, I., Picaud, S. és Jedlovszky, P. (2015): Adsorption of Methylene Fluoride and Methylene Chloride at the Surface of Ice under Tropospheric Conditions: A Grand Canonical Monte Carlo Simulation Study. *Journal of Physical Chemistry C*, **119**. 30. 17243-17252.
- Sumi, I., Fabian, B., Picaud, S. és Jedlovszky, P. (2016): Adsorption of Fluorinated Methane Derivatives at the Surface of Ice under Tropospheric Conditions, As Seen from Grand Canonical Monte Carlo Simulations. *Journal of Physical Chemistry C*, **120**. 31. 17386-17399.
- Sumi, I. Picaud, S. és Jedlovszky, P. (2017a): Adsorption of Chlorinated Methane Derivatives at the Ice Surface. A Grand Canonical Monte Carlo Simulation Study. *Journal of Physical Chemistry C*, **121**. 14. 7782-7793.
- Sumi, I., Picaud, S. és Jedlovszky, P. (2017b): Dependence of the adsorption of halogenated methane derivatives at the ice surface on their chemical structure. *Journal of Molecular Liquids* (ISSN: 0167-7322) (eISSN: 1873-3166). 17-26.
- Sumi Ildikó (2017): Új kutatási eredmények alkalmazása a kémia tantárgy oktatásában. In: Mesterházy Beáta (szerk.): *XVI. Természet-, Műszaki és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia*, Előadások, Eötvös Loránd Tudományegyetem Savaria Egyetemi Központ, Szombathely.
- Szabó János (2007): *Fenntarthatóság, kockázatok, biztonság*. Zrínyi Könyvkiadó, Budapest.
- Szalay Luca (2015): A tanítási és tanulási folyamat tervezése és szervezése. In: Szalay Luca (szerk.): *A kémiatanítás módszertana*, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest. 6-7.
- Taber, K. S. (2002): Chemical misconceptions – prevention, diagnosis and cure. Volume I: theoretical background. *Royal Society of Chemistry*, London. 95–97.

- Talanquer, V. (2006): Commonsense chemistry: A model for understanding students' alternative conceptions. *Journal of Chemical Education*, **83**. 5. sz. 812-816.
- Talanquer, V. (2008): Students' predictions about the sensory properties of chemical compounds: Additive versus emergent frameworks. *Science Education*, **92**. 1. 96-114.
- Teppo, M. és Rannikmae, M. (2003). Increasing the relevance of science education - student preferences for different types of teaching scenarios. *Journal of Baltic Science Education*, **2**. 2. sz. 49-61.
- Tóth Zoltán (1999): A kémia tankönyvek mint tévképzetek forrásai. *Iskolakultúra*, **9**. 10. sz. 103-108.
- Tóth Zoltán (1999a): Egy kémiai tévképzet nyomában: Az egyensúlyi állandó bevezetésének lehetőségei és problémái. *Iskolakultúra*, **9**. 2. sz. 108-112.
- Tóth Zoltán (2000): „Bermuda-háromszögek” a kémiában. *Iskolakultúra*, **10**. 10. sz. 71-76.
- Tóth Zoltán (2001): A kémia fogalmak tanításának tartalmi és módszertani kérdései. *A kémia tanítása*, **9**. 2. sz. 3-7.
- Tóth Zoltán (2002): A kémiai fogalmak természete. *Iskolakultúra*, **12**. 4. sz. 92-95.
- Tóth Zoltán (2003a): Miért nem helyes? (Kémiai tévképzetek) - A redoxireakciók értelmezése. *Középiskolai Kémiai Lapok*, **30**. 2. sz. 140-146.
- Tóth Zoltán (2003b): Miért nem helyes? (Kémiai tévképzetek) - Az anyag szerkezete. *Középiskolai Kémiai Lapok*, **30**. 4. sz. 312-318.
- Tóth Zoltán (2003c): Miért nem helyes? (Kémiai tévképzetek) - Az égés értelmezése. *Középiskolai Kémiai Lapok*, **30**. 1. sz. 53-58.
- Tóth Zoltán (2004a): A konstruktivista pedagógia lehetőségei a kémia tanításában. *Középiskolai Kémiai Lapok*, **31**. 4. sz. 362-368.
- Tóth Zoltán (2004b): Az anyag részecskemodelljével kapcsolatos tanulói elképzelések. *Középiskolai Kémiai Lapok*, **31**. 1. sz. 84-90.
- Tóth Zoltán (2005): A tudásszerkezet és a tudás szerveződésének vizsgálata a tudástérelmélet alapján. *Magyar Pedagógia*, **105**. 1. sz. 59-82.
- Tóth Zoltán (2006): Középiskolás tanulók alapvető fizikai és kémiai mennyiségek ismeretével és alkalmazásával kapcsolatos tudásszerkezetének vizsgálata a tudástérelmélet segítségével. *A Kémia Tanítása*, **14**. 2. sz. 12-21.

- Tóth Zoltán és Kiss Edina (2007): A fizikai és kémiai változások azonosításával kapcsolatos tudásszerkezet. *Iskolakultúra*, **17**. 1. sz. 19-30.
- Tóth Zoltán (2007): Mapping students' knowledge structure in understanding density, mass percent, molar mass, molar volume and their application in calculations by the use of the knowledge space theory. *Chemistry Education: Research and Practice*, **8**. 4. sz. 376–389.
- Tóth Zoltán (2008): Kémia józan ésszel (Egy modell a tévképzetek megértésére). *A Kémia Tanítása*, **16**. 5. sz. 3-6.
- Tóth Zoltán és Csatári Nóra (2008): A tanulók tapasztalati feltételezéseken alapuló tévképzeteinek vizsgálata. *Középiskolai Kémiai Lapok*, **35**. 4. sz. 318-324.
- Tóth Zoltán (2009): Kémiai tévképzetek. *Természet Világa*, **140**. 1. sz. 25-27.
- Tóth Zoltán (2011): A természettudományos tévképzetek kialakulása, feltárása és korrekciójának módszerei. In: Revákné Markóczi Ibolya és Nyakóné Juhász Katalin (szerk.): *A természettudományok tanításának elméleti alapjai*. RE-PE-T-HA-KÖNYVEK, Debreceni Egyetem Tudományegyetemi Karok, Debrecen, 22-35.
- Tóth Zoltán és Sójáné Gajdos Gabriella (2012): Tanulócsoportok energiaforrásokkal kapcsolatos tudásszerkezetének vizsgálata szóasszociációs módszerrel. *Középiskolai Kémiai Lapok*, **39**. 1. sz. 58-69.
- Tóth Zoltán (2012): *Alkalmazott tudástérelmélet*. Gondolat, Budapest.
- Tóth Zoltán (2015a): *Korszerű kémia tantárgy-pedagógia. Híd a pedagógiai kutatás és a kémiaoktatás között*. (Szaktárnet-könyvek 5.), Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen. http://tanarkepzes.unideb.hu/szaktarnet/kiadvanyok/korszeru_kemia_tantargypedagogia.pdf (Utolsó letöltés: 2017. 04. 16.)
- Tóth Zoltán (2015b): A fogalmi megértés problémája a kémiában. In: Bohdaneczky Lászlóné - Sarka Lajos - Tóth Zoltán: *Kémia tanárok szak módszertani továbbképzése* (Szaktárnet-könyvek 13.), Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen.
- Tóth Zoltán (2015c): Alkalmazásközpontú kémia tanítás. In: Bohdaneczky Lászlóné - Sarka Lajos - Tóth Zoltán: *Kémia tanárok szak módszertani továbbképzése*. (Szaktárnet-könyvek 13.) Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen.
- Tóth Zoltán (2016): A tanulók kémiai gondolkodásának néhány jellemzője. *Magyar Kémikusok Lapja*, 2016 november, 334-338.

- Vaarik, A., Taagepera, M. és Tamm, L. (2008): Following the logic of student thinking patterns about atomic orbital structures. *Journal of Baltic Science Education*, 7.1. sz. 27-36.
- Varga Attila (2004): *A környezeti nevelés pedagógiai, pszichológiai alapjai*. PhD disszertáció, Eötvös Loránd Tudományegyetem Bölcsészettudományi Kar, Neveléstudományi Doktori Iskola.
- Vásárhelyi Judit (szerk.) (2010): *Nemzeti Környezeti Nevelési Stratégia – Alapvetés*. Magyar Környezeti Nevelési Egyesület, Budapest.
- Vócsei Katalin, Varga Attila, Horváth Dániel és Simoes de Carvalho G. (2009): Pedagógusok és pedagógus jelöltek környezeti attitűdjei. *Új pedagógiai szemle*, 58. 2. sz. 61-75. <http://www.ofi.hu/vocsei-katalin-varga-attila-horvath-daniel-graca-simoes-de-carvalho-pedagogusok-es-pedagogusjeloltek> (Utolsó letöltés: 2017. 01. 03.).
- Zoller Katalin (2011): A Tanulási Környezet az Alkalmazott Oktatáskutatásban. *PedActa*, 1. 12. sz. 53-64.

18. Mellékletek

1. számú melléklet: A kutatásban alkalmazott előteszt (A)

Kedves Diák!

A csoport

Ennek a néhány feladatnak a megoldásával egy kutatásban veszel részt, amelynek célja a kilencedikes tanulók részecskékkal kapcsolatos tudásának vizsgálata. Köszönöm, ha a legjobb tudásod szerint válaszolsz a kérdésekre és ezzel segíted a munkámat. Csak erre a papírra dolgozz! A felmérés anonim, érdemjegyet nem kapsz rá.

Kérem, hogy először add meg néhány adatodat! Tegyél X-et a megfelelő négyzetbe!

1.) Nemed? Fiú Lány

2.) Hány évfolyamos képzésben tanulsz jelenleg?

Négy évfolyamos gimnáziumi Hat évfolyamos gimnáziumi

3.) Milyen osztályzatod volt nyolcadik osztály végén kémiaából?

Írd a négyzetbe a számot!

4.) Írd ide a település nevét, ahol jelenleg tanulsz!

Válaszolj a következő kérdésekre!

Három színű vízdoldékony festéket, sárgát, kéket és pirosat meghatározott arányban összekeverve barna színű festéket kapunk. Ebből a barna festékből pár cseppet csempelapon levő szűrőpapír közepére cseppentünk. Majd egy másik cseppentővel pár csepp vizet cseppentünk a festékfoltra. A festékfolt szétterjed a papíron és három színes gyűrű keletkezik. A külső, a legnagyobb sugarú kék színű.

1. Mi a jelenség neve?
2. Írd le a kísérlet alapját képező jelenség fogalmát!
3. Milyen tulajdonságban tér el a három festékanyag ezek alapján?
4. Miért a kék színű festékanyag jutott a legmesszebbre?
5. Mire alkalmazzák ezt az eljárást a gyakorlatban?
6. Említs egy konkrét példát a hétköznapi tapasztalataidból, amely szintén a kísérletben szereplő folyamat révén megy végbe!
7. Az előbbi jelenséget kihasználva a levegőbe került egyes mérgező gázok, például az ammónia „kiszűrhetők” aktív szén segítségével, míg az oxigén és a nitrogén így nem távolítható el. Mi a különbség oka? *Karikázd be a helyes válasz betűjelét!*

- A.) a részecskék mérete különbözik, így a nagyobb méretű ammónia vonható ki
- B.) a részecskék eltérő sebességgel mozognak, tehát az ammónia hamarabb jut el a szénhez
- C.) a részecskék polaritása eltérő, így a poláris ammónia vonható ki
- D.) az ammónia reakcióképes, és reagál a szénnel, a többi nem

2. számú melléklet: A kutatásban alkalmazott előteszt (B)

Kedves Diák!

B csoport

Ennek a néhány feladatnak a megoldásával egy kutatásban veszel részt, amelynek célja a kilencedikes tanulók részecskékkel kapcsolatos tudásának vizsgálata. Köszönöm, ha a legjobb tudásod szerint válaszolsz a kérdésekre és ezzel segíted a munkánkat. Csak erre a papírra dolgozz! A felmérés anonim, érdemjegyet nem kapsz rá.

Kérem, hogy először add meg néhány adatodat! Tegyél X-et a megfelelő négyzetbe!

- 1.) Nemed? Fiú Lány
- 2.) Hány évfolyamos képzésben tanulsz jelenleg?
 Négyévfolyamos gimnáziumi Hatévfolyamos gimnáziumi
- 3.) Milyen osztályzatod volt nyolcadik osztály végén kémiából?
Írd a négyzetbe a számot!
- 4.) Írd ide a település nevét, ahol jelenleg tanulsz!

Válaszolj a következő kérdésekre!

Egy táblakréta külső részére zöld filctollal kört rajzolunk, és a krétát egy főzőpohárba állítjuk. A filctoll festékanyaga vízdoldható. A csésze aljára annyi vizet öntünk, hogy az a zöld kört ne érje el. A víz felszívódik a krétán, és azt is tapasztaljuk, hogy a zöld festék sárga és kék színűre bomlik, így két színes sáv jelenik meg. A sárga színű sáv felül, a kék lentebb helyezkedik el.

1. Mi a jelenség neve?
2. Írd le a kísérlet alapját képező jelenség fogalmát!
3. Milyen tulajdonságban tér el a két festékanyag ezek alapján?
4. Miért a sárga színű festékanyag jutott a legmesszebbre?
5. Mire alkalmazzák ezt az eljárást a gyakorlatban?
6. Említs egy konkrét példát a hétköznapi tapasztalataidból, amely szintén a kísérletben szereplő folyamat révén megy végbe!

7. Egy gázelegy szén-monoxidot, kén-dioxidot és szén-dioxidot tartalmaz. A három összetevő közül a kén-dioxid távolítható el aktív szén segítségével a kísérletben szereplő jelenség lejátszódása mellett. A másik két összetevő miért nem „vonható ki” ilyen módon? *Karikázd be a helyes válasz betűjelét!*

- A.) A szén-monoxid és a szén-dioxid nem reagál a szénnel, de a kén-dioxid igen
 B.) a részecskék polaritása eltérő, így a poláris kén-dioxid vonható ki
 C.) a részecskék mérete különbözik, így a nagyobb méretű kén-dioxid vonható ki
 D.) a részecskék eltérő sebességgel mozognak, tehát a kén-dioxid hamarabb jut el a szénhez

3. számú melléklet: Az adszorpció oktatásához használt prezentáció elemei

Adszorpció:
 az a folyamat, melynek során szilárd anyagok a felületükön gázmolekulákat vagy oldatok egyes komponenseit kötik meg.

Adhéziós erő:
 a különböző fázisok érintkezési felületén működő összetartó erő

Kohéziós erő:
 Egy fázison belül a részecskéket összetartó erő



<https://tudobazis.sulinet.hu/hu/termeszettudomanyok/kemia/szer-velten-kemia>

ADSZORBENS:
 az az anyag, amely a felületén megkötni képes az idegen anyagokat.

ADSZORPTIVUM:
 az az anyag, amely a felületen felhalmozódik, megköttődik.

DESZORPCIÓ:
 az adszorbeált molekuláknak a felületről való eltávolítása.

Adszorpciót befolyásoló tényezők

1. Az adszorbens felületének nagysága
2. Hőmérséklet (exoterm!)
3. Nyomás
4. Koncentráció

Főbb elvárások az adszorbenssel szemben


1. **Kémiai inaktivitás** (nincs kémiai reakció, nincs katalitikus hatása, nem oldódhat ki belőle semmi)
2. **Szelektivitás** (mennyire képes egy bizonyos anyagot jobban megkötni mint a többit)
3. **Nagy fajlagos felület**
4. **Könnyű regenerálhatóság**
5. **Állandó/hosszantartó adszorbeáló képesség**

Aktív szén

- ✓ por és granulátum formájában kerül forgalomba
- ✓ víztisztításnál (derítés, szűrés, vastalanítás, mangán-talanítás, szag- és ízrontó anyagok eltávolítása, stb.)
- ✓ gázokból főleg az apoláris szerves molekulák (pl. szénhidrogének) és kén-dioxid eltávolítására használják (levegőtisztítás)
- ✓ apoláris, hidrofób, vízben nem oldódó szerves anyagok gőzeit jól adszorbeálja
- ✓ a deszorpció vízgőzzel végezhető.
- ✓ hátránya: gyúlékony
- ✓ **Orvosi szén:** bélgázok megkötése

Szilikagél

- ✓ A szilikagél aktív kovásvából és vízből álló anyag
- ✓ Főleg gázok (levegő) szárítására alkalmazzák
- ✓ tömegének 40%-nak megfelelő vízgőzt képes adszorbeálni
- ✓ 150 °C hőmérsékletű levegővel regenerálható
- ✓ Hátránya: gyorsan porlik



<http://hu.absorbwell.de/desiccant/alico-gel-desiccant/high-moisture-absorption-food-silica-gel.html>

Aktív Al_2O_3

- ✓ jól használható, porózus szerkezetű adszorbens készíthető alumínium hidroxid hevítésével
- ✓ elsősorban vízgőz megkötésére használják
- ✓ forró levegővel regenerálják.

Molekulaszíták

- ✓ alkáliföldfémek, vagy alkálifémek alumínium-szilikátjai (bentonit, zeolitok)
- ✓ molekulaméret, vagy polaritás alapján kötnek meg anyagokat
- ✓ gyógyászatban, állattartásban is alkalmazhatók gázok és mérgeanyagok eltávolítására.
- ✓ Ezek lehetnek természetesek, vagy szintetikusak
- ✓ A pórusok úgy működnek, mint a szűrőszita, elvégezve a szeparációt molekula szinten.



<https://www.bioteknol.hu/teleg-hagyoljo-zeolit/>

Fizikai adszorpció

- **Intermolekuláris vonzás** az adszorbens és az adszorbeáló anyag molekulái között
- könnyen megfordítható folyamat (adhézió)
- az adszorbeált anyag könnyen eltávolítható az adszorbens felületéről.
- a gázmolekula belső szerkezete nem változik, a molekulán belüli kötések nem változnak (**van der Waals kötés**)
- a molekulák megfelelő orientációja lesz

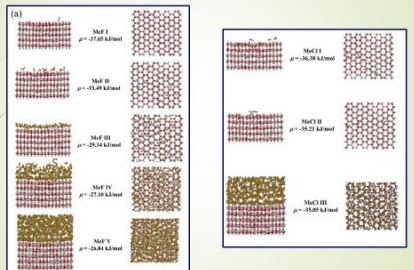
Kémiai adszorpció

- a szilárd anyag és az abszorbeálódó anyag közötti kémiai kölcsönhatás eredménye
- A kémiai kötés erőssége különböző lehet
- nem képződnek a szokásos értelemben vett vegyületek, de az adhéziós erők nagyobbak, mint a fizikai adszorpció esetén
- A felszabaduló hőmennyiség rendkívül nagy
- Ugyanaz az anyag egy adszorbensen kis hőmérsékleten fizikai, nagyobb hőmérsékleten kémiai adszorpcióval kötődhet meg

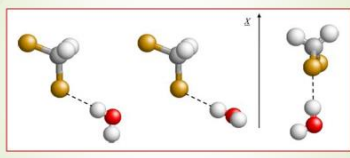
Halogénezett szénhidrogének adszorpciójának vizsgálata

- ✓ A HFC gázok üvegházhatásúak
- ✓ Antropogén eredetűek
- ✓ Sokáig változatlanul maradnak a légkörben
- ✓ Közvetve az ozonréteg bomlásához vezetnek
- ✓ **Cél:** előre jelezni a légkörre gyakorolt hatását

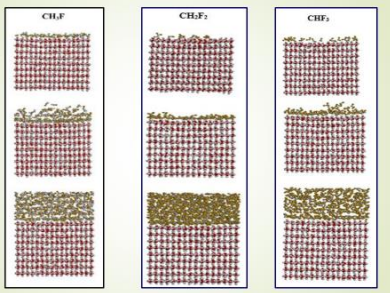
A CH_2F_2 és a CH_2Cl_2



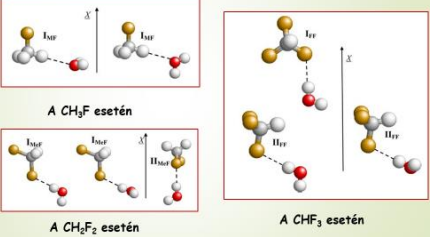
A molekulák orientációja a jég felszínén



Lehetséges elrendezés a CH_2Cl_2 és a CH_2F_2 molekulák esetén a jég felületén



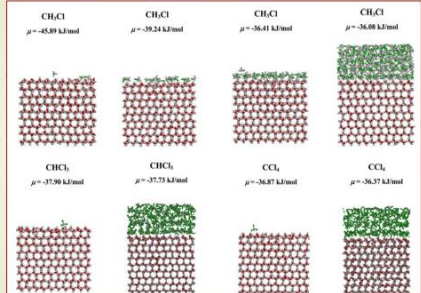
A molekulák orientációja a jég felszínén

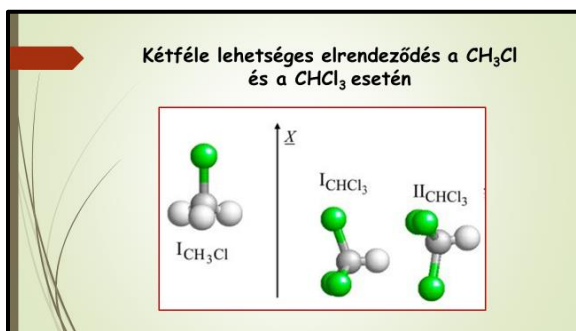


A CH_3F esetén

A CH_2F_2 esetén

A CHF_3 esetén





4.1. számú melléklet: A kutatásban alkalmazott utóteszt (A)

Kedves Diák!

A csoport

Ennek a néhány feladatnak a megoldásával egy kutatásban veszel részt, amelynek célja a kilencedikes tanulók részecskékkel kapcsolatos tudásának vizsgálata. Köszönöm, ha a legjobb tudásod szerint válaszolsz a kérdésekre és ezzel segíted a munkámat. Csak erre a papírra dolgozz! A felmérés anonim, érdemjegyet nem kapsz rá.

Kérem, hogy először add meg néhány adatodat! Tegyél X-et a megfelelő négyzetbe!

1.) Nemed? Fiú Lány

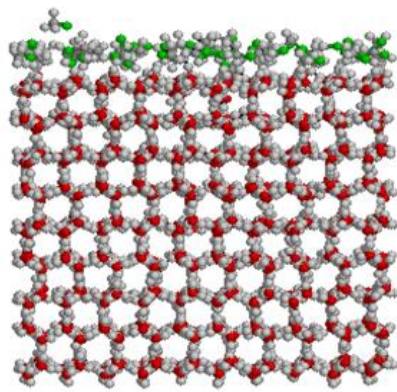
2.) Hány évfolyamos képzésben tanulsz jelenleg?

Négyévfolyamos gimnáziumi Hatévfolyamos gimnáziumi

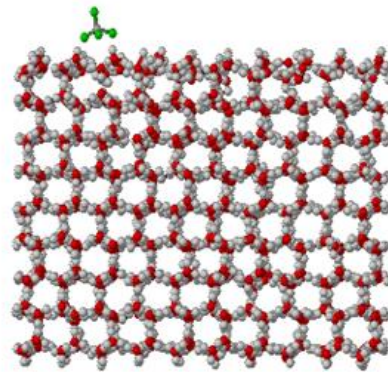
3.) Írd ide a település nevét, ahol jelenleg tanulsz!

Válaszolj a következő kérdésekre az adszorpcióval kapcsolatban!

- 1.) Írd le, hogy mit jelent az adszorpció fogalma!
- 2.) Írd le, hogy mit jelent a fajlagos felület kifejezés!
- 3.) Sorolj fel három anyagot, amelyet adszorbensként alkalmaznak!
- 4.) Említs két konkrét példát a hétköznapi tapasztalataidból, amely szintén adszorpción alapul!
- 5.) A következő ábra hasonló körülmények között (200 K-en) két metánszármazék, a CH_3Cl és a CCl_4 molekulák adszorpciójának vizsgálata során kapott eredményt mutatja a jég felületén.



CH₃Cl



CCl₄

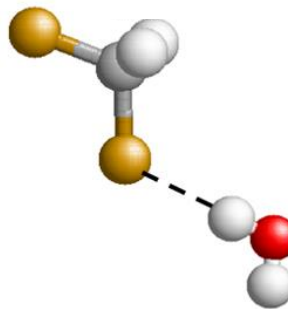
Az ábra alsó részén a jég kristályos szerkezetét ábrázoltuk (piros az oxigén, fehér (világos) a hidrogén atom), és fölötté zöld szín jelöli a klór, fehér (világos) a H és szürke a C atomokat.

Milyen látható különbség alakul ki a két esetben a jég felszínén?

6.) Mi a különbség oka? *Karikázd be a helyes válasz betűjelét!*

- A.) A CCl₄ molekuláknak nagyobb a moláris tömege
- B.) A CCl₄ molekulák apolárisak, ezért nem kapcsolódnak a poláris vízhez
- C.) A CH₃Cl molekulák közötti kötés erősebb, mint a CCl₄ molekulák közötti

7.) Egy másik molekula, a **CH₂F₂** is elhelyezkedik a jég felszínén. Az egyik lehetséges kapcsolatot a víz molekulákkal a következő ábra mutatja.



Milyen kötés alakul ki a fluor atom (sárga) és a víz között? Karikázd be a helyes válasz betűjelét!

- A.) diszperziós kötés
- B.) hidrogénkötés
- C.) kovalens kötés

8.) Hogyan hat az adszorpcióra a hőmérséklet növelése? *Karikázd be a helyes válasz betűjelét!*

- A.) Növeli az adszorpciót
- B.) Csökkenti az adszorpciót
- C.) Nem befolyásolja az adszorpciót

9.) Az aktív szén felületén jól adszorbeálódik az ammónia, ezáltal a levegőbe került ammónia eltávolítható, míg az oxigén és a nitrogén így nem. Mi lehet ennek az oka?
Karikázd be a helyes válasz betűjelét!

- A.) a részecskék mérete különbözik, így a nagyobb méretű ammónia vonható ki
- B.) a részecskék eltérő sebességgel mozognak, tehát az ammónia hamarabb jut el a szénhez
- C.) a részecskék polaritása eltérő, így a poláris ammónia vonható ki
- D.) az ammónia reakcióképes, és reagál a szénnel, a többi nem

4.2. számú melléklet: A kutatásban alkalmazott utóteszt (B)

Kedves Diák!

B csoport

Ennek a néhány feladatnak a megoldásával egy kutatásban veszel részt, amelynek célja a kilencedikes tanulók részecskékkel kapcsolatos tudásának vizsgálata. Köszönöm, ha a legjobb tudásod szerint válaszolsz a kérdésekre és ezzel segíted a munkánkat. Csak erre a papírra dolgozz! A felmérés anonim, érdemjegyet nem kapsz rá.

Kérem, hogy először add meg néhány adatodat! Tegyél X-et a megfelelő négyzetbe!

1.) Nemed? Fiú Lány

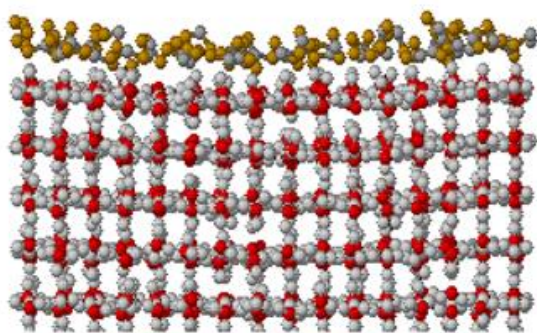
2.) Hány évfolyamos képzésben tanulsz jelenleg?

Négyévfolyamos gimnáziumi Hatévfolyamos gimnáziumi

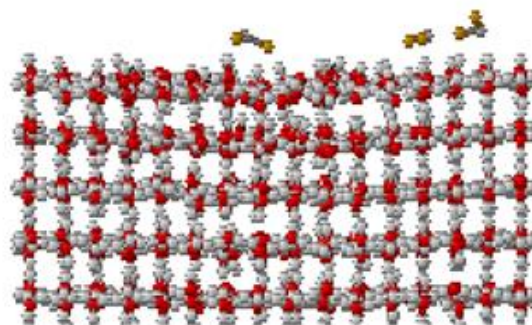
3.) Írd ide a település nevét, ahol jelenleg tanulsz!

Válaszolj a következő kérdésekre az adszorpcióval kapcsolatban!

1.) A következő ábra hasonló körülmények között (200 K-en) két metánszármazék, a CH_2F_2 és a CH_2Cl_2 molekulák adszorpciójának vizsgálata során kapott eredményt mutatja a jég felületén.



CH_2F_2

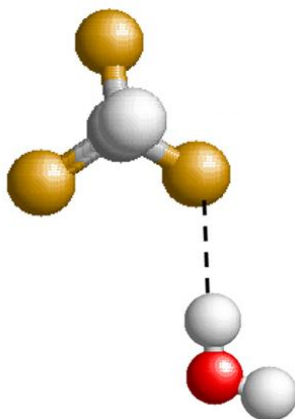


CH_2Cl_2

Az ábra alsó részén a jég kristályos szerkezetét ábrázoltuk (piros az oxigén, fehér (világos) a hidrogén atom), és fölötte zöld szín jelöli a klór illetve a fluor atomot, a fehér (világos) a H és szürke a C atomokat.

Milyen látható különbség alakul ki a két esetben a jég felszínén?

- 2.) Mi a különbség oka? *Karikázd be a helyes válasz betűjelét!*
- A.) A CH_2Cl_2 molekulák polárisabbak, ezért nem kapcsolódnak a vízhez
 - B.) A CH_2F_2 molekulák és a víz közötti kötés erősebb, mint a CH_2Cl_2 molekulák esetén
 - C.) A CH_2F_2 molekuláknak kisebb a moláris tömege
- 3.) Egy másik molekula, a CHF_3 is elhelyezkedik a jég felszínén. Az egyik lehetséges kapcsolatot a víz molekulákkal a következő ábra mutatja.



Milyen kötés alakul ki a fluor atom (sárga) és a víz között? Karikázd be a helyes válasz betűjelét!

- A.) kovalens kötés B.) hidrogénkötés C.) diszperziós kötés
- 4.) Írd le, hogy mit jelent az adszorpció fogalma!
- 5.) Írd le, hogy mit jelent a fajlagos felület kifejezés!
- 6.) Sorolj fel három anyagot, amelyet adszorbensként alkalmaznak!
- 7.) Említs két konkrét példát a hétköznapi tapasztalataidból, amely szintén adszorpción alapul!
- 8.) Hogyan hat az adszorpcióra a nyomás növelése? *Karikázd be a helyes válasz betűjelét!*
- A.) Növeli az adszorpciót
 - B.) Csökkenti az adszorpciót
 - C.) Nem befolyásolja az adszorpciót
- 9.) Egy gázelegy szén-monoxidot, kén-dioxidot és szén-dioxidot tartalmaz. A három összetevő közül a kén-dioxid adszorbeálódik az aktív szén felületén. A másik két összetevő miért nem „vonható ki” ilyen módon? *Karikázd be a helyes válasz betűjelét!*

- A.) A szén-monoxid és a szén-dioxid nem reagál a szénnel, de a kén-dioxid igen
- B.) a részecskék polaritása eltérő, így a poláris kén-dioxid vonható ki
- C.) a részecskék mérete különbözik, így a nagyobb méretű kén-dioxid vonható ki
- D.) a részecskék eltérő sebességgel mozognak, tehát a kén-dioxid hamarabb jut el a szénhez

5. számú melléklet: Az előteszt feldolgozása SPSS programmal

Statistics		
Osztályzat 8. osztály végén kémiából		
N	Valid	385
	Missing	0
Mean		4,28
Median		4,00
Mode		5
Std. Deviation		,815
Variance		,665

5.1. sz. melléklet: Az A csoportot megoldók 8. osztály év végi jegyei kémiából

Statistics		
Osztályzat 8. osztály végén kémiából		
N	Valid	354
	Missing	0
Mean		4,32
Median		4,00
Mode		5
Std. Deviation		,767
Variance		,588

5.2. sz. melléklet: A B csoportot megoldók 8. osztály év végi jegyei kémiából

Osztályzat 8. osztály végén kémiából					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	elégséges	11	2,9	2,9	2,9
	közepes	56	14,5	14,5	17,4
	jó	133	34,5	34,5	51,9
	jeles	185	48,1	48,1	100,0
	Total	385	100,0	100,0	

5.3. sz. melléklet: Az A csoportot megoldók 8. osztály év végi jegyei kémiából

Osztályzat 8. osztály végén kémiából					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	elégséges	5	1,4	1,4	1,4
	közepes	50	14,1	14,1	15,5
	jó	124	35,0	35,0	50,6
	jeles	175	49,4	49,4	100,0
	Total	354	100,0	100,0	

5.4. sz. melléklet: A B csoportot megoldók 8. osztály év végi jegyei kémiából

Statistics
Osztályzat 8. osztály végén kémiából

Négyévfolyamos	N	Valid	254
		Missing	0
	Mean		4,30
	Median		4,00
	Mode		5
	Std. Deviation		,789
Variance		,623	
Hatévfolyamos	N	Valid	131
		Missing	0
	Mean		4,23
	Median		4,00
	Mode		5
	Std. Deviation		,864
Variance		,747	

5.5. sz. melléklet: Az A csoportot megoldók 8. osztály év végi jegyei kémiából négy- és hatévfolyamos bontásban

Statistics
Osztályzat 8. osztály végén kémiából

Négyévfolyamos	N	Valid	229
		Missing	0
	Mean		4,37
	Median		5,00
	Mode		5
	Std. Deviation		,747
Variance		,558	
Hatévfolyamos	N	Valid	125
		Missing	0
	Mean		4,25
	Median		4,00
	Mode		5
	Std. Deviation		,800
Variance		,640	

5.6. sz. melléklet: A B csoportot megoldók 8. osztály év végi jegyei kémiából négy- és hatévfolyamos bontásban

Statistics		
Osztályzat 8. osztály végén kémiából		
N	Valid	739
	Missing	0
Mean		4,30
Median		4,00
Mode		5
Std. Deviation		,792
Variance		,628

5.7. sz. melléklet: A 8. osztály év végi jegyei kémiából (teljes minta)

Osztályzat 8. osztály végén kémiából

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	elégséges	16	2,2	2,2	2,2
	közepes	106	14,3	14,3	16,5
	jó	257	34,8	34,8	51,3
	jeles	360	48,7	48,7	100,0
	Total	739	100,0	100,0	

5.8. sz. melléklet: A 8. osztály év végi jegyei kémiából (teljes minta)

Statistics			
Osztályzat 8. osztály végén kémiából			
Négyévfolyamos	N	Valid	483
		Missing	0
	Mean		4,33
	Median		5,00
	Mode		5
	Std. Deviation		,769
	Variance		,592
Hatévfolyamos	N	Valid	256
		Missing	0
	Mean		4,24
	Median		4,00
	Mode		5
	Std. Deviation		,832
	Variance		,692

5.9. sz. melléklet: A 8. osztály év végi jegyei kémiából négy- és hatévfolyamos bontásban (teljes minta)

Osztályzat 8. osztály végén kémiából * Összes jó válaszok száma Crosstabulation

Count

		Összes jó válaszok száma			Total
		0	1	2	
Osztályzat 8. osztály végén kémiából	elégséges	7	4	0	11
	közepes	33	22	1	56
	jó	94	37	2	133
	jeles	116	65	4	185
Total		250	128	7	385

5.10. sz. melléklet: A 8. osztály év végi jegyei kémiából és az összes jó válaszok száma az A csoportban

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	3,547	6	,738
Likelihood Ratio	3,769	6	,708
Linear-by-Linear Association	,034	1	,853
N of Valid Cases	385		

5.11. sz. melléklet: A 8. osztály év végi jegyei kémiából és az összes jó válaszok száma az A csoportban

Osztályzat 8. osztály végén kémiából * Összes jó válaszok száma Crosstabulation

		Összes jó válaszok száma			Total	
		0	1	2		
Osztályzat 8. osztály végén kémiából	elégséges	Count	7	4	0	11
		% of Total	1,8%	1,0%	0,0%	2,9%
	közepes	Count	33	22	1	56
		% of Total	8,6%	5,7%	0,3%	14,5%
	jó	Count	94	37	2	133
		% of Total	24,4%	9,6%	0,5%	34,5%
	jeles	Count	116	65	4	185
		% of Total	30,1%	16,9%	1,0%	48,1%
Total		Count	250	128	7	385
		% of Total	64,9%	33,2%	1,8%	100,0%

5.12. sz. melléklet: A 8. osztály év végi jegyei kémiából és az összes jó válaszok száma az A csoportban

Osztályzat 8. osztály végén kémiából * Összes jó válaszok száma Crosstabulation

Count

		Összes jó válaszok száma				Total
		0	1	2	5	
Osztályzat 8. osztály végén kémiából	elégséges	4	1	0	0	5
	közepes	38	12	0	0	50
	jó	85	38	1	0	124
	jeles	112	59	3	1	175
Total		239	110	4	1	354

5.13. sz. melléklet: A 8. osztály év végi jegyei kémiából és az összes jó válaszok száma a B csoportban

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	4,679	9	,861
Likelihood Ratio	5,692	9	,770
Linear-by-Linear Association	4,041	1	,044
N of Valid Cases	354		

5.14. sz. melléklet: A 8. osztály év végi jegyei kémiából és az összes jó válaszok száma a B csoportban

Osztályzat 8. osztály végén kémiából * Összes jó válaszok száma Crosstabulation

		Összes jó válaszok száma				Total	
		0	1	2	5		
Osztályzat 8. osztály végén kémiából	elégséges	Count	4	1	0	0	5
		% of Total	1,1%	0,3%	0,0%	0,0%	1,4%
	közepes	Count	38	12	0	0	50
		% of Total	10,7%	3,4%	0,0%	0,0%	14,1%
	jó	Count	85	38	1	0	124
		% of Total	24,0%	10,7%	0,3%	0,0%	35,0%
	jeles	Count	112	59	3	1	175
		% of Total	31,6%	16,7%	0,8%	0,3%	49,4%
Total		Count	239	110	4	1	354
		% of Total	67,5%	31,1%	1,1%	0,3%	100,0%

5.15. sz. melléklet: A 8. osztály év végi jegyei kémiából és az összes jó válaszok száma a B csoportban

Osztályzat 8. osztály végén kémiából * Összes jó válaszok száma Crosstabulation

			Összes jó válaszok száma				Total
			0	1	2	5	
Osztályzat 8. osztály végén kémiából	elégséges	Count	11	5	0	0	16
		% of Total	1,5%	0,7%	0,0%	0,0%	2,2%
	közepes	Count	71	34	1	0	106
		% of Total	9,6%	4,6%	0,1%	0,0%	14,3%
	jó	Count	179	75	3	0	257
		% of Total	24,2%	10,1%	0,4%	0,0%	34,8%
	jeles	Count	228	124	7	1	360
		% of Total	30,9%	16,8%	0,9%	0,1%	48,7%
Total		Count	489	238	11	1	739
		% of Total	66,2%	32,2%	1,5%	0,1%	100,0%

5.16. sz. melléklet: A 8. osztály év végi jegyei kémiából és az összes jó válaszok száma a teljes mintában

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	4,413	9	,882
Likelihood Ratio	5,048	9	,830
Linear-by-Linear Association	2,273	1	,132
N of Valid Cases	739		

5.17. sz. melléklet: A 8. osztály év végi jegyei kémiából és az összes jó válaszok száma a teljes mintában

Nemed * Összes jó válaszok száma Crosstabulation

			Összes jó válaszok száma				Total
			0	1	2	5	
Nemed	férfi	Count	232	119	6	0	357
		% of Total	31,4%	16,1%	0,8%	0,0%	48,3%
	nő	Count	257	119	5	1	382
		% of Total	34,8%	16,1%	0,7%	0,1%	51,7%
Total		Count	489	238	11	1	739
		% of Total	66,2%	32,2%	1,5%	0,1%	100,0%

5.18. sz. melléklet: Az összes jó válaszok száma és a nemek kapcsolata a teljes mintában

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	1,525	3	,677
Likelihood Ratio	1,910	3	,591
Linear-by-Linear Association	,168	1	,682
N of Valid Cases	739		

5.19. sz. melléklet: Az összes jó válaszok száma és a nemek kapcsolata a teljes mintában

Összes jó válaszok száma

Nemed			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
férfi	Valid	0	232	65,0	65,0	65,0
		1	119	33,3	33,3	98,3
		2	6	1,7	1,7	100,0
		Total	357	100,0	100,0	
nő	Valid	0	257	67,3	67,3	67,3
		1	119	31,2	31,2	98,4
		2	5	1,3	1,3	99,7
		5	1	,3	,3	100,0
		Total	382	100,0	100,0	

5.20. sz. melléklet: Az összes jó válaszok száma és a nemek kapcsolata a teljes mintában

Statistics
Összes jó válaszok száma

Budapest	N	Valid	448
		Missing	0
	Mean		,42
	Median		,00
	Mode		0
	Std. Deviation		,581
Variance		,338	
Vidék	N	Valid	291
		Missing	0
	Mean		,27
	Median		,00
	Mode		0
	Std. Deviation		,444
Variance		,197	

5.21. sz. melléklet: Az összes jó válaszok száma a budapesti és a vidéki tanulók körében a teljes mintában

Összes jó válaszok száma

Település			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Budapest	Valid	0	276	61,6	61,6	61,6
		1	160	35,7	35,7	97,3
		2	11	2,5	2,5	99,8
		5	1	,2	,2	100,0
		Total	448	100,0	100,0	
Vidék	Valid	0	213	73,2	73,2	73,2
		1	78	26,8	26,8	100,0
		Total	291	100,0	100,0	

5.22. sz. melléklet: Az összes jó válaszok száma a budapesti és a vidéki tanulók körében a teljes mintában

Település * Összes jó válaszok száma Crosstabulation

Count

		Összes jó válaszok száma				Total
		0	1	2	5	
Település	Budapest	276	160	11	1	448
	Vidék	213	78	0	0	291
Total		489	238	11	1	739

5.23. sz. melléklet: Az összes jó válaszok száma a budapesti és a vidéki tanulók körében a teljes mintában

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	15,724	3	,001
Likelihood Ratio	20,004	3	,000
Linear-by-Linear Association	13,703	1	,000
N of Valid Cases	739		

5.24. sz. melléklet: Az összes jó válaszok száma a budapesti és a vidéki tanulók körében a teljes mintában

Statistics
Összes jó válaszok száma

Négyévfolyamos	N	Valid	483
		Missing	0
	Mean		,33
	Median		,00
	Mode		0
	Std. Deviation		,501
	Variance		,251
Hatévfolyamos	N	Valid	256
		Missing	0
	Mean		,41
	Median		,00
	Mode		0
	Std. Deviation		,594
	Variance		,353

5.25. sz. melléklet: Az összes jó válaszok száma a négyévfolyamos és a hatévfolyamos képzésben

Összes jó válaszok száma

Hány évfolyamos képzésben tanulsz?		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Négyévfolyamos	Valid	0	330	68,3	68,3
		1	146	30,2	98,6
		2	7	1,4	100,0
		Total	483	100,0	100,0
Hatévfolyamos	Valid	0	159	62,1	62,1
		1	92	35,9	98,0
		2	4	1,6	99,6
		5	1	,4	100,0
		Total	256	100,0	100,0

5.26. sz. melléklet: Az összes jó válaszok száma a négyévfolyamos és a hatévfolyamos képzésben

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	4,571	3	,206
Likelihood Ratio	4,786	3	,188
Linear-by-Linear Association	3,626	1	,057
N of Valid Cases	739		

5.27. sz. melléklet: Az összes jó válaszok száma a négyévfolyamos és a hatévfolyamos képzésben

Osztályzat 8. osztály végén kémiából * 7.kérdés Crosstabulation

Count

		7.kérdés		Total
		0	1	
Osztályzat 8. osztály végén kémiából	elégéséges	11	5	16
	közepes	75	31	106
	jó	185	72	257
	jeles	244	116	360
Total		515	224	739

5.28. sz. melléklet: A 7. kérdés és az év végi jegyek (keresztábla)

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	1,327	3	,723
Likelihood Ratio	1,330	3	,722
Linear-by-Linear Association	,606	1	,436
N of Valid Cases	739		

5.29. sz. melléklet: A 7. kérdésre adott jó válasz és az év végi érdemjegyek vizsgálata

6. számú melléklet: Az utóteszt feldolgozása SPSS programmal

Statistics Összes jó válaszok száma

férfi	N	Valid	165
		Missing	0
	Mean		2,75
	Median		2,00
	Mode		2
	Std. Deviation		1,724
Sum		453	
nő	N	Valid	172
		Missing	0
	Mean		3,05
	Median		3,00
	Mode		3
	Std. Deviation		1,847
Sum		524	

6.1. táblázat: Az összes jó válaszok számának alakulása az A csoportban

Összes jó válaszok száma

Nemed		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
férfi	Valid	0	12	7,3	7,3
		1	27	16,4	23,6
		2	45	27,3	50,9
		3	35	21,2	72,1
		4	19	11,5	83,6
		5	12	7,3	90,9
		6	10	6,1	97,0
		7	5	3,0	100,0
	Total	165	100,0	100,0	
nő	Valid	0	9	5,2	5,2
		1	32	18,6	23,8
		2	32	18,6	42,4
		3	34	19,8	62,2
		4	24	14,0	76,2
		5	26	15,1	91,3
		6	9	5,2	96,5
		7	3	1,7	98,3
		8	2	1,2	99,4
		9	1	,6	100,0
			Total	172	100,0

6.2. táblázat: Az összes jó válaszok számának alakulása az A csoportban (gyakoriságok)

Nemed * Összes jó válaszok száma Crosstabulation

		Összes jó válaszok száma											Total
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Neme	férfi	Count	12	27	45	35	19	12	10	5	0	0	165
		% of Total	3,6%	8,0%	13,4%	10,4%	5,6%	3,6%	3,0%	1,5%	0,0%	0,0%	49,0%
	nő	Count	9	32	32	34	24	26	9	3	2	1	172
		% of Total	2,7%	9,5%	9,5%	10,1%	7,1%	7,7%	2,7%	0,9%	0,6%	0,3%	51,0%
Total	Count	21	59	77	69	43	38	19	8	2	1	337	
	% of Total	6,2%	17,5%	22,8%	20,5%	12,8%	11,3%	5,6%	2,4%	0,6%	0,3%	100,0%	

6.3. táblázat: Az összes jó válaszok számának alakulása az A csoportban (keresztábra)

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	12,213	9	,202
Likelihood Ratio	13,510	9	,141
Linear-by-Linear Association	2,378	1	,123
N of Valid Cases	337		

6.4. táblázat: Az összes jó válaszok számának alakulása az A csoportban (χ^2 -próba)

Nemed			Nemed	Összes jó válaszok száma
férfi	N	Valid	149	149
		Missing	0	0
	Mean	1,00	2,95	
	Median	1,00	3,00	
	Mode	1	2 ^a	
	Std. Deviation	,000	1,791	
	Sum	149	440	
nő	N	Valid	158	158
		Missing	0	0
	Mean	2,00	3,13	
	Median	2,00	3,00	
	Mode	2	3	
	Std. Deviation	,000	1,697	
	Sum	316	495	

6.5. táblázat: Az összes jó válaszok számának alakulása az B csoportban

Nemed		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
férfi	Valid	0	12	8,1	8,1
		1	22	14,8	14,8
		2	30	20,1	20,1
		3	30	20,1	20,1
		4	24	16,1	16,1
		5	20	13,4	13,4
		6	7	4,7	4,7
		7	2	1,3	1,3
		8	2	1,3	1,3
		Total	149	100,0	100,0
nő	Valid	0	3	1,9	1,9
		1	18	11,4	11,4
		2	38	24,1	24,1
		3	49	31,0	31,0
		4	26	16,5	16,5
		5	10	6,3	6,3
		6	4	2,5	2,5
		7	5	3,2	3,2
		8	4	2,5	2,5
		9	1	,6	,6
		Total	158	100,0	100,0

6.6. táblázat: Az összes jó válaszok számának alakulása az B csoportban (gyakoriságok)

Nemed * Összes jó válaszok száma Crosstabulation

		Összes jó válaszok száma										Total	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Nemed	férfi	Count	12	22	30	30	24	20	7	2	2	0	149
		% of Total	3,9%	7,2%	9,8%	9,8%	7,8%	6,5%	2,3%	0,7%	0,7%	0,0%	48,5%
Nemed	nő	Count	3	18	38	49	26	10	4	5	4	1	158
		% of Total	1,0%	5,9%	12,4%	16,0%	8,5%	3,3%	1,3%	1,6%	1,3%	0,3%	51,5%
Total		Count	15	40	68	79	50	30	11	7	6	1	307
		% of Total	4,9%	13,0%	22,1%	25,7%	16,3%	9,8%	3,6%	2,3%	2,0%	0,3%	100,0%

6.7. táblázat: Az összes jó válaszok számának alakulása az B csoportban (keresztábra)

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	18,247	9	,032
Likelihood Ratio	19,178	9	,024
Linear-by-Linear Association	,817	1	,366
N of Valid Cases	307		

6.8. táblázat: Az összes jó válaszok számának alakulása az B csoportban (χ^2 -próba)

Nemed * Összes jó válaszok száma Crosstabulation

		Összes jó válaszok száma										Total	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Nemed	férfi	Count	24	49	75	65	43	32	17	7	2	0	314
		% of Total	3,7%	7,6%	11,6%	10,1%	6,7%	5,0%	2,6%	1,1%	0,3%	0,0%	48,8%
Nemed	nő	Count	12	50	70	83	50	36	13	8	6	2	330
		% of Total	1,9%	7,8%	10,9%	12,9%	7,8%	5,6%	2,0%	1,2%	0,9%	0,3%	51,2%
Total		Count	36	99	145	148	93	68	30	15	8	2	644
		% of Total	5,6%	15,4%	22,5%	23,0%	14,4%	10,6%	4,7%	2,3%	1,2%	0,3%	100,0%

6.9. táblázat: Az összes jó válaszok számának alakulása a teljes mintában (keresztábra)

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	11,343	9	,253
Likelihood Ratio	12,287	9	,198
Linear-by-Linear Association	3,061	1	,080
N of Valid Cases	644		

6.10. táblázat: Az összes jó válaszok számának alakulása a teljes mintában (χ^2 -próba)

Symmetric Measures

		Value	Asymp. Std. Error ^a	Approx. T ^b	Approx. Sig.
Interval by Interval	Pearson's R	,069	,039	1,752	,080 ^c
Ordinal by Ordinal	Spearman Correlation	,065	,039	1,648	,100 ^c
N of Valid Cases		644			

6.11. táblázat: Az összes jó válaszok száma alapján a korreláció a teljes mintára

6. Statistics

1. kérdés

Négyévfolyamos	N	Valid	406
		Missing	0
	Mean		,09
	Median		,00
	Mode		0
	Std. Deviation		,288
Sum			37
Hatévfolyamos	N	Valid	238
		Missing	0
	Mean		,19
	Median		,00
	Mode		0
	Std. Deviation		,392
Sum			45

6.12. táblázat: Az adszorpció fogalmának megadása a négy- és hatévfolyamos diákok esetén (teljes minta)

1. kérdés

Hány évfolyamos képzésben tanulsz?			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Négyévfolyamos	Valid	0	369	90,9	90,9	90,9
		1	37	9,1	9,1	100,0
		Total	406	100,0	100,0	
Hatévfolyamos	Valid	0	193	81,1	81,1	81,1
		1	45	18,9	18,9	100,0
		Total	238	100,0	100,0	

6.13. táblázat: Az adszorpció fogalmának megadása a négy- és hatévfolyamos diákok esetén (teljes minta)

Hány évfolyamos képzésben tanulsz? * 1. kérdés Crosstabulation

		1. kérdés		Total	
		0	1		
Hány évfolyamos képzésben tanulsz?	Négyévfolyamos	Count	369	37	406
		% of Total	57,3%	5,7%	63,0%
	Hatévfolyamos	Count	193	45	238
		% of Total	30,0%	7,0%	37,0%
Total		Count	562	82	644
		% of Total	87,3%	12,7%	100,0%

6.14. táblázat: Az adszorpció fogalmának megadása a négy- és hatévfolyamos diákok esetén (keresztábra)

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	12,953	1	,000		
Continuity Correction ^b	12,087	1	,001		
Likelihood Ratio	12,500	1	,000		
Fisher's Exact Test				,001	,000
Linear-by-Linear Association	12,933	1	,000		
N of Valid Cases	644				

6.15. táblázat: Az adszorpció fogalmának megadása a négy- és hatévolyamos diákok esetén (χ^2 -próba)

2.kérdés

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	0	578	89,8	89,8	89,8
	1	66	10,2	10,2	100,0
	Total	644	100,0	100,0	

6.16. táblázat: A fajlagos felület fogalmának megadása (teljes minta)

Hány évfolyamos képzésben tanulsz? * 2.kérdés Crosstabulation

		2.kérdés		Total	
		0	1		
Hány évfolyamos képzésben tanulsz?	Négyévfolyamos	Count	372	34	406
		% of Total	57,8%	5,3%	63,0%
	Hatévfolyamos	Count	206	32	238
		% of Total	32,0%	5,0%	37,0%
Total		Count	578	66	644
		% of Total	89,8%	10,2%	100,0%

6.17. táblázat: A fajlagos felület fogalmának megadása, százalékos megoszlás (teljes minta)

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	4,195	1	,041		
Continuity Correction ^b	3,662	1	,056		
Likelihood Ratio	4,076	1	,043		
Fisher's Exact Test				,044	,029
Linear-by-Linear Association	4,188	1	,041		
N of Valid Cases	644				

6.18. táblázat: A fajlagos felület fogalmának megadása (χ^2 -próba)

Statistics
3. kérdés

Négyévfolyamos	N	Valid	406
		Missing	0
	Mean		,08
	Median		,00
	Mode		0
	Std. Deviation		,266
Sum			31
Hatévfolyamos	N	Valid	238
		Missing	0
	Mean		,18
	Median		,00
	Mode		0
	Std. Deviation		,382
Sum			42

6.19. táblázat: Három adszorbens felsorolása (teljes minta)

3. kérdés

Hány évfolyamos képzésben tanulsz?		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Négyévfolyamos	Valid	0	375	92,4	92,4
		1	31	7,6	7,6
		Total	406	100,0	100,0
Hatévfolyamos	Valid	0	196	82,4	82,4
		1	42	17,6	17,6
		Total	238	100,0	100,0

6.20. táblázat: Három adszorbens felsorolása (gyakoriság, százalék)

Hány évfolyamos képzésben tanulsz? * 3.kérdés Crosstabulation

		3.kérdés		Total	
		0	1		
Hány évfolyamos képzésben tanulsz?	Négyévfolyamos	Count	375	31	406
		% of Total	58,2%	4,8%	63,0%
	Hatévfolyamos	Count	196	42	238
		% of Total	30,4%	6,5%	37,0%
Total		Count	571	73	644
		% of Total	88,7%	11,3%	100,0%

6.21. táblázat: Három adszorbens felsorolása (keresztábla)

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	14,964	1	,000		
Continuity Correction ^b	13,984	1	,000		
Likelihood Ratio	14,398	1	,000		
Fisher's Exact Test				,000	,000
Linear-by-Linear Association	14,940	1	,000		
N of Valid Cases	644				

6.22. táblázat: Három adszorbens felsorolása (χ^2 -próba)

Statistics
4.kérdés

Négyévfolyamos	N	Valid	406
		Missing	0
	Mean		,22
	Median		,00
	Mode		0
	Std. Deviation		,413
Sum		88	
Hatévfolyamos	N	Valid	238
		Missing	0
	Mean		,26
	Median		,00
	Mode		0
	Std. Deviation		,442
Sum		63	

6.23. táblázat: Két konkrét példa megadása (teljes minta)

4.kérdés

Hány évfolyamos képzésben tanulsz?		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Négyévfolyamos	Valid	0	318	78,3	78,3
		1	88	21,7	21,7
		Total	406	100,0	100,0
Hatévfolyamos	Valid	0	175	73,5	73,5
		1	63	26,5	26,5
		Total	238	100,0	100,0

6.24. táblázat: Két konkrét példa megadása (gyakoriság, százalék)

Hány évfolyamos képzésben tanulsz? * 4.kérdés Crosstabulation

		4.kérdés		Total	
		0	1		
Hány évfolyamos képzésben tanulsz?	Négyévfolyamos	Count	318	88	406
		% of Total	49,4%	13,7%	63,0%
	Hatévfolyamos	Count	175	63	238
		% of Total	27,2%	9,8%	37,0%
Total		Count	493	151	644
		% of Total	76,6%	23,4%	100,0%

6.25. táblázat: Két konkrét példa megadása (keresztábra)

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	1,923	1	,166		
Continuity Correction ^b	1,665	1	,197		
Likelihood Ratio	1,902	1	,168		
Fisher's Exact Test				,178	,099
Linear-by-Linear Association	1,920	1	,166		
N of Valid Cases	644				

6.26. táblázat: Két konkrét példa megadása (χ^2 -próba)

Statistics
5.kérdés

Négyévfolyamos	N	Valid	406
		Missing	0
	Mean		,22
	Median		,00
	Mode		0
	Std. Deviation		,413
Sum		88	
Hatévfolyamos	N	Valid	238
		Missing	0
	Mean		,32
	Median		,00
	Mode		0
	Std. Deviation		,467
Sum		76	

6.27. táblázat: Ábraelemzés (teljes minta)

5. kérdés

Hány évfolyamos képzésben tanulsz?		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Négyévfolyamos	Valid	0	318	78,3	78,3
		1	88	21,7	21,7
		Total	406	100,0	100,0
Hatévfolyamos	Valid	0	162	68,1	68,1
		1	76	31,9	31,9
		Total	238	100,0	100,0

6.28. táblázat: Ábraelemzés a négy- és hatévfolyamosok esetén (gyakoriság, százalék)

Hány évfolyamos képzésben tanulsz? * 5. kérdés Crosstabulation

		5.kérdés		Total	
		0	1		
Hány évfolyamos képzésben tanulsz?	Négyévfolyamos	Count	318	88	406
		% of Total	49,4%	13,7%	63,0%
	Hatévfolyamos	Count	162	76	238
		% of Total	25,2%	11,8%	37,0%
Total		Count	480	164	644
		% of Total	74,5%	25,5%	100,0%

6.29. táblázat: Ábraelemzés a négy- és hatévfolyamosok esetén (keresztábra)

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	8,318	1	,004		
Continuity Correction ^b	7,786	1	,005		
Likelihood Ratio	8,174	1	,004		
Fisher's Exact Test				,005	,003
Linear-by-Linear Association	8,305	1	,004		
N of Valid Cases	644				

6.30. táblázat: Ábraelemzés a négy- és hatévfolyamosok esetén (χ^2 -próba)

Statistics
6.kérdés

Négyévfolyamos	N	Valid	406
		Missing	0
	Mean		,60
	Median		1,00
	Mode		1
	Std. Deviation		,490
Sum		244	
Hatévfolyamos	N	Valid	238
		Missing	0
	Mean		,58
	Median		1,00
	Mode		1
	Std. Deviation		,495
Sum		137	

6.31. táblázat: A különbség okának magyarázata (teljes minta)

6.kérdés

Hány évfolyamos képzésben tanulsz?			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Négyévfolyamos	Valid	0	162	39,9	39,9	39,9
		1	244	60,1	60,1	100,0
		Total	406	100,0	100,0	
Hatévfolyamos	Valid	0	101	42,4	42,4	42,4
		1	137	57,6	57,6	100,0
		Total	238	100,0	100,0	

6.32. táblázat: A különbség okának magyarázata (gyakoriság, százalék)

Hány évfolyamos képzésben tanulsz? * 6.kérdés Crosstabulation

			6.kérdés		Total
			0	1	
Hány évfolyamos képzésben tanulsz?	Négyévfolyamos	Count	162	244	406
		% of Total	25,2%	37,9%	63,0%
	Hatévfolyamos	Count	101	137	238
		% of Total	15,7%	21,3%	37,0%
Total		Count	263	381	644
		% of Total	40,8%	59,2%	100,0%

6.33. táblázat: A különbség okának magyarázata (keresztábra)

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	,399	1	,527		
Continuity Correction ^b	,301	1	,583		
Likelihood Ratio	,399	1	,528		
Fisher's Exact Test				,561	,291
Linear-by-Linear Association	,399	1	,528		
N of Valid Cases	644				

6.34. táblázat: A különbség okának magyarázata (χ^2 -próba)

Statistics

7. kérdés

Négyévfolyamos	N	Valid	406
		Missing	0
	Mean		,66
	Median		1,00
	Mode		1
	Std. Deviation		,475
Sum		267	
Hatévfolyamos	N	Valid	238
		Missing	0
	Mean		,70
	Median		1,00
	Mode		1
	Std. Deviation		,458
Sum		167	

6.35. táblázat: A molekulák közti kötés megadása (teljes minta)

7. kérdés

Hány évfolyamos képzésben tanulsz?			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Négyévfolyamos	Valid	0	139	34,2	34,2	34,2
		1	267	65,8	65,8	100,0
		Total	406	100,0	100,0	
Hatévfolyamos	Valid	0	71	29,8	29,8	29,8
		1	167	70,2	70,2	100,0
		Total	238	100,0	100,0	

6.36. táblázat: A molekulák közti kötés megadása (gyakoriság, százalék)

Hány évfolyamos képzésben tanulsz? * 7. kérdés Crosstabulation

			7.kérdés		Total
			0	1	
Hány évfolyamos képzésben tanulsz?	Négyévfolyamos	Count	139	267	406
		% of Total	21,6%	41,5%	63,0%
	Hatévfolyamos	Count	71	167	238
		% of Total	11,0%	25,9%	37,0%
Total		Count	210	434	644
		% of Total	32,6%	67,4%	100,0%

6.37. táblázat: A molekulák közti kötés megadása (keresztábra)

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	1,325	1	,250		
Continuity Correction ^b	1,132	1	,287		
Likelihood Ratio	1,334	1	,248		
Fisher's Exact Test				,259	,144
Linear-by-Linear Association	1,323	1	,250		
N of Valid Cases	644				

6.38. táblázat: A molekulák közti kötés megadása (χ^2 -próba)

Statistics
8. kérdés

Négyévfolyamos	N	Valid	406
		Missing	0
	Mean		,45
	Median		,00
	Mode		0
	Std. Deviation		,498
Sum			181
Hatévfolyamos	N	Valid	238
		Missing	0
	Mean		,50
	Median		1,00
	Mode		1
	Std. Deviation		,501
Sum			120

6.39. táblázat: Az adszorpciót befolyásoló tényezők (teljes minta)

8. kérdés

Hány évfolyamos képzésben tanulsz?		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Négyévfolyamos	Valid	0	225	55,4	55,4
		1	181	44,6	44,6
		Total	406	100,0	100,0
Hatévfolyamos	Valid	0	118	49,6	49,6
		1	120	50,4	50,4
		Total	238	100,0	100,0

6.40. táblázat: Az adszorpciót befolyásoló tényezők (gyakoriság, százalék) a teljes mintában

Hány évfolyamos képzésben tanulsz? * 8.kérdés Crosstabulation

		8.kérdés		Total	
		0	1		
Hány évfolyamos képzésben tanulsz?	Négyévfolyamos	Count	225	181	406
		% of Total	34,9%	28,1%	63,0%
	Hatévfolyamos	Count	118	120	238
		% of Total	18,3%	18,6%	37,0%
Total		Count	343	301	644
		% of Total	53,3%	46,7%	100,0%

6.41. táblázat: Az adszorpciót befolyásoló tényezők (keresztábra), teljes minta

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	2,055	1	,152		
Continuity Correction ^b	1,827	1	,176		
Likelihood Ratio	2,054	1	,152		
Fisher's Exact Test				,165	,088
Linear-by-Linear Association	2,052	1	,152		
N of Valid Cases	644				

6.42. táblázat: Az adszorpciót befolyásoló tényezők (χ^2 -próba), teljes minta

8. kérdés / A csoport

Hány évfolyamos képzésben tanulsz?		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	
Négyévfolyamos	Valid	Nem választott	3	1,4	1,4	1,4
		A válasz	88	42,5	42,5	44,0
		B válasz	74	35,7	35,7	79,7
		C válasz	42	20,3	20,3	100,0
		Total	207	100,0	100,0	
Hatévfolyamos	Valid	Nem választott	13	10,0	10,0	10,0
		A válasz	47	36,2	36,2	46,2
		B válasz	54	41,5	41,5	87,7
		C válasz	16	12,3	12,3	100,0
		Total	130	100,0	100,0	

6.43. táblázat: A hőmérséklet növelésének hatás az adszorpcióra (A csoport)

8. kérdés / B csoport

Hány évfolyamos képzésben tanulsz?		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	
Négyévfolyamos	Valid	Nem választott	10	5,0	5,0	5,0
		A válasz	107	53,8	53,8	58,8
		B válasz	57	28,6	28,6	87,4
		C válasz	25	12,6	12,6	100,0
		Total	199	100,0	100,0	
Hatévfolyamos	Valid	Nem választott	9	8,3	8,3	8,3
		A válasz	66	61,1	61,1	69,4
		B válasz	21	19,4	19,4	88,9
		C válasz	12	11,1	11,1	100,0
		Total	108	100,0	100,0	

6.44. táblázat: A nyomás növelésének hatás az adszorpcióra (B csoport)

Statistics

9.kérdés

Négyévfolyamos	N	Valid	406
		Missing	0
	Mean		,43
	Median		,00
	Mode		0
	Std. Deviation		,496
Sum		176	
Hatévfolyamos	N	Valid	238
		Missing	0
	Mean		,35
	Median		,00
	Mode		0
	Std. Deviation		,479
Sum		84	

6.45. táblázat: Adszorpció aktív szénen (teljes minta)

9.kérdés / teljes minta

Hány évfolyamos képzésben tanulsz?		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Négyévfolyamos	Valid	0	230	56,7	56,7
		1	176	43,3	43,3
		Total	406	100,0	100,0
Hatévfolyamos	Valid	0	154	64,7	64,7
		1	84	35,3	35,3
		Total	238	100,0	100,0

6.46. táblázat: Adszorpció aktív szénen (gyakoriság, százalék)

Hány évfolyamos képzésben tanulsz? * 9.kérdés Crosstabulation

		9.kérdés		Total	
		0	1		
Hány évfolyamos képzésben tanulsz?	Négyévfolyamos	Count	230	176	406
		% of Total	35,7%	27,3%	63,0%
	Hatévfolyamos	Count	154	84	238
		% of Total	23,9%	13,0%	37,0%
Total		Count	384	260	644
		% of Total	59,6%	40,4%	100,0%

6.47. táblázat: Adszorpció aktív szénen (keresztábra)

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	4,045	1	,044		
Continuity Correction ^b	3,717	1	,054		
Likelihood Ratio	4,074	1	,044		
Fisher's Exact Test				,046	,027
Linear-by-Linear Association	4,038	1	,044		
N of Valid Cases	644				

6.48. táblázat: Adszorpció aktív szénen (χ^2 -próba)

9. kérdés / A csoport

Hány évfolyamos képzésben tanulsz?		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Négyévfolyamos	Valid	Nem válaszolt	7	3,4	3,4
		A válasz	36	17,4	17,4
		B válasz	35	16,9	16,9
		C válasz	89	43,0	43,0
		D válasz	40	19,3	19,3
		Total	207	100,0	100,0
Hatévfolyamos	Valid	Nem válaszolt	19	14,6	14,6
		A válasz	27	20,8	20,8
		B válasz	11	8,5	8,5
		C válasz	51	39,2	39,2
		D válasz	22	16,9	16,9
		Total	130	100,0	100,0

6.49. ábra: Az aktív szénen történő adszorpció eredményei (A csoport)

9. kérdés / B csoport

Hány évfolyamos képzésben tanulsz?		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	
Négyévfolyamos	Valid	Nem válaszolt	11	5,5	5,5	5,5
		A válasz	31	15,6	15,6	21,1
		B válasz	87	43,7	43,7	64,8
		C válasz	55	27,6	27,6	92,5
		D válasz	15	7,5	7,5	100,0
		Total	199	100,0	100,0	
Hatévfolyamos	Valid	Nem válaszolt	12	11,1	11,1	11,1
		A válasz	23	21,3	21,3	32,4
		B válasz	33	30,6	30,6	63,0
		C válasz	28	25,9	25,9	88,9
		D válasz	12	11,1	11,1	100,0
		Total	108	100,0	100,0	

6.50. ábra: Az aktív széken történő adszorpció eredményei (B csoport)

Statistics Összes jó válaszok száma

Négyévfolyamos	N	Valid	406
		Missing	0
	Mean	2,82	
	Median	3,00	
	Mode	2	
	Std. Deviation	1,614	
	Variance	2,606	
Sum	1146		
Hatévfolyamos	N	Valid	238
		Missing	0
	Mean	3,22	
	Median	3,00	
	Mode	3	
	Std. Deviation	1,984	
	Variance	3,935	
Sum	766		

6.51. táblázat: A kilenc kérdés válaszainak statisztikai (teljes minta)

Összes jó válaszok száma

Hány évfolyamos képzésben tanulsz?		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	
Négyévfolyamos	Valid	0	23	5,7	5,7	5,7
		1	63	15,5	15,5	21,2
		2	102	25,1	25,1	46,3
		3	90	22,2	22,2	68,5
		4	64	15,8	15,8	84,2
		5	40	9,9	9,9	94,1
		6	17	4,2	4,2	98,3
		7	5	1,2	1,2	99,5
		8	2	,5	,5	100,0
		Total	406	100,0	100,0	
Hatévfolyamos	Valid	0	13	5,5	5,5	5,5
		1	36	15,1	15,1	20,6
		2	43	18,1	18,1	38,7
		3	58	24,4	24,4	63,0
		4	29	12,2	12,2	75,2
		5	28	11,8	11,8	87,0
		6	13	5,5	5,5	92,4
		7	10	4,2	4,2	96,6
		8	6	2,5	2,5	99,2
		9	2	,8	,8	100,0
Total	238	100,0	100,0			

6.52. táblázat: Összes jó válaszok számának alakulása (teljes minta)

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	20,099	9	,017
Likelihood Ratio	20,357	9	,016
Linear-by-Linear Association	7,515	1	,006
N of Valid Cases	644		

6.53. táblázat: Összes jó válaszok számának alakulása a teljes mintában (χ^2 -próba)

Kontroll * 1.kérdés Crosstabulation

		1. kérdés		Total	
		0	1		
Kontroll	Kísérleti	Count	81	36	117
		% of Total	12,6%	5,6%	18,2%
	kontroll	Count	481	46	527
		% of Total	74,7%	7,1%	81,8%
Total		Count	562	82	644
		% of Total	87,3%	12,7%	100,0%

6.54. táblázat: Az 1. kérdésre adott válaszok (keresztábra)

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	41,858	1	,000		
Continuity Correction ^b	39,898	1	,000		
Likelihood Ratio	34,441	1	,000		
Fisher's Exact Test				,000	,000
Linear-by-Linear Association	41,793	1	,000		
N of Valid Cases	644				

6.55. táblázat: Az 1. kérdésre adott válaszok (χ^2 -próba)

Kontroll * 2.kérdés Crosstabulation

		2. kérdés		Total	
		0	1		
Kontroll	Kísérleti	Count	78	39	117
		% of Total	12,1%	6,1%	18,2%
	Kontroll	Count	500	27	527
		% of Total	77,6%	4,2%	81,8%
Total		Count	578	66	644
		% of Total	89,8%	10,2%	100,0%

6.56. táblázat: A 2. kérdésre adott válaszok (keresztábra)

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	82,836	1	,000		
Continuity Correction ^b	79,797	1	,000		
Likelihood Ratio	63,704	1	,000		
Fisher's Exact Test				,000	,000
Linear-by-Linear Association	82,707	1	,000		
N of Valid Cases	644				

6.57. táblázat: A 2. kérdésre adott válaszok (χ^2 -próba)

Kontroll * 3.kérdés Crosstabulation

		3. kérdés		Total	
		0	1		
Kontroll	Kísérleti	Count	85	32	117
		% of Total	13,2%	5,0%	18,2%
	Kontroll	Count	486	41	527
		% of Total	75,5%	6,4%	81,8%
Total		Count	571	73	644
		% of Total	88,7%	11,3%	100,0%

6.58. táblázat: A 3. kérdésre adott válaszok (keresztábra)

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	36,486	1	,000		
Continuity Correction ^b	34,565	1	,000		
Likelihood Ratio	29,858	1	,000		
Fisher's Exact Test				,000	,000
Linear-by-Linear Association	36,430	1	,000		
N of Valid Cases	644				

6.59. táblázat: A 3. kérdésre adott válaszok (χ^2 -próba)

Kontroll * 4.kérdés Crosstabulation

		4. kérdés		Total	
		0	1		
Kontroll	Kísérleti	Count	55	62	117
		% of Total	8,5%	9,6%	18,2%
	Kontroll	Count	438	89	527
		% of Total	68,0%	13,8%	81,8%
Total		Count	493	151	644
		% of Total	76,6%	23,4%	100,0%

6.60. táblázat: A 4. kérdésre adott válaszok (keresztábra)

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	69,527	1	,000		
Continuity Correction ^b	67,530	1	,000		
Likelihood Ratio	61,070	1	,000		
Fisher's Exact Test				,000	,000
Linear-by-Linear Association	69,419	1	,000		
N of Valid Cases	644				

6.61. táblázat: A 4. kérdésre adott válaszok (χ^2 -próba)

Kontroll * 5.kérdés Crosstabulation

		5. kérdés		Total	
		0	1		
Kontroll	Kísérleti	Count	55	62	117
		% of Total	8,5%	9,6%	18,2%
	Kontroll	Count	425	102	527
		% of Total	66,0%	15,8%	81,8%
Total		Count	480	164	644
		% of Total	74,5%	25,5%	100,0%

6.62. táblázat: Az 5. kérdésre adott válaszok (keresztábra)

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	57,072	1	,000		
Continuity Correction ^b	55,313	1	,000		
Likelihood Ratio	51,169	1	,000		
Fisher's Exact Test				,000	,000
Linear-by-Linear Association	56,983	1	,000		
N of Valid Cases	644				

6.63. táblázat: Az 5. kérdésre adott válaszok (χ^2 -próba)

16. Kontroll * 6.kérdés Crosstabulation

		6. kérdés		Total	
		0	1		
Kontroll	Kísérleti	Count	46	71	117
		% of Total	7,1%	11,0%	18,2%
	Kontroll	Count	217	310	527
		% of Total	33,7%	48,1%	81,8%
Total		Count	263	381	644
		% of Total	40,8%	59,2%	100,0%

6.64. táblázat: A 6. kérdésre adott válaszok (keresztábra)

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	,137	1	,711		
Continuity Correction ^b	,071	1	,790		
Likelihood Ratio	,138	1	,711		
Fisher's Exact Test				,756	,396
Linear-by-Linear Association	,137	1	,711		
N of Valid Cases	644				

6.65. táblázat: A 6. kérdésre adott válaszok (χ^2 -próba)

Kontroll * 7.kérdés Crosstabulation

		7. kérdés		Total	
		0	1		
Kontroll	SZIG	Count	31	86	117
		% of Total	4,8%	13,4%	18,2%
	nem SZIG	Count	179	348	527
		% of Total	27,8%	54,0%	81,8%
Total		Count	210	434	644
		% of Total	32,6%	67,4%	100,0%

6.66. táblázat: A 7. kérdésre adott válaszok (keresztábra)

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	2,431	1	,119		
Continuity Correction ^b	2,103	1	,147		
Likelihood Ratio	2,502	1	,114		
Fisher's Exact Test				,128	,072
Linear-by-Linear Association	2,427	1	,119		
N of Valid Cases	644				

6.67. táblázat: A 7. kérdésre adott válaszok (χ^2 -próba)

Kontroll * 8.kérdés Crosstabulation

		8. kérdés		Total	
		0	1		
Kontroll	Kísérleti	Count	44	73	117
		% of Total	6,8%	11,3%	18,2%
	Kontroll	Count	299	228	527
		% of Total	46,4%	35,4%	81,8%
Total		Count	343	301	644
		% of Total	53,3%	46,7%	100,0%

6.68. táblázat: A 8. kérdésre adott válaszok (keresztábra)

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	14,074	1	,000		
Continuity Correction ^b	13,316	1	,000		
Likelihood Ratio	14,117	1	,000		
Fisher's Exact Test				,000	,000
Linear-by-Linear Association	14,052	1	,000		
N of Valid Cases	644				

6.69. táblázat: A 8. kérdésre adott válaszok (χ^2 -próba)

Kontroll * 9.kérdés Crosstabulation

		9. kérdés		Total	
		0	1		
Kontroll	Kísérleti	Count	63	54	117
		% of Total	9,8%	8,4%	18,2%
	Kontroll	Count	321	206	527
		% of Total	49,8%	32,0%	81,8%
Total		Count	384	260	644
		% of Total	59,6%	40,4%	100,0%

6.70. táblázat: A 9. kérdésre adott válaszok (keresztábra)

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	1,985	1	,159		
Continuity Correction ^b	1,702	1	,192		
Likelihood Ratio	1,965	1	,161		
Fisher's Exact Test				,176	,096
Linear-by-Linear Association	1,982	1	,159		
N of Valid Cases	644				

6.71. táblázat: A 9. kérdésre adott válaszok (χ^2 -próba)

Kontroll * Összes jó válaszok száma Crosstabulation

			Összes jó válaszok száma										Total
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Kontroll	Kísérleti	Count	3	8	16	12	19	23	15	12	7	2	117
		% of Total	0,5	1,2	2,5	1,9	3,0	3,6	2,3	1,9	1,1	0,3	18,2
	kontroll	Count	33	91	129	136	74	45	15	3	1	0	527
		% of Total	5,1	14,1	20,0	21,1	11,5	7,0	2,3	0,5	0,2	0,0	81,8
Total		Count	36	99	145	148	93	68	30	15	8	2	644
		% of Total	5,6	15,4	22,5	23,0	14,4	10,6	4,7	2,3	1,2	0,3	100,0

6.72. táblázat: A kísérleti és a kontrollcsoportban kapott összes jó válaszok száma

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	129,581	9	,000
Likelihood Ratio	106,363	9	,000
Linear-by-Linear Association	93,827	1	,000
N of Valid Cases	644		

6.73. táblázat: ábra: A kísérleti és a kontrollcsoportban kapott összes jó válaszok száma (χ^2 -próba)

Group Statistics

	Kontroll	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Összes jó válaszok száma	kísérleti	117	4,40	2,138	,198
	kontroll	527	2,65	1,503	,065

6.74. táblázat: A kísérleti és a kontrollcsoport statisztikai adatai

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
Összes jó válaszok száma	Equal variances assumed	32,165	,000	10,473	642	,000
	Equal variances not assumed			8,410	142,468	,000

6.75. táblázat: Kétmintás t-próba

7. számú melléklet. Az ábrák jegyzéke

1. ábra: A környezeti nevelés és a fenntarthatóság pedagógiájának kapcsolata (Schróth, 2015 alapján)
2. ábra: A fogalmi fejlődés és fogalmi váltás általános ábrája (Tóth, 2016)
3. ábra: A konstruktivista tanulásmodell blokkdiagramja (Nahalka, 1997)
4. ábra: A kémia érdemjegyek megoszlása a négyévfolyamos képzésben nyolcadik évfolyam végén
5. ábra: A kémia érdemjegyek megoszlása a hatévfolyamos képzésben nyolcadik évfolyam végén
6. ábra: A fiúk összes jó válaszainak száma
7. ábra: A lányok összes jó válaszainak száma
8. ábra: A budapesti diákok jó válaszainak száma
9. ábra: A vidéki diákok jó válaszainak száma
10. ábra: A négyévfolyamos képzésben tanuló diákok összes jó válaszainak száma
11. ábra: A hatévfolyamos képzésben tanuló diákok összes jó válaszainak száma
12. ábra: A hetedik kérdésre adott válaszok alakulása az A csoportban
13. ábra: A hetedik kérdésre adott válaszok alakulása a B csoportban
14. ábra: Periodikus határfeltételek alkalmazása (Jedlovsky, 2006)
15. ábra: A metilén-fluorid (fekete) és a metilén-klorid (piros) adszorpciós izotermája jégen (Sumi, Picaud és Jedlovsky, 2015)
16. ábra: Az adszorpciós rétegek a metilén-fluorid (a) és a metilén-klorid (b) esetén. A bal oldali ábra oldalnézetben, a jobb oldali felülnézetben szemlélteti a rétegeket. A H, O, C és a F/Cl atomok színe sorrendben: világos szürke, piros, szürke és sárga. (Sumi, Picaud és Jedlovsky, 2015)
17. ábra: A metilén-klorid és a metilén-fluorid lehetséges elrendeződése a vízmolekulákkal az első adszorpciós rétegben. Az alkalmazott színek egyeznek a 3. ábrán megjelöltekkel. (Sumi, Picaud és Jedlovsky, 2015)
18. ábra: Az adszorpciós izoterma: a CH_4 zöld, a CH_3F piros, a CH_2F_2 fekete, a CHF_3 kék, míg a CF_4 narancssárga színű. (Sumi, Fábán, Picaud és Jedlovsky, 2016)
19. ábra: Az adszorpciós rétegek a (a) CH_3F , (b) CH_2F_2 , and (c) CHF_3 esetén. A H, O, és a F atomok színe sorrendben: szürke, piros, és sárga. (Sumi, Fábán, Picaud és Jedlovsky, 2016)
20. ábra: A CH_3F molekulák kétféle lehetséges orientációja (Sumi, Fábán, Picaud és Jedlovsky, 2016)
21. ábra: A CHF_3 jellemző orientációja (Sumi, Fábán, Picaud és Jedlovsky, 2016)
22. ábra: Átlagos adszorbeált részecskeszám és a kémiai potenciál változása (Sumi, Picaud és Jedlovsky, 2017a). A CH_2Cl_2 zöld, a CH_3Cl vörös, a CHCl_3 kék, a CH_4 fekete és a CCl_4 narancs színű.
23. ábra: A klórozott metánszármazékok adszorpciója (Sumi, Picaud és Jedlovsky, 2017a)

24. ábra: A CH₃Cl és a CHCl₃ lehetséges elrendeződése (Sumi, Picaud és Jedlovszky, 2017a)
25. ábra: Adsorbensek felsorolása (A csoport)
26. ábra: Adsorbensek felsorolása (B csoport)
27. ábra: A fiúk összes jó válaszainak száma az A csoport alapján
28. ábra: A lányok összes jó válaszainak száma az A csoport alapján
29. ábra: A 337 feladatlap alapján az összes jó válaszok számának alakulása az A csoportban
30. ábra: A fiúk összes jó válaszainak száma az B csoport alapján
31. ábra: A lányok összes jó válaszainak száma az B csoport alapján
32. ábra: A 307 feladatlap alapján az összes jó válaszok számának alakulása a B csoportban
33. ábra: A hatodik kérdésre adott válaszok az A csoportban a négyévfolyamos képzésben
34. ábra: A hatodik kérdésre adott válaszok az A csoportban a hatévfolyamos képzésben
35. ábra: A hatodik kérdésre adott válaszok a B csoportban a négyévfolyamos képzésben
36. ábra: A hatodik kérdésre adott válaszok a B csoportban a hatévfolyamos képzésben
37. ábra: A molekulák közti kötés megadás a négyévfolyamosok esetén
38. ábra: A molekulák közti kötés megadás a hatévfolyamosok esetén
39. ábra: Az adszorpciót befolyásoló tényezők az A csoportban (négyévfolyamos)
40. ábra: Az adszorpciót befolyásoló tényezők az A csoportban (hatévfolyamos)
41. ábra: Az adszorpciót befolyásoló tényezők a B csoportban (négyévfolyamos)
42. ábra: Az adszorpciót befolyásoló tényezők a B csoportban (hatévfolyamos)
43. ábra: Az aktív szénen történő adszorpció a négyévfolyamosok esetén (A csoport)
44. ábra: Az aktív szénen történő adszorpció a hatévfolyamosok esetén (A csoport)
45. ábra: Az aktív szénen történő adszorpció a négyévfolyamosok esetén (B csoport)
46. ábra: Az aktív szénen történő adszorpció a hatévfolyamosok esetén (B csoport)
47. ábra: Az összes jó válaszok száma a négyévfolyamosok között (teljes minta)
48. ábra: Az összes jó válaszok száma a hatévfolyamosok között (teljes minta)
49. ábra: az 1. kérdésre adott rossz és jó válaszok száma a két csoportban
50. ábra: A 2. kérdésre adott rossz és jó válaszok száma a két csoportban
51. ábra: a 3. kérdésre adott rossz és jó válaszok száma a két csoportban
52. ábra: a 4. kérdésre adott rossz és jó válaszok száma a két csoportban
53. ábra: Az 5. kérdésre adott rossz és jó válaszok száma a két csoportban
54. ábra: A 6. kérdésre adott rossz és jó válaszok száma a két csoportban
55. ábra: A 7. kérdésre adott rossz és jó válaszok száma a két csoportban
56. ábra: a 8. kérdésre adott rossz és jó válaszok száma a két csoportban
57. ábra: A 9. kérdésre adott rossz és jó válaszok száma a két csoportban
58. ábra: A kísérleti csoportban elért összpontszámok

59. ábra: A kontrollcsoportban elért összpontszámok

8. számú melléklet: A táblázatok jegyzéke

1. táblázat: Az év végi jegyek és a jó válaszok száma
2. táblázat: Az összes jó válaszok számának alakulása a nemek szerint
3. táblázat: A vidéki és a budapesti diákok jó válaszainak száma, százalékos adatai
4. táblázat: Az összes jó válaszok száma a kétféle képzés esetén
5. táblázat: A konstruktivista tanulásfelfogás elvei és gyakorlata (Komenczi, 2009)
6. táblázat: A leggyakrabban említett adszorbensek a két csoportban
7. táblázat: A gyakorlati példák összefoglaló táblázata
8. táblázat: A 6. kérdés jó válaszainak alakulása a két csoportban.
9. táblázat: A helytelen válaszok alakulása (teljes minta)
10. táblázat: A jó válaszok megoszlása a kísérleti és a kontrollcsoport esetén (1-4. kérdések)
11. táblázat: A jó válaszok megoszlása a kísérleti és a kontrollcsoportban (5-9. kérdések)

19. Köszönetnyilvánítás

Kutatómunkámban Dr. Jedlovszky Pál témavezetőm volt segítségemre, aki megismertetett a számítógépes szimuláció kémiai kutatásokban való alkalmazásának lehetőségével, lényegével, hozzájárult a fizikai-kémia terén megszerzett ismereteim bővítéséhez. Kitartó munkájával hozzásegített ahhoz, hogy a *The Journal of Physical Chemistry* folyóiratban három, és a *Journal of Molecular Liquids* folyóiratban egy megjelent tudományos cikk egyik szerzője lehettem.

Disszertációm megírásában másik témavezetőm, Dr. Murányi Zoltán aktívan vett részt a módszertani rész kidolgozásában, segített olyan iskolák kémia tanáraival felvenni a kapcsolatot, akik diákjait be tudtam vonni az előteszt és az utóteszt feladatainak megoldásába, ezáltal hozzájárultak a nagy elemszámú minta létrehozásához. Köszönöm minden kollégám aktív részvételét, munkáját, amellyel az adatgyűjtéshez hozzájárultak.

Végül, de nem utolsó sorban köszönöm a családom minden tagjának, hogy lehetőséget és időt biztosítottak több éven keresztül számomra a szakmai fejlődésemhez, kutatásom megvalósításához és a disszertációm megírásához.