

A kémiai anyag szerveződési fokozatairól

ERDEY-GRÚZ TIBOR

1

A klasszikus kémia tanítása alapján ma is elterjedt még az a nézet, hogy a kémiai anyag (vagyis az atomokból álló anyagfajta) felépítésére, szerkezetére a három fokozatú szerveződés a jellemző: a kémiai vonatkozásban legegyszerűbb részecskék az atomok; ezek — következő fokozatként — molekulákká szerveződnek; s a molekulákból épülnek fel a makroszkopikus testek. Még a kémiai elemek makroszkopikus mennyiségében is keresték — és sok esetben meg is találták — a molekulákat; keresték azt, hogy hány azonos atom szerveződik molekulákká az atomoktól a makroszkopikus testekig vezető úton. Ez nem meglepő, mert a molekula fogalmának a tisztázódása a múlt század 50-es éveinek a végén nagymértékben elősegítette a szerkezeti kémia kibontakozását. A molekula fogalmának a tisztázódása pedig, ami az első nemzetközi kémiai kongresszuson (Karlsruhe, 1860) jutott nyugvópontra, szorosan összefüggött azzal a felismeréssel, hogy azonos atomok is egyesülhetnek egymással molekulákká (pl. H_2 , O_2 , O_3 , S_8).

Kétségtelen, hogy a kémiai anyag három fokozatú szerveződésére vonatkozó nézet az objektív valóság jelentékeny részét fő vonásaiban viszonylag híven tükrözi vissza. Minden egyébtől eltekintve ezt bizonyítja az elméleti és a gyakorlati kémia hatalmas fellendülése a múlt század második felében és századunk elején. Azonban, mint minden tudományos elméletet, ezt a nézetet is időnként alapos felülvizsgálatnak kell alávetni annak a megállapítására, hogy mennyiben szorul módosításra a tudomány újabb fejlődésének a tükrében, a természet mélyebb és pontosabb megismerésének következtében. Az anyagszerkezeti kutatások módszereinek és eszközeinek az utóbbi évtizedekben bekövetkezett nagy fejlődése annyi új ismerethez juttatott, hogy időszerű a kémiai anyag szerveződési fokozatainak a problémáját általános vonásaiban is áttekinteni.

A kémiai anyag szerveződési fokozatainak a problematikája szoros összefüggésben van a kémiai mozgásforma¹ számos kérdésével.

A kémiai mozgásformának nagy szerepe van az anyag fejlődésében. Általa valósulnak meg a viszonylag kevésféle atomból (nem is száz kémiai elemből), amelyeknek szabad állapotban nem is nagyon változatosak a sajátosságai, a beláthatatlanul változatos és kimeríthetetlenül differenciált sajátágú vegyületek milliói. A kémiai mozgásforma révén épülnek fel azok a nagyméretű, bonyolult molekuláris rendszerek, a makromolekulák, amelyekben a fejlődés megfelelő fokán minőségileg új kölcsönhatások jelennek meg, létrehozván az átmenetet az élő anyagba. Itt már a kémiai mozgásforma megszűnik fő moz-

¹ Vö. ERDEY-GRÚZ T.: A kémiai mozgásformáról. Magyar Tudomány, 1967. 2. sz.

gásforma lenni, átadja helyét a biológiai mozgásformának, amely mellett mellékes mozgásformaként marad meg az anyag további fejlődése során, amelyet mintegy „termelőeszközként” használ fel a biológiai mozgásforma. A történések fő sodrát az anyag fejlődésének ebben a stádiumában már a biológiai mozgásforma szabja meg.

Ha pontosabban áttekintjük a kémiai mozgásforma nagy területét, amely a Föld és a többi bolygók egyik legfontosabb (sőt fejlődésük bizonyos fokán az uralkodó) mozgásformája, akkor meg kell állapítani, hogy e mozgásforma maga sem egyöntetű. *A kémiai mozgásformán belül is különféle szakaszok, ill. fokozatok különböztethetők meg.*

Ha az anyag fejlődési sorában a fő mozgásformák határainak megfelelő anyagfajtaikat *nagy csomópontoknak* tekintjük, akkor közöttük a fejlődés vonalában, ill. ennek mellékágaiban *kisebbségi csomópontok* is vannak. Ezeket is figyelembe kell venni, ha a természetet mélyebben kívánjuk megérteni, és céljaink érdekében finoman árnyalt változásokat kívánunk előidézni, ill. differenciált sajátosságú anyagi rendszereket kívánunk előállítani. Márpedig napjaink gyakorlata ezt is megköveteli.

2

A kémiai mozgásformán belüli tagozódás vonatkozásában mindenképp előtérbe kell venni, hogy az atomok és a molekulák között nemcsak olyan kölcsönhatások vannak, amelyek során részben vagy egészben elektron megy át egyik atomról, ill. molekuláról a másikra, vagyis kémiai kötések alakulnak ki. Vannak olyan kölcsönhatások is, amelyekben ez nem következik be, mégis oda vezetnek, hogy viszonylag önálló individuumok összekapcsolódnak egymással. Ezeket a (különféle eredetű) elektronátmenet *nélküli* kölcsönhatásokat gyűjtőnéven *van der Waals-féle kölcsönhatásoknak* nevezzük. A van der Waals-féle kölcsönhatások és az ebből származó erők működnek pl. gáz-molekulák között, és idézik elő a reális gázoknak a tökéletes gázokétól eltérő sajátosságait. Ezekre vezethető vissza a gázok cseppfolyósodása és a folyadékok kristályosodása azokban az esetekben, amelyekben folyékony és kristályos állapotban is megmaradnak a molekulák. A van der Waals-féle kölcsönhatás dominál a *molekuláris mozgásforma* jelenségeiben, amelyekben a molekulák és egyéb összetett kémiai részecskék egésze, lényegében változatlanul vesz részt anélkül, hogy elektronátmenet következne be közöttük. A molekuláris mozgásforma jelenségei pl. a párolgás és a cseppfolyósodás, a kristályosodás és az olvadás.

A van der Waals-féle kölcsönhatás által létrehozott intermolekuláris kapcsolatok (ill. a molekuláris mozgásformának megfelelő kölcsönhatások) sokkal gyengébbek, mint a kémiai mozgásformában megnyilvánuló kölcsönhatások általi kötések. Viszont a van der Waals-kölcsönhatások nagyon általánosak, nemcsak minden molekuláris rendszerben mutatkoznak a környezettel való kapcsolat számottevő tényezőiként, hanem a kémiailag legindifferensebb szabad atomok (pl. a nemesgázok atomjai) között is működnek. Ez megmutatkozik pl. abban, hogy minden nemesgáz, még a hélium is, cseppfolyósodik alacsony hőmérsékleten. A lényegében változatlan individuumokból álló folyadékok részecskéit általában van der Waals-erők tartják össze.

A molekuláris mozgásforma és a kémiai mozgásforma között azonban nincs éles határ; a van der Waals-féle és a kémiai kölcsönhatások között sok

átmenet van. Ha nem is sikerül éles határt vonni a kémiai és nem kémiai kölcsönhatások közé, mégis felállíthatunk egy sorrendet a molekuláris rendszerek közötti kölcsönhatások erőssége tekintetében, amelyben a kémiai kölcsönhatások mindinkább gyengülnek, a megfelelő folyamatok mind kevésbé hasonlítanak a kémiai reakciókhoz, és mindinkább átmenetek a nem kémiai természetű objektumok képződése felé. Pl. nem lehet kétséges, hogy az égetett mész (CaO) és a víz molekulái közötti kölcsönhatás, amelynek oltott mész [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] a terméke [$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$], a kémiai mozgásforma közreműködésével létrejövő kémiai változás. Már lényegesen gyengébb a kölcsönhatás a kalcium-klorid (CaCl_2) és a víz között, aminek jól kristályosodó, $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ összetételű kristályhidrát a terméke. Ennek ugyan kémiai sajátosságai nem térnek el számottevően a vízmentes sóétól, de kristályalakja az adott (sztoichiometriai) arányú víz jelenlétéhez van kötve: vízvesztés esetén szétesik a kristály. Még gyengébb a kölcsönhatás a kénsav és a víz között; ezen anyagok is képeznek egymással különböző $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ összetételű hidrátokat, amelyek azonban csak a különböző víztartalmú kénsavoldatok fizikai sajátosságainak változásaiban mutatkoznak. A víznek a különféle szilikátok (pl. zeolitok) és oxidok (pl. szilikagél) pórusaiban való megkötésén át eljutunk a közönséges adszorpció, valamint a nedvesedés általi vízmegkötéshez, amellyel kapcsolatban már úgyszólván semmi szerepe sincsen a kémiai mozgásformának.

3

A kémiai mozgásformának megfelelő anyagfajta nemcsak az atomok és a molekulák képviselik, hanem több más kémiai individuum is. Ide tartoznak az *ionok*, vagyis olyan atomok, ill. atomcsoportok, amelyek több vagy kevesebb elektront tartalmaznak, mint az atommag töltése (ill. összetett ionok esetén az atommagok töltésének az összege). Ugyancsak ide tartoznak a *szabad gyökök*, amelyek páratlan számú elektronjaik révén nagyon aktívak, sok anyag gyors kémiai átalakítására képesek.

A szabad gyökök sokkal nagyobb jelentőségűek, mint régebben hitték (a klasszikus kémiában tagadták is szabad gyökök létezését). Számos kémiai reakció mechanizmusának lényeges köztitermékei a szabad gyökök, előfordulnak a szilárd testekben, az élő anyagban, a légkörben, a csillagközi térben és a csillagokban (köztük a Napban) is. A szabad gyököknek individuális tulajdonságaik mellett annyi közös jellemző tulajdonságuk is van, hogy indokolt őket a kémiai anyagon belül *külön anyagfajta*nak, az anyag fejlődése egy kisebb esomópontjának tekinteni.

Az atomok, molekulák, makromolekulák, ionok és szabad gyökök összehasonlításából kitűnik, hogy a kémiai mozgásformának megfelelő anyagi részecskék nemcsak az őket alkotó *atomok* minősége és száma szerint különböznek egymástól, hanem *elektrontartalmukban*, valamint *elektronjaik térbeli elrendeződése* szerint is.

4

A molekulák nagyságának növekedtével minőségi változás is következik be: a viszonylag igen méretű makromolekulák jellegükben is minőségileg különböznek a kis molekuláktól. De a minőségi változásokhoz vezető részecskenyövekedés nem szükségképpen kémiai mozgásforma révén, vagyis kémiai kötésekkel összekapcsolt atomokból álló makromolekulák képződése

által következik be, hanem részt vehet ebben a molekuláris mozgásforma is. A részecskeméret növekedésével — a 10^{-7} – 10^{-5} cm nagyságtartományban — olyan részecskékhez jutunk, amelyeknek a náluk kisebb és a náluk nagyobb részecskéktől több vonatkozásban jellegükben is minőségileg eltérő sajátosságai is vannak. Ezek a *kolloid részecskék* (micellumok). Lényeges e vonatkozásban az, hogy a kolloid részecskéknek már van felületük (egy vagy néhány atomból álló részecskéknél még nincs értelme felületről beszélni, mert nem lehet különbséget tenni a test „belsejében” és „felületén” levő atomok, ill. molekulák között). Másrészt viszont tömegükhöz viszonyítva felületük (vagyis fajlagos felületük) sokkal nagyobb, mint a makroszkopikus testeké. A kolloid részecskék sajátosságait nagymértékben befolyásolja az, hogy a felületi atomok, ill. molekulák tulajdonságai eltérnek a test belsejében levőkéitől. Makroszkopikus testeknél ez alig mutatkozik, mert a felületi atomok, ill. molekulák száma elenyésző csekély a test belsejében levőkéhez képest. De kolloid részecskék esetén — kis méretük következtében — már számottevőek a felületi atomok, ill. molekulák megváltozott sajátosságai. Ezért indokolt a kolloid részecskéket — a kémiai mozgásforma területén belül — további kisebb csomópontoknak, bizonyos mértékig *külön anyagfajtáknak* tekinteni a kémiai anyagfajták fő csoportjában.

5

A kémiai mozgásforma körébe tartozó, viszonylag kis molekulájú anyagok között nemcsak olyanok vannak, amelyek viszonylag önálló részecskéi atomok vagy egyszerű ionok közvetlen egyesülése által jönnek létre, hanem olyanok is, amelyek néhány molekula egyesülése révén képződnek. E molekulák [pl. éter, $(C_2H_5)_2$ és metil-magnézium-jodid, $MgCH_3I$] a legtöbb vonatkozásban kémiailag lezártak, vagyis környezetükkel csak van der Waals-féle kölcsönhatásban vannak. Ha ellenben specifikusan megfelelő molekulákkal találkoznak (a fentiek pl. egymással), akkor a van der Waals-félénél sokkal erősebb kémiai kölcsönhatások ébrednek, amelyek révén a kis molekulák nagyobb molekulakomplexekké (*komplex molekulákká*, pl. $[(C_2H_5)_2O]_2MgCH_3I$) egyesülnek. Az ezeknek megfelelő komplex vegyületek makroszkopikus mennyiségének közvetlen „építőelemei” eszerint nem az egyszerű molekulák, hanem a komplex molekulák, mert ezek van der Waals-erők általi kapcsolódása tartja össze a kristályt, ill. a folyadékot. A diszkrét (egymástól viszonylag elkülönült) kémiai részecskék sorozatában tehát az egyszerű molekulák és a makroszkopikus testek között a *komplex molekulák* is helyet foglalnak mint az anyag fejlődésének bizonyos mértékben csomópontjai.

6

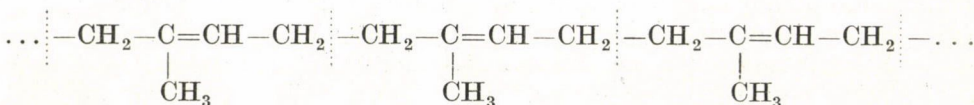
Nagy jelentőségüknél fogva, amelyet az élettelen és az élő természetben betöltenek, érdemes néhány szót szólni a *makromolekulákról* mint az anyag fejlődésének egyik minőségi csomópontjáról a kémiai mozgásforma területén belül.

Ha áttekintjük szerkezeti vonatkozásban az anyag fejlődését az atomoktól a makroszkopikus testekig, akkor bizonyos értelemben háromfelé ágazást állapíthatunk meg. Az egyik ágban az atomok, ill. az egyszerű ionok — kémiai kölcsönhatás révén kialakult — kémiai kötéseinek (vegyértékkötéseknek) a *térbeli hálózata* jön létre, amely egyenletesen szövi át az egész mak-

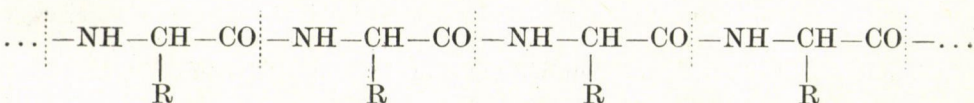
roszkopikus testet anélkül, hogy az atomoknál, ill. ionoknál nagyobb szerkezeti alegységek alakulnának ki (pl. nátrium-klorid, gyémánt).

A második fejlődési ágba kémiai kölcsönhatás révén néhány vagy néhány tucat atom *molekulákat* alkot. Ezek a van der Waals-féle kölcsönhatás révén (amely sokkal gyengébb a kémiai kölcsönhatásnál) egymáshoz kapcsolódva építik fel a makroszkopikus testet (pl. víz, alkohol, karbamid). Itt tehát az atomok és a makroszkopikus test közé szerkezeti egységként beiktatódnak a viszonylag elkülönült és önmagukban viszonylag zárt molekulák.

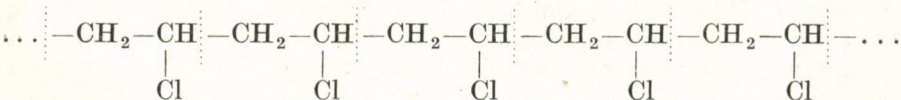
Az anyag fejlődésének harmadik ágában nincsenek a klasszikus értelemben vett molekulák, hanem sok ezer atom *kémiai kötések által* hosszú (esetleg elágazó) láncokká kapcsolódva *makromolekulákat* alkot. Ezek esetleg kereszt-kötések (kémiai hidak) által vannak egymással összekapcsolva. Bár a makromolekulán belül kémiai kötések tartják össze az atomokat, belső szerkezetük mégsem egyenletes, hanem egy viszonylag *kis atomcsoport ismétlődik* bennük, ritmikusan visszatérő motívumként. A makromolekula hosszú atomlánc mintegy láncszemekből tevődik össze. Ilyen jellegű pl. a természetes anyagok közül a kaucsuk (poliizoprén):



vagy a fehérje



(R széntartalmú atomcsoport); a mesterséges makromolekuláris anyagok (ún. műanyagok) közül pl. a PVC



A makromolekulák ismétlődő motívumként szereplő láncszemei azon kis molekulák maradványai, melyek egymáshoz kapcsolódása által a makromolekula felépül. A láncszemeknek megfelelő kis molekulák (az ún. *monomerek*) pl. a kaucsuk esetén az izoprén ($\text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$), fehérje esetén

a megfelelő aminosavak ($\text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH}$), PVC esetén a vinil-klorid

($\text{CH}_2=\text{CHCl}$). Mivel a makromolekula sok monomermolekula egymáshoz kapcsolódása által jön létre, *polimernek* (vagy nagypolimernek) is nevezzük az ilyen jellegű anyagokat.

A makromolekula létrejötte folytán olyan minőségileg új jellegű saját-ságok alakulnak ki (pl. a kaucsuk rugalmas nyújthatósága), amelynek a mono-merekben nem mutatkoznak, ezért a *makromolekulák jellegükben is minőségi-leg különböznek a molekuláktól*. A monomerek kis molekulái azonban mégsem tűnnek el teljesen, hanem maradványai megvannak mint a makromolekulák láncszemei. A makromolekulák sajátosságait nagymértékben a láncszemek sajátosságai és kémiai kapcsolódásuk módja szabja meg.

A makromolekuláris atomláncok a makroszkopikus méretű kémiai anyagban egymás mellett helyezkednek el, és többnyire a van der Waals-féle kölcsönhatással kapcsolódnak egymáshoz. E kölcsönhatások ugyan egyenként gyengék, de az egymás melletti igen hosszú makromolekulák között olyan sok van der Waals-kapcsolat alakul ki, hogy összességükben mégis szilárdan összetartják a makromolekulákat, ami által nagy szilárdságú makroszkopikus testek jöhetnek létre. Egyes esetekben kémiai keresztkötések is kialakulhatnak a szomszédos hosszú atomláncok között, s e keresztkötések mindhárom dimenzióban behálózhatják a makroszkopikus testet. Ez történik pl. a kaucsuk vulkanizálásakor: a poliizoprén makromolekulák kettős kötéseinek egyike helyenként felbomlik, és kénatomok közvetítésével a szomszédos makromolekulához kapcsolódik. A minden irányban kialakuló kénhidak hálózata révén a kaucsuk a sokkal kedvezőbb sajátosságú gumivá lesz.

A makromolekulák sajátágaiban is tükröződik bizonyos értelemben a szerkezetük „kétarcúsága”, vagyis az, hogy egyrészt a molekuláktól jellegükben minőségileg különböznek, egységes egészek, másrészt viszont mégis vannak bennük a molekuláknak megfelelő, ismétlődő szakaszok. A sajátságok kettőződése mutatkozik pl. abban, hogy a mérési módszertől függően viszkozitásuk vagy olyan nagyságrendű, mint a molekulákból álló anyagoké, vagy sokkal nagyobb. Ennek az a magyarázata, hogy a mérés módjától függően a vizsgált sajátság tekintetében vagy az egyes ismétlődő láncszemek saját-ságai irányadóak, vagy a makromolekuláké egységes egészként.

A makromolekuláris anyagok (nagypolimerek) jellemző sajátságainak létrejöttében számottevő szerepe van annak, hogy bennük *sajátságosan szövődik össze a kétféle kötéstípus, ill. kétféle mozgásforma*: az atomok közötti kémiai kötés, ami a kémiai mozgásformának felel meg, és a molekuláris rendszerek közötti a *van der Waals-kötés*, ami a molekuláris mozgásformának felel meg. Ez különbözteti meg a makromolekuláris anyagokat azoktól — a molekulát szintén nem tartalmazó — anyagoktól, amelyekben csak egyféle kötéstípus van (pl. csak kémiai kötés a gyémántban vagy a kvarcban, csak a van der Waals-kötés a nemesgázok kristályaiban). E vonatkozásban is indokolt tehát a makromolekuláris anyagokat *külön anyagfajtnak* tekinteni, amelynek a kémiai mozgásformán belül alkategóriaként (itt nem részletezhetően) bizonyos értelemben specifikus mozgásforma is felel meg.

A sajátságoknak a kétféle kötéstípus által is megnövelt változatossága és finoman árnyalhatósága nyilván összefügg a makromolekulák azon nagy szerepével, amelyet az élő szervezetekben betöltenek. A makromolekuláris anyagok azok az anyagfajták, amelyek a kémiai mozgásformának a biológiai mozgásformába való átmenetét közvetítik.

Áttekintve a kémiai mozgásformáról mondottakat, megállapíthatjuk, hogy a klasszikus kémiai atomisztika nézetei lényeges módosításra, ill. finomításra szorulnak. E nézetek szerint ui. minden vegyület (összetett test) molekulákból áll, és minden molekulát atomok alkotnak. A kémiai anyagot eszerint csak két értelemben tekinthetnők diszkrétnek: annyiban amennyiben egymástól viszonylag elkülönült atomokból áll, és annyiban amennyiben egymástól viszonylag elkülönült molekulákból áll. Ennek megfelelően a klasszikus kémia *három fokozatú szerveződést* lát az anyagi testekben: atom—molekula—makrotest, továbbá két kémiai részecskét ismer el: az atomot és a molekulát.

Ez a felfogás megfelelt a kémiai ismeretek múlt századbeli szintjének. Annak idején előremutató volt, és nagymértékben segítette a fejlődést. Mai ismereteink szerint azonban lényeges átalakításra, ill. továbbfejlesztésre szorul, mert fenntartása joggal kihívja a dogmatizmus vádját. Meg lehet ugyan kísérlni — és sokan teszik ezt még tankönyvekben is — a három fokozatú organizáció megmentése érdekében a molekula fogalmának kiterjesztését az atom- és ionkristályokra, valamint a makromolekulákra, s ezeket kivételes sajátosságú molekuláknak tekinteni. Találkozunk olyan kijelentésekkel, hogy egy gyémántkristály, egy konyhasókristály vagy egy gumikesztyű egy óriási méretű molekula. Ezzel azonban egy túlhaladott osztályozás formális fenntartása kedvéért elmosódnak a fogalmaink, ahelyett, hogy az objektív valóságnak mindinkább pontosabban megfelelővé precizíroznók őket. Az atom- és ionkristályok, a kolloid micellák, a makromolekulák stb. nem kivételes sajátosságú molekulák, hanem minőségileg más alakulatok, az anyag fejlődésének külön útjai, ill. csomópontok a fejlődési utakon.

Tudomásul kell venni, hogy az atom és a molekula a diszkrét szerkezetű anyag fejlődésének nem az egyedüli kémiai részecskéje. Más részecskefajták, más csomópontok is vannak a fejlődésnek a kémiai mozgásforma területére eső útján. Az anyag sok esetben *több fokozatúan szerveződik* makroszkopikus testekké. A kémiai részecskék sokfélesége a modern vizsgálati módszerek által igazolt tény, s ez egyik legfontosabb eredménye az anyagszerkezet kutatásának, ami lehetővé teszi a kémiai anyag belső és külső kölcsönhatásainak, valamint átalakulásai mechanizmusának mind jobb megvilágítását.

A három fokozatú szerveződés elméletének elégtelensége és annak a szükségessége, hogy több fokozatú, sokoldalúbb, részletesebb, differenciáltabb anyagszerkezeti képnek adjon helyet, nem meglepő és nem szokatlan. Előbb-utóbb minden tudományos elméletnek, a nézetek minden rendszerének az a sorsa, hogy a valóságot hívebben tükrözőnek adjon helyet. Az objektív valóság beláthatatlan változatosságának a következménye ez. Egyben azt is tanúsítja, hogy e valóság megismerhető, s tudatunkban mind nagyobb pontossággal tükröződhet.

Aligha lehet kétséges, hogy az anyag fejlődésének a kémiai mozgásforma területére eső szakasza még sok olyan részletet rejt magában, amit további kutatással kell feltárni. De nemcsak az új tények feltárása igényel kutatást, hanem a már ismert tények optimális módon való *oktatásának* a kidolgozása is. Az oktatásban sem helyes minden kémiai kötésű részecskét — mintegy kényelemből — molekulának nevezni. Célszerű volna alapos didaktikai kuta-

tással feltárni, hogy egyszerűsége és könnyen áttekinthetősége miatt az oktatás mely fokáig és milyen mélységig érdemes, — ill. érdemes-e egyáltalán — a háromfokozatos szerkezeti séma első bevezetéseként való tanítása, és mely fokon, milyen módon legalkalmasabb az anyag több ágú és több fokozatú fejlődésének, ill. szerkezeti rendszerének, a kémiai részecskék egész spektrumának a megvilágítása. Kívánatos persze olyan didaktikai rendszer kialakítása, hogy a három fokozatú szerkezeti sémáról a több ágúra és több fokozatúra való áttérés ne okozzon a tanulóknban fogalmi zavarokat. Viszont érzékeltesse azt, hogy a fejlődés folyamán fogalmainkat rugalmasan kell hozzáilleszteni a mind jobban megismert objektív valósághoz.

Korunk mikrofizikájának nagy eredményeit úgy jellemezhetjük, hogy mind mélyebben hatolnak be az anyagba. Korunk kémiájának pedig egyik fontos feladata azon diszkrét felépítésű anyagfajták mind alaposabb megvilágítása és megértése, amelyek a mikro- és a makrovilág között foglalnak helyet. A kémiának ezen ága — a szerkezeti kémia — a kémiai mozgásforma azon részleteit, többé-kevésbé finom árnyalatait igyekszik felderíteni, azon sokoldalú kölcsönhatásokat igyekszik megvilágítani, amelyek révén az atomokból a viszonylag nagy méretű, ill. bonyolult szerkezetű tárgyak keletkeznek.

Századunk elején Wo. *Ostwald* a kolloid rendszereket nevezte „az elhanyagolt dimenziók világának”. Utóbb kiderült, hogy az atomok és a makrotestek közötti dimenziókban nemcsak a kolloid rendszerek vannak, hanem más típusú anyagi rendszerek is, amelyek hosszú ideig elhanyagoltak voltak, pedig feltárásuk nélkülözhetetlen az anyagi világ tárgyainak és folyamatainak a megértéséhez, valamint céljainknak megfelelő átalakításához. Nélkülözhetetlenek az ide vonatkozó ismeretek az anyag fejlődésének a megértéséhez a kémia területén belül, és azon túl a következő magasabb mozgásformák, a geológiai és a biológiai mozgásforma kialakulásának a megértéséhez is.

A kémiai mozgásforma részleteinek — mintegy belső szerkezetének — a további kutatása nemcsak a kémia új részleteredményeinek az általánosítását segíti elő, hanem általános természettudományi, valamint filozófiai jelentősége is van, főleg az anyag fejlődésére vonatkozó elméletek további kialakításában és konkretizálásában.