

A KÖZÉPISKOLAI KÉMIA TANÍTÁS
FOGALMI RENDSZERÉNEK VIZSGÁLATA ONTOLÓGIAI
ÉS GNOSZEOLÓGIAI SZEMPONTBÓL

(A periodicitás és a delokalizált π -kötés
fogalmának elemzése)

Dr. Adamkovich István - Dr. Géczeg Ferencné

A gimnáziumi kémia tananyag tanítása során a szaktanár-
nak igen nagy fogalomkészlettel kell dolgoznia. Bár kétség-
telen, hogy ezen fogalmak értelmezése, magyarázata, szakmai
pontosításra is szorulhatna, mi most mégis inkább arra vál-
lalkozunk, hogy e fogalmi rendszert filozófiai vizsgálatnak
vetjük alá. Megállapításainkat a szakdidaktika gyakorlati ol-
daláról tesszük meg, ezzel is hangsúlyozni kívánjuk a téma
nevelési aktualitását. Az ontológiai, gnoszeológiai elemzé-
sek során nem törekszünk teljességre, csupán kiragadott pél-
dával szeretnénk illusztrálni a problémakört. Nem szorul bi-
zonyításra, hogy a természettudományos tantárgyak (pl. ké-
mia) tanítási óráin a világnézeti problémák implicite jelen
vannak, és a tananyag természetétől függ, hogy a szaktanár
az ontológiai (lételméleti), vagy a gnoszeológiai (ismeret-
elméleti) tényeket, összefüggéseket emeli-e ki. Figyelmünket
a megismerés tárgyára, valamint a megismerés folyamatára i-
rányítjuk. A jelzett elemzési mód azt jelenti, hogy az egyes
fogalmakat és a fogalmak rendszerét az őket létrehozó, felé-
pitő és alakító ontológiai és gnoszeológiai hatásokkal szem-
besítjük.

A kémia tantárgy fogalmi rendszere előkelő helyet fog-
lal el a korszerű általános műveltségben, amennyiben jellege
révén meghatározza közvetlenül a tanulók természettudományos

v i l á g k é p t a r t a l m á t és közvetve a tudományos gondolkodás sajátosságait. A tantárgy fogalmait elsődlegesen azok az objektumok (pl. molekulák), folyamatok (pl. elektrolitos disszociáció) és viszonyok (pl. elektródpotenciál) alkotják, amelyeket tanulmányoz, másodlagosan pedig magának a megismerési folyamatnak a szerkezete (pl. előfordulási valószínűség) determinálják a fogalmi rendszert. A tankönyvi fogalmak ontológiai elemzése elvezet az anyagi objektumok mozgásának és kölcsönhatásának alapvető típusához, a kémiai mozgásformákhoz, amely a tanításban további alapját képezheti a tanulók egységes, rendszeres világképének. A fogalmak gnoszeológiai szempontból történő analízise pedig rámutat arra, hogy az iskolai megismerés elemei között talá-lunk érzéki-empirikus és gondolati-logikai jellegűeket egyaránt. A vizsgálódásaink középpontjába állított példákkal csupán egy lehetséges megoldást kívánunk nyújtani, s a tekintetben sincsenek kételyeink, hogy megállapításaink csak megfelelő szakmódszertani adaptálással kerülhetnek a tanítási órán feldolgozásra. Szem előtt tartjuk azt, hogy semmiféle világnézeti kérdés nem oldható meg tisztán ontológiai vagy tisztán gnoszeológiai formában.

A természettudományos gondolkodásnak, s ezen belül a kémiai gondolkodásnak egyik fő formája a fogalom. A gimnáziumi tananyag közel 200 fogalmat definiál, illetve használ, s így ezek a tanítás-tanulás folyamatában alapvető szerepet töltenek be. A tanulók a tapasztalati világot a fogalmakkal gondolatba foglalják: az érzéki megismeréstől (megfigyelés, kísérlet) az absztrakt gondolkodásig vezető utat tehát az jellemzi, hogy az érzetek formájában történő visszatükrözést felváltja a gondolati visszatükrözés. Így a gondolkodást úgy is felfoghatjuk, mint a fogalmakkal való operálást [1]. A tananyag fogalmi rendszerének végső soron a tudományos elmélet strukturájához kell hasonlítani. A kémiai ismeret a fogalmak rendezett halmaza, melynek elemei, a fogalmak között logikai kapcsolat van [2]. A halmazon be-

lül az egyértelműség, a fogalmak közti ellentmondás-mentesség, valamint a rendszer (halmaz) koherenciája nagyon lényeges kritériumok. Mindezekből kitűnik, hogy a rendszerezett fogalmak szisztematikus kapcsolatban állnak egymással, s ez a fogalmi rendszer alkotja a tananyag racionális magját.

A tantárgy fogalmait igen sokféle alapon osztályozhatjuk. Az oktatás szempontjából azok a csoportosítások a leghasznosabbak, melyeknek segítségével közelebb kerülhetünk a kémia tanításának elméletéhez és gyakorlatához. A fogalmak és azok nyelvi kifejezései igen szoros kapcsolatban állnak egymással. A kémiai szókincs kialakítása az általános iskolában kezdődik, bővítése, továbbfejlesztése a középiskolában folytatódik. A köznapi és tudományos nyelv jelentős eltérése didaktikai problémákhoz vezet. A felmerülő nehézségek leküzdése érdekében érdemes megvilágítani, milyen folyamatokon keresztül alakult ki a köznapi nyelvből a kémia terminológiája. Az ilyen vizsgálat ontológiai és ismeretelméleti következtetések kiindulópontja is lehet. A kvantumkémia nyelvi problémáit vizsgálva például megállapítható, hogy a tanulók gondolkodása, nyelvi kifejezései a makroszkópikus világhoz alkalmazkodnak, és ezáltal megnehezítik az atomokkal, molekulákkal adekvát fogalmak kialakulását (pl. pályaenergia).

A továbbiakban arra mutatunk be példákat, hogy a mindennapi nyelv kifejezései milyen módon épülnek be a szaknyelvbe [3]:

fogalomáttemelés - a természetes nyelv fogalma tudományos fogalomvá válik (pl. mag, héj, kötés, pálya, rács, (viz) keménység stb.);

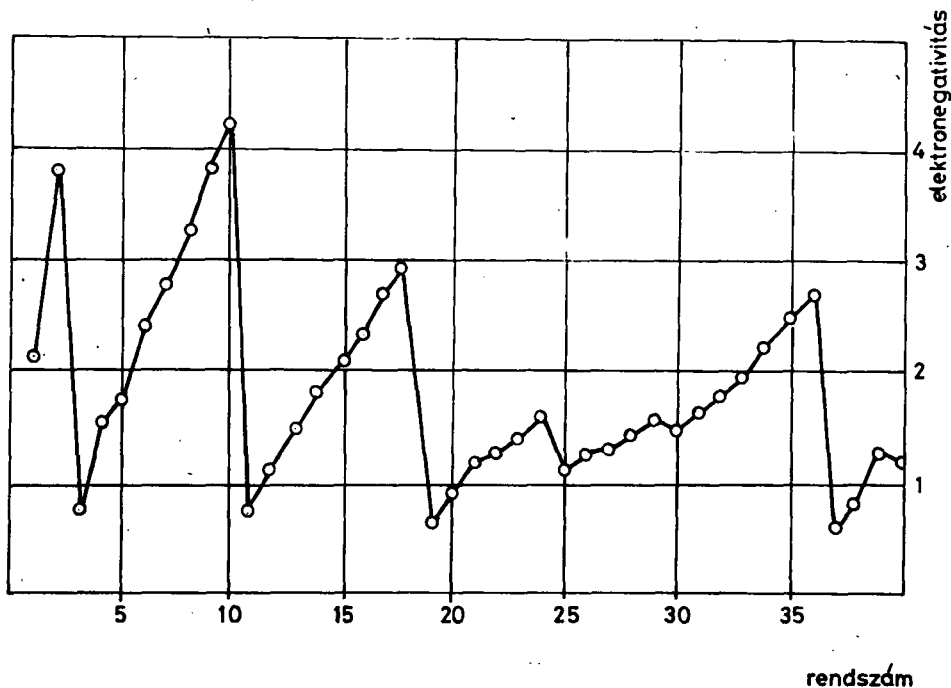
fogalomátvitel - egyik tudomány fogalma a másik tudomány területére megy át, miközben tartalma és terjedelme is módosul (pl. egyenlet, gyök, képlet, reakció stb.);

fogalomvisszavezetés - a korábban különbözőnek vélt fogalmakról kimutatják, hogy tartalmi és terjedelmi szempontból azonosak (pl. rozsdásodás - oxidáció, rendszám - protonszám stb.).

A tanításban a legnagyobb nehézséget az okozza, hogy e fogalmi rendszer absztraktsága (pl. kvantummechanikai atommodell) és belső szigorúsága messze túlhaladja a köznapi gondolkodás szintjét.

A periodicitás fogalmának lételméleti gyökerei

Az I. osztályos kémia tanterv "Anyagszerkezet" c. fejezetének egyik legfontosabb fogalma a *periodicitás*. Ha történetiségében vizsgáljuk e nagy jelentőségű törvényszerűséget, arra a megállapításra juthatunk, hogy a kémia tudomány fejlődésére gyakorolt hatása vitathatatlan. Másfelől a tanítás sem nélkülözheti a tudománytörténeti szemléletet, mely nem egyszerűen a múlt felidézése, hanem nagy jelentőséggel bír a fejlődés dialektikájának felismertetésében is. Az "atomsúlyok" pontos meghatározása, illetve az atomelmélet bevezetése után ismeretessé vált, hogy összefüggés van az elemek kémiai természete és az atomok számszerű értékei között. 1829-ben Döbereiner, majd 1857-ben Ernst Lessen elemtriádjai 3-3 elem rokoni kapcsolatait mutatják. 1853-ban Gladstone, majd 1865-ben Newlands kimutatta, hogy ha az elemeket atomsúlyaik sorrendjében helyezik el, néhány jelentéktelen felcserélés mellett, az azonos csoportba vagy családba tartozó elemek rendszerint ugyanazon a vízszintes vonalon jelennek meg. Ezen táblázat alapján mondotta ki Newlands az oktáv törvényét, mely már magában rejti a tulajdonságok periódikus ismétlődésének gondolatát. A *periodicitás* jelentőségét egy mástól függetlenül 1868-69-ben Meyer és Mengyelejev ismerték fel, amelyért 1882-ben Davy-émlékérmeket kaptak. Az elemeket az akkor ismert atomsúlyaik sorrendjében elrendezve, és figyelembe véve a még fel nem fedezett elemek létezésének lehetőségét is, bizonyos tulajdonságok ismétlődését állapították meg. Konkrétan kimutatták, hogy mind a fizikai, mind a kémiai tulajdonságok (pl. jellem) bizonyos *periodicitást* mutatnak (1. ábra).



1. ábra

A Mengyelejev-féle csoportosításban a hangsúly az atomsúly és a vegyértéket is magában foglaló kémiai tulajdonságok közötti összefüggésen van. A *periodicitás* értékének és jelentőségének felismerésével Mengyelejev megjósolta a még ismeretlen elemek tulajdonságait. Egyik előadásában [4] a következőket mondta: "A periódusos törvény kihirdetése előtt a kémiai elemek csupán a természet töredékes, véletlen jelenségei voltak; nem volt semmilyen ok arra, hogy új elemek felfedezésére számítani lehessen, és a felfedezett új elemekről is időről-időre teljesen új tulajdonságok derültek ki. A periodicitás törvénye tett először képessé bennünket arra, hogy ismeretlen elemeket olyan távolságban érzékeljünk, ami korábban a kémiai szemlélet számára megközelíthetetlen volt, s az új elemek már jóval a felfedezésük előtt egy sor jól meghatáro-

zott tulajdonsággal rendelkezve jelentek meg szemünk előtt"
[4., 52.o.]

A későbbiekben kiderült, hogy nemcsak az elemek, hanem a vegyületek tulajdonságai is az "atomsúly" periódikus függvényei. A XIX. század utolsó, és a XX. század első évtizedeiben végzett kísérleti vizsgálatok eredményeiből fejlesztették ki az anyag elektronszerkezetének elméletét, amellyel a *periodicitást* is értelmezni lehetett. Ennek értelmében az atomtömeg (atomsúly) és az elemek tulajdonságai közt valóban fellelhető az összefüggés, de a közvetlen ok az atom elektronszerkezetének minősége alapállapotban, illetve a magtól-tetés nagysága (rendszer). A *periodicitás* az elemek egyéb jellemzőire is érvényes: atomtérfogó, olvadáspont, forráspont, ionizációs energia, kompresszibilitási, tágulási együttható, mágneses tulajdonságok, ionrádiusz, disszociációs energia stb. A *periodicitás* érvényességi határa megszabja a kémiai mozgásforma létének külső feltételeit is. BUTAKOV [5] veti fel a gondolatot, hogyan változhatnak meg a külső körülményektől függően a kémiai elemek periodicitásának formái. Véleménye szerint "... nem lehet fenntartás nélkül tagadni, hogy bizonyos, napjainkban még ismeretlen külső paraméterek további változásai a periodicitás új változatához vezetnek". A Föld fizikokémiai modelljével kapcsolatos vitában TRIFONOV [6] a földgömb zónáit a következőképpen képzei el:

1. A normális kémiai viselkedés zónája, ahol a Mengyelejev-féle periodicitás érvényesül;

2. az elfajuló kémiai viselkedés zónája, ahol a Mengyelejev-féle periodicitás fokozatosan eltűnik, és az elfajult periodicitás nő;

3. az elfajult kémiai viselkedés zónája, amelyet tipikusan elfajult periodicitás jellemez;

4. az elfajuló kémiai periodicitás, amellyel megkezdődik a kémiai tulajdonságok eltűnése;

5. a magperiodicitás és zérus kémiai viselkedés zónája.

Mindebből világosan kitűnik, hogy a *periodicitás* érvényességi határait illetően további kutatások szükségesek. Egy bizonyos, hogy a kémiai mozgásforma nem *u n i v e r z á l i s* mozgásformája az anyagnak. Ezen megállapításokat figyelembe véve, a *periodicitás* fogalmától eljuthatunk az anyag fejlődéstörténetéhez [7], hiszen a világmindenség fejlődésének fázisait is döntően a hőmérsékletek határozták meg. Az elemekre vonatkoztatott *periodicitás* nem tanulmányozható az elemek kialakulásától függetlenül, és ez ontológiai kérdés [8].

*A delokalizált π -kötés tanításának
ismeretelméleti gyökerei*

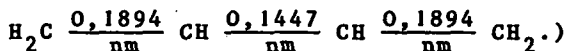
A tanítás tartalmának és módszerének kiválasztásához minden fokon figyelembe kell venni a kémiatudomány logikáját és az adott koru tanulók pszichikumát. A pszichológiai tényezők tekintetbe vétele olyan módszerek alkalmazását feltételezi, amelyek maximálisan elősegítik a természettudományos gondolkodás fejlődését. A tradicionális oktatás csak a kémiai tananyag elsajátításának módszereivel foglalkozik, de nem vizsgálja (legfeljebb érinti) a megismerés folyamatát és a fogalomalkotás módszereit. Ilyen tanítás eredményeképpen nem fejlődik kellően a tanulóknak az a képessége, hogy a megismerés módszereit, logikai strukturáját más tartalmu következtetésekre is alkalmazzák. Belátható, hogy az adott feltételek között megengedhetetlen, hogy a középfoku kémiai képzés jelentősen elmaradjon tudománya fejlődésétől; a tananyagnak tükröznie kell az ismeretelméleti problémák meghatározó mozzanatait [9]. A dialektikus materialista álláspont szerint a tanítás folyamatát nem redukálhatjuk a tantárgy fogalmainak deduktív, formális felépítésére, hanem a fogalomalkotás során végigjárunk egy lerövidített és logikailag-módszertanilag is tömörített megismerési folyamatot.

A delokalizált π -kötések tanítására először a gimnázium első osztályában kerül sor, itt történik meg a fogalom kialakítása. További elmélyítése a második osztály feladata. A téma néhány nyilvánvaló, és egy pár rejtett gnoszeológiai vonatkozása több szempontból tanulságos.

A kémiai kötések kvantumkémiai leírására két alapvető közelítő módszert alkalmaznak. Az egyik a vegyértékkötés-módszer (VB), a másik a molekulapálya-módszer(ek) (MO) [10]. A molekulapálya-módszerek közül a delokalizált π -elektronok leírását legegyszerűbben a Hückeltől származó LCAO MO-módszerrel adhatjuk meg. A középiskolai modell ennek nagyon sematizált kvalitatív leegyszerűsítése. A kvantummechanikai atommodell fogalmainak (pl. előfordulási valószínűség, részecske-hullám dualizmus stb.) absztraktsága, sajátos természete didaktikai nehézségek forrása, de mindezek a problémák a delokalizált π -kötés tanításakor hatványozottan jelentkeznek.

a) Az első osztályban az atom fogalmával kapcsolatban a kvantummechanikai szemléletet csak nagyon felszínesen lehet kialakítani, éppen ezért később nem könnyű beláttatni, hogy pl. a határozatlansági reláció a delokalizált elektronokra is vonatkozik, amiből következik, hogy a delokalizált elektronok jellemzésére nem szabad felhasználni a Laplace-i determinizmust [11]. (Ezt a téves szemléletet tükrözi például a tanulóknak arra vonatkozó kérdése, hogy a σ -kötés által meghatározott sík feletti térrészből a π -kötést létesítő elektronok hogyan "ugranak át" a sík alatti térrészbe.) A tanításban a delokalizált elektronok fogalmának értelmezésével az okság fogalma továbbfejleszthető. A molekulában az elektronok állapota az oksági összefüggés statisztikus formájával fejezhető ki, mely hullámfüggvény alakban írható le. Megmutatható, hogy - a molekulák esetében is - az anyag két formája, a korpuszkulum és a fizikai mező között szoros a kapcsolat, s ezzel is a két forma egymásba való alakulásának képességét hangsúlyozhatjuk [12].

b) A másik nehézség abban áll, hogy a delokalizált elektronokat tartalmazó molekulában a "klasszikus vegyérték" érvényét veszti, és helyette olyan fontos fogalmak lépnek be, mint kötésrend π -elektronsűrűség, és a szabad-vegyérték-index fogalma). (Pl. a 1,3-butadien molekulában a kémiai kötés az egyszeres és a kettős kötés közöttinek tekinthető:

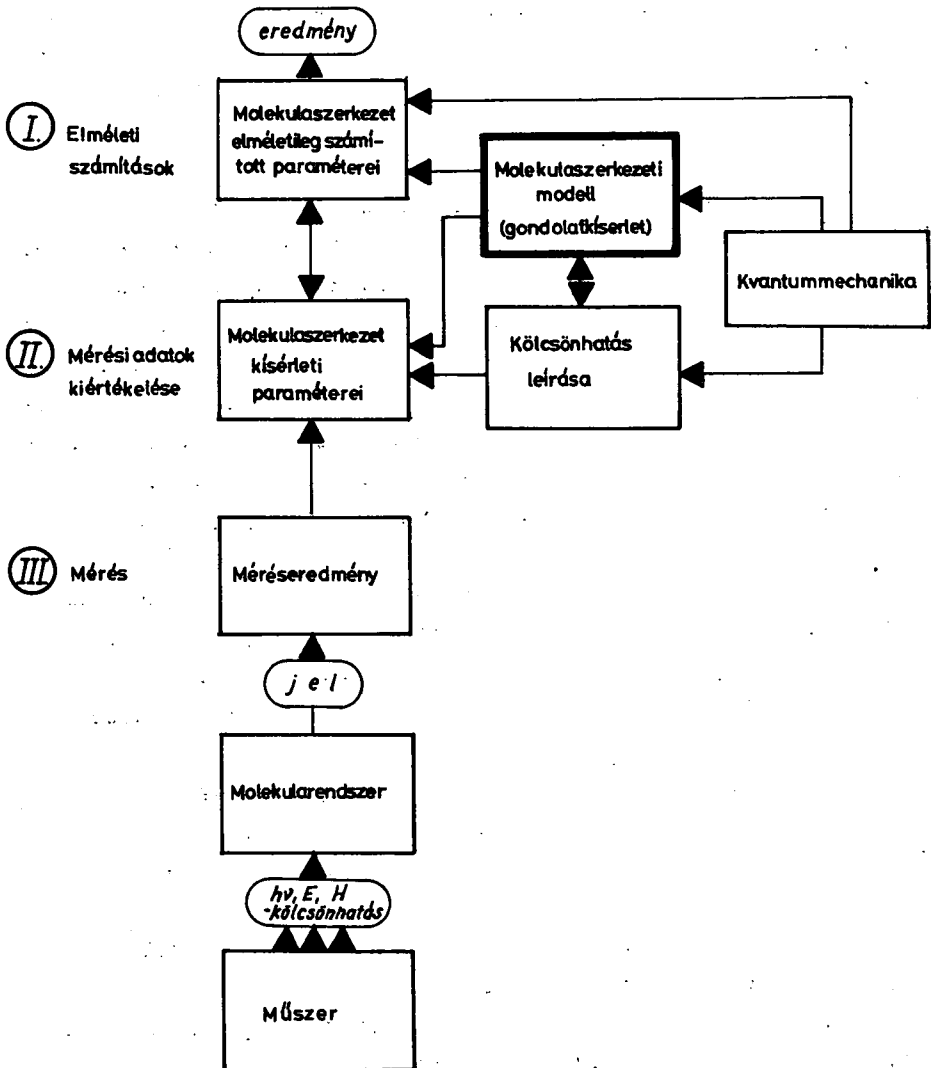


A tanításban jelentkező ellentmondások feloldására a szakdidaktika a módszerek gazdag választékával rendelkezik, és a "hagyományos" kémiai fogalmak tanításában bármely módszer gyümölcsöző lehet. Mindezekkel ellentétben a kvantumkémiai fogalmak olyan módszereket kívánnak meg, amelyek szoros ismeretelméleti kapcsolatban vannak azokkal. Ennek a feltételnek tesz eleget a modell-módszer és a gondolatkísérlet. Mindkettő tudománytörténeti jelentőségű. A kémiai kötéselméletek (VB- és MO-elmélet) a tudományos kutatás folyamatában modellként funkcionálnak (2. ábra).

A gondolatkísérlet a modern fizika leghatékonyabb módszerének bizonyult, ismeretelméleti jelentősége hasonló az eszmei gondolati modellekéhez. Képes fizikai elveket szemléletessé tenni, reális kísérleteket gondolatban előkészíteni.

E módszerek alkalmazásakor a tanulók szerepe sokkal bonyolultabb, mint a tényleges kísérleti munka során, mert a kvantumkémiai gondolkodásba való bekapcsolódás fokozottabb gondolati aktivitást kíván meg tőlük.

A felvázolt és bemutatott példákkal kettős szándékunk volt; egyrészt a fogalmak ontológiai és gnoszeológiai elemzésével új megvilágításba helyezni a tantárgy tanításának módszertanát, másrészt bizonyítani, hogy a tanításban alkalmazott fogalmak jellegéből [13] következtetni lehet a tantárgy fejlettségére, és arra a gondolkodási folyamatra, amellyel ezeket a fogalmakat a tanulók elsajátíthatják.



A molekulaszerkezeti kutatások három szintje

2. ábra

IRODALOM

- [1] VOJSVILLO, J.K.: A fogalom. Gondolat, Budapest, 1978.
- [2] MARX W. WARTOFSKY: A tudományos gondolkodás fogalmi alapjai. Gondolat, Budapest, 1977.
- [3] FEHÉR M. - HÁRSING L.: A tudományos problémától az elméletig. Kossuth, Budapest, 1977.
- [4] FINDLAY, A. - WILLIAMS, T.I.: A kémia száz éve. Gondolat, Budapest, 1969.
- [5] BUTÁKOV, A.A.: A mozgás alapformái a modern tudomány fényében. Gondolat, Budapest, 1980.
- [6] BUTÁKOV, A.A.: A mozgás alapformái a modern tudomány fényében. Gondolat, Budapest, 1980.
- [7] AMBARCUMJAN, V.A.: Az Univerzum kutatásának filozófiai kérdései. Gondolat, Budapest, 1980.
- [8] A Föld és fejlődéstörténete. Gondolat, Budapest, 1975.
- [9] FÖLDESI T.: A "megismerhetőség" modern problémái. Kossuth, Budapest, 1971.
- [10] KARAPETJANC, M.H. - DRAKIN, Sz.I.: Az anyag szerkezete. Tankönyvkiadó, Budapest, 1977.
MÁTHÉ J.: Az anyag szerkezete. Műszaki Kiadó, Budapest, 1979.
- [11] BITSAAKIS, E.: A modern fizika és a dialektikus materializmus. Kossuth, Budapest, 1976.
MÜLLER A.: Kvantummechanika és fizikai világkép. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1967.
- [12] POZNER, A.: Igazságok és paradoxonok, Kossuth, Budapest, 1979.
- [13] SZIGETVÁRI S.: A fogalmak dialektikája. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1981.

**STUDY OF THE CONCEPTUAL SYSTEM OF SECONDARY SCHOOL CHEMISTRY
TEACHING FROM ONTOLOGICAL AND GNOSEOLOGICAL ASPECTS**

by

István Adamkovich - Mrs. Ferenc Gécseg

Summary

The conceptual system of the subject of chemistry occupies a distinctive position in up-to-date general education, insofar as its character directly determines the conceptual content of the pupils as regards the natural sciences, while it indirectly determines the characteristics of scientific thought.

The teaching material in grammar schools defines almost two hundred concepts, which therefore occupy a fundamental role in the teaching-learning process; this conceptual system forms the rational core of the teaching material.

Ideological problems are implicitly present in the teaching of natural science subjects, and it depends on the nature of the teaching material whether the teacher emphasizes the ontological or the gnoseological connections.

An ontological analysis of the textbook concepts leads to the basic types of motion and interaction of material objects and to the chemical motion form, while an analysis of the concepts from a gnoseological aspect demonstrates that sensorial-empirical and speculative-logical elements are both to be found among the elements of school knowledge.

The concept of periodicity is subjected to ontological analysis, and the concept of the delocalized π -bond to gnoseological analysis. The aims of this were to shed new light on the methodology of teaching of the subject, and to prove that the character of the concepts employed in the teaching can be employed to draw conclusions on the state of development of the subject and on the mental process through which the pupils can master these concepts.