



**A TANULÓK TÉVKÉPZETEINEK ÉS FOGALMI FEJLŐDÉSÉNEK
VIZSGÁLATA A KÉMIA NÉHÁNY ALAPFOGALMA TERÜLETÉN**

**INVESTIGATION OF STUDENTS' MISCONCEPTIONS AND
CONCEPTUAL DEVELOPMENT ON FIELD OF BASIC CHEMICAL
IDEAS**

Doktori (PhD) értekezés tézisei
PhD thesis

Kiss Edina

Témavezető/Supervisor: Dr. Tóth Zoltán

Debreceni Egyetem/University of Debrecen

Kémia Doktori Iskola

Debrecen, 2008

1. Bevezetés és célkitűzések

A természettudományos nevelés napjainkban gyökeres változáson megy keresztül. Az iskolától a diszciplináris tudás helyett a mindennapi életben felhasználható ismeretek közvetítését várják el. A természettudományos tantárgyaknak többszörös kihívással kell szembenéznük, a kémia helyzete ezen belül az utóbbi időben tovább nehezedett. A tanulók nehezen tanulható, elvont tudománynak tartják a kémiát, és a társadalom „ellenszenve” sem könnyíti meg a nevelők feladatát a tantárgy népszerűsítésében. A tanulók nem képesek kellő mértékben elsajátítani a tudományos fogalmakat. Joggal merül fel a kérdés, hogy mi ennek az oka, és hogyan lehet megoldani a problémát.

Az utóbbi négy évtizedben számos kutatás zajlott a tanulók természettudományos ismereteinek feltérképezésére vonatkozóan. Az egyik fő kutatási irányzat célja a tanulói ismeretek feltárása (tévképzetkutatás), a másiké az ismeretelsajátítás folyamatának vizsgálata (fogalmi fejlődés és fogalmi váltás kutatása). Az eredmények azt bizonyítják, hogy a gyerekek igen speciális ismeretrendszerrel rendelkeznek már az iskolába lépés előtt is. Ezeknek az ismereteknek egy része nem egyeztethető össze a tudományosan elfogadottakkal és sajnos az oktatás során nagyon nehezen lehet lecserélni őket. Azzal, hogy megismerjük ezeket az oktatást megelőző ismereteket, valamint azt, hogy hogyan alakulnak ki és miként változnak az iskolában eltöltött évek során, elősegítjük az oktatás folyamatát, a megfelelő módszerek kidolgozását ahhoz, hogy tanulóink könnyebben elsajátíthassák a természettudomány és azon belül a kémia ismereteit.

A természettudományos és azon belül a kémiai műveltség elsajátításának mértéke nagyban függ az alapfogalmak megértéstől. Kutatásom során ezért a kémia néhány alapvető fogalmán (fizikai változás, kémiai változás, anyagmennyiség, elem, vegyület, keverék) keresztül vizsgáltam, hogy a 13 és 17 év közötti tanulók képesek-e megérteni ezeket a fogalmakat. Arra a kérdésre kerestem a választ, hogy hogyan fejlődik az ezzel kapcsolatos tudásuk az oktatással, azaz van-e fogalmi fejlődés a tanulók életkorának előrehaladásával. Egy viszonylag új kutatási módszer adta a lehetőséget ahhoz, hogy megvizsgáljam, hogyan szerveződik a kémia alapfogalmaival kapcsolatos tudás a különböző korosztályokhoz tartozó tanulók kognitív rendszerében. Nem utolsósorban céljaim között szerepelt a tanulók tévképzeteinek feltárása is.

2. A vizsgálat módszerei

2.1. A mérőeszköz

Kutatásomhoz három írásbeli felmérőlapot készítettem a következő kémiai alapfogalmakkal kapcsolatban: (1) Fizikai változás, kémiai változás; (2) Az anyagmennyiség és a mól; (3) Elem, vegyület, keverék. A felmérőlapok kitöltése 2003 májusában és júniusában történt, illetve a belőlük készült portugál felmérőlapokkal 2004 áprilisában, májusában végeztem vizsgálatokat.

2.2. A minta

A populációt a 13 és 17 év közötti magyar gimnazisták alkották. Kifejezetten hat-, illetve nyolcosztályos középiskolákat választottam, ahol a kémiaoktatás folyamata nem törik meg az iskolaváltással nyolcadik osztály után. A minta felmérőlap szerinti és évfolyamonkénti összetételét az 1. táblázat mutatja.

Portugáliában hasonló korosztályból egy kisebb minta összeállításával került sor néhány feladat megoldására, melyek a magyar felmérőlap feladatai közül kerültek ki. A 2. táblázat ennek a portugál mintának az összetételét szemlélteti évfolyamonként.

1. táblázat: A minta felmérőlap szerinti eloszlása

	7. Évf.	8. Évf.	9. Évf.	10. Évf.	11. Évf.	Összesen
1. felmérőlap	174	168	148	150	136	776
2. felmérőlap	171	166	142	144	127	750
3. felmérőlap	163	161	135	127	116	702
<i>N (fő)</i>	508	495	425	421	379	2228

2. táblázat: A portugál minta megoszlása évfolyamonként

	7. Évf.	8. Évf.	9. Évf.	10. Évf.	11. Évf.	Összesen
<i>N (fő)</i>	72	97	168	98	61	496

2.3. Az értékelés módszerei

2.3.1. A tanulói definíciók tartalmi elemzése

A nyílt végű kérdésekre adott tanulói definíciók tartalmi elemzését egy a szakirodalomból átvett hatfokú skála felhasználásával végeztem. Ez a módszer minden egyes válaszhoz egy 0-tól 5-ig terjedő pontszámot rendel attól függően, hogy az adott definíció mennyire áll közel az általunk elfogadotthoz, illetve milyen mértékben tartalmaz tévképzetet.

A tanulói válaszok értékelésének egy másik szempont alapján való vizsgálatát a fenomenografikus elemzés tette lehetővé, melynek kidolgozása Marton nevéhez fűződik. A fenomenografikus elemzés során a tanulók válaszaiból képezünk kategóriákat függetlenül attól, hogy azok helyesek-e vagy sem.

2.3.2. A tanulócsoporthoz jellemző tudásszerkezetének vizsgálata

A tanulócsoporthoz jellemző tudásszerkezetét a didaktikai kutatásban még nem nagy múltra visszatekintő tudástér-elmélet alapján határoztam meg. A tudástér azon ismeretek összessége, melyek egy adott téma megértéséhez elengedhetetlenek. A kémiában gyakran kérünk számon egy témakört feladatok egy csoportjával, melyek a megoldásukhoz szükséges ismeretek alapján egy hierarchikus rendszert alkotnak. Ezt a rendszert egy ún. Hasse-diagrammal ábrázolhatjuk. A Hasse-diagram egy olyan irányított gráf, melyben alul helyezkednek el a legkevesebb tudást igénylő feladatok, majd a nyilak mentén eljuthatunk az ezekre épülő, bonyolultabb feladatokhoz is. A tudástér-elmélet alapfeltevése szerint, ha egy tanuló meg tud oldani egy feladatot a hierarchiában, akkor valószínűleg az alatta lévőket is képes megoldani. Minden tanulóhoz hozzárendelhetünk egy tudásállapotot, mely a tanuló által helyesen megoldott problémák összessége. A tudásállapotok rendszerét tudásszerkezetnek nevezzük, amely már az adott tanulócsoporthoz jellemzője lehet. A tudásszerkezet csak olyan tudásállapotokat tartalmazhat, amelyek a hierarchikus hálóban legalább egy alatta, illetve egy felette lévő tudásállapottal kapcsolatban vannak. A módszer alkalmas a tanulócsoporthoz jellemző tudásszerkezetének az ún. szakértői tudásszerkezettel való összehasonlítására, a tudásszerkezet alapján megszerkesztett ún. jellemző tanulási út segítségével meghatározhatjuk az ismeretanyag tanításának megfelelő sorrendjét, tanulmányozhatjuk különböző tényezők hatását a tudás szerveződésére, valamint a fogalmi fejlődést is vizsgálhatjuk a jellemző tudásszerkezet változásának követésével.

2.3.3. Az adatok statisztikai értékelése

Az adatok leíró statisztikai jellemzőit, valamint az egyes tanulócsoportok közötti különbségek szignifikanciáját (egy-, ill. kétmintás t-próba, varianciaanalízis) az SPSS programcsomaggal számoltam, a grafikonok, diagramok szerkesztésére pedig főleg a Microsoft Excel programot használtam

3. Új tudományos eredmények

3.1. A fizikai változás és a kémiai változás fogalmával, megértésével kapcsolatos eredmények

3.1.1. A tanulók a fizikai változás és kémiai változás definícióját elsősorban makroszinten fogalmazzák meg, a részecskeszintű értelmezéssel nem tudják azt összekapcsolni.

A hatfokú skála (0-5) alapján számolt megértési szint a fizikai változás esetén 3,6, a kémiai változásra 4,0. A fenomenografikus elemzés szerint két fő kategóriába sorolhatók be a tanulói definíciók (makroszint, részecskeszint). A tanulók mindkét változás esetén a makroszintű meghatározásokat részesítették előnyben. A tudástér-elmélet alapján a szakértői úthoz hasonlóan a tanulók tudásszerkezetében mindkét változás esetén a makroszintű értelmezés megelőzi a részecskeszintűt. Azzal ellentétben azonban a kémiai változás előrébb helyezkedik el, mint a fizikai változás. A legszembetűnőbb eltérés pedig az, hogy a fizikai változás részecskeszintű értelmezése a kémiai változás részecskeszintű megközelítésére épül. Az oktatás előrehaladásával nem változik a tudásszerkezet. A kémiai változás tanulói értelmezéseit öt különböző modell segítségével írhatjuk le. A legjobban illeszkedő modell mind a makroszintű, mind a részecskeszintű értelmezést tartalmazza, viszont azok között nincs kapcsolat, ami azt jelenti, hogy a legtöbb tanuló nem képes összefüggést találni a kétféle értelmezés között. Ha mégis, akkor a tudományos modellel ellentétben, éppen a makroszintű értelmezésre építi a részecskeszintű megközelítést.

3.1.2. A konkrét folyamatok azonosítása során a tanulók a kémiai változások, illetve a makroszinten értelmezett folyamatok esetén a legsikeresebbek.

Az egyes évfolyamok teljesítménye mindössze 44-55% között van, szignifikáns fejlődés a 7. évfolyam után mutatható ki. Legsikeresebb a makroszintű folyamatok besorolása, de az életkor előrehaladásával nincs növekedés. Ezt követik a részecskeszintű

folyamatok, ahol kis mértékű fejlődés tapasztalható az évfolyam növekedésével. Legnehezebb a szimbólumszinten megadott folyamatok besorolása, viszont szembetűnő a fejlődés haladva az oktatással. A folyamatok típusát tekintve a kémiai változások felismerése a legkönnyebb, ezután következnek a fizikai változások. Mindkét esetben van fejlődés az életkor előrehaladásával. Ezzel szemben az oldási folyamatok besorolása nagyon kritikus és nincs változás az idővel. Két általános tévképzet figyelhető meg:

- A tanulók az oldódást kémiai változásnak tekintik. Az indoklások alapján ennek az az oka, hogy a folyamatok megítélésükor a kémiai változás makroszintű jellemzői a meghatározóak. (Ez a tévképzet a portugál minta jelentős részénél is előfordult.)
- A szimbólumszinten megadott folyamatokat is kémiai változásként értelmezik, és 8.-ban valamint 9.-ben szignifikánsan nő a tanulók száma. Ennek hátterében az a tévképzet áll, hogy vegyjelekkel és képletekkel csak kémiai reakciókat lehet leírni.

A tudástér-elmélet segítségével meghatározott jellemző tanulási utakkal kapcsolatban megállapítható, hogy az egyes tanulócsoportokra jellemző tanulási utak lényegesen különböznek a szakértői úttól. Attól eltérően, az oldási folyamatok mindenütt az utolsó helyre kerülnek.

3.1.3. A portugál minta a fizikai illetve kémiai változással kapcsolatban az esetek többségében ugyanazokkal a tévképzetekkel rendelkezett, mint a magyar. Ez bizonyítja azt a már nemzetközileg ismert tényt, hogy a tévképzetek többnyire nemtől, kortól és kultúrától függetlenül jelennek meg.

3.1.4. A folyamatok jellemzőinek besorolásakor a tanulók kategorikusan ragaszkodnak vagy a fizikai, vagy a kémiai változáshoz még akkor is, ha az adott tulajdonság mindkettőre jellemző lehet.

Az összesen 25 jellemzőnél 12 helyen találtam olyan tévképzetet, mely csak a fizikai változásra vonatkozik, 19 tévképzet csak a kémiai változásra és 1 tévképzet mindkettőre érvényes, ez összesen 32 tévképzet. Itt ezek közül csak a jelentős mértékben (több mint 50%-ban) előfordulókat fogalmazom meg:

- Az anyag fizikai tulajdonsága kizárólag fizikai változás alkalmával változhat meg.
- A halmazállapot megváltozása csak fizikai változás során következhet be.
- Új tulajdonságú anyag csak kémiai változás során keletkezhet.

- Az anyag összetétele csak kémiai folyamat során változhat meg.
- Elsőrendű kémiai kötések csak kémiai változás során bomolhatnak fel.
- Elsőrendű kémiai kötések csak kémiai változás során alakulhatnak ki.
- Másodrendű kötések csak kémiai változás során bomolhatnak fel, vagy alakulhatnak ki.
- A részecskék elektronszerkezetének megváltozása csak kémiai folyamat során valósulhat meg.
- Az atommag összetételének megváltozása csak kémiai folyamat során valósulhat meg.
- Csak a kémiai folyamatokat lehet vegyjelekkel és képletekkel leírni.

A tanulók az általában mindkét változásra jellemző tulajdonságokat kizárólag az egyik változáshoz rendelik. Ennek oka abban rejlik, hogy a tankönyvek külön tárgyalják a fizikai, illetve a kémiai változást, és a végén nem foglalkoznak az azok közötti hasonlóságokkal és különbségekkel. Fogalmi fejlődés összességében a 9. és 10. évfolyamokon következik be.

3.2. Az anyagmennyiséggel kapcsolatos fogalmi megértés vizsgálatának eredményei

3.2.1. Az anyagmennyiség tanulói definícióinak elemzése során kiderült, hogy a legkritikusabb fogalommal állunk szemben, a legkevésbé ezt a fogalmat értik a tanulók. Az ezzel kapcsolatos tévképzeik a nemzetközi szinten már ismert tévképzetekkel egyeznek meg.

A hatfokú skála alapján értékelve a válaszokat, a tanulók közel egyharmada nem tudott válaszolni, másik harmaduk tévképzetekkel rendelkezik, és csak egyötödük tudott olyan meghatározást írni, mely elfogadható volt. A megértési szint nagyon alacsony minden évfolyamon, az átlag 1,7. A két leggyakoribb tévképzet:

- Az anyagmennyiség megmutatja az anyagban lévő atomok számát.
- Az anyagmennyiség azt mutatja meg, hogy 1 mol részecskének mekkora a tömege.

3.2.2. Egy bináris vegyület összetételével kapcsolatos feladat megoldásának elemzése során kiderült, hogy – korábbi nemzetközi tapasztalatokkal ellentétben – a magyar tanulók az iskolában tanult algoritmusokat részesítik előnyben a logikai módszer helyett.

A tanulók feladatmegoldó módszerei alapján három stratégia különböztethető meg:

- mól módszer
- hármasszabály

- logikai módszer

A tanulók az iskolában tanult stratégiákat részesítik előnyben, különösen a mól módszert. Minél képzetebbek a tanulók kémiából, annál inkább előnyben részesítik ezt a módszert. Az ismert stratégiák sikeressége sokkal nagyobb mértékű, mint az azonosíthatatlan módszereké. A legsikeresebb a logikai módszer, de csak kevesen alkalmazták. Különbség figyelhető meg a lányok és a fiúk stratégiaválasztása között. A lányok sokkal gyakrabban használták a hármasszabályt, mint a fiúk. A fiúk relatíve nagyobb arányban alkalmazták a mól módszert, vagy dolgoztak azonosíthatatlan stratégiával, mint a lányok. Érdekes tapasztalat volt, hogy a tanulók egy része (13%) a magnézium-karbid széntartalmának számításával kapcsolatos problémát a magnézium és szén között végbemenő kémiai reakcióként értelmezte. Ez valószínűleg annak a következménye, hogy a kémiai problémák megoldása során a kémia tanárok és tankönyvek kiindulási pontként a kémiai reakció felírását javasolják. A másik figyelemreméltó észrevétel, hogy a tanulók 14%-a (a válaszadók 23%-a) használta a C_2 jelölést a MgC_2 -ben lévő szén leírására.

3.3. Az elem, vegyület és keverék fogalmával, valamint megértésével kapcsolatos eredmények

3.3.1. Az elem, vegyület és keverék fogalmak tanulói megértése közepes szintű, amely a jelentős mértékben előforduló tévképzeteknek köszönhető.

A hatfokú skála alapján számított évfolyamonkénti átlagok 2 és 2,5 között vannak, ami közepes eredménynek számít a megértésre vonatkozóan. A teljes minta átlaga elemre 2,3, vegyületre 2,2, keverékre 2,3. A legrosszabb eredmények a 9. és 11. évfolyamokon születtek. A tanulói definíciók elemzése során feltárt tipikus tévképzetek a következők:

- Az elem semleges kémiai részecske.
- Az elem azonos atomokból álló molekula.
- A vegyület különböző atomokból felépülő molekula.
- A keverék két vagy annál több anyag reakcióba lépésének eredménye.
- A keverék mesterségesen állítható elő.
- A keverékben az alkotórészek aránya állandó.

3.3.2. Az anyag felépítésével kapcsolatos mondatok kiegészítése során gyakran találkoztam az atom és molekula, az atom és elem, valamint a molekula és vegyület fogalmak asszociációjával, keverésével.

A külföldi tapasztalatokhoz hasonlóan a magyar tanulók is gyakran keverik a makroszintű fogalmakat (elem, vegyület) a részecskeszintű fogalmakkal (atom, molekula). A feltárt tévképzetek a következők:

- A kovalens kötés eredményeként néhány meghatározott számú atom összekapcsolódásával *vegyület* keletkezik.
- Ha a vizet elektromos árammal bontjuk (elektrolizáljuk), akkor kétféle *atom* keletkezik.
- A szilárd jód melegítésekor lilás színű gőz keletkezik, melyben jód *atomok* vannak.
- Az *atomok* az egyszerű anyagok közé tartoznak.
- A SiO_2 összegképletű *molekula* felépítésében szilícium atom és oxigén *atom/molekula* vesznek részt.
- Az O_3 és O_2 molekulák egyazon elem, az oxigén *atom* részecskéi.
- Az összetett anyagok közé tartozik a *molekula*.
- Az ammónia *vegyület* alakja háromszög alapú piramis, és benne valamennyi hidrogén *molekula* egyvegyértékű.
- A kénsav *vegyület* felépítésében háromféle elem vesz részt: hidrogén *molekula*, kén *molekula*, és oxigén *molekula*.
- Nátrium *atom* és klór *molekula/atom* reakciójában NaCl *molekula* keletkezik.
- Az atomok/elemek periódusos rendszerében általában feltüntetik az *atom(ok)* halmazállapotát és az *elem(ek)* méretét is.
- A periódusos rendszer nem tartalmaz a *molekulá(k)* oldhatóságára vagy a *vegyület(ek)* alakjára vonatkozó adatokat.

3.3.3. A részecskeábrák azonosításakor a halmazállapot meghatározása a legkönnyebb, a keverékek megkülönböztetése a legnehezebb. Kismértékű fejlődés a 8. és 10. évfolyamokon tapasztalható.

A tanulók a halmazállapot megítélésében, különösen a szilárd anyag megállapításában voltak a legsikeresebbek. Komoly gondjaik voltak a homogén és heterogén keverék

megkülönböztetésében. A legtöbb osztályozási stratégia az ábrák vizuális és formális vizsgálatán alapult. A feltárt tévképzetek:

- A víz mindig folyékony halmazállapotú.
- A gázokat azonos részecskék alkotják.
- A szilárd mintákban a részecskék ugyanolyan sorrendben ismétlődnek.
- Az elemek és vegyületek mindig tiszta anyagként vannak jelen.
- A heterogén keverékekben a különböző típusú részecskék eloszlása rendezetlen.

A tudástér-elmélet alapján nem mutatható ki hosszú távú változás a tanulók kognitív struktúrájában. A statisztikai, tartalmi és strukturális elemzés egyöntetűen azt írja le, hogy a 8. és 10. évfolyamokon következik be kismértékű fejlődés. A 8. évfolyamon szervetlen kémiát, a 10. évfolyamon pedig szerves kémiát tanulnak a diákok. Ez alapján valószínűsíthető, hogy a konkrét kémiai rendszerek vizsgálata és azok természetének tanulmányozása jobban hozzájárulnak a részecskeábrák azonosításának sikerességéhez, illetve az anyag természetének részecskeszintű bemutatásához, mint egymagában az általános kémia tanulása.

4. Az eredmények alkalmazási lehetőségei

Az eredmények közvetlen alkalmazására három fő területen látok lehetőséget. Elsőként a tanárképzést kell megemlíteni. Másodsorban tanári segédletek létrehozását, míg harmadikként eredményeim további kutatási irányok kijelölésére is alkalmasak.

A felsőoktatás tanárképzésben betöltött egyik feladata, hogy megfelelő mesterségbeli kompetenciákkal vértessze fel a leendő tanárokat, akik az iskola falain belül képesek lesznek olyan ismereteket átadni a tanulóknak, melyeket azok az iskolapadból kikerülve is hasznukra fordíthatnak. Ehhez a tanároknak fel kell venni a versenyt a mindennapok igényeivel, illetve azok hatásával. A kémia oktatása különösen nehéz feladatot ró tanárainkra. Miután a kémia egy olyan világot tár tanulóink elé, amely szemmel láthatatlan, nagyon fontos lenne, hogy az alapfogalmakat kellő mértékben elsajátítsák. Ez azonban nem mindig történik meg, diákjaink nagyon sok tévképzetet hordoznak. Két eset fordulhat elő. Vagy már az iskolába lépéskor rendelkeznek ezekkel az előzetes ismeretekkel, vagy az oktatás során alakulnak ki. Ahhoz, hogy tanáraink felkészültek legyenek a problémára, tisztában kell lenniük a tanuló ismeretsajátítási folyamatával, valamint konkrétan ismerniük kell egy-egy adott témakör tévképzeit is. Tudniuk kell, hogy milyen előzetes elképzeléseket hogyan, milyen lépéseken keresztül lehet felváltani a tudományos ismeretre, hogy később azokat tartósítani tudják. Azaz

nem elegendő pusztán a tévképzetekkel megismertetni őket, hanem különböző módszertani eszközöket kell a rendelkezésükre bocsátani, illetve meg kell tanítani őket arra, hogy hogyan készíthetik el önállóan azokat. Meg kell ismerniük a fogalmi fejlődés, illetve fogalmi váltás dinamikáját, hogy maguk is elő tudják idézni azt. Ez természetesen azt is jelenti, hogy alapvetően meg kell változtatni hozzáállásukat az ismeretelsajátítás folyamatához, illetve magához az oktatáshoz is.

A kémiaoktatás egyik problémája, hogy a didaktikai kutatások eredményei nagyon nehezen, hosszú idő elteltével kerülnek át a gyakorlatba. Ezt a problémát többek között azzal is megpróbálhatjuk leküzdeni, hogy - amint azt már említettem - olyan módszertani eszközöket bocsátunk a tanárok rendelkezésére, melyek nagy segítséget jelenthetnek a mindennapi gyakorlatban, az oktatás során. A legjobb az lenne, ha magához a tankönyvekhez, munkafüzetekhez kapcsolódóan készülne el ezek a segédletek, így rögtön bevetethetők lennének. Ezzel jelentős időt takaríthatnánk meg tanárainknak. Egyben példákat is szolgáltatathatnánk a további, önálló munkák elkészítéséhez. Ezek az eszközök tulajdonképpen a tévképzetkutatás, illetve a fogalmi fejlődés, fogalmi váltás vizsgálata során használt eszközök közül kerülhetnének ki elsődlegesen. Konkrétan lehetnek fogalmi térképek, diagnosztizáló tesztek, utótesztek, illetve tanítási módszerek is. E módszerek között kell felsorolni a fogalmi váltás technikáit is.

Az adatok értelmezését több feladatnál nagyban elősegítette a tudástér-elmélet használata, mely a kémia területén még új, idehaza pedig egyedi vizsgálati módszernek számít. Az egyes tanulócsoporthoz tanulási útjának meghatározásával olyan tanmenetek készítését segíthetjük, melyekben a tananyag elemei az életkori sajátosságoknak megfelelő sorrendben kerülnek megtanításra.

Végül meg kell említeni a jövőbeni kutatások fontosságát is. Céлом a magyar tanulók kémiai tévképzeteinek feltárása volt az alapfogalmak területén, de eredményeim további kérdések megfogalmazását vonták maguk után. Hipotéziseket alkottam az egyes tévképzetek kialakulásának okáról, amelyek csakis újabb kutatások segítségével igazolhatók. Időszerűvé vált az előző bekezdésben említett eszközök elkészítése, majd a gyakorlatban való tesztelése, hatásuk vizsgálata a tanulási folyamatban.

1. Introduction and aims

Nowadays the scientific education has been changing radically. The school is expected to transmit learning used in everyday life instead of the disciplinary knowledge. Scientific subjects must face multiple challenges and recently the position of chemistry has become harder. Students find chemistry abstract discipline and difficult to study. The repugnance of the society does not make the task easier for the educators in popularising this subject. Students cannot acquire the scientific concepts as required. It would only be proper to ask what the reason is and how we can solve this problem.

In the last four decades students' scientific knowledge has been studied. One of the main research fields is to reveal students' misconceptions and the other one is to examine the process of knowledge acquirement (conceptual development, conceptual change). According to results children possess a really special set of knowledge right before entering school. Some of their knowledge, which is hard to be replaced during education, is not compatible with the scientific concepts. If we get enough information about their preinstructional knowledge and how they are formed and are changing during the schoolyears, we can promote the process of further education and the development of appropriate methods. This way our students can easily acquire the knowledge of natural sciences including chemistry.

The extent of the acquisition of scientific education depends on understanding basic concepts mainly. In my researchwork I examined if students aged 13-17 are able to understand these concepts. I did so through studying some basic ideas (physical change, chemical change, amount of substance, element, compound, mixture). I wanted to know how their knowledge is developing during the instruction if there is conceptual development as students are getting older. A relatively new research method made it possible for me to study how knowledge about chemical concepts is organised in the cognitive structure of students of different ages. Last but not least I also aimed to reveal students' misconceptions.

2. The methods of research

2.1. Instruments

To my research I made 3 written tests with the following chemical basic concepts: (1) Physical change, chemical change; (2) Amount of substance; (3) Element, compound and mixture. The tests were completed in May and June of 2003 and the Portuguese versions based on the Hungarian tests in April and May of 2004.

2.2. Sample

The population was made up of Hungarian secondary school students age 13-17. Especially I chose secondary school with 6 and 8 classes, where the process of the teaching does not break after the 8th class with changing schools. The composition of the sample according to the tests and years is shown in Table 1.

The Portuguese sample was of similar ages but smaller. Table 2. contains the composition of the Portuguese sample per year.

Table 1: The Hungarian sample

	<i>7th graders</i>	<i>8th graders</i>	<i>9th graders</i>	<i>10th graders</i>	<i>11th graders</i>	<i>Total</i>
1. test	174	168	148	150	136	776
2. test	171	166	142	144	127	750
3. test	163	161	135	127	116	702
<i>N</i>	508	495	425	421	379	2228

Table 2: The Portuguese sample

	<i>7th graders</i>	<i>8th graders</i>	<i>9th graders</i>	<i>10th graders</i>	<i>11th graders</i>	<i>Total</i>
<i>N</i>	72	97	168	98	61	496

2.3. The method of evaluation

2.2.1. The content analysis of students' definitions

The answers to the open-end questions were analysed according to a six-category scale from scientific literature. This method attaches 0 to 5 scores to each answer depending on how close the given definition is to the right one and to what extent it contains misconception.

Another method: phenomenography (developed by Marton) made it possible to evaluate students' answers from another point of view. Based on phenomenography we form categories from the students' answers without considering them right or wrong.

2.2.2. Studying the characteristic knowledge structure of student groups

I determined the characteristic knowledge structure of student groups on basis of the fairly new Knowledge Space Theory. Knowledge space is the complex set of knowledge, which is essential to understand a certain subject. In chemistry a subject matter is often tested by a set of problems, which form a hierarchical organisation based on the knowledge necessary for their accomplishment. This organisation can be represented by the so-called Hasse diagram. The Hasse diagram is a directed graph with the problems requiring the least knowledge at the bottom. Following the arrows we can move on to the more and more complicated problem based on the simple ones. According to the knowledge space theory if students can solve a problem in the hierarchy, they are probably able to solve those below it as well. Each student has his or her own knowledge state, which is the complete set of responses by the student. The set of knowledge states is called knowledge structure, which can characterise the given student group. The knowledge structure can contain only those knowledge states, which are related to at least one knowledge state above it and another one below it. This method makes it possible to compare the characteristic knowledge structure of the student group with the so-called expert knowledge structure. With the help of the critical learning pathway drawn on the basis of the knowledge structure, we can determine the right order of teaching, can study the effect of different factors on the organisation of knowledge. Considering the changes in the students' knowledge structure we can also study their conceptual development.

2.2.3. Statistical analysis of data

For the calculations of the descriptive statistical figures and the significance of differences between student groups (one and paired-samples t-test, one-way ANOVA) I used the SPSS computer program. I draw the diagrams and charts using Microsoft Excel program mainly.

3. New scientific results

3.1. Results related to the concepts and understanding of physical and chemical changes

3.1.1. Students describe both physical and chemical changes mainly on macro level, they cannot connect it to the submicroscopic level.

Graduating (0-5) the level of understanding in the case of physical change is 3,6, whereas in chemical change it is 4,0. According to the phenomenography there are 2 main categories of students' definitions: macroscopic and sub-microscopic level. Students preferred the macro-level definitions in case of physical and chemical changes as well. On the basis of knowledge space theory, similarly to the expert learning pathway the macro level understanding of both changes comes before the sub-microscopic level in students' knowledge structure. However, contracted with it, the chemical change comes before the physical one. But the biggest difference is that the sub-micro level understanding of the physical change is based on the sub-micro level approach of the chemical change. With the proceeding of education the knowledge structure does not change. We can describe students' understanding about the chemical change with the help of 5 different models. The most appropriate model contains both the macro and sub-microscopic level conceptions but they are not related to each other. It means that most students are not able to find relationship between the two concepts. Even if they can, they build the sub-microscopic level approach on the macro level understanding, which is contrary to the scientific model.

3.1.2. Identifying particular process, students are the most successful in case of chemical changes and macro level understanding.

Students' achievement in each grade is only 44-55% with significant improvement after the 7th grade. The classification of the macro level processes is the most successful but it does not grow with age. Sub-microscopic level processes follow them, where there is a little bit of development in higher grades. Processes on the symbolical level are the most difficult to grade, although there is significant development in progress with education. As for the type of processes students find the chemical changes the easiest to identify. They are followed by the physical changes. In both cases there is some kind of improvement from grade to grade. As opposed to it, classifying solution processes is quite critical and there is not any development in time. There are two main misconceptions in general:

- Students consider solution as a chemical change. On the basis of their reasoning it is because the macro level characteristics of the chemical change determine the understanding of processes.
- They conceive processes on the symbolic level as chemical changes. The number of students who think so is significantly growing in the 8th and 9th grades. It is due to the misconception that chemical symbols and formulas are used to describe chemical reaction only.

To sum up students' typical learning pathways, determined by knowledge space theory, are certainly different from the expert route. As opposed to it, the solution processes are everywhere the last in line.

3.1.3. Regarding to the physical change and chemical change, in the most cases the Portuguese sample has the same misconceptions like the Hungarian one. This proves that internationally well-known fact that misconceptions appear independently of gender, age and culture.

3.1.4. Classifying features of processes students cling to either physical or chemical change even if the given feature can be characteristic of both.

From the 25 features I found 12 misconceptions concerning physical change, 19 of them concerning chemical change and one concerning both. From these I mention only those which appeared to a considerable (more than 50%) extent:

- The physical property of the substance can change only in physical change.
- The change of the physical state can happen only in physical change.
- A substance with new property can be formed in chemical change.
- The composition of substance can change only in chemical change.
- New stronger chemical bonds can be formed only in chemical change.
- Weaker intermolecular bonds can split or be formed only in chemical change.
- The change of electronic structures of particles can happen in chemical change.
- The composition of the nucleus can change only in chemical change.
- Only chemical changes can be described by chemical symbols and formulas.

Students refer the features characteristic of both changes to one of them solely. The reason for it is that the textbooks discuss the physical and chemical changes separately and then they do

not deal with the analogies and differences between them. Conceptual development occurs on the 9th and 10th grades.

3.2. Research results related to conceptual understanding of amount of substance

3.2.1. During the analysis of students' definitions on the amount of substance we face the most critical concept. Students understand this concept least of all. Their misconceptions regarding it correspond with the misconceptions in the scientific literature

Evaluating the answers on the basis of the scale with 6 categories one third of the students could not answer, the other third held misconceptions and only one fifth of them could write acceptable definitions. The level of understanding is very low on every grade, the mean is 1,7. The two most frequent misconceptions are:

- One mole is equivalent to Avogadro's number.
- One mole is equivalent to the molar mass of substance

3.2.2. Analysing the solutions of open-ended problem concerning the composition of binary compounds it turned out, that – contrary previous international experiences – Hungarian students prefer the strategies learned at school instead of the logical method.

We can distinguish 3 strategies on the basis of students' problem solving methods:

- mole method
- proportionality method
- logical method

Students prefer the strategies taught at school, especially the mole method. The more qualified the students are in chemistry the more they apply this method. The success of known strategies is of higher degree than unidentifiable methods. The most successful method is the logical method, but only a few students applied it. There is a difference in the choice of strategy between boys and girls. The girls used the proportionality method more frequently than the boys did. The boys applied the mole method and unidentified strategies on a larger scale than girls. Interestingly enough that some of the students (13%) explained the problem in connection with calculating the carbon content of MgCl_2 as a chemical reaction between magnesium and carbon. In my opinion this is a consequence of the fact that Hungarian chemistry teachers and the textbooks suggest writing chemical equations as the starting point

of the solution of chemical problems. The other problem is that 14% of the students used 'C₂' as a formula of carbon in MgCl₂. These students regarded 'C₂' as an entity.

3.3. Results related to the concept and understanding of the element, the compound and the mixture

3.3.1. *The students' understanding of the concepts concerning the element, the compound and the mixture is at medium level due to frequent misconceptions.*

On the basis of the scale 0 – 5 the means per grades are between 2 and 2,5, which is considered to be moderate as far as understanding is concerned. The mean of the total sample is 2,3 for the element, 2,2 for the compound and 2,3 for the mixture. Students on the 9th and 11th grades had the worst results. The typical misconceptions revealed during the analysis of students' definition are the following:

- The element is a neutral chemical particle.
- The element is a molecule composed of different kind of atoms.
- The compound is a molecule made up of different type of atoms.
- The mixture results from the reaction of two or more substances.
- The mixture can be made artificially.
- In the mixture the rate of components is constant.

3.3.2. *During the analysis of sentence-completion concerning the structure of substance I often met associations of atom and molecule, atom and element as well as molecule and compound.*

Similarly to international experiences the Hungarian students often confuse the macro-level concepts (element, compound) with the sub-micro level concepts (atom, molecule). The revealed misconceptions are the following:

- As a result of covalent bond a *compound* originates from the combination of some definite numbers of atoms.
- If water is broken (with electrolysis) two kinds of *atoms* form.
- During the heating of solid iodine a violet vapour forms, in which there are iodine *atoms*.
- *Atoms* belong to simple substances.
- The SiO₂ *molecule* is built by silicon atom and oxygen *atom/molecule*.

- The O_3 and O_2 molecules are the particles of the same element: oxygen *atom*.
- The *molecule* is a combined substance.
- The molecular shape of *compound* of ammonia is a triangular-pyramidal and all hydrogen *molecules* in it are univalent.
- The *compound* of sulphuric acid is made from three kinds of elements: hydrogen *molecule*, sulphur *molecule* and oxygen *molecule*.
- In reaction of sodium *atom* and chlorine *molecule/atom* NaCl *molecule* arises.
- In the periodic table of atoms/elements usually the state of matter of *atom(s)* and the size of *element(s)* are shown.
- The periodic table does not contain data about solubility of *molecules* or forms of *compounds*.

3.3.3. *During classification of particulate drawings identifying the state of matter is the easiest and the distinction of mixtures is the most difficult. Slight development can be observed in grades 8 and 10.*

Students were quite successful in identifying the state of matter, especially in case of solid samples. They have serious problems in distinguishing between homogeneous and heterogeneous mixtures. Most of the typical classification strategies are based on simple visual and formal inspection of drawings. The following misconceptions can be found:

- Water always exists in the liquid phase.
- Particles of gases should be the same.
- Particles in solid samples should be organised in the same repeating pattern.
- Elements and compounds always exist as pure substances.
- In heterogeneous mixtures particles of different types should be evenly distributed.

Using knowledge space theory as a tool for structural analysis I could not find long lasting changes in the students' cognitive structure. On the basis of the results of statistical, content and structural analyses it can be concluded that a slight development in understanding these basic concepts can be observed in grades 8 and 10. Note that students study mainly inorganic chemistry in grade 8, and organic chemistry in grade 10. This fact suggests that investigating real chemical systems and the exploration of their nature perhaps contribute to the success of identifying particulate drawings and to interpreting the nature of matter at sub-microscopic level more than studying general chemistry in itself.

4. Possible applications of the results

In my opinion there are three areas where the results could be applied directly. Firstly, in teacher training, secondly in creating teaching aids and thirdly to determine further research directions.

One of the tasks of higher education in teacher training is to provide appropriate professional skills for prospective teachers. With these skills they will be able to teach students what they can put to use after learning school. To do so teachers have to compete with the demands of our time and their influence as well. Teaching chemistry sets our teachers to an extremely difficult task as this science is about a world that is imperceptible to the eye. For this reason it would be very important for students to acquire a proper knowledge of the basic concepts. As a matter of fact, it is not always realized, our students have a lot of misconceptions. There are two reasons for it. Either they have them when they enter school, or they make them during education. To be prepared for the problem, our teachers should be aware of their students' learning process and their misconceptions in a given subject matter. Teachers must also know the steps how the wrong preconceptions can be replaced by scientific material of knowledge. It means that the simple realization of students' misconception is not enough for teachers. They should be acquainted with different methodological tools that are available for them and how to create new ones by themselves. They must learn the dynamics of conceptual development and change so that they themselves can induce them. As a matter of course, it means changing our attitude radically to the learning and teaching process as well.

One of the problems of teaching chemistry is that it takes a long time for the results of didactic studies to be transferred into practice. We can cope with this problem if we provide usable and practical methodological tools for teachers to help them with teaching (mentioned above). It would be the best if these teaching aids were connected with the course books and workbooks, so that they could be used immediately. In this way teachers could save a lot of time and we could set an example for them how to make further, individual work. These tools could be chosen from the tools used in studying misconceptions, conceptual development and conceptual change mainly. More precisely they can be concept maps, diagnosing tests, post-tests or teaching methods. Among these methods we should mention the techniques of conceptual change.

The interpretation of the data was greatly promoted by the use of knowledge space theory, which is quite new in the field of chemistry and is considered a unique analytical method in Hungary. Determining the learning pathway of certain learning groups we can aid the compilation of syllabuses, which make it possible to teach the elements of the curriculum in due course corresponding with students' age peculiarities.

At least I must mention the importance of further research work. Originally, I intended to reveal Hungarian students' misconceptions as far as the basic concepts are concerned, but the results I found during my research work raised further questions. I made hypotheses on the causes why certain misconceptions may form. It is very much on the agenda to make the tools mentioned in the above paragraph then to test them in practice and to examine their influence in the learning process.

5. Tudományos publikációk (Publications)

5.1. Az értekezés témájához közvetlenül kapcsolódó publikációk (Publications connected to this thesis)

Referált, nemzetközi folyóiratban megjelent tudományos közlemények adatai (Papers published in international referred journals):

1. Tóth Zoltán – Kiss Edina

Hungarian secondary school students' strategies in solving stoichiometric problems
Journal of Science Education, Vol. 6. No. 1, (2005) p. 47 – 49.

2. Tóth Zoltán – Kiss Edina

Using Particulate Drawings to Study 13-17 Year Olds' Understanding of Physical and Chemical Composition of Matter as well as the State of Matter
Practice and Theory in Systems of Education, Vol. 1. No. 1, (2006) p. 109 – 125.
(<http://eduscience.fw.hu>)

3. Tóth Zoltán – Kiss Edina

Modelling Students' Thinking Patterns in Describing Chemical Change at Macroscopic and Submicroscopic Levels
Journal of Science Education (közlésre beküldve)

Referált, magyar nyelvű folyóiratban megjelent közlemény (Paper published in Hungarian referred journal):

1. Tóth Zoltán – Kiss Edina

A fizikai és kémiai változások azonosításával kapcsolatos tudásszerkezet
(Knowledge structure regarding to the identification of physical and chemical changes)
Iskolakultúra, 17. évfolyam, 1. szám, (2007) 19-30.

Nem referált folyóiratokban megjelent közlemények (Papers published in non-referred journals):

1. Tóth Zoltán – Kiss Edina

Középiskolai tanulók feladatmegoldó stratégiái egyszerű sztöchiometriai problémákra
(Secondary school students' strategies in solving simple stoichiometric problems)
A Kémia Tanítása, 12. évfolyam, 1. szám, (2004) 7-11.

2. Kiss Edina – Sebestyén Annamária – Dr. Tóth Zoltán

A tanulók tévképzei és fogalmi fejlődése a fizikai változás és kémiai változás témakörében
(Students' misconceptions and conceptual development on field of physical change and chemical change)
A Kémia Tanítása, 13. évfolyam, 4. szám, (2005) 11-22.

3. Kiss Edina – Dr. Tóth Zoltán

A tanulók anyagmennyiséggel kapcsolatos fogalmi megértése és fejlődése

(Students' conceptual understanding and development regarding to the amount of substance)
Középiskolai Kémiai Lapok, XXXIII. évf. 1. szám, (2006) 72-90.

Konferenciákon tartott előadások (Lectures presented at conferences):

1. Kiss Edina

Tévképzet kutatás a kémia néhány alapvető fogalmának területén

(Investigating misconceptions on field of some chemical basic ideas)

III. Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2003. (Program és Tartalmi Összefoglalók, 347. o.)

2. Kiss Edina – Tóth Zoltán

Tanulói tévképzetek vizsgálata a kémia alapfogalmainak területén

(Inquiry of students' misconceptions on field of basic ideas of chemistry)

IX. Nemzetközi Vegyészkonferencia, Kolozsvár, Románia, 2003. (Összefoglalók, 235-238. o.)

3. Kiss Edina – Tóth Zoltán

Tanulói tévképzetek kutatása a kémia alapfogalmainak területén

(Investigating students' misconceptions on field of basic concepts of chemistry)

XXI. Kémiatanári Konferencia, Pécs, 2004. (Összefoglalók, 80-81. o.)

4. Kiss Edina – Tóth Zoltán

A tanulók fogalmi fejlődésének vizsgálata az „elem, vegyület és keverék” témakörben

(Research of students' conceptual development in theme of „element, compound and mixture”)

XXI. Kémiatanári Konferencia, Pécs, 2004. (Összefoglalók, 82-83. o.)

5. Kiss Edina

Az anyagmennyiség fogalmával kapcsolatos tévképzetek

(Misconceptions concerning amount of substance)

IV. Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2004. (Program és Tartalmi Összefoglalók, 310. o.)

6. Kiss Edina – Dr. Tóth Zoltán

Tévképzetek a kémiában

(Misconceptions in chemistry)

Tavaszi Szél 2005 – VIII. Országos PhD Konferencia, Debrecen, 2005. (Konferencia kiadvány 220 – 223. o.)

7. Kiss Edina

A tanulók részecskeábrák azonosításában mutatott teljesítménye és tudásszerkezete

(Students' achievement and knowledge structure in identifying particulate drawings)

V. Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2005. (Program és Tartalmi Összefoglalók, 159. o.)

8. Tóth Zoltán – Kiss Edina

Általános és középiskolás tanulók fizikai és kémiai változások megkülönböztetésével kapcsolatos tudásszerkezete

(Primary and secondary school students' knowledge structure in distinction of physical and chemical changes)

VI. Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2006. (Program és Tartalmi Összefoglalók, 139. o.)

Konferenciákon bemutatott poszterek (Posters presented at conferences):

1. Kiss Edina – Tóth Zoltán

Hungarian students' misconceptions in basic chemistry ideas

7th European Conference on Research in Chemical Education, Ljubljana, Slovenia, 2004. (Programme and abstracts, p. 229-230.)

2. Kiss Edina – Tóth Zoltán

Students' misconceptions regarding to the mole concept

8th European Conference of Chemistry Teachers, Eisenstadt, 2005. (Book of Abstracts, p. 68.)

3. Tóth Zoltán – Kiss Edina

Using Particulate Drawings to Study 13-17 Year Olds' Understanding of Physical and Chemical Composition of Matter as well as the State of Matter

1st European Chemistry Congress, Budapest, 2006. (Abstract Book, p. 237.)

4. Teresa M. Santos – Kiss Edina – Fontes Rosa – Nilza Costa – Tóth Zoltán

Detecção de Concepções Alternativas, ou Erradas, em Conceitos Básicos de Química, em Alunos Húngaros e Portugueses: Estudo Comparativo

(Alternatív fogalmak és tévképzetek azonosítása a kémia alapfogalmi területén, magyar és portugál tanulók körében: összehasonlító vizsgálat)

(Identifying alternative conceptions and misconception on field of chemical basic ideas among Hungarian and Portuguese students: comparative research work)

XII. Encontro Nacional Educacao em Ciencias, Vila Real, Portugália 2007. szeptember 27-29.

5. Teresa M. Santos – Kiss Edina – Nilza Costa – Tóth Zoltán – Rosa Fontes

Estudo Comparativo em Alunos Húngaros e Portugueses: Detecção de Concepções Alternativas, ou Erradas, em Conceitos Básicos de Química

(Magyar és portugál tanulók körében végzett összehasonlító vizsgálat: alternatív fogalmak és tévképzetek kutatása a kémia alapfogalmi területén)

(Comparative research work among Hungarian and Portuguese students: alternative concepts and misconceptions on field of chemical basic concepts)

V. Encontro nacional da Divisão de Ensino e Divulgação da Química, (DEDQ) Braga, Portugália, 2007. november 8-10.

5.2. Az értekezés témájához közvetlenül nem kapcsolódó publikációk (Publications not connected to this thesis)

1. Tóthné Kiss Edina - Soltész György

Jelek és szimbólumok értelmezése a kémiában és a hétköznapiakban

Módszerek és eljárások, 10. (Szerk.: Tóth Z.), KLTE Kémia Szakmódszertani Részleg, Debrecen, 1998. 67-72. oldal

2. Soltész György - Kiss Edina

Triciklodekán-izomerek szénvázának modellezése. A lehetséges izomerek megkeresése pálcikamodellel

Módszerek és eljárások, 11. (Szerk.: Tóth Z.), DE Kémia Szakmódszertani Részleg, Debrecen, 2000. 22-28. oldal

3. Kiss Edina - Soltész György

Gyűrűk megkeresése a triciklodekán-izomerek képleteiben. A tanulók megoldási algoritmusai

Módszerek és eljárások, 11. (Szerk.: Tóth Z.), DE Kémia Szakmódszertani Részleg, Debrecen, 2000. 29-36. oldal

4. Soltész György - Kiss Edina

Problématípusú feladatok a középiskolai kémia tanításában (előadás)

Program és Tartalmi Összefoglalók, I. Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2001. 182. oldal

5. Kiss Edina – Tóth Zoltán

Fogalmi térképek a kémia tanításában

Módszerek és eljárások, 12. (Szerk.: Tóth Z.), DE Kémia Szakmódszertani Részleg, Debrecen, 2002. 63-69. oldal

6. Soltész György – Kiss Edina

A kémiatankönyvek ábráinak szerepe a térlátás fejlesztésében

Módszerek és eljárások, 12. (Szerk.: Tóth Z.), DE Kémia Szakmódszertani Részleg, Debrecen, 2002. 128-132. oldal

7. Kiss Edina

Kekule álma, avagy a benzol szerkezete (poszter)

Előadás összefoglalók, XX. Kémiatanári Konferencia, Eger, 2002. 122. oldal

8. Kiss Edina – Tóth Zoltán

Fogalmi térképek (poszter)

Előadás összefoglalók, XX. Kémiatanári Konferencia, Eger, 2002. 124. oldal

9. Kiss Edina – Tóth Zoltán

Fogalmi térképek a kémia tanításában (poszter)

II. Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2002. (Program és Tartalmi Összefoglalók, 254. o.)

10. Tóth Zoltán – Kiss Edina – Hans-Dieter Barke

Egy kémiatanításban használható térszemléleti teszt hazai adaptációja

Magyar Pedagógia 103. évfolyam, 4. Szám, (2003) 459 – 479. oldal

11. Tóth Zoltán – Kiss Edina – Búzásné Nagy Gabriella

Egy térszemlélet mérésére alkalmas teszt hazai adaptációja

Középiskolai Kémiai Lapok, XXXI. évf. 5. szám, (2004) 432-450. oldal

12. Kiss Edina – Tóth Zoltán

Térszemlélet mérése a kémiában (poszter)

Program és Tartalmi Összefoglalók, IV. Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2004. 242. oldal

13. Kiss Edina – Tóth Zoltán – Soltész György

Egy térlátást mérő teszt hazai kipróbálásának tapasztalatai (poszter)

XXI. Kémiatanári Konferencia, Pécs, 2004. (Összefoglalók, 160. o.)

14. Soltész György – Benyó Enikő – Kiss Edina

Gyakorló feladatok a térlátás fejlesztéséhez (poszter)

XXI. Kémiatanári Konferencia, Pécs, 2004. (Összefoglalók, 174. o.)

15. Kiss Edina – Tóth Zoltán

Térszemlélet mérése a kémiában (poszter)

IV. Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2004. (Program és Tartalmi Összefoglalók, 242. o.)

16. Kiss Edina – Soltész György – Tóth Zoltán

A Barke-féle térszemléleti teszt

Középiskolai Kémiai Lapok, XXXII. évf. 2. szám, (2005) 141-154. oldal

A kutatást az OTKA (T-034288 és T-049379) 2001-2008 között támogatta.

Research work was supported by OTKA (T-034288 and T-049379) between 2001 and 2008.