B 1719

A MODELL-MÓDSZER LEHETŐSÉGEI A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS MEGISMERÉSBEN, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A KÉMIA TANÍTÁSÁNAK VILÁGNÉZETI PROBLÉMÁIRA

- Doktori értekezés -

Készítette:
Adamkovich István

József Attila Tudományegyetem
S z e g e d
1979

József Attila Tudományegyetem Könyvtár
SZEGED
B 1719

A MODELL-MÓDSZER LEHETŐSÉGEI A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS MEGISMERÉSBEN, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A KÉMIA TANÍTÁSÁNAK VILÁGNÉZETI PROBLÉMÁIRA

- Doktori értekezés -

Készítette:

Adamkovich István

József Attila Tudományegyetem

S z e g e d

1979

József Attila Tudományegyetem Könyvtár SZEGED

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS 2

I. A MODELL-MÓDSZER FILOZÓFIAI ALAPJA ÉS JELENTŐSÉGE A KÉMIÁBAN

1. A modellek szükségessége a kémiai megismerésben 5
2. A természettudományos megismerés és kutatás a marxista ismeretelmélet tükrében 8
3. A természettudományok és a filozófia kapcsolata a modellezés szempontjából 9
4. A természettudományos kutatás jellege és módszerei .. 13
5. A kémia tudomány története a modellezés nézőpontjából 29

II. A MODELLEZÉS VILÁGNÉZETI VONATKOZÁSAINAK FEJTÁRÁSA

1. A modell helye a kémiai ismeretszerzés folyamatában.. 47
2. Az oktatási modellek osztályozása 52
3. Az iskolai modellezés fogalmi alapjai 55
4. A kémiaoktatásban használható modellek kiválasztásának néhány ujszerü szempontja 64
5. A kémiai tényanyag megjelenítése modellek alkalmazásával 70
6. Anyagszerkezeti modellek 72

ÖSSZEFOGLALÁS, KÖVETKEZTETÉSEK 96

HIVATKOZÁSOK 98

FELHASZNÁLT ÉS TANULMÁNYOZOTT IRODALOM 99

B E V E Z E T É S

A kémiaoktatás területén a modellezésnek a gondolkodási folyamatban alkotó és ezzel domináló szerepet tulajdonítunk. Az elvont kémiai fogalmak, a térbeli szerkezetek közvetlenül érzékelhető megjelenítése hatékonyabbá teheti az ismeretszerzés folyamatát. Úgy véljük, hogy azok a nehézségek, amelyek a kémia tantárgyon belül a tanulók gondolkodásának fejlesztése során felmerülnek, elsősorban arra vezethetők vissza, hogy a középiskolai tantervek követelményeinek megfelelően a tanulóknak gyakran kell elvont fogalmakkal gondolkodniuk, többdimenziós szerkezetekkel dolgozniuk anélkül, hogy ennek minden szubjektív és objektív feltételét és előzményét megteremtettük volna. Az a tény, hogy a tudományos és az iskolai megismerés folyamatában vannak lényeges és lényegtelen mozzanatok, azt is jelenti, hogy a megismerés folyamatában általában nem a totális valósággal dolgozunk, hanem annak /pl. szakdidaktikai szempontból/ lényeges jegyeit kiemeljük, lényegtelen jegyeit elhanyagoljuk: m o d e l l t alkotunk. A modell nagyon leegyszerűsítheti a dolgok, jelenségek tanulmányozását, mert csak a lényeges vonásokat tartja meg az eredetiből. Így a modell általában egyszerűbb a valóságnál, de éppen ezért könnyebben felfogható, áttekinthető, tanulmányozható.

A kémiai modellezés hagyományai, valamint a filozófia irodalmában /1.2./ kidolgozott tudományos modellezés ismertetőjegyei a biztosítékok arra, hogy a modelleket o k t a t á s i d e m o n s t r a t i v feladatokra is felhasználhatjuk.

A modellek jellemző vonásait a következőkben foglalhatjuk össze /3./:

"- a modell és a modellezett objektum között mindig objektiv, pontosan meghatározott megfelelési viszony áll fenn;

- a modell képes felváltani a tanulmányozott objektumot a megismerés folyamatában és a kutatás közvetlen tárgyává válni;
- a modellezés objektumának megismerését szolgálja, annak megismerésének sajátos eszköze;

- képes a modellezés folyamatában uj - legalábbis negativ - ismeretet szolgáltatni a megismerés eredeti objektumáról;

- anyagilag vagy eszmeileg reprodukálja - általában leegyszerüsitett formában - a modellezett objektumot;

- lehetővé teszi a modellezés folyamatában nyert információ átvitelét a modellezés objektumára."

Az utóbbi néhány évben a tartalmilag és szerkezetileg alapvetően megváltozott középiskolai kémia tananyag tanitási tapasztalatai és a tapasztalatok szakdidaktikai elemzése irányitotta a figyelmet az olyan hatékony módszerekre, mint a modellezés. Másrészt a modell-módszernek a szaktudományokban elért sikerei párosultak filozófiai megalapozottsággal, és így elégséges alapot teremtettek a módszernek az oktatásba történő bevezetésére. Közvetett uton a technika oldaláról a rendszerelmélet a kibernetika és az információelmélet támogatták a fenti tendenciát. Ilyen tudományos előzmények ellenére a módszer elterjedése a tanitásban a kivántnál lassabb ütemü. A negativ hatási tényе-

sok között a legjelentősebb az, hogy az "anyagi" modellek /pl. molekulamodellek, modellkészletek stb./ tervezése, gyártása, forgalmazása hazánkban nehézkes. Hasonló hatású, szubjektiv okok közül megemlithető, hogy a tanárok gyakran nem tekintik a modellt az ismeretszerzés forrásának, hanem puszta illusztrativ szerepet szánnak azoknak a tanitásban.

Ezért jelen dolgozatomban megkisérlem bemutatni a modellezés l e h e t ő s é g e i t a kémiai ismeretszerzésben. A tárgyalás során azokat a problémákat elemezten, amelyek a tanitás gyakorlatában a legtöbb nehézséget okozzák, vagy amelyek hangsulyozása különösen fontos a módszer alkalmazása szempontjából. Teljességre nem törekedten, hiszen valamennyi érintett téma külön dolgozat tárgyát képezhetné! A kérdéskör sokrétüsége miatt az egyes fejezetek szinte tézisjellegüek; a részkérdések kémiai, filozófiai, pedagógiai és pszichológiai oldalról történő komplex elemzése egyetlen tanulmány keretében nehezen valósitható meg.

Az értekezés két fő részből áll. Az elsőben a téma filozófiai és kémiatörténeti hátterét világitottam meg, mig a második részben a modellezés és a kémia tantárgy kapcsolatát elemeztem a tudományos megismerés szempontjából.

Fontos szerepet szántam a dolgozat 17 ábrájának az elvont gondolatok szemléletes közvetitésében, a lényeg kiemelésében.

Az oktató-nevelő munkával kapcsolatos megállapitásokba beépitettem tapasztalataimat, amelyeket közel tizenöt éves középiskolai tevékenységem során összegyüjtöttem.

I. A MODELL-MÓDSZER FILOZÓFIAI ALAPJA ÉS JELENTŐSÉGE A KÉMIÁBAN

I.1. A modellek szükségessége a kémiai megismerésben

A tudományelméleti kérdések jelentősége korunk természettudományában egyre nő. A XX. században kibontakozott tudományos-technikai forradalom, s ezzel összefüggésben a tudományok közvetlen termelőerővé válási folyamata a társadalmi érdeklődés gyujtópontjába állitotta a természettudományokat. A tudomány komplex jellegü megközelitésének általános és speciális feladatai közé tartoznak a tudomány fogalmára, m ó d s z e r e i r e, funkciójára irányuló vizsgálatok. Az elméleti, metodológiai kérdések tisztázása a kémia továbbfejlődésének alapjait képezhetik.

Népgazdaságunk kemizálása, valamint az ezzel szorosan összefüggő szakemberképzés ráirányitja a figyelmet k é m i a o k t a t á s u n k r a is.

Mielőtt a szoros értelemben vett témánk kifejtésére térünk, szükségesnek véljük, hogy a marxista filozófia irodalmában már lényegében kidolgozott gnoszeológiai kérdéseket is érintsünk, amit a modellezés kognitiv funkciója is indokol.

A tudományelméleti kérdések középpontjába a megismerés módszerét állitjuk, s ezért röviden áttekintjük a természettudományos megismerés és kutatás alapkérdéseit, valamint rámutatunk e kérdéskör néhány, a kémia tanitását érintő szakdidaktikai vonatkozására is. Az alapok tisztázása már csak azért is indokoltnak látszik, mert a m o d e l l - m ó d s z e r kémiai alkalmazásának tárgyalása komplex megközelitést igényel. Ennek pedig akkor teszünk elegot, ha a modellezést nem szakitjuk ki a filozófia ismeretelméletéből, a gondolkodás pszichológiájából, valamint a didaktika tanuláselméletéből. Ezek a kérdések egymással olyan viszonylatban vannak, hogy indokoltnak látszik együttes vizsgálatuk, hiszen az egyes oldalak metafizikus szétválasztása nem vezetne célhoz.

Napjainkban a művelődési tartalom az uj tudományos felfedezések következtében soha nem látott iramban nő, és minőségben is gyakran módosul. E változó tartalom közvetitése és elsajátitása világszerte probléma, és a legsulyosabb gondok mindenekelőtt a tananyagot hordozó tantervek kialakitásával, a tartalmuk feldolgozását megvalósitó nevelési-oktatási folyamattal kapcsolatosak. Részletesen elemzi a kérdést az MSZMP KB 1972. junius 14-15-i ülése is. /Az oktatás fejlesztése - közügy/

> "A legnagyobb feladat a tananyag értelemszerü, és talán azt is mondhatnám gyökeres átdolgozása. Ez az összes iskolatipusra érvényes.
> ...A tananyag megreformálása, megjavitása nagyon fontos munka, amivel alaposan kell foglalkozni"
> - fejti ki ezzel kapcsolatos véleményét Kádár János.

Nézetünk szerint a kémia mai fejlődésének és oktatásának elemzése elveset ahhoz a megállapitáshoz, hogy számottevő mértékben fejleszteni kell a neveléstudományi kutatómunkát. A sok tekintetben ujszerü feladatok eredményes megoldása érdekében ki kell szélesiteni, illetve meg kell alapozni e munkát a pedagógia legfontosabb interdiszciplináris tudományterületein is.

A tudományos-technikai fejlődésben az extenziv szakasz folyamatosan háttérbe szorul, az ezt követő intenziv fejlődési szakasz pedig erősödik. E két periódus egymással szorosan összefonódik. Az extenziv és intenziv szakasz kapcsolatából eredő minőségileg átszerveződött, mennyiségileg megnövekedett művelődési anyagnak az eddigieknél egzaktabb tananyaggá szervezése, valamint az igy kialakitott középiskolai kémia tantárgynak az oktatási folyamatba történő nagyobb hatásfoku feldolgozási igénye indokolja az értekezés témaválasztását.

Jósef Attila Tudományegyetem Központi Könyvtára SZEGED

Vizsgálódásunk során megkíséreltük a hagyományos módszerek mellett olyan - elsősorban a pedagógia interdisziplináris tudományaira alapozott - módszerek bevezetését, amelyek alkalmazásával /az elért szerény kutatási eredményeket figyelembe véve/ lehetőség nyílik arra, hogy az eddiginél egzaktabb módon használjuk a filozófiában már kidolgozott modell-módszert, valamint céltudatosabban alkossuk vagy válasszuk ki a középiskola kémia oktatásában alkalmazható modelleket. E problémakörben különösen fontosnak bizonyult ezek komplex filozófiai, pszichológiai, valamint szakdidaktikai elemzése.

Azok a kísérletek, amelyek a középiskolai kémia tananyagának korszerűsítésére irányultak, tartalmi oldalról közelítették meg a kérdést, a módszertani megfontolások háttérbe szorultak. A rendkívüli mértékben megnövekedett ismeretanyag egyre sürgetőbben vet fel világnézeti és ezen belül metodikai kérdéseket. Ebből a szempontból a modellezés ismerete és tudatos alkalmazása hatékonyabbá teheti a középiskolai kémiaoktatást.

I.2. A természettudományos megismerés és kutatás jellegző vonásai a marxista ismeretelmélet tükrében

Kiindulópontunk és egyben alapállásunk a dialektikus materializmus tanában elfogadott és megfogalmazott tétel, mely szerint a megismerés a valóság gondolati visszatükröződésének és reprodukálásának a társadalom fejlődéstörvényei által meghatározott és a gyakorlattal szorosan összefüggő folyamata, melynek célja az objektív igazság feltárása.

A modern tudományban az emberi gondolkodásnak el kell jutnia mind a megismerés dialektikus értelmezéséhez, mind pedig az objektív világ dialektikájának megértéséhez. Ennek alapvető megnyilvánulásai az abszolut és relatív igazság, a racionális és empirikus megismerés, konkrét és absztrakt kiindulópont és végeredmény, a feltevés és bizonyítás dialektikus viszonya.

Figyelemre méltó tény, hogy minél jobban specializálódik és differenciálódik a tudomány, annál nyilvánvalóbbá válik - és annál nagyobb az igény is, hogy a legtávolabb eső területek belső összefüggéseit is fel kell tárni.

> "Napjainkban a természettudomány nem elszigetelt diszciplinák egymás melletti halmaza, amely a megismeréshez vezető kényszerpálya korai szakaszára jellemző, hanem összefonódott egység, ahol a távolfekvő területek befolyásolják egymást."
> /4./

Az alap- és technikai kutatások egyre fokozottabb integrálódásából arra lehet következtetni, hogy az anyagi világ megismerése vertikális irányban /a fundamentális kutatás irányában/ és horizontálisan /az alkalmazott kutatás irányában/ csak összehangoltan folytatható eredményesen. Többek között ezzel magyarázható, hogy kialakultak olyan interdiszciplináris tudományok, mint például a rendszerelmélet, a kibernetika és az információelmélet, és ezzel magyarázható az is, hogy a módszerbehatolások nagy szerepet játszanak korunk tudományos fejlődésében.

I.3. A természettudományok és a filozófia kapcsolata a modellezés szempontjából

A természettudományok kapcsolata a filozófiával bonyolult és sokrétű. E sokrétűséget az értekezés keretein belül bemutatni nem áll módunkban, csak néhány csomópontot emelünk ki ebből a kapcsolatrendszerből, amelyekre a továbbiakban építünk.

Egyre inkább úgy tűnik, hogy a középiskolában oktatott természettudományos tantárgyak nemcsak a tudományos tényanyag közvetítését vállalják magukra, hanem annak filozófiai konzekvenciáit is. Megítéléseink szerint a középiskola kémia tananyagával kapcsolatos filozófiai kérdések újszerűsége abban jelentkezik, hogy azok ismeretelméleti - módszertani - jellegűek is.

Ismeretes, hogy a marxista filozófia behatóan tanulmányozta és tanulmányozza a természettudományok kapcsolatát a filozófiával, s bár nem állíthatjuk, hogy e problémakör minden részletében kidolgozott és tisztázott, ennek ellenére a marxista filozófia eredményei szükséges és elégséges alapot teremtenek arra, hogy módszertanilag helyesen tárgyaljuk a modellezés általános és speciális k é m i a i vonatkozásait.

A filozófiához a természettudományos tantárgyak mindenekelőtt a tanulók világnézetének kialakitására gyakorolt hatásuk révén kapcsolódnak. A tudomány feltárva a természet objektiv törvényszerűségeit, viszonylag hiven irja le a valóságot, s ezáltal elősegiti a tudományos materialista világnézet kialakitását. Az összefüggés a természettudományok és a filozófia között azért is bonyolult, mert a természettudományok egyrészt igazolják a felhasznált filozófiai elméleteket és módszereket, másrészt - megcáfolván, illetve módositván az adott fejlődési fokon uralkodó egyes filozófiai teóriákat - hozzájárulnak ujabb elméletek megszületéséhez.

Tekintsük át először a modellezés szempontjából fontos marxista ismeretelmélet főbb jellemzőinek, melyek a további tárgyalás alapjait képezik. Ezt azért is célszerű megtennünk, mert az iskolai megismerés sok specifikuma ellenére nem szakítható ki a gnoszeológia általános elméletéből, hanem annak részeként tárgyalható.

a/ A marxista ismeretelmélet kiindulópontját és lényegét a filozófia alapkérdésében és a megismerhetőség kérdésében elfoglalt álláspontja és az ezt kifejtő lenini tükrözéselmélet alkotja.

b/ Ez a gnoszeológia vette tekintetbe és hangsúlyozta a gyakorlat sokoldalu szerepét a megismerés folyamatában. A gyakorlat nemcsak mint az ismeretek kiindulási alapja, vagy mint az alkalmazás befejező mozzanata szerepel, hanem rendkivül fontos igazságkritériumként, igazoló, bizonyító elemként is funkcionál. /A modell-módszer alkalmazása a kémia tanításában egyfajta lehetőséget kinál az elmélet - gyakorlat egységének bizonyitására. A tanitás szelektáló hatása érvényesül, amikor az oktatás folyamatában a tananyag tudománytalan /elavult/ elemei felszinre kerülnek, majd a második lépésben sor kerül a feltárt hibák kijavitására./

c/ Az alapkérdés elemzésén tul a marxista ismeretelmélet fontos feladatául tűzi ki a megismerési folyamat szerkezetének vizsgálatát, s ezzel "mechanizmusának" feltárását. /Többek között ezen a ponton érintkezik a modellezés az ismeretelmélettel és ezen keresztül közvetett módon kapcsolódik a kémia tantárgypedagógiájához. A kémiai kutatásokat megtermékenyitő és előrevivő hipotézisek, amelyek később tudományos elmélet rangjára emelkedtek, legtöbbször ennmei modellek voltak. Ilyen elmélet volt például a dalton atommodell hipotézis, mely korában a kémia alakulását és fejlődését meghatározó diszciplinamodellé vált./

Mint ismeretes, Lenin munkáiban több alkalommal is kiemelte a "hogyan" kérdésfeltevés fontosságát, a megismerési folyamat mint összefüggő egész vizsgálatának szükségességét.

d/ A marxista gnoszeológia dialektikus jellegű. Ebből következik, hogy kutatásaiban alapvetően támaszkodik a logikára, és elsődlegesen a dialektikus logikára. Ennek alapján beszélhetünk a dialektika, logika és ismeretelmélet szintéziséről. E szintézist feltételező aspektus teszi lehetővé, hogy a modellezés iskolai alkalmazását komplex módon tárgyaljuk.

e/ A marxista ismeretelmélet továbbfejlődése szempontjából kiemelhetők azok a kölcsönhatások, melyek a megismerés tudományos elemzésében néhány más, nem filozófiai tudományághoz vezetnek. Így főleg a pszichológia, pedagógia, didaktika, stb. elméleti és gyakorlati eredményei, módszerei állnak szoros kapcsolatban a marxista ismeretelmélettel.

A kémia tantárgy experimentális jellegénél fogva különösen alkalmas arra, hogy a gyakorlat ismeretelméleti szerepét differenciáltan bemutassa, amely közül a legfontosabbak:

- a gyakorlat szerepe a megismerési folyamat legkülönbözőbb fázisaiban,
- a gyakorlat többféle megismerési funkciója,
- a gyakorlat sokoldalusságának bemutatása.

A megismerési folyamat szerkezetének, mechanizmusának, általános törvényszerűségeinek ismerete a kémiatanár számára nélkülözhetetlen. Fontos annak felismerése, hogy az ismeretelmélet problémáinak megoldásában nemcsak lehetséges, hanem szükséges is támaszkodni a metodológia legujabb eredményeire. A gondolkodás alapjainak lerakása, valamint mechanizmusának finomítása szempontjából egyik legfontosabb időszak a 14-18 év közti ugynevezett középiskolás kor. Ez a periódus a személyiség és ezen belül a gondolkodás formálására legalkalmasabb életszakasz. A serdülő értelmi fejlődése

József Attila Tudományegyetem Könyvtár SZEGED

sokoldalu és gyors ütemű. A megismerési funkciók kibontakoztatását nagymértékben befolyásolja az érdeklődés és figyelemösszpontosítás alakulása. Érdeklődési körük változatos, elvont, tudományos és filozófiai fogalmakat szívesen boncolgatnak, s figyelmük nemcsak a gondolkodás "tárgya" felé irányul, hanem a megismerés, ismeretszerzés módszereire is. Ugyanakkor éppen a fejlődés gyorsaságánál fogva a gyakran felületesen észlelt jelenségekből sokszor helytelen következtetéseket vonnak le.

Jellegzetes ebben a korban a logikus, elvont tananyagra való emlékezés gyors fejlődése s a megismerési tevékenység alapfolyamatainak általános "sémákba" - modellekbe - való absztrahálása. A tanulók ebben a korban képesek elméleti problémákat tisztázni, elválasztani a lényegest a lényegtelentől, ezzel közelebb jutnak a modellalkotás folyamatához. Gondolkodásuk egyre biztosabb, logikai bázisa lehetővé teszi a modell-módszer kiterjedtebb, közvetlen alkalmazását. Ebben a korban a tanulók fejlett problémamegoldó gondolkodása érzékenyen reagál a modell és a valóság látszólagos és tényleges ellentmondásaira.

A modell a megismerési folyamat produktuma, így a modellezés helyét kijelölni az oktatásban csak a természettudományos kutatás módszereinek áttekintése után lehet.

I.4. A természettudományos kutatás jellege és módszerei

Ismeretes, hogy a marxista filozófia álláspontja szerint a megismerés szakadatlan dialektikus folyamat, melynek élesen el nem határolható része a tudományos kutatás.

- A tudományos kutatás a rendelkezésre álló ismeretekre épülő tervszerű emberi tevékenység, amelynek célja a természeti jelenségek feltárása, a meglévő ismeretek kiegészítése, általános és részleges összefüggések, kölcsönhatások feltárása, természeti törvények megismerése, a megszerzett ismeretek gyakorlati alkalmazási lehetőségeinek feltárása. -

A tudomány a véletlenszerű, a kaotikus mögött felismeri és tanulmányozza az objektív törvényeket, melyeknek ismerete nélkül lehetetlen a tudatos, célirányos gyakorlati tevékenység. A természettudományos kutatás jelenlegi szinvonalának megkülönböztető ismérve a tárgy belső szerkezetébe való behatolás, a törvényszerűség megismerésének elmélyítése egészen a szerkezet feltárásig. Ily módon egyre nagyobb hangsúlyt kap az olyan tárgyalási mód, mely a tudományos kutatás módszereit és az objektumoknak kölcsönösen összefüggő elemeit bonyolult rendszerként vizsgálja.

A XX. században meggyorsult természettudományok fejlődése ujabb és ujabb kérdéseket vetett fel, s a problémák megoldására a tudomány ujabb, hatékonyabb m ó d s z e r e k e t követelt.

A természettudományok fejlődésében jól megfigyelhető, egymástól többé-kevésbé elválasztható tendenciák érvényesülnek.

A számos uj tendencia közül a következőkben azokat tárgyaljuk, melyek a fejlődés szempontjából meghatározó hatásuak, valamint kimutatható hatásuk van a kémia tanítására és ezen belül a modellezésre:

a. A tudományok közvetlen termelőerővé válása

Korunkban a tudományok közvetlen termelőerővé válnak, a termelés pedig úgy fogható fel, mint a megfelelő tudományágak technológiai alkalmazása.

A szaktudományok /pl. kémia/ eredményei napjainkban gyorsan realizálódnak, s ez a termelést és a köznapi életünket egyaránt érinti. A vegyipar rohamos fejlődése következtében a kémia az élet szinte minden területén alkalmazásra talál.
Fontos feladatok várnak a kémiára a mezőgazdaság korszerűsítésében, a növényvédelemnél és műtrágyázásnál, a műszálakat felhasználó textiliparban és még számos más iparágban, ahol a vegyi anyagokkal való közvetlen munka elkerülhetetlen.
A természettudományok közül a kémia a legalkalmasabb arra, hogy az anyag tulajdonságait, a változás törvényszerűségeit a tanulók megértsék, sőt közvetlen és közvetett tapasztalati úton /kísérlet, m o d e l l e z é s/ megismerjék.

b. A tudományok fejlődésének gyorsuló üteme

Augernek az UNESCO adatain alapuló becslése szerint az utóbbi három évszázadban a tudás mennyiségi növekedése a következő összefüggéssel számítható ki /5./:

$$A = b \cdot e^{0,07t}$$

ahol A a t időpontban felhalmozott tudás mennyisége, b pedig a tudás mennyisége a számítás kezdetekor. A fenti egyenlet, mint minden olyan matematikai összefüggés, mely a társadalomtudományokon belül egzakt, mennyiségi megállapításokat tesz, legtöbbször csak hipotézisként fogadható el. Arra azonban alkalmas a képlet, hogy a változás általános tendenciáját leolvassuk: a tudományos ismeretek mennyiségi növekedése korunkban oly hatalmas méretű, hogy bizonyára minőségi változást idéz majd elő, - az ismeret-

halmaz korlátlan, exponenciális növekedése nem képzelhető el s ily módon állíthatjuk, hogy az emberi kultura fejlődésében a minőségi ugrás szakaszában vagyunk.
A természettudományok fejlődésében érvényesülő tendenciák közvetlenül és közvetve hatást gyakorolnak az iskolai kémia tantárgy tananyagára, annak minőségére és mennyiségére. A tudomány dialektikus fejlődésében jelentkező ellentmondásokat a pedagógia /az oktatás szintjén/ fel is erősítheti. Az ismeretanyag növekedése, a tudományok differenciálódása, a határtudományok kifejlődése, valamint az ezzel ellentétes hatást elérő integráció bonyolult helyzetet teremt a természettudományos tárgyak oktatásában. E kérdéskör súlyponti elemei a tanítás "mit és hogyan" problematikája, valamint a tananyag kiválasztásának megvalósítása. A szaktanárnak elvileg lépést kell tartania a szaktudományok fejlődésével, fel kell ismernie a fejlődés konfliktus-helyzeteit, valamint tanításában meg kell kísérelnie az ellentmondások feloldását. A több járható út közül mi a m ó d s z e r oldaláról világítjuk meg a problémát. A modell-módszer éppen univerzális jellegénél fogva hatásosan alkalmazható az oktatásban. Tudatos, következetes alkalmazásának egyik feltétele a filozófiai, pedagógiai, pszichológiai és természettudományos megalapozottság.

c. A tudományok fejlődésének folyamatossága

"A mindenkor élő nemzedék a tudományban is felhasználja az előző nemzedékek által összegyűjtött ismeretekből mindazt, ami időtálló, vagyis ami az objektív anyagi világ adott szektorának sajátosságait többé-kevésbé hiven tükrözi, mindazt tehát, ami a maga korában a történelmi fejlődés adott fokán tudományos igazságnak tekinthető." /6./

Ha a tudományos fejlődés, haladás általános tendenciáira irányítjuk figyelmünket, akkor a fejlődés tényén tul bizonyos szabályszerűséget tapasztalunk. Az egyes tudományokban

egymást követő felfedezések hosszu láncolatával találkozunk. Ezek a láncolatok rendszerint egy-egy alapvető jelentőségü felfedezéssel kezdődnek és végződnek. A legtöbb ilyen felfedezés korábban egymástól különállónak feltételezett tudományágak összekapcsolódása révén valósult meg. Igy történt, amikor Pasteur bakterológiai vizsgálatának "melléktermékeként" felfedezte a szerves vegyületek optikai aktivitását, a molekulák asimmetrikus voltát. A tudományok fejlődésének folytonossága következtében az ismeretanyag állandó bővülése teszi szükségessé, hogy ne csak az uj tények felfedezésének igénye álljon a kutatás gyujtópontjában, hanem az is, hogy az ismerethalmazt rendszeresse, és minél szélesebb körü elméletekbe foglalja össze. Mindez megköveteli a tudományos diszciplinák logikai rendszerezését.

A jelenlegi középiskolai kémia tananyag az elemi részecskék közül a protont, neutront és az elektront tárgyalja. Az alábbi példával nem az a célunk, hogy leltárt készitsünk az elemi részecskék "birodalmában", hanem azzal akarunk rámutatni, hogy ma még az átlagosnak nevezett müveltségü tanulók természettudományos világképéből az ismert részecskék legtöbbje hiányozhat, de nagyon valószinü, hogy ezen elemi részecskék ismerete a következő évtizedben a természettudományos alapmüveltség részét fogja képezni.

"A robbanásszerü kibontakozást mutatja, hogyan szaporodnak az ismert elemi részecskék:

1930-ban	2	részecske
1940-ben	6	"
1950-ben	10	"
1960-ban	30	"
1968-ban	150	"
.	.	
.	.	
.	.	

A tananyag lavinaszerű gyarapodása szakadatlanul formálta az anyag leginformatívabb alkotóelemeiről kialakított nézeteinket. A negyvenes években a kvantumtérelméleten dolgoztunk, közönséges differenciál- és integrálszámítást alkalmazva.
... 1953-ra kiderült, hogy a pi-mezonok szóródásának leírásánál a kvantumelmélet teljesen alkalmatlan. 1955-ben gyökeresen más szemléletmódot követelő diszperziós relációkat vezetik be: komplex függvénytant használnak, és a megszokott négydimenziós téridő helyett a komplex síkon próbálnak tájékozódni a teoretikusok." /7./

d. A differenciálódás és a specializáció

A természettudományok strukturáján belül a horizontális és vertikális keresztmetszetet vizsgálva megállapítható, hogy a tudományos kutatás, valamint a technikai alkalmazás szempontjából "keskeny parcellákra" bomlott fel a tudomány, melyet a speciális tudományágazatok szaporodása tükröz.

A fejlődés első lépésében az ismeretek gyarapodásával elkülönültek az egyes tudományok /XVIII.század, XIX.század/ és a második szakaszban /XX.század/ megjelennek a résztudományok /pl. atomfizika, kvantumkémia, molekuláris biológia stb./. Számunkra ez abból a szempontból lényeges, hogy az egyes résztudományok oldaláról nagy nyomás nehezedik az iskolai tananyagra. Ugyanakkor egyes tantervek objektív okok miatt végső befogadóképességűek. Például szolgál a fenti megállapításokra a kémia tudományának és kutatási ágaknak egy rendszerezési sémája /8./. A kutatási ágak sokfélesége megismertetni, érzékeltetni a tanulókkal nincs mód. Az oktatás szintjén más lehetőségünk nincs, mint a specializációval és differenciálódással szemben megkeresni és megtanítani az általános érvényűt, a megismerés egy átfogó stratégiáját, például a m o d e l l e z é s t!

A modellezés az egyes kémiai tudományágakban kiterjedten, eredményesen alkalmazott kognitív módszer.

József Attila Tudományegyetem Könyvtár SZEGED

e. A matematizáció

Századunk természettudományos kutatásaira jellemző vonás, hogy a matematikai gondolkodás, a matematikai absztrakció elengedhetetlen a kutatás szinte minden fázisában. A matematikai eljárások nagyméretű behatolása a tudományokba, termékenyítő hatással volt és van a kémia tudományára is. Másfelől a módszerek túlbecsülése, abszolutizálása filozófiai, világnézeti problémákhoz vezethet.

A matematizáció egyik jellemője a szigoru okszerű meghatározottság, az egyértelmű kauzális determinizmus feltételezése, illetve keresése. A matematikai módszerek egyre növekvő heurisztikus jelentősége a formalizációval hozható összefüggésbe. Ezeknek kiemelkedő szerepe abban rejlik, hogy mind gyakrabban teszik lehetővé kísérleti bizonyítást, bizonyítást segítő feltevéseket, hipotéziseket, melyeket a gyakorlat utólag igazolhat. A matematizáció azonban nem egyenértékű a kvantifikáció elvével, bár kétségtelen, hogy a kémiában is a matematika segítségével indulhattak meg az egzakt kvantitativ mérések. A sajátos matematikai gondolkodásmód hatásosan termékenyíti meg a kémiai gondolkodás belső logikáját. A matematikai a n a l ó g i á k o n és i z o m o r f i z m u s o n alapuló m a t e m a t i k a i m o d e l l e z é s széles körben elterjedt a természettudományokban, amely ily módon minőségi szempontból a kémiában is ugrásszerű változást eredményezett /pl. kvantumkémiában/.

f. Integráció és módszer

A tudományos kutatás fejlődésével kapcsolatban tárgyalt tendenciák mellett szólnunk kell - jelen dolgozatunk szempontjából fontos összefüggésről - a tudományágak között megindult integrációs tendenciákról.

Az integráció két forrásból kapott lényeges ösztönzést: először a tudomány elszigetelt szakterületeire való felparcellázódását kompenzáló irányzatokból és másodszorban abból a felismerésből, hogy az uj tudományos és gyakorlati problémák megoldása m ó d s z e r t a n i változást igényel. A részből és egészből kiinduló gondolkodási módok szembenállását már az ókori filozófiai iskolák tanításaiban is felismerhetjük, és mindmáig megvannak ezen irányzatok következetes hivei. Az irányzatok közötti vitának az ujkorig lényegében csak elméleti jellege volt. A természetfilozófiából a XVIII. század közepe táján kiválló és önállósuló természettudomány hatalmas fejlődését és kiemelkedő sikereit éppen a részek vizsgálatában érte el, s ugy tünt, hogy a "rész és az egész" problémakörének elméleti vitájában az ujkori természettudomány gyakorlati eredményei a részből kiinduló elképzelés javára döntik el a vitát. Az ujkori természettudományokra nemcsak az jellemző, hogy az összefüggő egészből kiragad egy részt, hanem az is, hogy e részeket igen eltérő szempontok alapján és különböző módszerekkel vizsgálja. A tudományok "szétesését" a XX. század elején meginduló integrációs folyamat állította meg, melynek eredményeképpen kialakultak az ötvözött hibrid tudományágak és kutatási irányzatok /pl. bionikia/.

A tudományágak integrációja szempontjából a másik fontos ösztönző erő az uj m ó d s z e r e k kidolgozása és alkalmazása. A kémián belül a természettudományos megismerésnek a valóság egyre mélyebb szféráiba való behatolása a "klasszikus módszerek" tökéletesitését kivánta meg, vagy ezen tulmenően uj teljesitményképes módszereket követelt. Szembetünő ez a folyamat a tudományos kutatásokban, ahol az érzéki megismerés empirikus szintjénél mélyebben, a szubmikroszkópikus méretartományokban folytak és folynak a kutatások /pl. kvantumkémia, molekuláris biológia/. Ebből világosan kitünik, hogy a m ó d s z e r a gyorsan fejlődő természettudományokban döntő jelentőségü, és számunkra azok a legjelentősebb törekvések, melyek közvetlenül vagy közvetve a

kémia oktatásával kapcsolatba hozhatók. A metodológia, az uj ismeretek szerzésére irányuló tudatosan vezérelt folyamat térhóditása egyre jobban érvényesül a szaktudományokban. A módszerek jelentőségét a kémiai kutatásokban akkor érthetjük meg, ha a szóbanforgó tudománystruktura "metodikai metszetét" /9./ analizáljuk. Módszertani szempontból a kémia tudományokban különböző tipusu és módszertani fokozatu kutatási ágakat különböztettünk meg /pl. analitikai kémia, müszeres analitika, aktivizációs analizis stb./.

A modellezés a kémiában nem hozott létre önálló diszciplinát, de az egyes ágazatokon belül kiterjedten és eredményesen alkalmazták. A kémiatanitás módszertanára ez a megállapitás csak részben érvényes, a modellezés sokkal nagyobb figyelmet igényelne a középiskolai kémiatanitásban. Például a molekulák geometriájának értelmezése nem nélkülözheti az anyagi és ennek modellek alkalmazását. Ezen a ponton is érintkezik dolgozatunk témája a filozófiailag megalapozott modellezés elméletével. A modellmódszer egyetemes jellege, valamint az iskolai megismerés mai mélységének sajátszerüségei képezhetik a módszer elterjedésének alapját. Ennek következtében a módszer sokkal következetesebben alkalmazható a tanitás-tanulás egymástól eltérő didaktikai feladatainak megoldására.

A modellezés helyének kijelölése a természettudományos megismerés strukturájában elvezet a modellek didaktikai alkalmazásának problematikájához. A modellek alapvető gnoszeológiai funkciója az elmélet és gyakorlat dialektikus kapcsolatának feltárása. Az oktatásban alkalmazott modellek a "h i d" szerepét tölthetik be a megismerés dialektikus folyamatában.

A kéziában a megismeréssel kapcsolatos ismeretelméleti kérdéseket, valamint az ezzel kapcsolatos szakdidaktikai feladatokat három alapvető gondolat köré csoportosítjuk:

1. a megismerési folyamat szerkezete
2. a dialektika törvényeinek érvényesülése a megismerés folyamatában
3. a tudományos /és iskolai/ megismerés módszerei.

1. A marxista filozófia irodalma /rendszerint/ a megismerés négy főbb típusát különbözteti meg: köznapit, tudományost, iskolait /didaktikait/ és művészit. /1.ábra/

	Megismerés		visszatükrözés módja	ismeretek rendszerezésének alapja
	objektuma	célja		
Tudomány	konkrét kutatási terület	törvények keresése	absztrakt	a kifejtés logikája
Tananyag	ember-világ viszonya	a világ elméleti és gyakorlati elsajátítása	absztrakt-konkrét	a tanulás logikája

1. ábra

A megismerési típusok strukturáiban vannak közös, általános és speciális elemek. Ami a megismerési típusokban alapvetően közös, azt Lenin így fogalmazta meg:
"Az eleven szemlélettől az elvont gondolkodáshoz és ebből a gyakorlathoz, ez az igazság megismerésének, az objektív realitás megismerésének dialektikus útja." /10./

Az egyes megismerési tipusokban természetesen az alapvető elemek - az eleven szemlélet, elvont gondolkodás, gyakorlat, igazság stb. - speciálisan jelentkeznek és funkcionálnak. A köznapi megismerés a n a l ó g i á i formálisak, felszinesek, kvalitativak, ezzel szemben a tudományos megismerés analógiái kvantitativak, pl. izomorfok. Ebből a példából is kitünik, hogy az analógia ismeretelméleti szempontból fontos, minőségmeghatározó megfeleltetés. "Az analógia teljesen áthatja gondolkodásunkat, mindennapi beszédünket és hétköznapi logikánkat, csakugy, mint a kifejezés művészi eszközeit és a legmagasabb tudományos tevékenységet. Alkalmazása persze igen különféle szinten történik. Az emberek gyakran alkalmaznak bizonytalan, félreérthető, nem teljes vagy nem teljesen tisztázott analógiákat, de az analógia a matematikai pontosság fokát is elérheti." /11./

A fentiekkel összhangban megállapithatjuk, hogy a tradicionális logikában az analógiát olyan következtetési formának tekintik, amelyben a tárgyak egyes jellemzőinek hasonlóságából arra következtethetnek, hogy ezek a tárgyak másban is hasonlók, azonban ez a következmény csak valószinü, de nem bizonyitott. Éppen ezért az analógia nem bizonyitási módszer, csak uj igazságok felfedezésére szolgálhat, de ezeket még be kell bizonyitani más módszerekkel.

A tanitás szempontjából ki kell emelnünk a megismerés szerkezetének logikai-racionális elemeit, amelyek egymással dialektikus kapcsolatban vannak:

- fogalmak, törvények, kategóriák és elméletek,
- tudományos itéletek /konjunkció, diszjunkció, implikáció/,
- következtetések /induktiv, deduktiv, traduktiv, analógikus stb./,
- bizonyitások, cáfolatok,
- hipotézisek, absztrakciók, általánositások, extrapolációk,
- intuició, formalizáció,
- m o d e l l e z é s,
- axiomatizáció,
- tudományos igazság.

Jozsef Attila Tudományegyetem Központi Könyvtára SZEGED

Ezen strukturelemek több-kevesebb didaktikai szerepet kapnak a középfoku oktatásban. Figyelemre méltó tény, hogy az analógia, az analógikus következtetések, valamint az ezzel szoros viszonyban lévő modellezés szerepe az uj tantervekben növekedett. Az adott megközelitésnek van kifejezett pedagógiai aspektusa: a modellezés elősegiti a tanulók kreativitását. x

2. "A dialektika törvényeinek érvényesülése a megismerési folyamatban" témakör kifejtésére dolgozatunk keretein belül nem vállalkozhatunk, s itt csupán arra utalunk, hogy a jelzett téma összefüggésbe hozható az iskolai modellezéssel, a kémiai tantárgypedagógiával.

3. A tudományos megismerés és kutatás módszerei

A tudományos kutatás sokrétü, összetett dialektikus folyamatának igen sok szakdidaktikai vetülete van. Már utaltunk arra, hogy az iskolai és a tudományos megismerésnek egyező vonásai vannak, s ez indokolja, hogy a kutatás általános, rendszerezési kérdéseivel foglalkozzunk.

"... a tudományos kutatás a megismerés olyan aktusa /vagy formája/, amelynek közvetlen célja és feladata uj ismeret szerzése a szubjektum számára az objektumról, s amelyben az objektum lényege feltárul a szobjektum előtt." /12./

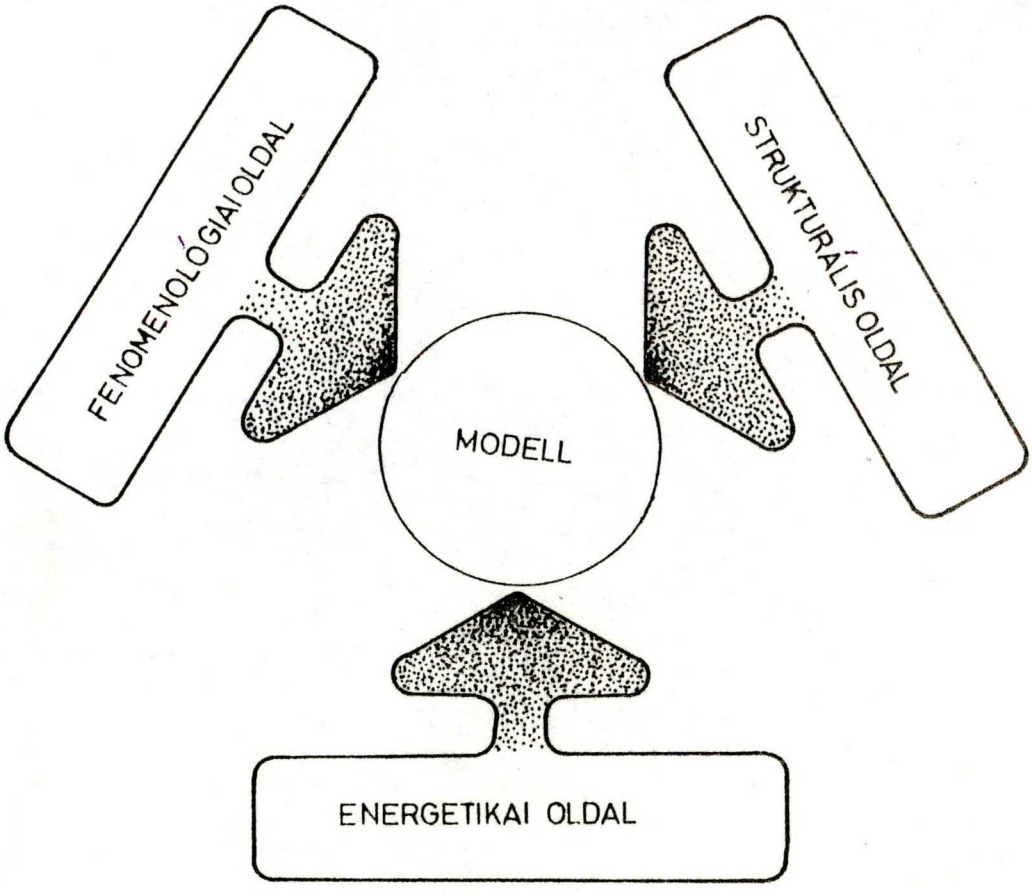
A kutatás közvetlen célja a természeti törvények megismerése, feltárása, de a meghatározásban megfogalmazott cél kettős: a kutatás végső célja a törvények felhasználása a gyakorlatban. Egy ilyen felhasználási terület az oktatási gyakorlat, amikor a már megismert törvényszerüségeket alkalmaznak a tanórán. A kémia tantárgy experimentális jellegénél fogva a kisérletezést általá-

x Kreativitás: speciális feladatok megoldására szolgáló tevékenységfajta, amelyre a p r o b l é m a f e l v e t é s ujdonsága, nehézsége és nem tradicionális volta jellemző.

nosan és rendszeresen alkalmazza az iskolai megismerésben, és véleményünk szerint megközelítőleg hasonló szerepet kellene szánni a m o d e l l e z é s n e k is. Éppen ezért látnunk kell a modell-módszer helyét a tudományos kutatások rendszerében. A tanítási anyag elsajátítása során a tanulók megismerkednek közvetve az alkalmazott tudományos módszerekkel, de meg kell találni annak a lehetőségét, hogy ezeket a mindenkori tudományos kutatómunka általános módszereit közvetlenül is megismerhessék. A k é m i a, a fizika, a biológia és a matematika tantárgyak egyaránt alkalmasak arra, hogy a középiskolában a szaktanár módszertani problémáit érintsen, tárgyaljon. Ezek a kérdések jelen vannak a szaktárgyakban. A módszer és elmélet között, a megismerés eszközei és eredményei között éles határ nincs. A módszer általános értelemben a tárgy tudatosult belső természete. A természettudományos kutatások, valamint a tananyag implicite magukba foglalják a tudományos megismerés eljárásait.

A tudomány bármely törvénye, amely a valóság egy részét írja le, egyben arra is utal, hogy milyen módszerrel tárta azt fel. A középiskola feladata egyebek között, hogy kialakítsa a tanulók logikai, gondolkodási készségét, melynek részét képezi a modell-módszer.

A szaktárgyak korszerű oktatása /középfokon/ nem jelenti az adott tudományág legujabb fejezeteinek oktatását, hanem sokkal inkább korszerű szemléletmód alapján történő tanítást jelent. A modern szemléletmód alapján történő oktatás a kémiában például azt jelenti, hogy nem elegendő a folyamatok fenomenológiai vizsgálata, hanem el kell jutni a strukturális és energetikai oldal vizsgálatához is. /2. ábra/ Erre alkalmasak például azok a molekulamodellek, amelyekről a szerkezet könnyen és egyértelműen leolvasható /pl.: golyós-pálcikás modellek/. A megismerés módszertani gazdagságának gyarapítása egyrészt szakmai hasznon belül jelentkezik, másrészt beépül a tanulók gondolkodási rendszerébe. Ugyanakkor


FENOMENOLÓGIAI OLDAL
STRUKTURÁLIS OLDAL
MODELL
ENERGETIKAI OLDAL

2. ábra

Ugyanakkor hangsúlyozzuk, hogy a módszert /kutatási módszereket/ nem lenne célszerű abszolutizálni, mert mint ismeretes a módszernek alárendelt szerepet kell játszania a tudomány tárgyához képest. A kémiaoktatásban használt modellezést éppen ezért csupán egy hatékony módszernek tekintjük.

A tudományos kutatás konkrét módszereit három csoportra osztathatjuk /3. ábra/, mely csoportok egymással természetesen összefüggésbe hozhatók. /13./

Általános módszerek

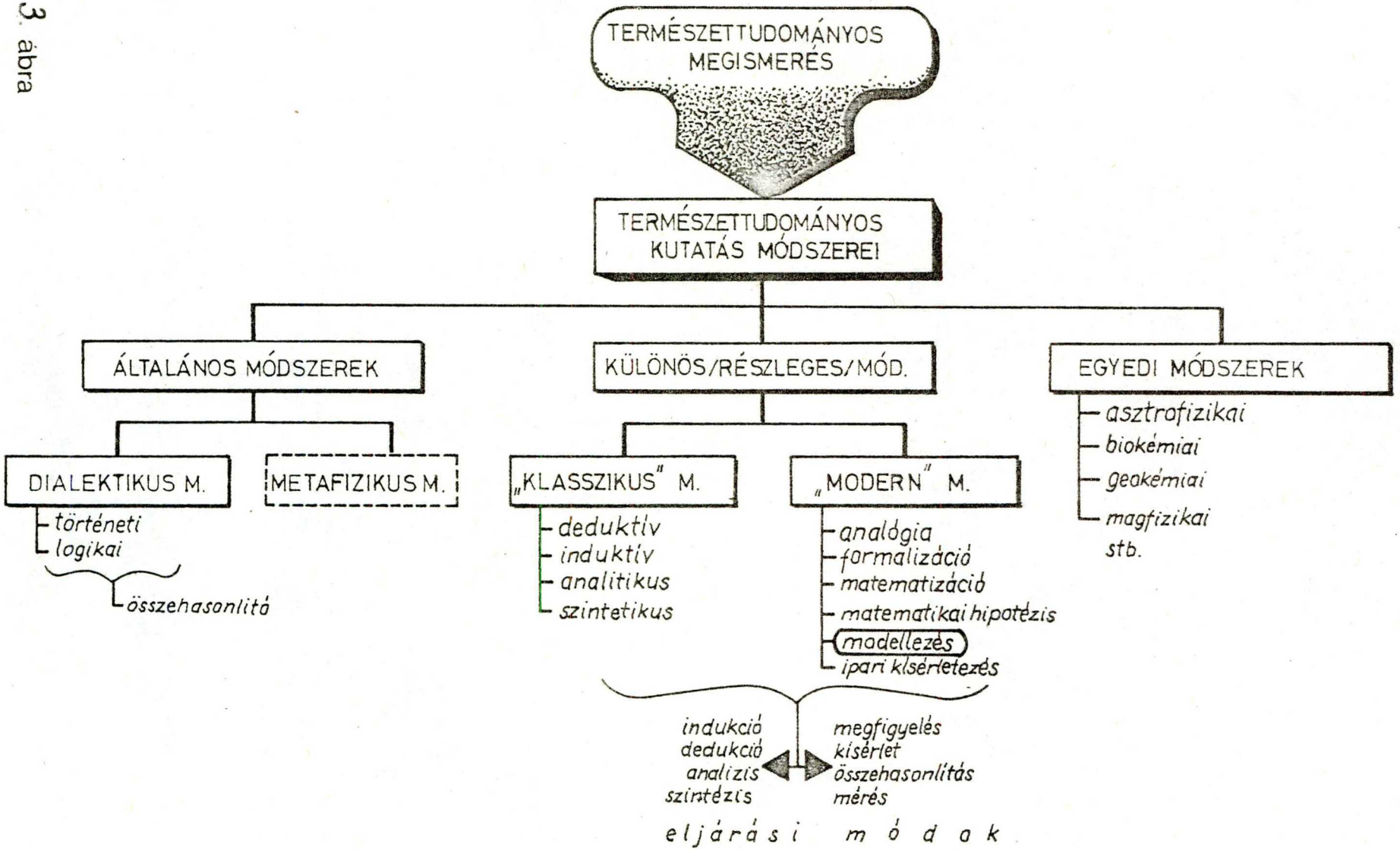
A természet, a társadalom és a gondolkodás fejlődéstörvényét vizsgáló legáltalánosabb módszer a d i a l e k t i k u s módszer, amelynek alapját az anyagi világ legáltalánosabb mozgás- és fejlődéstörvényei alkotják. Csakis a dialektika álláspontjából érthető meg az objektiv valóság megismerésének összetett, ellentmondásokkal terhes utja. A megismerés folyamatának két alapvető szintjét különböztetjük meg: az empirikus és teoretikus szintet. A megismerés utját tekintve a konkrettől az absztrakthoz /kutatás módja/ vagy az absztrakttól a konkrétig /előadás módja/ haladhat.

A természettudományokban a dialektikus módszer különféle formákban konkretizálódik: történeti, logikai, összehasonlító módszerek. Az általános dialektikus módszerrel nemcsak a természeti jelenségek tanulmányozhatók, hanem a gondolkodás vizsgálatának is nélkülözhetetlen eszköze.

Speciális /módszeres/ módszerek

Ezek a módszerek általános és specifikus jellegűek. Általánosak abban az értelemben, hogy kiterjedten alkalmazhatók az egyes tudományágakon belül, ugyanakkor speciálisak abból a szempontból, hogy nem ölelik fel a kutatás egész tárgyát.

3. ábra


TERMÉSZETTUDOMÁNYOS MEGISMERÉS
TERMÉSZETTUDOMÁNYOS KUTATÁS MÓDSZEREI
ÁLTALÁNOS MÓDSZEREK
KÜLÖNÖS/RÉSZLEGES/MÓD.
EGYEDI MÓDSZEREK
DIALEKTIKUS M.
METAFIZIKUS M.
„KLASSZIKUS" M.
„MODERN" M.
történeti
logikai
összehasonlító
deduktív
induktív
analitikus
szintetikus
analógia
formalizáció
matematizáció
matematikai hipotézis
modellezés
ipari kísérletezés
asztrofizikai
biokémiai
geokémiai
magfizikai
stb.
indukció
dedukció
analízis
szintézis
megfigyelés
kísérlet
összehasonlítás
mérés
eljárási módok

Hasonképp önkényes rendező elv szerint /14./ a kutatás különös módszereit két csoportra oszthatjuk:

1. "klasszikus" módszerek /induktív, deduktív, analitikus, szintétikus/
2. "modern" módszerek /analógia, formalizáció, matematizáció, matematikai hipotézis és extrapoláció, axiomatizálás, m o d e l l e z é s, ipari kisérletezés stb./

A természetkutatás különös módszerei a kutatás gyakorlatában többféleképpen jelentkezhetnek. Ezek a kutatás konkrét eljárási módjai: megfigyelés, kisérlet /és gondolatkisérlet/, összehasonlitás, mérés, indukció-dedukció, analizis-szintézis. Ezek a módszerek nemcsak a tudományos kutatás folyamatában alkalmazhatók, hanem az iskolai megismerés szerkezetében is fontos szerepet játszanak, de részletes tárgyalásukra itt nem kerülhet sor.

A modellezéssel szorosan összefüggő kutatási módszereket akkor tárgyaljuk majd, amikor a modellezés helyét, szerepét keressük a kémiatanitásban.

Egyedi módszerek

Az egyedi módszerek a tudományágak speciális módszerei. Érvényességük csak az egyes szaktudományokra korlátozódnak, de a fejlődés következményeképpen más természettudományos ágazatokban is elterjedhetnek. Igy a résztudományok speciális módszerei különös módszerekké a különös módszerek pedig általános módszerekké fejlődhetnek.

Ezt a tendenciát mutatja például a fizikában megszülletett egyedi módszer: az atomi jelenségek leirására használt kvantummechanikai módszer a kémiai jelenségek magyarázásának egzakt módszerévé vált, s ujabban a molekuláris biológia sem nélkülözheti ezt a megközelitést.

I.5. A kémia tudomány története a modellezés nézőpontjából

A középiskola kémia tananyagban kevés lehetőség adódik a tudománytörténeti ismeretek oktatására. Azzal egyáltalán nincs mód, hogy egy átfogó, teljes képet alakítsunk ki a kémia történetéről, pedig számos tanítási téma feldolgozása jól alkalmazható lehetőséget kínál a szaktudomány történetével összefüggő tények felidézésére. Ezzel kapcsolatban két járható út kínálkozik: az egyik az, hogy mozaikszerűen kiragadunk egy-egy fontosnak tartott fejlődési szakaszt, és azt a lehetőségekhez mérten mélyebben elemezzük, a másik járható út egy sajátos nézőpontból az egész fejlődést átfogó vizsgálat. Mi az utóbbi utat választottuk. Esetünkben a sajátos nézőpont a m o d e l l - m ó d s z e r. Ebből a szempontból - némiképp önkényes kiemelésekkel - vizsgáljuk a módszer hatását a kémiára, illetve a kémia hatását a modellezésre.

Valószínű, hogy az oktatásban alkalmazott modellek egyidősek a tudományos megismerésben használatos modellekkel. Különösen érvényes ez a megállapítás a kémia tudomány fejlődésének korai szakaszára, amelyben az "oktatási modellek" és kutatási modellek általában nem különíthetők el egymástól. Más szempontból pedig azt tapasztalhatjuk, hogy a tudományban kidolgozott modellek bizonyos késéssel kerülnek a "tananyagba". Ez utóbbi tendencia a kémiatörténet legutóbbi szakaszára jellemző.

A kémiatudomány fejlődésében a modell - módszer evolutiója elválaszthatatlan magától a tudománytól. Mínos lehetőségünk arra, hogy dolgozatunk keretein belül a kémia tanításban használt modellek történeti fejlődését bemutassuk. Nem tehetjük meg már azért sem, mert ez magának a kémia történetének is kidolgozatlan területe.

Az alábbiakban néhány kiragadott példán keresztül megmutatjuk a kémia fejlődése legfontosabb szakaszainak összefüggéseit a modell-módszer fejlődésével.

A kémia fejlődésének korai szakasza

Az időben igen hosszu periódusból csupán az ókori görök tudósok természetbölcseleti tanait vizsgáljuk a modellezés aspektusából.

A görögök "modellszerü" szemléletes világkép-elképzeléseiben megtaláljuk az eszmei modellek csiráit. Az őselemekről alkotott elképzelések spekulativ formájukban is modellszerüek:

Thalész	/i.e. 624-547/	őselem = viz,
Anaximandrosz	/i.e.610-546/	őselem = levegő,
Herakleitosz	/i.e.535-475/	őselem = tüz,
Empedoklész	/i.e.495-435/	őselem = föld, viz, tüz, levegő.

Mai szemmel még inkább figyelemre méltó az az "anyagmodell", amelyet Leukipposz /i.e.V.sz./ és annak tanitványa Demokritosz /i.e.460-370/ alkotott. Ennek a modellszerü elképzelésnek a lényege, hogy az anyag igen apró részecskék összetömörödéséből keletkezik, ezek a részecskék olyan kicsinyek, hogy tovább már nem oszthatók /atoma = oszthatatlan/. Valamennyi atom állandó mozgásban van, szüntelenül változó kombinációkat alkotnak egymással. Ez utóbbi megállapitás a modellszerü elképzelés dinamikus jellegére utal.

Az atomisták felfogásával szemben merőben más "anyagmodellt" dolgozott ki Empedoklész tanait továbbépitve Arisztotelész /i.e.384-322/, akinél az ősanyag "primitiv szubsztancia", ami csak akkor észlelhető, ha alakká formálódik. Igy négy elem keletkezik, amelyek egymástól négy tulajdonságban - meleg, hideg, száraz, nedves - különböznek, ugyanakkor egymással kapcsolatban is vannak. Arisztotelész szellemc és idealista

"anyagmodellje" a tudományos fejlődés következő fokának, az alkémiának filozófiai bázisává vált.

Az ókor modellszerű elképzelései általában kvalitatívek voltak. Ugyanakkor ebben a korban a modell-módszer kvantifikációja két forrásból táplálkozott, az egyik forrás a csillagászat, a másik pedig a csillágászattal szorosan összefonódott matematika. Ezzel kapcsolatban említjük meg Eudoxoszt /kb. i.e.408? - 355/ görög matematikust /csillagászt, orvost/, kinek írásai ugyan nem maradtak fenn, de eredményeit Euklidész őrizte meg "Sztoikheia" /Elemek/ című művében. Ebben a műben a modellezés szempontjából /és a geometriai hasonlóság szempontjából/ fontos arányelméletet dolgozott ki. Az arányelméletben meghatározta a mennyiség fogalmát és az arányok egyenlőségét. /Tudománytörténeti érdekesség, hogy éppen az arányelmélethez nyúlik vissza Dedekin /1831-1916/ valós számok modern halmazelméleti felfogása: a Dedekin-szeletek strukturája a valós számok modellje./

A tudományos modellezés fejlődésével párhuzamosan az ókori műszaki technikában is megjelennek a modellezés elemei. A mai modell szó visszavezethető az antik építészethez. Vitruvius Pollio római építész írásaiban találkozunk először a modulus /mérték/ kifejezéssel, mely az épületek arányrendszerének alapja volt. /A görög, római és renesszánsz építészetben az arányok meghatározására az oszlopok alsó körsugarát használták./
A modell szó etimológiájához tartozik, hogy a középkorban a szó hasonló jelentéssel tovább él: ófrancia - moule, ángol - mould, ófelnémet - model, valamint az olasz - modelló alakban.

A középkor kémiája megtorpanást jelentett a kémia fejlődésében. Az alkémisták elképzelései, fantasztikus próbálkozásaik, amelylyel az anyag titkait megérteni és azt ábrázolni is igyekeztek, gyakran a tévedések misztikus labirintusához vezettek, de az általuk kialakított /nem egységes/ jelrendszer a mai képletek szellemi őseinek tekinthető. Ezek az absztrakt, egyszerűsített jelek "szimbólikus modellként" funkcionáltak.

József Attila Tudományegyetem Könyvtár SZEGED

A kémia fejlődésének későbbi szakaszai

A XV. században megindulló társadalmi átalakulás összetett uton ment végbe. A technikai változások tudományos átalakulásokhoz vezettek, viszont a tudomány visszahatása révén változásokat hozott létre a technikában. A XVI. század során lendületet kapott a biológia, a kémia és a csillagászat fejlődése, de a kémia utjában még ott állt az arisztoteliánusi skolasztikus világkép, a maga célokságí tanával, "rejtett" minőségeivel és szubsztancia felfogásával. A kémia fejlődése ekkor két területen indult meg: a metallurgia és a jatrokémia területén. E korszak természettudományos fejlődését olyan tudósok fémjelzik, mint Kopernikusz, Kepler, Galilei, Harvey, Bacon, Descartes, Boyle, Hooke, Huygens, Newton, Lavoisier stb.

A kémia szaktudománnyá válását a XVII. század elejére tehetjük. A miszticizmus béklyóinak letörésához uj természettudománynak kellett kidolgoznia a természetkutatás modern, egzakt módszereit. A kisérletezés, számitás, mérés a logikai tisztasággal együtt beépül a kémia ismeretelméleti szerkezetébe. A fizikában kidolgozott mechanisztikus modellek termékenyitőleg hatottak a kémiára. A kémia szaktudománnyá válási folyamatában kiemelkedő szerepe volt Boyle-nak /1627-1691/, ki megpróbálta beilleszteni a kémiát a mechanisztikus materialista világképbe. Boyle a kémiai folyamatok értelmezésére alkotott spekulációiban nagy szerepet szánt az elrendezés, struktura, rész és egész fogalmának. Ezt tükrözi az elem fogalmára megadott meghatározása, mely idealizált objektumok e s z m e i modelljének tekinthető.

"Elemnek nevezem mindazokat az eredeti és egyszerű semmi mást nem tartalmazó testeket, amelyek egyikét sem lehet a másikból előállitani, amelyekké az összetett anyagok bonthatók."
/The Sceptical Chymist. London 1661./

A kémia fejlődés további szakaszaira tudománymódszertani szempontból többek között az a jellemző, hogy a modell-módszer egyre általánosabbá válik. Az uj elméletek kidolgozásában a modellek az uj kémiai ismeretek forrásául szolgáltak. Ebből a szempontból is igen jelentős a flogiszton elmélet. A Stahl /1660-1734/ által megfogalmazott hipotézis, mely szerint az összes égető anyagban és fémben egy láthatatlan anyag /flogiszton/ van, egyértelműen arisztoteleszi felfogás. Az elméletből a m o d e l l s z e r ű elképzelés minden erőltetés nélkül kihámozható. Ha egy fém-oxid szénnel történő hevítése következtében fémes tulajdonságuvá vált, annak oka Stahl szerint az, hogy az oxid a szénből flogisztont vett fel:

/fém-oxid/ + /szén-F/ = /fém-F/ + /szén-oxid/

ahol F = flogiszton.

A flogiszton elképzelés természetesen bizonyíthatatlan hipotézis maradt, s az elmélet végső megdöntése Lavoisier /1743-1794/ nevéhez fűződik.

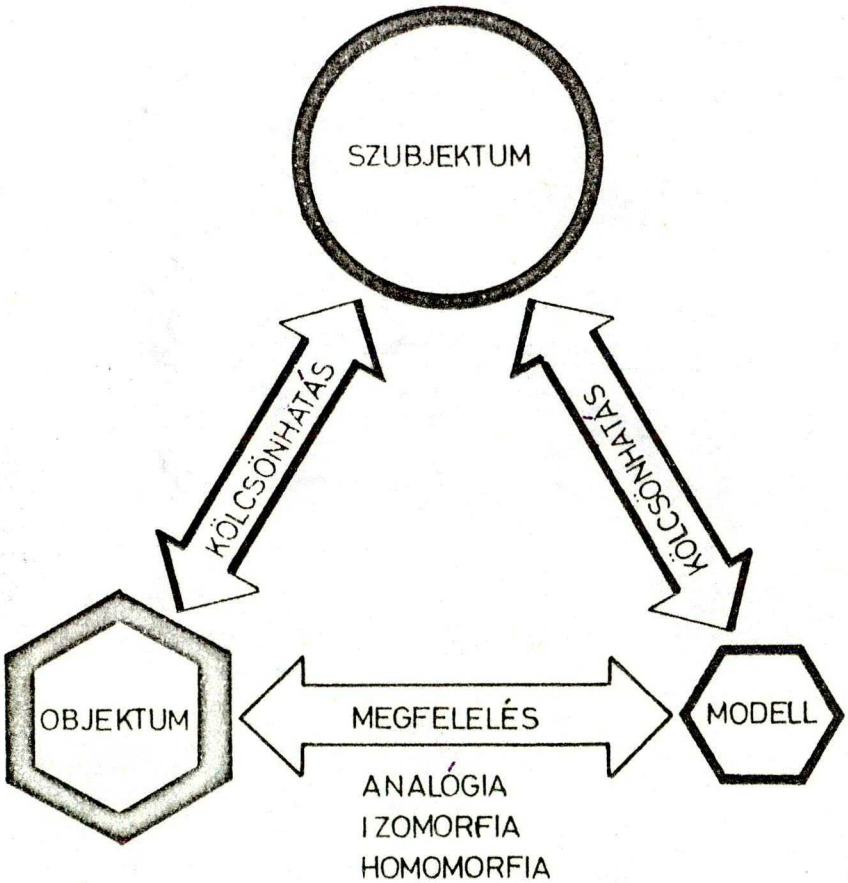
Lavoisier munkásságával megteremti a kémiában a tudományos modellezés ontológiai és gnoszeológiai alapját. Ontológiai elméletének kiinduló pontja az anyagmegmaradás törvénye, ismeretelméleti-módszertani jelentősége pedig abban áll, hogy kijelöli az ismeretszerzés utját: kisérlet - mérés - induktiv következtetés - elméletalkotás. Ez a módszer volt egyedül képes arra, hogy a korábban használt anyagelképzelések helytelen /arisztoteleszi/ kiinduló pontjára rámutasson. A tömegmegmaradás elvének felfedezése és megfogalmazása a kémiai egyenlet irás, és ezzel a kémiában egyedülállóan fontos j e l m o d e l l e k /képletek/ szaktudományos alapját is megteremti. Lavoisier irásaiban utal arra is, hogy egy empirikus tudomány ideális modellje az algebra lehetne, ezzel a kijelentésével a matematikai modellezés lehetőségeit vázolja fel.

A XIX. században a többi természettudománnyal együtt a kémia fejlődése is felgyorsult. Módszertani szempontból kialakult a megismerés három lépcsős szerkezete:

a. a kísérletezésen alapuló ismeretszerzés
b. a tapasztalatok matematikai leírása
c. az elméletalkotás /pl. modellalkotás/

Lényegében a megismerés ezen utját járta be Dalton /1766-1844/, mikor kidolgozta a klasszikus kémia atomelméletét, melynek filozófiai gyökerei a görög atomista filozófia gondolati rendszerébe nyúlnak vissza. A modell fogalmát azonban nem szeretnénk a tudományos elmélettel azonosítani - ennek veszélyére Kocsondi is felhívja a figyelmünket /15./ - csupán arra a megállapitásra szoritkozunk, hogy a XIX. század közepétől a fizikához hasonlóan a kémiában is széleskörűen e l t e r j e d.

A XIX. században erőteljes fejlődésnek induló fizikai és kémiai kutatások eredményei elméleti alapot biztositottak a tudományos modellezésnek. Ugyanakkor a modell-módszer segitségével egyre több elméleti és gyakorlati feladatot oldottak meg a kémikusok. A modellezés egyik leglátványosabb sikerét a szerves vegyületek szerkezetének felderitésében érte el, melyben az atomszerkezeti megalapozás döntő szerephez jutott. Az anyag szerkezetének megismerése olyan kisérleti módszerek kidolgozását igényelte volna, amelyek az egyedi mikroobjektumokat /pl. molekula/ tette volna hozzáférhetővé. Ilyen kisérleti módszereket /pl. Wilson-kamra/ azonban csak századunkban sikerült kidolgozni. Kezdettől fogva járhatóbbnak bizonyult az az ut, amely az anyagok makroszkópikus jelenségeiből következtetett a molekulák szerkezetére. A megismerés ezen utja feltételezte a modell beiktatását - az objektum és szubjektum közé - a megismerés folyamatába.
/4. ábra/



A modell-módszer struktúrája

Szegedi Attila Tudományegyetem Könyvtár
SZEGED

4. ábra

A szerves kémiai szerkezetkutatás az 1900-as évek utolsó harmadában eljutott a szerkezetelmélet alapjainak lerakásához, mely az atom-, molekula és vegyértékfogalmon nyugodott.

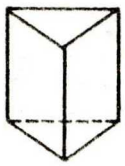
Gerhardt /1816-1856/ kidolgozta a kémiai analógián alapuló "tipuselméletet". A tipuselméletet, éles viták után, Kekulé /1829-1896/ és Couper /1831-1892/ "vegyértéktana" dűntötte meg. A klasszikus szerkezetelmélet további kidolgozásában fontos szerepe volt Butlerovnak /1828-1886/. Butlerov egyértelműen vallotta azt az elvet, hogy a vegyületek viselkedéséből szerkezetükre és szerkezetükből viselkedésükre lehet következtetni. Az általa felállitott szerkezeti képletek a kutatás kezdeti szakaszában h i p o t e t i k u s jelentőséggel birtak: m o d e l l k é n t f u n k c i o n á l t a k. /Egy vegyület szerkezeti képlete modellként akkor funkcionál, ha az a kémikusnak uj információkat képes nyujtani a megismerés folyamatában./

A hipotetikus szerkezeti képletek felállitása, majd a szerkezet kisérletett kémiai uton történő igazolása a modellezés általános gyakorlatává vált a kémiában. Ennek kapcsán érdemes megemliteni a benzol szerkezete körül lejátszódó tudománytörténeti szempontból is érdekes vitát /5. ábra/. Az ábrán feltüntetett képletek közül Kekulé-modellje lett a legidőállóbb. Ez a modell nemcsak a benzol kémiai tulajdonságát irta le a legkevesebb ellentmondással, hanem megkönnyitette a további aromás tipusu vegyületek szerkezetének felderitését is.

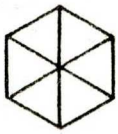
A szerkezeti képletnek a modellezés szempontjából alapvetően kettős funkciója van: egyrészt általános információt nyujt

A BENZOLMOLEKULA MODELLJEI

XIX. sz.

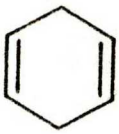


1869 Ladenburg

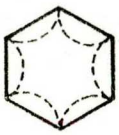


1867 Claus

1869 Meyer
1884 Baeyer
1888 Armstrong

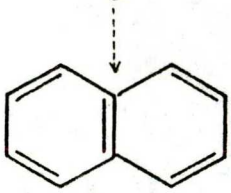


1867 Dewar



1899 Thiele

1865 Kekulè



(naftalin)

1866 Erlenmeyer

5. ábra

a vegyületről, másrészt elősegíti, hogy egy molekula illetve vegyület ismeretlen reakciójára, tulajdonságára következtethessünk.

A molekulák t é r s z e r k e z e t é n e k tanulmányozása van't Hoff /1852-1911/ holland és Le Bel /1847-1930/ francia vegyész munkásságával indult meg. Tudományos előzménye a már említett "vegyérték" fogalom volt, amely az atomoknak azt a sajátságát fejezte ki, hogy csak adott számú más atommal kapcsolódhatnak molekulává. A szén négy vegyértékűségét különböző vegyületek összetétele alapján Kekulé ismerte fel és fogalmazta meg 1858-ban. Van't Hoff és tőle függetlenül Le Bel 1874-ben arra a felismerésre jutott, hogy a szénatom négy vegyértéke t e t r a é d e r e s térorientációju, vagyis a molekulák háromdimenziós, térbeli képződmények, melyekben a vegyértékek irányitottak. Ennek a tudományos felismerésnek a gondolati utját utólag, egyértelműen rekonstruálni nem lehet. Mégis megpróbáljuk megmutatni, hogy m o d e l l e z é s nélkül lehetetlen lett volna erre az eredményre jutni.
/A megismerésnek itt ismertetett utja olyan tanulságos, hogy tanórán is sikeresen alkalmazható. Tanitási gyakorlatunkban ezt a módszert ki is próbáltuk. Szemléletformáló hatását eredményesnek itéltük meg./

Az 1780-ban Scheele által tejből izolált tejsav optikai aktivitást mutatott: "balra forgatott". Berzelius izomból kivont tejsava "jobbra forgató" volt. x
Azt a látszólagos ellentmondást, hogy két azonos konstitucióju vegyület különböző tulajdonságu, van't Hoff oldotta fel. Elméletében feltételezte, hogy az azonos konstitucióju tejsavmolekulában a központi szénatomhoz a -H $-CH_3$ -OH és - COOH ligan-

x A tejsav vizes oldata az áthaladó poláros fény rezgésének sikját jobbra forgatja el.

dunok t é r b e n kapcsolódnak.

A térbeli elhelyezkedés bizonyitására modell-kisérletet mutatunk be /6. ábra/.

A modellezés négy fázisa:

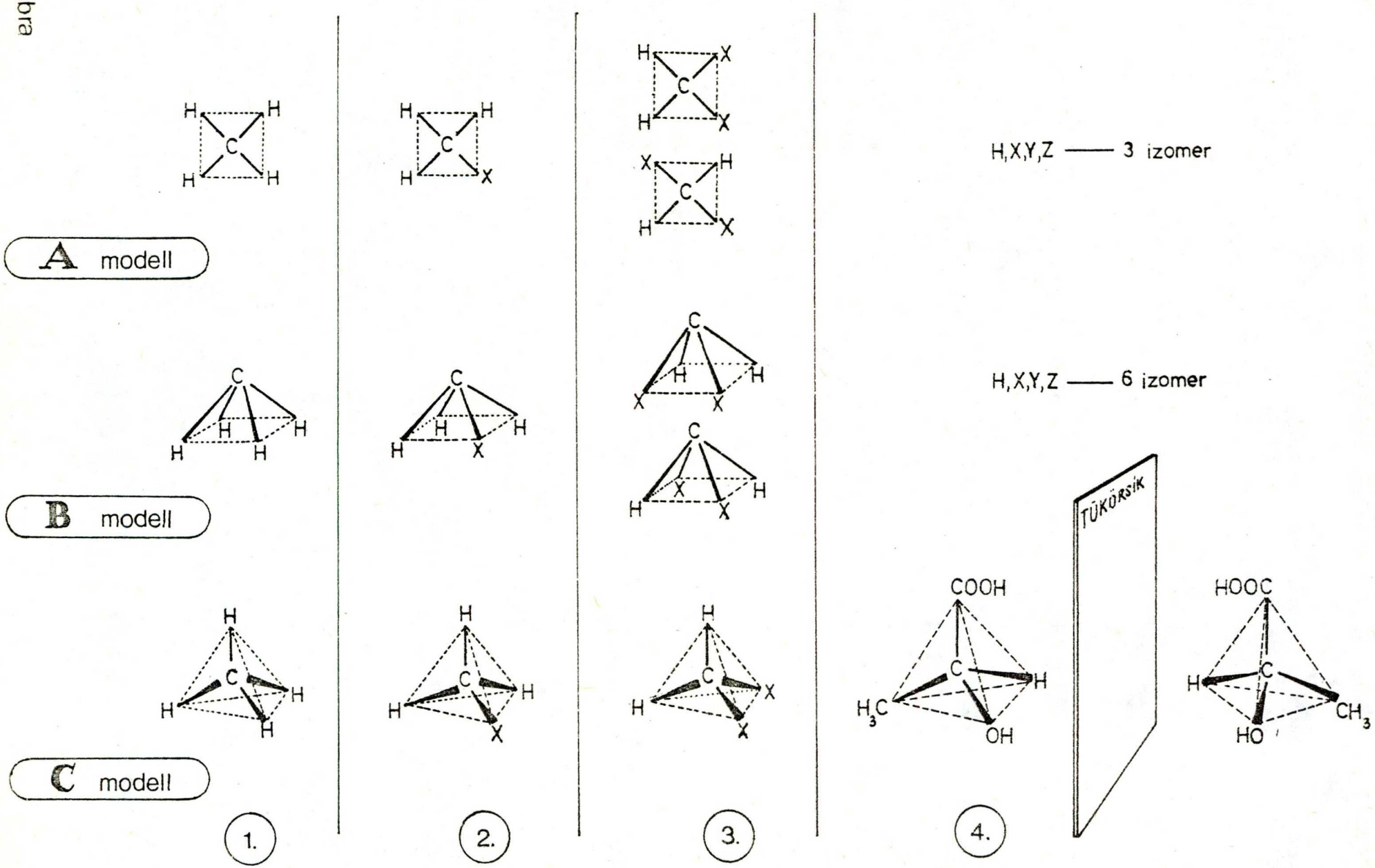
1. A metán háromféle lehetséges szerkezete, melyben a kötésben lévő hidrogénatomok viszonylagos helyzete azonos:
   A modell: négyzet,
   B modell: piramis,
   C modell: tetraéder.
   A három hipotetikus modell közül a valóságnak megfelelő molekulaszerkezetet kiválasztani egyelőre még nem lehet.

2. Ha a metánban egy hidrogént egy más atommal /X, pl.: klórral/ helyettesitünk az A-, B- és C-modellekből csak egyféle szerkezetet kapunk. /A látszólag különböző szerkezetek forgatással fedésbe hozhatók./ Egy hidrogéntől különböző szubsztituens bevitele a molekulába a feladat megoldására még nem elégséges; az A, B és C strukturák egyaránt lehetségesek.

3. Ha a metánban két hidrogént helyettesitünk egy más atommal az A- és B modellekből két-két térizomért vezethetünk le. A C-modellből csak egyfélét, ami jól egyezik a tapasztalattal: CH_2Cl_2-molekula a valóságban is csak egyféle van! Igy a metán A- és B-modellje kizárható.

4. Ha a metánban három hidrogént egymástól különböző atomokkal vagy atomcsoportokkal /X,Y,Z: $-CH_3$, -OH, -COOH/ helyettesitünk, akkor az A-modellből három, a B-modellből hat szerkezet vezethető le. /Ez ellentmond a tapasztalatnak!/

6. ábra


A modell
B modell
C modell
H,X,Y,Z —— 3 izomer
H,X,Y,Z —— 6 izomer
TÜKÖRSÍK
COOH
HOOC
H_3C
OH
HO
CH_3
1.
2.
3.
4.

A C-modellből kétféle és csakis kétféle szerkezet következik, ami összhangban van a tapasztalattal, pl.: a tejsavnak két optikai izomérje van. A C-modellből modellezéssel levezetett tejsavmolekula szerkezete semmiféle forgatással fedésbe nem hozhatók /tükrösek/.

Az elkövetkező évek kisérleti tapasztalati igazolták van't Hoff elméletét. A négyliganduros szénvegyületek tetraéderes térszerkezete a mai napig is a szerves kémia egyik alaptétele.

A szerves molekulák szerkezetének kutatása a továbbiakban két uton haladt. E g y r é s z t "klasszikus" kémiai módszerekkel, a vegyületek makroszkópikus tulajdonságaiból kiindulva kisérelték meg a molekulák strukturáját felderiteni. E módszer elérte a "teljesitőképességének" határát az Emil Fischer /1852-1919/ és munkatársai által kidolgozott szénhidrát és fehérje szerkezet kutatásokban. Módszerükben a modellezés nélkülözhetetlen és általánosan elterjedt lett. A fejlődés m á s i k ágát a mikrofizikai módszerek bohatolása, valamint az atomszerkezeti megalapozottság jellemezte és jellemzi napjainkban is. A bohri atommodell molekulákra történő kiterjesztésével, a vegyérték elektronszerkezeti magyarázatával próbálkozott a Kossel-Lewis-elmélet. Ez a modell atomszerkezetileg értelmezte a klasszikus módszerekkel megállapitott molekulaszerkezeteket. A molekulán belül a kémiai kötést az atomok közé lokalizált kötő-elektronpárokkal magyarázta. /Középiskolánkban 1976-ig lényegében ezt a modellt tanitották, annak ellenére, hogy a Bohr-féle atommodell ellentmondásai az 1920-as években már világosan kirajzolódtak./

A hidrogénatom felépitését és szinképét a Bohr-modell még kielégitően leirta, de a nagyobb rendszámu atomok /pl.: He/ spektrumának számos jelensége már nem magyarázható ezen az alapon. Az elektron hullámtermészetének felismerése lehetővé

József Attila Tudományegyetem Könyvtár SZEGED

tette a kvantummechanikai atommodell felállítását, mely egyben alapját is képezte egy fogalmilag egységes, a valóságot hiven tükröző szerkezeti kémiának. A mikrofizikai megismerés fejlődésének ez a viszonylag rövid szakasza a harminas évek elején lezárul, miután Heisenberg, Schrödinger, Dirac, Born és még többen létrehozták a kvantummechanika egzakt elméletét. Ezt követte egy átmeneti periódus /kb. két évtizeden át/, mely a kvantumelmélet általánositását tűzte ki célul, illetve kialakulnak az elmélet különböző ágai, többek között a k v a n t u m k é m i a. A kémiai szerkezetekre alkalmazott matematikai modellezés eredményei közül csupán a két legfontosabbat említjük meg: Mulliken MO-módszerét, illetve Heitler, London VB-módszerét.

A molekulaszerkezet egzakt matematikai módszerekkel történő megközelitésének általános módja lett az olyan modellek kvantumkémiai számitása, amelyek az anyag kémiai szempontból lényeges tulajdonságait tükrözik vissza, s ezzel a kémikus számára hasznos információkat nyujtanak.

A kémia történetében, s különösen a XX. század kémiájában számos példát találunk a modellezés kiterjedt alkalmazására, hogy mi a vázlatos tudománytörténeti összefoglalásunkban a kémiai szerkezetelmélet fejlődését elemeztük, annak kettős oka volt. Egyrészt, mint ahogy bizonyitottuk is, a szerkezetkutatások nem nélkülözhették a modelleket, másrészt a jelenlegi középiskolai tananyag számos olyan szerkezettel kapcsolatos fogalmat tartalmaz, amelyeket modellek nélkül szemléletesen megtanitani nem lehet.

A következőkben bemutatjuk egy konkrét példán, hogy a modelleknek milyen nagy jelentősége van a tudományos kutatásban /7. ábra/.

A v i z m o l e k u l a hipotetikus szimbólumai, képletei, szerkezeti képletei a kémiatörténet különböző szakaszaiban általában gondolati vagy anyagi modellként funkcionáltak; elősegitették a természet mélyebb összefüggéseinek felismerését.

1. modell: Az alkimisták, valamint a XVII. század és a XVIII. század tudósai a vizet azon öt elem egyikének tekintették, amelyekből feltételezéseik szerint a világ felépül.
A viz jelölésére használt formulát /pl.: háromszög/ az irott munkákban /pl.: receptekben/ elterjedten alkalmazták.

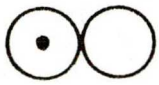
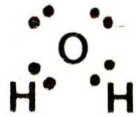
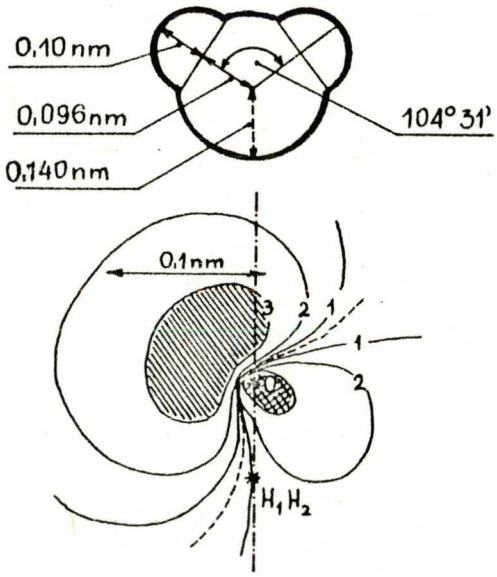
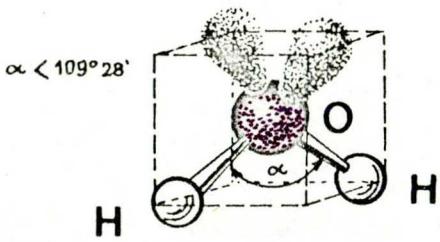
2. modell: A flogiszton korszak kémikusai, tudósai /pl.: Cavendisch, Lavoisier, Watt / kisérletileg kimutatták, bizonyitották, hogy a viz "hidrogénből és oxigénből áll", és ezt a tényt a flogiszton elméletben használatos fogalmakkal irták le. Az összetétel felderitése megteremtette az alapot a tudományos igényű szerkezeti képletek felirásához.

3. modell: Dalton 1804-ben felállitott modelljében az oxigén és hidrogén aránya 1:1.

4. modell: Berzelius javaslatára alakult ki a kémia egységes jelrendszere. Az első képletben az oxigént a vegyjel fölé irt pont szimbolizálta, a két hidrogént a vegyjel alatti vonallal jelezték.

5. modell: 1860-ra a kémikusok többsége a H-O-H szerkezeti képletet használta, a molekula modellje lineáris volt.

A H_2O–MOLEKULA MODELLJEI

1.	▽	XIII.sz.	Alkimisták
2.	„deflogisztonizált levegő"+ flogiszton = víz (hidrogén) (oxigén)	1783	Cavendish, Lavoisier, Watt
3.		1804	Dalton
4.	$\underline{\dot{H}}$, H_2O	1840	Berzèlius
5.	H–O–H	1860	Butlerov, Couper, Kekulè
6.	H^+ OH^-	1890	Arrhenius
7.		1916	Kossel, Lewis
8.		1930–	Kvantumkémia [Kvantumfizika]
9.		1970	Gillespie

7. ábra

6. modell: A szervetlen kémia fejlődésében döntő jelentőségű volt Arrhenius elektrolitos disszociációs elmélete. A vízmolekula ionos modellje a klasszikus sav-bázis elmélet kiinduló pontja lett.

7. modell: 1916-ban Kossel /német/ és Lewis /amerikai/ vegyészek a kémiai töltés értelmezésére az un. megosztott elektronpár kötést javasolták. A víz nagy dielektromos állandóját úgy értelmezték, hogy a vízmolekula nem lehet lineáris szerkezetű, hanem a kötések megközelítőleg 110°-os szöget zárnak be. A középfoku kémiaoktatásban ez a modell szinte napjainkig is használatos volt, szemléletessége jól illeszkedett a tanulók életkori sajátosságaihoz. Mára azt az elmélet nagyban gátolta a kvantummechanikai gondolkodás kifejlődését a középfoku oktatásban.

8. modell: A kvantumkémia a molekulák modellezésére több járható utat ismer. A vízmolekulával kapcsolatban csupán felvillantunk néhány megoldást. 1930-ban a vízgőz abszorpciós sávképének vizsgálata azt mutatta, hogy a H - O - H kötésszögek átlagos értéke 104,5°, és az O - H kötéstávolság 0,096 nm.
A H_2O-molekula egyik magányos párjának megfelelő lokalizált pályát szintvonalas ábrázolásban szemléltetik. A szaggatott vonal negatív függvényértékeknek felel meg, a pont-vonal mentén a függvényérték zérus. A rajz INDO-módszerrel /kvantumkémiai közelítő módszer/ kapott eredmények alapján készült.

9. modell: 1970-ben Gillespie kvantumkémiai alapokon olyan egyszerű modellt dolgozott ki, melyben a vegyértékelektron-párok térigénye kifejezésre jut. A magányos és kötőelektronpárok eltérő térigényének hatására a kötésszögek alakulása szemléletesen bemutatható.

Összefoglalva megállapithatjuk, hogy a vizmolekula "történeti képletei" nem mások mint a molekula strukturájának kiemelése jelrendszer segitségével, és a kiemelés általánositással és absztrakcióval történhet.
A visszatükrözés pontossága, mélysége jellemző egy adott kor természettudományos fejlettségére.

Tudománytörténeti fejtegetéseink alapvetően a modellezéssel összefüggő kémiai megismerés körében mozogtak. Felvetődhet a kérdés: egyetlen tudomány modellezési lehetőségét vizsgálva az elemzés alapján adódó konklusiók mennyiben tekinthetők általánosan érvényesnek a modell-koncepció egésze vonatkozásában. A modellezés egészére érvényes itéletek általában csak a különféle szaktudományok szintézise alapján alkothatók. Az egyes természettudományok azonban nem azonosak a modellezés szempontjából. A szerkezeti kémia vitathatatlan eredményeit /pl.: DNS-molekula szerkezetének megállapitása/ modellek nélkül nem érhette volna el - s a tételt megforditva - ugyanakkor a kémiai modellezés kitüntetett szerepet játszott a modell-módszer általános filozófiai kidolgozásában.

II. A MODELLEZÉS VILÁGNÉZETI VONATKOZÁSAINAK FELMÉRÉSE

II. 1. A modell helye a kémiai ismeretszerzés folyamatában

A kémiai tantárgypedagógia mindazokkal a kérdésekkel komplex módon foglalkozik, amelyek a tantárgy tanításával kapcsolatban felmerülnek. Ezek a kérdések nevelési, oktatási, tartalmi és módszertani problémákat ölelnek fel. Ebből következik, hogy egy adott kémiai tananyag tanítása során a modellezéssel ne csak mint szűkebb értelemben vett módszerrel, hanem annak teljes pedagógiai problematikájával, hatékonyságával is foglalkozzunk.

Az oktatási folyamatban a modellek alkalmazásának célja az értelmi képességek, a gondolkodás fejlesztése. A korszerűen értelmezett szakdidaktika - tantárgypedagógia - a modellezés adta nevelési lehetőséget nem utólag keresi a már didaktikailag kiválasztott és elrendezett tananyagban, hanem azt már a tantárgyi tananyagkiválasztás szintjén is figyelembe veszi. A modellezés a tudományos kutatás és kísérletezés hatékony módszere, így érthető, hogy az iskolában a természettudományos világkép kialakítására a többi módszer mellett ezt is használnunk kell.

Mi indokolná, hogy a jelenleginél n a g y o b b szerepet kapjon a modellezés a középiskolai kémiatanításban? Elsősorban az, hogy a modellezés a tanulók gondolkodásfejlesztésének nélkülözhetetlen módszere, másodsorban e módszer alapvető gnoszeológiai funkciója mellett pedagógiai, didaktikai és világnézeti nevelés szempontjából jól hasznosítható elemeket is tartalmaz.

A tanulás pszichikus folyamatában a modell-módszer alapvető feladata a tanulók megismerő tevékenységének segítése. A modellek többféle didaktikai szerepet kaphatnak az órán, és ezek közül azok a legfontosabbak, amelyek k ö z v e t l e n ü l és hatékonyan a g o n d o l k o d á s t fejlesztik. Mint ismeretes, a tananyag tartalma a tudományok fejlődésének következményeképpen néhány évtized alatt részben vagy teljesen elavul, de a m ó d s z e r e k, a megismerés

módszerei, amelyekkel a tanulók az ismereteket elsajátították, sokkal időtállóbbak, maradandóbbak. Ennek ellenére a tantárgypedagógusok reformtörekvései legtöbbször és majdnem kizárólagosan tartalmi jellegűek.

A modellezés a tanítás folyamatában betöltött szerepének hangsulyozása azért fontos, mert gondolkodásfejlesztő hatása révén visszahat a szubjektumra /a tanulókra l. 4. fejez./. A következetesen, tudatosan alkalmazott modell-módszer az oktatómunkában meghatározott feladatok megoldására irányul és gondolkodási műveletek alapjában megy végbe. Ennek következtében a modellezést és a vele kapcsolatos gondolkodási folyamatot tudatosság és célirányosság jellemzi, mely pedagógiai és pszichológiai szempontból nagyon lényeges. A modell közvetítésével történő tanulás /a megismerés empirikus szintjén/ különösen összefüggésbe hozza az érzékletek és észleletek adatait - összeveti, összehasonlítja, megkülönbözteti azokat, s a dolgok és jelenségek közvetlenül, érzékileg adott tulajdonságai között lévő viszonyokon keresztül tárja fel azok uj elvont tulajdonságait.
Didaktikai szempontból a modellezés a helyes értelmezés szerint p r o b l é m a c e n t r i k u s, ami azt jelenti, hogy az oktatásban a modell használata akkor hatásos, ha a tanulót problémahelyzet elé állítja. Véleményünk szerint az olyan modelleket, melyek a fenti funkcióval nem rendelkeznek, /pl. vegyi üzem szemléltető makettje, stb/ csak a legritkább esetben érdemes tanórán felhasználni.

Módszertani szempontból lényeges, hogy a szaktanár a gondolkodási folyamat kezdeti szakaszára jellemző problémahelyzetet határozottan tudatositsa a tanulókban. Az ilyen kezdet meghatározott befejezést is feltételez. Ebből következik, hogy a modellezés a tanulási folyamatban is tudatos, célirányos, konvergens gondolkodást követel a tanulóktól.

A problémamegoldásra alkotott modell a kiinduló feladatot uj alapon veti fel és a tanulókban a körvonalazott megoldás hipotéziseként tudatosul. A modellel végzett tanszetett feladat megoldása ilyen hipotézisek segitségével megy végbe, a hipotézisek ellenőrzése pedig magával a modell segitségével történik.

A gondolkodás előtt álló feladat tudatosulása determinálja a gondolkodási folyamat egész lefolyását, s ez tudatosan szabályozott intellektuális műveletek rendszerekként megy végbe. A gondolkodás strukturájára vonatkozó kutatások nagy segitséget nyujtanak a gondolkodás eredményeinek értékeléséhez, de kevesebbet mondanak a gondolkodást átfogó módszerekről. A modellek alkalmazása az iskolai ismeretszerzésben azzal válhat a gondolkodás szempontjából hatékony módszerré, hogy lehetősége van a tanulóknak ö n á l l ó ismeretszerzésre. /Határesetként elfogadjuk, hogy annak a tanulónak, akit tanitanak, nincs alkalma arra, hogy megtanulja, hogyan kell tanulni. Minden olyan problémával, melyet alapvetően a tanár segitségével oldanak meg, csökkenti azoknak a problémáknak a számát, amelyeken a tanuló megtanulhatja a feladatok önálló megoldását. A túlságosan "eredményes" /eredménycentrikus/ tanitásból legtöbbször hiányzik a gondolkodás tanulásának lehetősége./

A gondolkodásfejlesztés rendszerében, mint már említettük, a modell a "híd szerepét" tölti be a valóság és a szubjektum között /16./, jelen esetünkben a tananyag és a tanuló között. A híd szerep /az empirikus szakasz után/ a gondolkodási folyamat műveleteiben realizálódik, pl. összehasonlitás, analizis, szintézis, absztrakció és általánositás. A tanitás során, az ismeretszerzés folyamatában a modell felhasználása megteremtheti a lehetőséget, hogy a gondolkodás fenti műveletei közül bármelyiket megkönnyitse anélkül, hogy ezen műveletek dialektikus egységét megbontaná.

József Attila Tudományegyetem Könyvtár SZEGED

Nem szeretnénk azonban abba a hibába esni, hogy a modellezést túl tágan értelmezzük, aminek veszélyére Kecsendi is felhívja a figyelmünket: "Az egyik koncepció képviselői kiszélesítik a megismerés e módszerének fogalmát, minthogy a tudományos megismerést modellezésként értelmezik." Egy másik, szintén tág értelmezés szerint "a megismerő tevékenység valamennyi formája meghatározott értelemben modellnek tekinthető". /17./

Sajnos, a középiskolai kémiaoktatásban kevés példát találunk arra, hogy a modellezést következetesen alkalmazzák /a modellalkotás, modell-kiválasztás aktusától a modellezésig/.
Ebből a szempontból egyedülállónak tekinthető az a /Marx György akadémikus irányításával folyó/ kísérlet, mely a fizika, kémia, biológia tantárgyak integrációját tűzi céljának.
A kísérlet elemzésére, értékelésére a dolgozat keretein belül nem vállalkozhatunk, csak a modellezéssel kapcsolatos megállapításaira szorítkozunk.

A modellezés nézőpontjából e kísérlet jelentősége az, hogy a tananyagban a modell-módszer nemcsak implicite van jelen, hanem tényleges, konkrét formában, azaz explicite is. Erre utal az "Anyagszerkezet" kísérleti tantárgy "Golyómodell" /sűrűtmodell/ és "Ihllámmodell" című fejezete. A fejezeteken belül a tanulók megismerkednek a modellalkotás konkrét kérdéseivel, valamint a modellek "teljesítőképességével".

A jelenlegi tanári gyakorlat általában még csak ott tart, hogy a szaktanár az adott tananyaghoz utólag keresi a modellezés lehetőségeit. Az így kiválasztott és a tanítás-tanulás folyamatába beilleszthető modellek legtöbbször a kémiai tananyag demonstrálását szolgálják döntő módon illusztratív funkcióval.
A modell-módszer ennél azonban több, szaktudaktikai szempontból az ismeretszerzés átfogó stratégiájának egyik lehetséges módja.

A tudományos megismerés mai szintjének sajátszerűségei közvetlenül és közvetve is hatást gyakorolnak a kémia oktatásán. Közvetlen hatásukat úgy fejtik ki, hogy a modell-módszer segítségével feltárt és megismert tudományos eredmények /pl. atomfizika, molekuláris biológia, stb./ bekerülnek a tananyagba, közvetett hatásuk pedig abban rejlik, hogy a természettudományokban, a műszaki technikában megalkotott és alkalmazott modellek "didaktikai átformálás" /adaptálás/ után az iskolai ismeretszerzés folyamatába beiktathatók, s ezzel a tanulók gondolkodása /pl. analógiás gondolkodása/ hatékonyabban fejleszthető.

II.2. Az oktatási modellek osztályozása

A modell-módszer univerzális jellegének következménye, hogy az utóbbi években a modellek széles körben elterjedtek a tanításban is. A kémia oktatásában felhasznált modellek igen sokfélék lehetnek és a tanításban eredményességük, hatékonyságuk nagymértékben függ az alkalmazott modellek típusától.

Amennyiben a tudományos modellezés széles területét, a kémia oktatásban alkalmazható modellek sokféle típusát át akarjuk tekinteni, akkor ehhez osztályozási alapot kell teremteni. Az osztályozás alapjául szolgáló ismertetőjegyeket ki kell választani. E tekintetben megkülönböztettük lényeges és lényegtelen jegyeket. A természetes osztályozás a lényeges ismertetőjegyek figyelembevételével történik, míg a mesterséges osztályozás alapját lényegtelen ismertetőjegyek képezik. A tudományos megismerés és az iskolai megismerés folyamata között lévő hasonlóságot már az előadásban kimutattuk, így ennek alapján az oktatási modellek osztályozását nem választjuk külön a tudományos modellekétől. Nem állítjuk azt, hogy az oktatási modellek - bizonyos mértékben - nem térnek el a tudományos kutatás modelljeitől, de dolgozatunkkal éppen azt szeretnénk bizonyítani, hogy ez a különbség nem a lényeges ismertetőjegyek területére esik. Ami közös a kutatási és oktatási modellek között az éppen g n o s z e o l ó g i a i f u n k c i ó j u k: az objektív valóság feltárása. Amiben eltérés van, az a visszatükrözés mélységében, szintjében mutatkozik. A valóság leegyszerűsítésének foka és a leegyszerűsítés sajátságai hordozzák a kutatási és oktatási modellek különbözőségének lényegét.

A tudományos kutatás modelljeinek rendszerint végső sorban az lesz a sorsa, hogy kis változtatással, "didaktikai átformálás" után bekerülnek a tanmenybe. Természetesen vannak olyan modellek is, amelyek kizárólag oktatási célból készülnek.

A tudományos modellek rendszerezésére az alábbi feltételeknek kell teljesülniük:

- természetes osztályozásra és
- teljességre kell törekedni, valamint arra, hogy
- a tartalom és forma különös kapcsolatának dialektikus materialista felfogása érvényesüljön.

Az osztályozás alapját a modellek bármely közös tulajdonsága képezheti. Általánosan elterjedt a modellek formai alapon történő osztályozása, amely a modellek felépítési módját választja alapul. /3. ábra/ Ennek alapján a modellek két nagy osztályba sorolhatók: 1. anyagi modellek,
2. gondolati /eszmei/ modellek.

Az anyagi modellek további három altipusát különböztetjük meg:

a. geometriai hasonlóságon alapuló modellek,
b. fizikai hasonlóságon alapuló modellek,
c. matematikai hasonlóságon alapuló modellek.

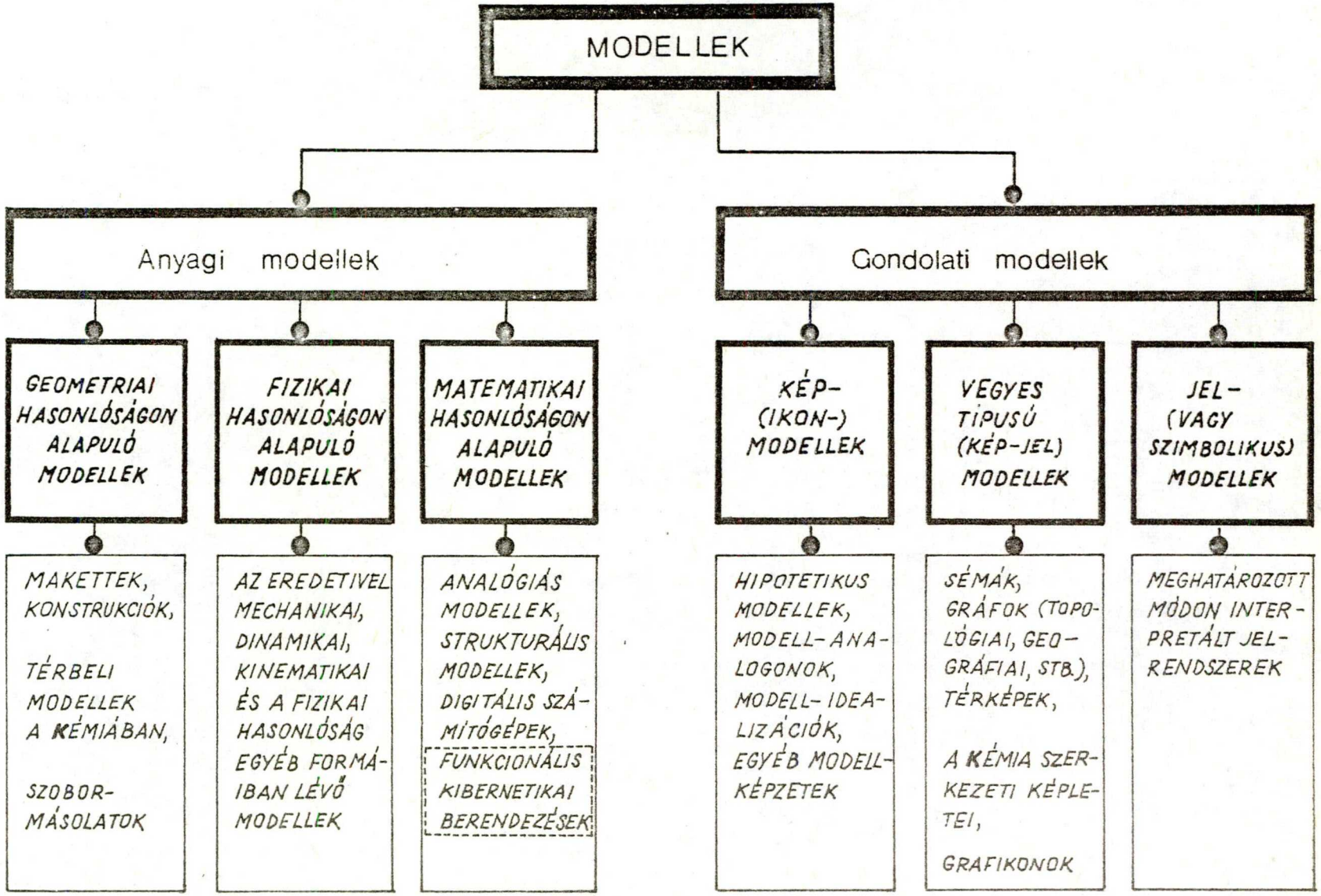
/A matematikai modellek csoportjából indokolt megfontolások alapján a kibernetikai modelleket ki lehet emelni, - ahogy ezt megteszi Kocsondi is, - és külön modelltipusként lehet tárgyalni. Ezt figyelembe véve ábránkban a kibernetikai modelleket szaggatott vonallal kiemeltük./

A tudományos modellek második csoportját a gondolati /eszmei/ modellek képezik, amelyeknek három altipusát különböztetjük meg:

a. kép- /ikon/ modellek,
b. vegyes tipusu /képjel/ modellek,
c. jel- /vagy szimbólikus/ modellek.

A modellek fenti osztályozását szakdidaktikai szempontból tovább finomithatjuk. A teljesség igénye nélkül a változatos szempontok figyelembevételével az alábbi modelltipusok különböztethetők meg:

- strukturális modellek - funkcionális modellek
- statikus modellek - dinamikus modellek
- kvalitativ modellek - kvantitativ modellek stb.


MODELLEK
Anyagi modellek
Gondolati modellek
GEOMETRIAI HASONLÓSÁGON ALAPULÓ MODELLEK
FIZIKAI HASONLÓSÁGON ALAPULÓ MODELLEK
MATEMATIKAI HASONLÓSÁGON ALAPULÓ MODELLEK
KÉP- (IKON-) MODELLEK
VEGYES TÍPUSÚ (KÉP-JEL) MODELLEK
JEL- (VAGY SZIMBOLIKUS) MODELLEK
MAKETTEK, KONSTRUKCIÓK, TÉRBELI MODELLEK A KÉMIÁBAN, SZOBOR-MÁSOLATOK
AZ EREDETIVEL MECHANIKAI, DINAMIKAI, KINEMATIKAI ÉS A FIZIKAI HASONLÓSÁG EGYÉB FORMÁIBAN LÉVŐ MODELLEK
ANALÓGIÁS MODELLEK, STRUKTURÁLIS MODELLEK, DIGITÁLIS SZÁMÍTÓGÉPEK, FUNKCIONÁLIS KIBERNETIKAI BERENDEZÉSEK
HIPOTETIKUS MODELLEK, MODELL-ANALOGONOK, MODELL-IDEALIZÁCIÓK, EGYÉB MODELL-KÉPZETEK
SÉMÁK, GRÁFOK (TOPOLÓGIAI, GEOGRÁFIAI, STB.), TÉRKÉPEK, A KÉMIA SZERKEZETI KÉPLETEI, GRAFIKONOK
MEGHATÁROZOTT MÓDON INTERPRETÁLT JEL-RENDSZEREK

8. ábra

II. 3. Az iskolai modellezés fogalmi alapjai

A középfoku kémiaoktatásra - a szakmai ismeretek átadásán tul - nagy feladat hárul. A természettudományos világkép kialakitásával kapcsolatos legfontosabb alapfogalmak különböző mélységü, pontosságu megfogalmazást ebben a tantárgyban kapnak. Általánosságban azt lehet mondani, hogy a természettudományok - bár közvetett módon - a dialektikus materialista világnézet legalapvetőbb kérdéseit érintik. Ezeket a kérdéseket mélyen megérteni csakis a természettudományos ismeretek alapján lehet. A tudomány mind gyorsabb fejlődése egyértelmüen a társadalmi haladás egyik fontos feltétele. A tudományos-technikai forradalom hatására egyre intenzivebben hatja át a gondolkodást a tudomány, megjelenik annak szükséglete, hogy a tanuló képes legyen egyetemes m ó d s z e r e k k e l a megnövekedett tudásanyagot átfogni. Ezért is lényeges az a változás, amely a tudományos-technikai forradalom eredményeként végbemegy, hogy a müveltség, általában a gondolkodás egész rendszere megváltozik benne.

Az alábbiakban felsoroljuk azokat a fogalmakat, amelyekre a szaktanárnak és a tanulónak szüksége lehet. Ebben a korántsem lezártnak tekinthető felsorolásban helyet kapnak a modellezéssel szoros kapcsolatban álló fogalmak.

1. Absztrakt leirás
2. Alkotórész
3. Anyag
4. Atomosság
5. Axióma
6. Állandó
7. Aszimmetria
8. Bizonyitás
9. Dedukció
10. Definició
11. Ellentmondás
12. Elmélet
13. Elv
14. Energia
15. Energetikai oldal
16. Folyamat
17. Folytonosság
18. Gondolatkisérlet
19. Hasonlóság
20. Hatás

József Attila Tudományegyetem Könyvtár SZEGED

21. Hipotézis
22. Hullám
23. Idő
24. Indukció
25. Ítélet
26. Jelenség
27. Kinetikus leírás
28. Kísérlet
29. Különbözés
30. Következtetés
31. Kvalitatív leírás
32. Kvantitatív leírás
33. Kvantáltság
34. Kvantum
35. Makroszkópikus leírás
36. Megfeleltetés
37. Megfigyelés
38. Mennyiség
39. Mérés
40. Mérőeszköz
41. Mikroszkópikus leírás
42. M o d e l l
43. M o d e l l e z é s
44. Módszer
45. Mozgás
46. Nyitott rendszer
47. Okság
48. Rendszer
49. Reláció
50. Részecske
51. Statikus leírás
52. Strukturális oldal
53. Szemléletes leírás
54. Szimmetria
55. Szubmikroszkópikus leírás
56. Tapasztalat
57. Tér
58. Törvény
59. Valószínűség
60. Változás
61. Vonatkoztatási rendszer
62. Zárt rendszer

A modellezés egzakt értelmezése megköveteli, hogy a modellezéssel kapcsolatban használt legfontosabb alapfogalmakat tisztázzuk, s különösen fontos ez akkor, ha még nem alakult ki minden esetben egységes terminológia. Szükséges tisztázni az egyes fogalmak tartalmát, terjedelmét, de nem célunk minden esetben szabatos definíciók képzése, mégis fontos a lehetőleg egyértelmű álláspont rögzítése.

1. Analógia - Az azonosság egyik sajátos formája, hasonlóságon alapuló megfelelés. Két rendszer elemei és ezek viszonyai /azaz struktúrája/, valamint funkciói közötti hasonlóság. /18./

2. Atrap - Francia eredetű szó /attrappe = csalás, hurokvetés/. A modellezéssel kapcsolatban a dekorációs propaganda-, esetleg oktatási célból készült papírmasé utánzatok /haditechnikában pl. célatrap, harckocsi-atrap; egyszeri használatra szánt gyakorló utánzatok. /19./

3. Diorámа - A görög dia /=át/ és orama /=jelenet, kép/ szavak összetételéből alkotott kifejezés. Diorámán olyan megjelenítést értünk, melyeknél a figurális előtér és a festett háttér együttesen kelt élethű benyomást a szemlélőben. /20./

4. Ekvivalencia - Az izomorfizmusnál általánosabb megfelelés. Két halmazt ekvivalenseknek nevezünk, ha elemeik között kölcsönösen egyértelmű megfeleltetés létesíthető, és ez független attól, hogy van-e egyáltalán művelet definiálva a halmazokban. /De ha a két struktúra izomorf, akkor nyilvánvalóan ekvivalens is./
/21./

5. Főkivitel - A német Hauptausführung fordítása, mellyel a kísérleti technikában /pl. aero- és hidromechanika területén/ jelölik a modellezett objektumot.
/22./

6. Hasonlóság - Tudományosan előszőr a hasonlóság fogalmát a geometriában fogalmazták meg /Euklidész/: geometriailag hasonlóknak nevezünk két idomot, ha egymásba torzításmentes deformációval átvihetők. Az egyik idom minden pontja kölcsönösen egyértelmű leképezhető a hasonló idom megfelelő pontjaiba. A geometriai hasonlóság azonban sohasem elegendő, de gyakran nem is szükséges feltétele a jelenségek, folyamatok hasonlóságának. A jelenségek és folyamatok között a hasonló okok hasonló következményét a természeti törvények biztosítják. Teljesen általánosan jelöljük két folyamat belső törvényszerűségeit M illetve M', a feltételeket, amelyek

köt a folyamat végbemegy A illetve A'-vel. A következményt, ami az A illetve A' feltételek közt az M illetve M' rendszer ad, jelölje B illetve B'. /Minden rendszer felfogható olyan folyamatként, ahol az A illetve A' a bemenő /input/, B ill. B' a kimenő /output/ jellemzőket jelenti./

Ha két rendszerben hasonló okok, hasonló következményt váltanak ki, akkor a két rendszer hasonló. Másképpen hasonlónak nevezzük az olyan rendszereket, amelyek megfelelő változói között kölcsönösen egyértelmű leképezési kapcsolat van. Jelen esetünkben a "megfelelő" változók az A ill. A' bemenő és B ill. B' kimenő jellemzők és ezek komponenseit jelentő fizikai jellemzők: $a_1,\dots,a_n$ ill. $a'_1,\dots,a'_n$ és $b_1,\dots,b_n$ ill. $b'_n,\dots,b'_n$. Könnyen belátható, hogy a kölcsönösen egyértelmű leképezési kapcsolat az A, A' ill. B, B' bármely értékhalmaza között akkor és csakis akkor állhat fenn, ha a belső törvényszerűségeket /a rendszeren belüli folyamatokat irányító természeti törvényeket/ leíró egyenletek és a hozzájuk tartozó egyértelműségi feltételek struktúrája azonos, vagyis a hasonlósági transzformációval szemben az egyenletek invariánsak. Az A-M-B folyamathoz visszatérve, két rendszer M és M' differenciálegyenletei, valamint az A és A' egyér-

telmiségi feltételei között létezik a kölcsönösen egyértelmű kapcsolat, akkor az a kapcsolat E és E' megoldások között is fennáll. Ebből következik a hasonlóság /fizikai rendszerekre/ tétele:
"két rendszer hasonlóságának szükséges és elégséges feltétele, hogy a leíró differenciálegyenleteik és az egyértelműségi feltételek egymásba kölcsönösen egyértelműen áttranszformálhatók legyenek". /23./
A szakirodalom a fizikai hasonlóság három tételét tartja nyilván:

Az e l s ő tétel tisztázza a hasonlóság szükséges feltételét: Mechanikailag hasonlók az olyan azonos fizikai jelleggel rendelkező folyamatok, melyek geometriailag hasonló rendszerben úgy játszódnak le, hogy a jellemző fizikai mennyiségek a megfelelő helyeken és időpontokban egymással arányosak. Az invariánsokra vonatkozik a hasonlóság m á s o d i k tétele: A hasonlósági invariánsok ugyanazok, akár a differenciálegyenletekből, akár ezek integráljaiból vezetjük le őket. Végül a h a r m a d i k tétel: Fizikai folyamatok hasonlóságának szükséges és elégséges feltétele, hogy az illető folyamatok összes dimenzió nélküli komplexei - a kezdeti és határfeltételekből levezettek is - egyenlők legyenek.
/24./

7. Homomorfizmus - Az izomorfizmusnál általánosabb megfeleltetés. A modell-relációban olyan megfeleltetés, melyben az A struktura homomorf a B strukturával, ha az A struktura egyér-

telműen és művelettartóan leképezhető a B strukturára. Pl. legyen a művelet az összeadás. Ha megfeleltetjük A minden elemének B egy jól meghatározott elemét oly módon, hogy ha x-nek u és y-nak v felel meg, akkor x+y-nak u+v felel meg. x

8. Izomorfizmus - Az izomorfizmus struktúrák közötti reláció. Általában két strukturát izomorfnak nevezünk ha létesíthető közöttük kölcsönösen egyértelmű és művelettartó leképezés. Precizebben, két strukturát akkor mondunk izomorfnak, ha van olyan kölcsönösen egyértelmű hozzárendelés a két struktura elemei, relációi és műveletei között, mely elemet az elemhez, relációhoz relációt, műveletet művelethez rendel oly módon, hogy:

1. ha az n-változós R relációhoz R' az $a_1,\dots,a_n$ elemekhez $a'_1,\dots,a'_n$ van rendelve, ugy az $a'_1,\dots,a'_n$ elemekre az R' reláció akkor és csak akkor igaz, ha az $a_1,\dots,a_n$ elemekre R igaz;
2. ha az n-változós M művelethez M', az $a_1,\dots,a_n$, b elemekhez rendre $a'_1,\dots a'_n$, b' van rendelve, ugy az M' művelet eredménye az $a'_1,\dots,a'_n$ elemekre alkalmazva akkor és csak akkor b', ha M eredménye az $a_1,\dots,a_n$ elemekre alkalmazva b.

x A homomorfia esetében a modell-reláció és a "modellnek lenni" tulajdonság reflexiv és tranzitiv, de nem szimmetrikus. A homomorfia esetében csak az egyik rendszer tekinthető a másik rendszer modelljeként.

József Attila Tudományegyetem Egyetemi Könyvtár SZEGED

/Halmazelméleti fogalmazásban: Legyen S' struktura része az S strukturának, és S' elemei, relációi és műveletei S-nek is elemei, relációi, ill. műveletei.
Ha S és T strukturák, és S-nek van T-vel izomorf S' része, akkor azt mondjuk, hogy S' egy modellje a T strukturának az S strukturában. A fentiekből következik, hogy a modell-reláció és a "modellnek lenni" tulajdonság reflecis tranzitiv és szimmetrikus.
Így T struktura az S' modelljének tekinthető./

9. Makett - Olasz vagy francia eredetű szó /macchietta ill. maquette = vázlat, terv/.
Építészetben általában meglévő létesitmények kicsinyitett mása.
Színpadi technikában a színpad modellje.
Nyomdászatban a tördelt könyvterv.

10. Modell - "A modell a megismerés objektumát reprodukáló vagy visszatükröző, azzal objektiv megfeleléési viszonyban levő és a tudományos kutatás folyamatában azt helyettesitő anyagi vagy eszmei rendszer, amelynek tanulmányozása uj információ szerzését teszi lehetővé magáról a megismerés eredeti objektumáról." /25./
Ebben a megfogalmazásban az "oktatási-demonstrációs" modellek közvetlenül nem kapnak helyet, de ezek a modellek is az objektumot helyettesitik az ismeretszerzési folyamatban.

11. Megfelelés - Olyan objektiv viszony /reláció/, amelyet a szubjektum állapit meg a rendszerek elemei és relációi között.

12. Panoráma - A kifejezés a pan /=minden, összes/ és orama /=kép görög/ szavakból ered. Festmény vagy kiállitási tárgy, mely az egész horizontot bemutatja /pl.: Feszty-körkép/

13. Prototipus - A kifejezés proto /=első a sorban/ és tipus /=minta/ görög szavakból ered. Iparban, kereskedelemben az első mintadarabot jelenti.

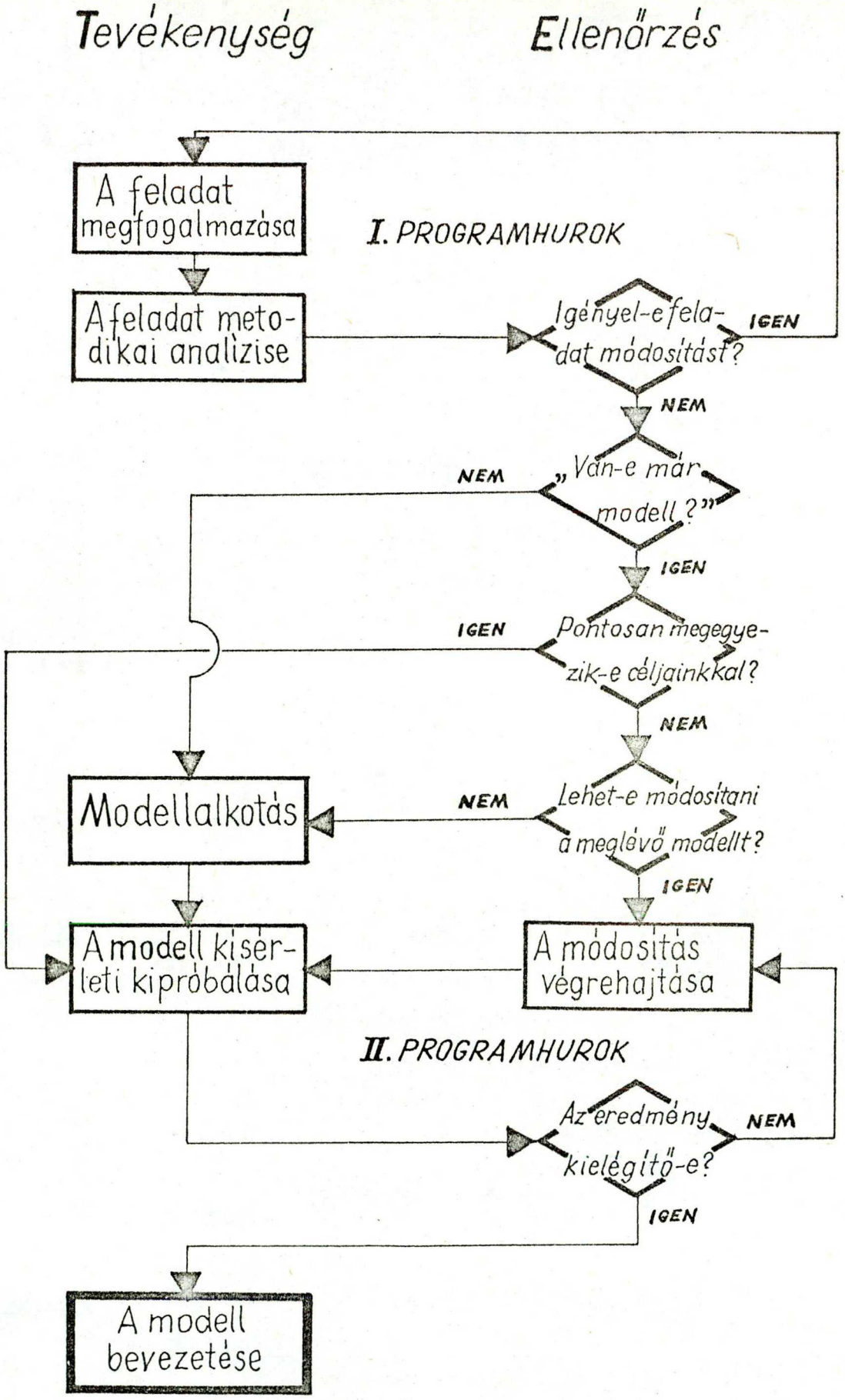
14. Struktura - Egy halmazt az elemein definiált relációkkal és műveletekkel együtt strukturának nevezzük, a halmaz a struktura individuumtartománya, a halmaz elemei a struktura individuumai.

II. 4. A kémiaoktatásban használható modellek kiválasztásának néhány ujszerü szempontja

Amikor a tanitásban felhasználásra szánt modellek kiválasztását nem csupán a tanár szubjektiv itéleteire bizzuk, hanem egy algoritmikus* folyamaton alapuló programot dolgozunk ki, akkor lényegében a döntási sorozat objektiv oldalát erősitjük, és rendszerelméleti s z e m l é l e t e t követünk. A rendszerelmélet a korszerűen értelmezett didaktikába is behatolt, erre utal többek közt a didaktika tárgyának meghatározásában a "személyiség tudatosan v e z é r e l t fejlesztése" kifejezés is. Figyelemre méltó, hogy a kibernetika, információelmélet és rendszerelmélet behatolása a neveléstudományokba /didaktikába, szakdidaktikába/ nem csupán azzal jár, hogy elmélyülnek a deduktiv gondolkodásnak a matematikai tudományokban szokásos eljárásai, hanem uj igények is jelentkeznek a kisérletezés irányában. A kutatómunkának a matematikával és kibernetikával kapcsolatos feladatai a kisérletek körében is uj módszereket igényelnek, ezek közé tartozik az oktatási algoritmusok kidolgozása és alkalmazása. x

A pedagógiában megkülönböztetünk o k t a t á s i és m e g t a n u l a n d ó algoritmusokat. A megtanulandó folyamat algoritmizálása /pl. osztás irásban, kémiai egyenlet rendezése stb./ és az oktatási folyamatban közvetve használt /pl."kiválasztó algoritmus", 9. ábra/ eltér egymástól.

x Az algoritmus: pontos, közérthető formában megadott előirás, mely véges számu lépésben vezet el azonos osztályba tartozó feladatok megoldásához. Fő tulajdonságai: 1. a meghatározottság, 2. a tömeges alkalmazhatóság, 3. konvergencia a megoldáshoz.


Tevékenység
Ellenőrzés
A feladat megfogalmazása
I. PROGRAMHUROK
A feladat metodikai analízise
Igényel-e feladat módosítást?
IGEN
NEM
„Van-e már modell?"
NEM
IGEN
Pontosan megegyezik-e céljainkkal?
IGEN
NEM
Modellalkotás
Lehet-e módosítani a meglévő modellt?
NEM
IGEN
A modell kísérleti kipróbálása
A módosítás végrehajtása
II. PROGRAMHUROK
Az eredmény kielégítő-e?
NEM
IGEN
A modell bevezetése

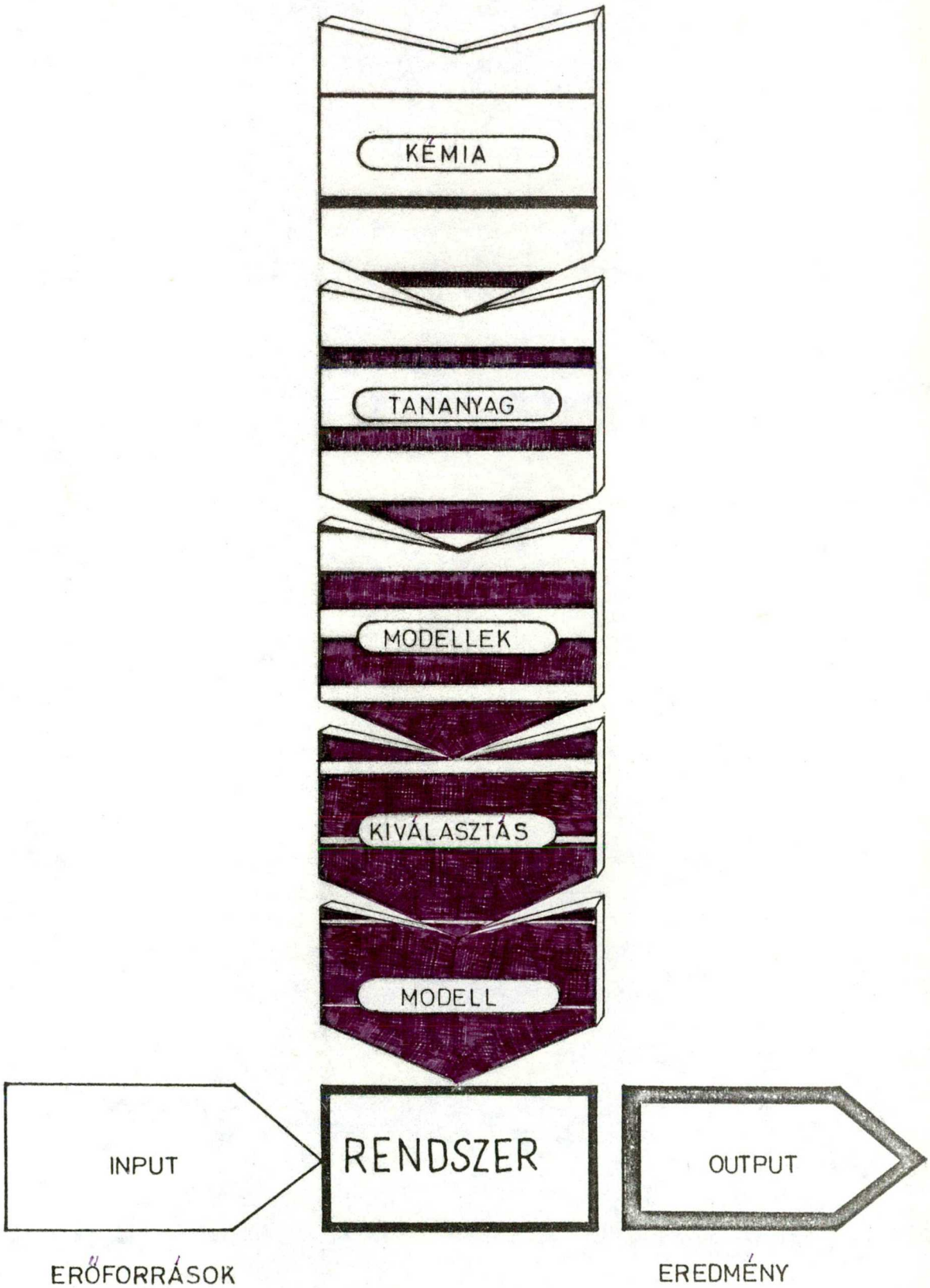
9. ábra

A megtanulandó algoritmus a tanulás-tanitási folyamatot vezérli, míg pl. a "kiválasztó algoritmus" egy pedagógiai feladat /pl. modell-kiválasztás/ megszokott tanári tevékenységét irja le algoritmikusan. A kiválasztó tevékenységet "elemi" müveletekre bonthatjuk. Ezeket a müveleteket meghatározott sorrendben kell alkalmazni, attól függően, hogy milyenek a feltételek, milyen oktatási célt akarunk elérni.

A mondottakból kitünik, hogy mit kell tennünk, ha el akarjuk készitení a fent emlitett "kiválasztási" algoritmust: először meg kell határoznunk a kiválasztás szempontjából lényeges logikai feltételeket, másodszor a kiválasztó tevékenységet, operátorokat, harmadszor az algoritmus logikai sémáját.

A modell-kiválasztás egy lehetséges algoritmusában ezek a következők lesznek: a feladat megfogalmazása - a feladat metodikai analizise - modellalkotás - a modell kisérleti kipróbálása - a modell bevezetése.

Az algoritmikus előirás neveléselméleti szempontból a cselekvés vezérlése. A különböző feladatosztályok megoldásához vezető teljes és racionális müveletrendszereket megtalálni nem könnyü. Azok az algoritmusok, amelyek a pedagógiával kapcsolatosak, alapvetően különböznek a számitógépek számára összeállitott algoritmusoktól. Ez a különbség többek között az elemi művelet értelmezésével van összefüggésben. A számitógépbe táplált program a gép sajátosságaira épül, az ember számára szerkesztett algoritmikus előirás pedig homocentrikus. Az igy értelmezett pedagógiai tevékenység rendszerként funkcionál: egymással kölcsönhatásban lévő elemek /tevékenységek/ komplexuma a köztük meghatározó viszonyokkal. A rendszerelmélet a specializálódással szemben a pedagógiában is a tudományágak integrálódását segiti elő. A kiválasztott és tanitás-tanulás strukturájába beilleszthető modell /10. ábra/ az ismeretszerzés folyamatát egzak-


KÉMIA
TANANYAG
MODELLEK
KIVÁLASZTÁS
MODELL
INPUT
RENDSZER
OUTPUT
ERŐFORRÁSOK
EREDMÉNY

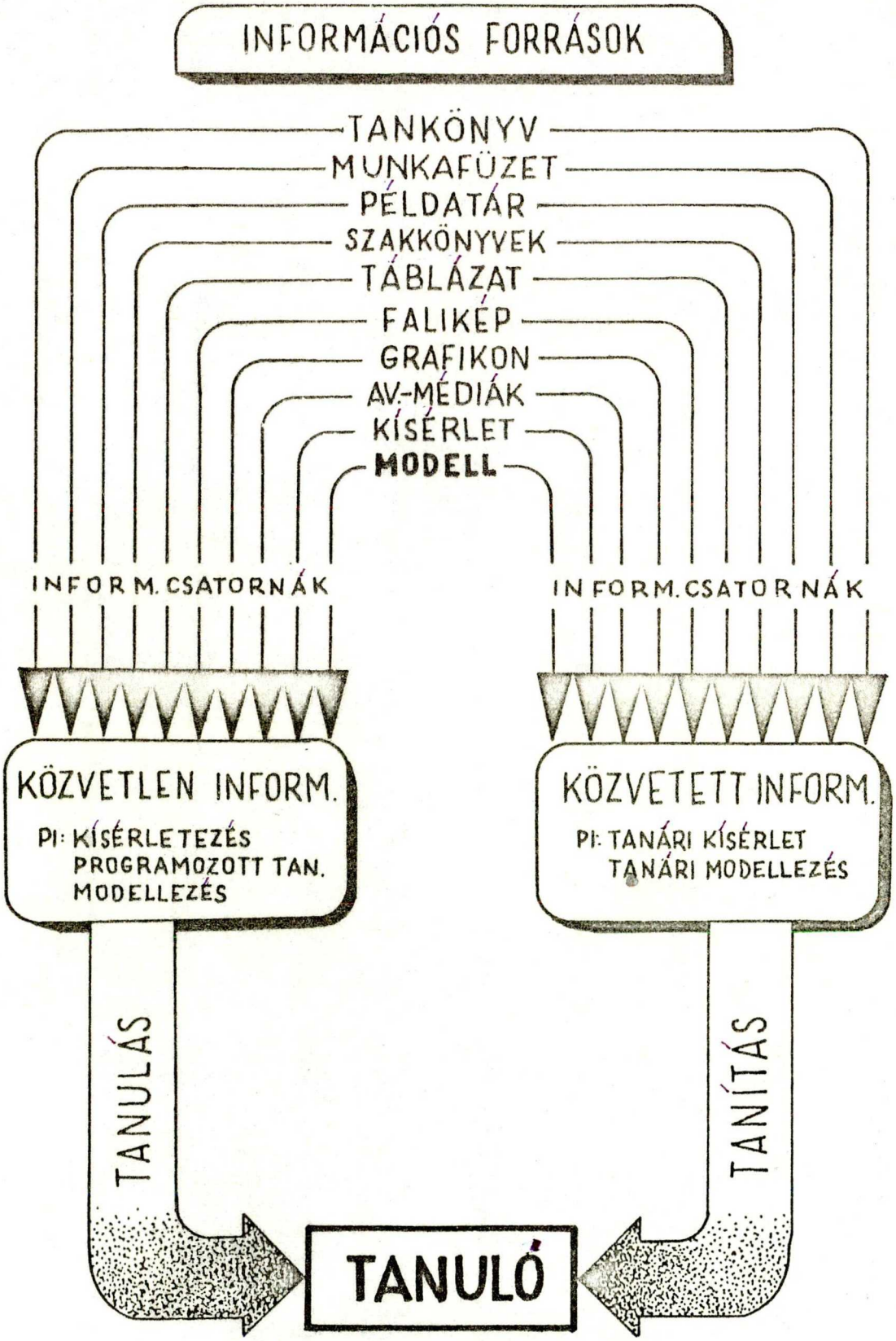
10. ábra

tabbá teszi. Egyrészt azért, mert az "oktatási modellek" elve didaktikusak, másrészt a modellezés didaktikusan irányitható, és ennek következetben a gondolkodás pszichikus folyamata lényegesen adekváltabb módon vezérelhető, mint a hagyományos pedagógiai eljárásokban /pl. tanári előadás/. Itt jegyezzük meg, hogy a neveléstudomány fogalmainak egy része már elnevezésével is bizonyos rendszerszerüségre utal: célrendszer, feladatrendszer, iskolarendszer, köznevelési rendszer stb. A mai felfogások szerint a didaktikát többek között akkor tekinthetjük korszerünek, ha a tananyagot a tudományos ismeretek halmazából rendszerszemlélettel választja ki. Egyre gyakoribb az utóbbi időben a rendszerszemléleti megközelités, melyen az oktatás céljainak, szervezeti formáinak, módszereinek és eszközeinek egységes és hatékony rendszerbe szervezését értjük.

A "kiválasztó" és megtanulandó algoritmusok egymástól látszólagosan elszigetelt rendszerét kapcsoltuk össze az ábrában. Esetünkben a "kiválasztó-algoritmus" eredménye /MODELL/ az oktatási folyamat rendszerfelfogásának /RENDSZER/ alapvető része. A 10. ábra alapján megfogalmazzuk, hogy a rendszerbe meghatározott mennyiségü erőforrás "mehet be" /INPUT/ és ehhez képest kell maximális eredménynek "kijönnie" /OUTPUT/. Amennyiben sikerül feltárni, hogy a modellezés során az erőforrásokat /pl. tanulói aktivitás a modellezés ismeretszerzési folyamatában/ milyen mértékben használtuk ki, akkor már kisebb változtatások is ugrásszerü fejlődéshez vezethetnek, a modellezés hatékonyabbá válhat.

A tanitási folyamatban alkalmazott modell-módszer elemei közötti összefüggés rendszerszerüségre utl.

/A modell-módszer elemei: 1. a modellezés objektuma, 2. a modellezés szubjektuma, 3. a modell, 4. a kutatási eszközök. A modellezés ezen elemei sokoldaluan összefüggnek egymással. /4. ábra/


INFORMÁCIÓS FORRÁSOK
TANKÖNYV
MUNKAFÜZET
PÉLDATÁR
SZAKKÖNYVEK
TÁBLÁZAT
FALIKÉP
GRAFIKON
AV.-MÉDIÁK
KÍSÉRLET
MODELL
INFORM. CSATORNÁK
INFORM. CSATORNÁK
KÖZVETLEN INFORM.
PI: KÍSÉRLETEZÉS
PROGRAMOZOTT TAN.
MODELLEZÉS
KÖZVETETT INFORM.
PI: TANÁRI KÍSÉRLET
TANÁRI MODELLEZÉS
TANULÁS
TANÍTÁS
TANULÓ

11. ábra

II. 5. A kémiai tananyag megjelenítése modellek alkalmazásával

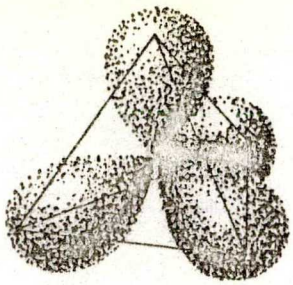
Az ismeretforrásoknak általános és speciális adottságaik miatt döntő szerepük van a nevelő-oktató munka folyamatában. Komplex jellegük miatt mind a megismerési /kognitiv/, mind az értelmi /intellektuális/ és az érzelmi /emocionális/ folyamatokban fontos tényezőkként vesznek részt. A legfőbb szerepet azonban az értelmi nevelésben kapják. Az információforrások /11. ábra/ szervesrészei, alkotó elemei lesznek a tanítási-tanulási folyamatoknak. Nagy szerepe van a modelleknek a konkrét tények megismerésében az ismeretszerzés első szakaszában, valamint a gondolkodási műveletek gyakorlásában, az absztrakciós feladatok megoldásában és végül az ismeretek alkalmazásában.

A 12. ábra egy tipikus és nagyon egyszerű példa segítségével mutatja be, hogy a modellek felhasználásával a tanulók hogyan jutnak el egy uj ismerethez. A rajz a modellezés lépéseit tükrözi:

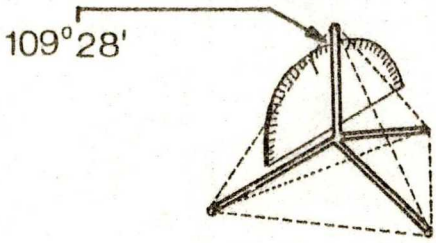
1. ballonmodellel a tetraéder modellezése,
2. vázmodell elkészitése és szögmérés /mérés a modellen/,
3. golyós-pálcikás modell elkészitése,
4. a modell kivetitése a sikba: projekciós képlet megszerkesztése,
5. a metán szerkezeti képletének felállitása.

Az ismeretszerzés fent bemutatott utja két szempontból is tanulságos. Az egyik, hogy a tanulók aktivan, eszelősen vettek részt a tanulási folyamatban, a másik, hogy a foglalkozás sorrendje a természettudományos kutatás logikáját követte.

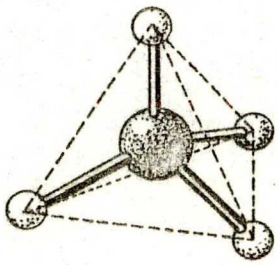
A középiskolai kémia tananyag kulcsfontosságu részei az anyagszerkezeti fogalmak és ismeretek. A következőkben bemutatásra és elemzésre kerülő modellek a hatékony tanitás pillérei.



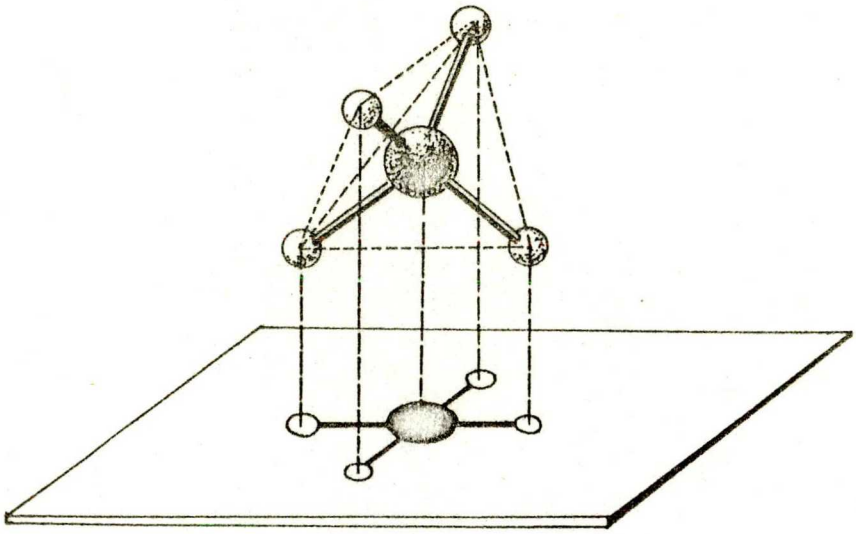
1.



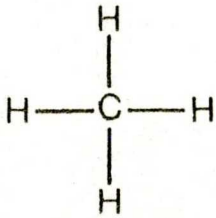
2.



3.



4.



5.

12. ábra

II. 6. Anyagszerkezeti modellek

Az anyag szerkezetére vonatkozó ismeretek a legutóbbi néhány évtizedben rohamosan bővültek. A kémia tudományának fejlődése, a bekövetkezett változások szükségszerűen igényli az uj szemléletű, a tudomány jelenlegi eredményeivel összhangban lévő tanitási anyag oktatását a középiskolában.

Az anyag szerkezetével foglalkozó tudomány talán a modern természettudomány legbonyolultabb területe; gyakorlatilag a fizika minden eredményét felhasználja és a fizikai ismeretek mellett komoly matematikai apparátust is igényel. Ezen ismeretek tanitásának legfontosabb problémái közé tartozik a kémiai szerkezet bemutatása, az anyagrészecskék térbeli elrendeződésének ismerete, sőt ezen túlmenően a szerkezet és a tulajdonság közti kauzális kapcsolat feltárása. A mikrovilágra vonatkozó ismeretek hozzájárulnak a makroszkópikus jelenségek mélyebb megértéséhez, a rejtett összefüggések felderitéséhez. Az anyag szerkezetének ismerete korunk természettudományos műveltségének egyik igen fontos része. Az atomok és molekulák tanulmányozása és ezek szerkezetének tanitása nagyban kiszélesiti és elmélyiti a tanulóknak a világ objektiv valóságára vonatkozó ismereteit, és tökéletesiti a világról alkotott nézeteit.

A magas szintű oktatáshoz nélkülözhetetlen az a t o m-, m o l e k u l a- és k r i s t á l y s z e r k e z e t valamint a k é m i a i k ö t é s didaktikailag meghatározott szintű értelmezése. Ebből a szempontból a modelleknek pótolhatatlan jelentőségük és szerepük van.

A kémia sajátos tárgyköréből, az általa vizsgált összefüggések természetéből következik, hogy a m e g i s m e r é s folyamatában különös hangsulyt kap az érzéki észlelés, a megfigyelés, s ezért a tárgy tanitásában nagy jelentőségű a szemléltetés, a bemutatás mint a kémiaoktatás legfonto-

SZEGED

sabb módszereinek egyike. Az anyagszerkezeti modellek alkalmazásával megkönnyítjük a kémia oktatását és ezzel elősegítjük a természettudományos g o n d o l k o d á s fejlődését.

Az anyagszerkezeti modellek gondolkodásfejlesztő hatásukat különböző területeken és módon fejtik ki. A megismerés empirikus szintjén e l e g e n d ő t é n y a n y a g o t biztosítanak a tanulóknak az egyébként közvetlenül nem tanulmányozható atomokról, ionokról, molekulákról stb. A másik terület az előbbinél sokkal általánosabb, s gondolkodásfejlesztő hatása magában a m o d e l l - m ó d s z e r b e n van. A közvetlenül az anyagszerkezettel foglalkozó tananyag igényli a modellezés hatékony módszerét. Ebben a témában nő nyílik arra, hogy a tanulók megismerkedjenek magával a módszerrel; a módszer történetével, struktúrájával, helyével a tudományos megismerésben, szerepével, jelentőségével, hogy ezáltal máshol és máskor is felhasználhassák. Hatékonyabbá válna az oktatás, ha nem csupán a tananyagot tanítanánk meg, hanem a megismerés módszereinek /pl. kísérlet, m o d e l l e z é s, gondolatkísérlet, hipotézis stb./ gnoszeológiai vonatkozásait is. Ez alapját képezhetné egy magasabb szintű metodológiai kultúrának.

A kémiai objektumok /molekulák, ionok/ viszonylagos önállósága, az általánosítható kísérleti tapasztalatok, a fizikai törvények, a matematikai módszerek együtt, komplex módon képezik a kémiai szerkezetelmélet alapját.

Didaktikai alapelvek és tantárgypedagógiai megfontolások nem teszik lehetővé, hogy a középiskolában az anyagszerkezeti ismereteket teljes mélységükben és terjedelmükben tanítsuk.

Az anyag szerkezetének és tulajdonságainak értelmezéséhez szükséges, hogy ismerjük az elemi részecskék /pl. protonok, elektronok stb./, az atomok, az ionok és a molekulák közötti kölcsönhatásokat, amelyeket a k v a n t u m m e c h a n i k a magyarázza és írja le elfogadhatóan. A kvantummechanikai alapokon nyugvó kvantumkémia megfontolásai, szokatlan gondolkodásmódja és az a tény, hogy ezeket a fogalmakat nem lehet vagy legalábbis nehéz vizuálisan elképzelni, egyértelműen felveti a modellezés szükségességét: a 14-16 éves tanulók gondolkodásának absztrakciós képessége igényli a szemléletesség bizonyos fokát.

Minden tudományos modellezés, minden oktatási modell azon alapszik, hogy a tanulmányozott ismeretlen jelenséget a már ismerthez hasonlítsa. Ebből a szempontból a kvantummechanikára épülő gimnáziumi kémia tananyag néhány filozófiai, ismeretelméleti problémát is felvet, amelyet a tanulók értelmi és műveltségi szintjén kell megoldani. A kvantummechanikai atommodell tanításának ismeretelméleti szemszögből két egymással összefüggő sarkalatos pontja van: az egyik a s z e m l é l e t e s s é g problematikája, a másik a mikroobjektumok /pl. elektron/ k e t t ő s t e r m é s z e t e.

Kétségtelen tény, tudományfejlődési tendencia, hogy a modern természettudományokban /pl. magfizika/ a n e m - s z e m l é l e t e s ismeretek mennyisége növekszik, de a középiskolai oktatás szintjén - pszichológiai megfontolások alapján - ragaszkodnunk kell a szemléletesség bizonyos fokához. Ennek érdekében érdemes megvizsgálni, hogy az atommodellek szemléletességének hol a határa a tudományos kutatásban, és hol az oktatásban. Megállapítható, hogy a tudományos kutatás modelljeinek nemszemléletes jellege általában nagyobb mértékű, mint az oktatási modelleké. Ez a különbség a modellek eltérő funkciójával érte-

mondható. Az anyagszerkezet tanításának konkrét pedagógiai problémája, hogy a tananyag általában és elsősorban a szemléletes megértésre épül, és nem jut el olyan mélységekig, illetve azokig a kérdésekig, ahol a szemléletes modellek alkalmazása kétséges vált. A szemléletes modellek legtöbbször csak a fenomenológia szintjén segitik a megértést.

A kémia órákon közvetlen és közvetett módon néhány ismeret-elméleti tényre és következtetésre kell felhívnunk a tanulók figyelmét:

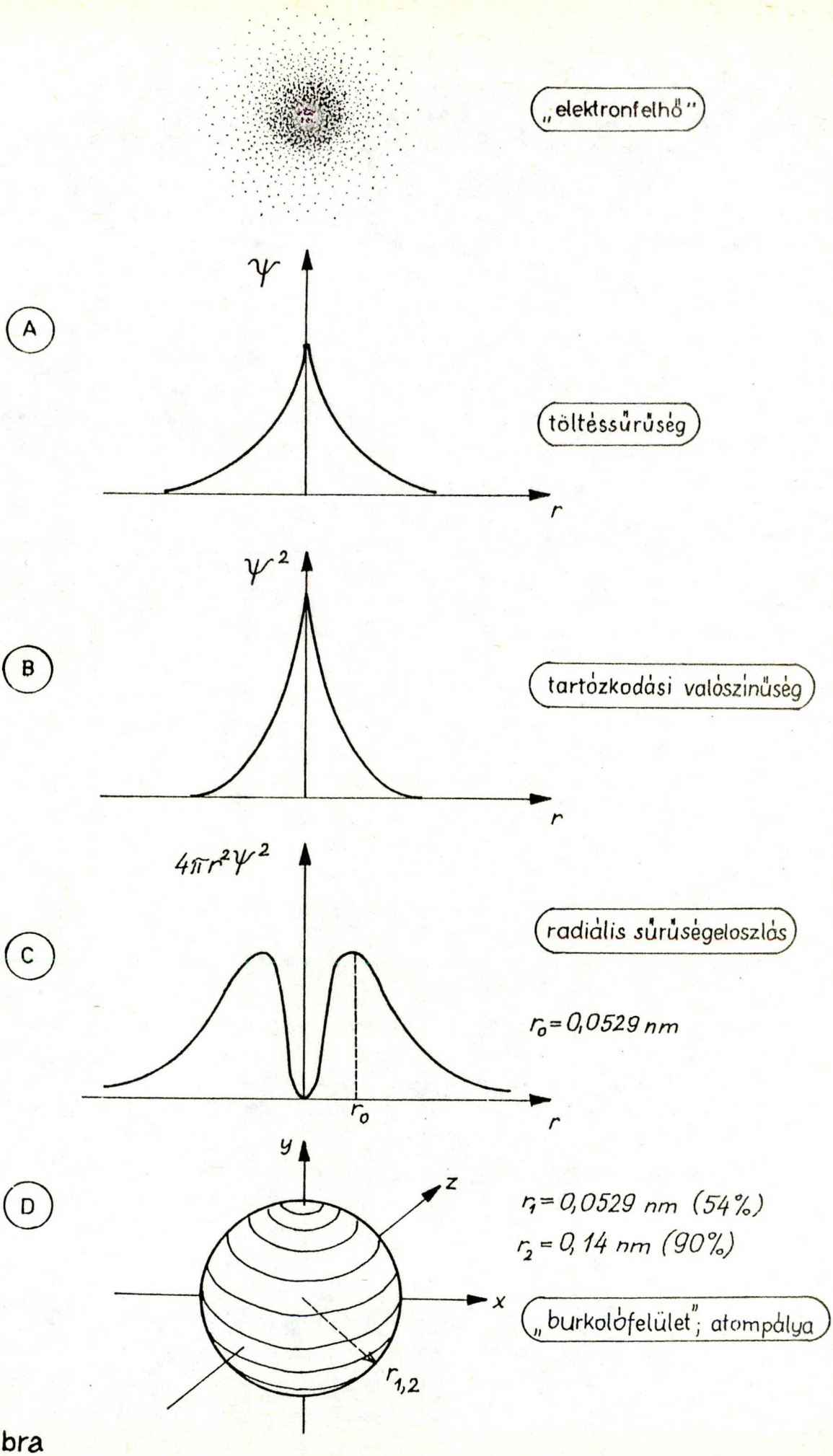
1. Mikroobjektumokat /pl. atom, elektron, stb./ mechanikai természetü modellekkel csak korlátozott mértékben demonstrálhatunk.
2. Rá kell mutatnunk arra, hogy a szemléltethetőség nem gondolkodási képességünk korlátja, hanem az atomi objektumok sajátos természetének eredménye.
3. Végső soron azt is érzékeltetnünk kell, hogy a klasszikus fizikai jelenségek /newtoni fizika/ a "szemléltethetetlen" jelenségek /kvantumechanika/ speciális esetei.
   Hangsulyoznunk kell, hogy a résznecske - hullám képanalógia nem a mikroobjektumokra vonatkozik, hanem a kisérleti eszközökkel kölcsönhatásban lévő mikroobjektumokra /pl. elektron/. Ebből levonható az a következtetés, hogy az elektron nem hullám.

A szemléletességre való törekvés nem lehet a megismerő tevékenység végső követelménye, s éppen ezért a szaktanárnak a modellezést ugy kell irányitania /pl. modellalkotás, modellkivválasztás, modellkisérlet stb./, hogy a szemléletesebb modellek felhasználásával a tanulók f o k o z a t o s a n eljussanak az absztrakt, nem-szemléletes fogalmak megértéséhez is. Ennek érdekében a tanitás során a modellek szemléletes oldalának csökkentése és ezzel egyidőben az elvont gondolatiság előtérbe helyezése a módszertani feladat.

Atommodellek

A modell-módszer jelentős szerepet játszik az atomszerkezet középiskolai tanításában. A kvantumechanikai atommodell diszciplíno-modell, éppen ezért a kémia órákon csak olyan mélységben és részletességgel lehet tanítani, hogy alapját képezhesse a molekulaszerkezet értelmezésének. A didaktikailag megformált és leegyszerűsített atommodell figyelembe veszi az első osztályosok életkori sajátosságait, matematikai és fizikai előképzettségüket. A modell a modern kvantumelméleten alapul, a kvantummechanika néhány eredményét következetesen alkalmazza, de természetesen nem bizonyítja azokat, s mellőzi matematikai leírásukat is. Az atomszerkezet tanításakor célszerű a kísérleti tényekből és eredményekből kiindulni, s ennek alapján megalkotni a modellt. A fogalomalkotásnak e folyamata induktív.
A témakör legfontosabb fogalmai:
az atom összes elektronjának eltávolításához szükséges energia /-az atom összes energiája/,
egy-egy elektron eltávolításához szükséges energia /-pályaenergia/,
tartózkodási valószínűség /-atompálya/,
kvantumszámok,
pályaszimmetria,
Pauli-elv,
Hund-szabály,
elektronegativitás stb.
E témakör számtalan modellezési lehetősége közül kiemeljük az atompályák modellezését. Az itt alkalmazható modellek /és azok ábrázolása/ szemléletes jellegüknél fogva elkerülik az elméleti fizikai elképzeléseket és a magasabb matematikai számításokat, éppen ezért alkalmasak a középfoku oktatásban.

A 13. számu ábrán a hidrogén atom elektroneloszlását ábrázoltuk alapállapotban. A bemutatott ábrasor egyben a fogalomalkotás fokozatait is tükrözi. Az a modell az Ψ függvény értékét

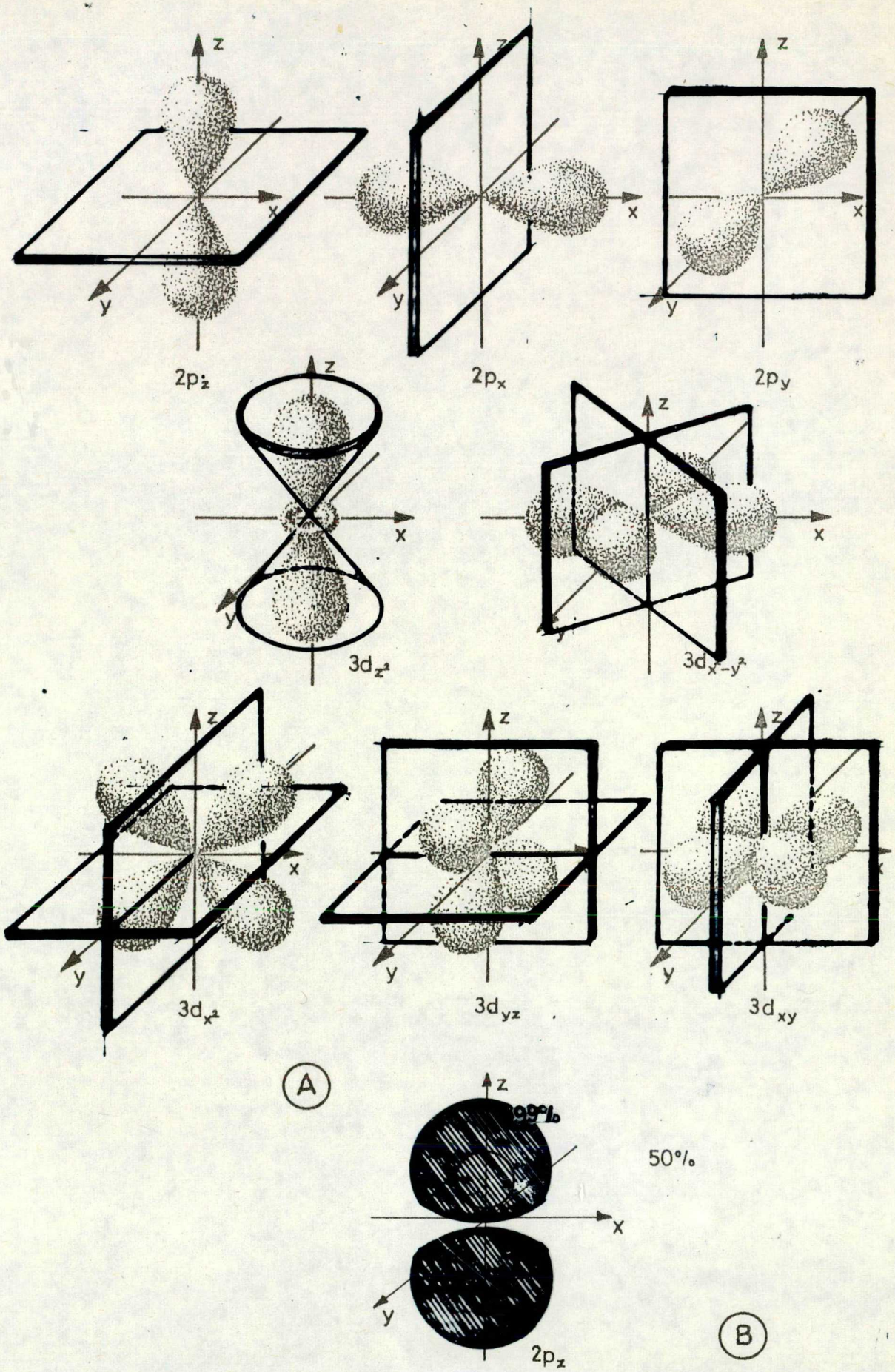

„elektronfelhő"
A
ψ
r
töltéssűrűség
B
ψ²
r
tartózkodási valószínűség
C
4πr²ψ²
r₀
r
radiális sűrűségeloszlás
r₀ = 0,0529 nm
D
y
z
x
r₁,₂
r₁ = 0,0529 nm (54%)
r₂ = 0,14 nm (90%)
„burkolófelület"; atompálya

13. ábra

az r sugár függvényében mutatja be /az elektronfelhő keresztmetszete/. A b modell az elektron tartózkodási valószinűségét szimbolizálja. A c modell az elektron tartózkodási valószinűségét az atommagtól r távolságban lévő, atommag-középpontu, egységnyi vastagságu gömbrétegben adja meg /radiális sűrűségeloszlás/. Bár a c modell kifogástalanul tükrözi az r változásával az elektron tartózkodási valószinűségét, mégis a d modell /a hidrogén 1 s atompályájának burkolófelülete/ a kémiai kötések tanitására sokkal alkalmasabb. Ezeket az ábrákat legcélszerűbb irásvetitő segitségével kivetiteni és tanári magyarázattal kiegésziteni.

Az ábrasoron belül jól érvényesül a fokozatosság elve. Az a modell triviális szemléletességből kiindulva jutunk el a függvényszerű gondolkodást igénylő b és c modellig. Itt jegyezzük meg, hogy a rajzi ábrázolás, ha nem is ekvivalens az anyagi /tárgyi/ modellekkel, de jól helyettesitheti azokat a tanitásban. A modellek rajzi ábrázolása sok esetben e l v o n t a b b, mint a tárgyi modellek, s igy gondolkodásfejlesztő hatása eredményesebb. Az ilyen modellek felhasználásával a tanulók képzelete nem kapcsolja az atom fogalmát egy makroszkópikus testhez, ezáltal könnyebb lesz ettől a sok tekintetben hamis analógián alapuló vizuális képzettől elszakadni, előbb és kisebb nehézségek árán lehet eljutni az atomszerkezet matematikai modelljéhez.

A kovalens kötésnek és a molekulák térbeli felépitésének tanitásához szükséges az atompályák alakjának, szimmetriájának és térbeli irányitottságának modellezése. Az atompályák alakját, irányát és szimmetriáját a mellék- és mágneses kvantumszámok összetartozó értékei határozzák meg. A hidrogén atom p és d pályáinak alakját, irányitottságát szemlélteti k v a l i t a t i v megközelitésben a 14. A ábra.



14. ábra

Már az előzőekben is rámutattunk, hogy a kvantummechanikai atommodell szemléletessége mögött ismeretelméleti problémák húzódnak meg. Ezeket a nehézségeket a szakdidaktika szintjén sem lehet áthidalni. E témakör tanítása során felvetődő kérdések közülről a legtanulságosabbakat az alábbiakban kiemeljük:

- nehéz elképzelni, valójában nem is lehet érzékeltetni, hogy az ψ függvény értéke a végtelenen tűnik el /pl. az s atompályák esetében/.
- problematikus annak beláttatása is, hogy $|\psi|^2$ valószínűségi függvény. /A jelenlegi első osztályos középiskolai tanulóknak a valószínűségről kevés fogalmuk van, de az uj általános iskolai matematika tanterv következetesen foglalkozik e témával, mely később szemléleti alapját képezheti a kvantummechanikai gondolkodásnak./
- hasonlóan nehezen demonstrálható, hogy a nem gömbszimmetrikus /"súlyszimmetrikus"/ p-pályák egész térre kiterjedő töltéseloszlásának nincs véges alakja.

Az így felszínre kerülő ellentmondások figyelmeztetik a szaktanárt arra, hogy a modellek kiválasztásánál, felhasználásánál azokat ismeretelméleti, pedagógiai, szakdidaktikai elemzésnek kell alávetni, hogy világnézeti nevelés szempontjából biztos alapokra lehessen építkezni.

A 14. ábrára lapozható fóliának sajátos didaktikai szerepet szántunk. A tanulók a p és d atompályák modelljeit irányvetitő segitségével kivetitve tanulmányozhatják. Feladatuk a csomósikok megkeresése. Munkájuk helyességét az utólag rálaposott fólia segitségével ellenőrizhetik. Ilyen módon az i s m e r e t f o r r á s a a m o d e l l volt.

A 14. B ábra az atompályák merev elképzelésének feloldásában segit. A diagramban az egyenlő töltéssűrűségű vonalakat oly módon húztuk meg, hogy a belső és külső felület

Szegedi Tudományegyetem Könyvtár SZEGED

az elektrontöltés 50 %-át, illetve 99 %-át határolja el. A tanulók könnyen beláthatják, hogy a $2p_z$-pálya "alakja" milyen nagy mértékben függ az önkényesen megválasztott körvonalaktól. Amikor a 2p-pályákat szokásos módon súlyzó alakban ábrázoljuk, csak annyit akarunk kifejezni, hogy a 2p töltéseloszlásnak szimmetriatengelye és erre a tengelyre merőleges szimmetriája /csomósíkja/ van.

A modell-módszernek ilyen következetes alkalmazása során a tanulók leszűrhetik azt a természettudományos tanulságot, hogy az az egyszerű elképzelés, ami szerint az elektron az atommag körül kering, nem helytálló. A mikrovilág minőségileg más módon értelmezhető, mint a makroszkópikus világ, és az atomok és molekulák speciális sajátosságai csakis a rájuk vonatkozó törvényekkel, módon és modellekkel írhatók le.

Molekulamodellek

A kémiatudomány fejlődésére nagy hatással voltak a különböző atommodellek, melyekre a történeti fejtegetések során már utaltunk, de a kémiai kutatás és ezzel párhuzamosan a kémiatanítás gyűjtőpontjában a molekulák vizsgálata áll. A molekulák szerkezetének felderítésében a modell-módszer fényes sikereket ért el. A molekulamodellek a szaktudományos modellezéssel összefonódva az iskolai oktatásban is eredményesen alkalmazhatók. A különböző típusú molekulamodellek a molekulák szerkezetéről és ezen keresztül az anyag kémiai tulajdonságairól adnak számot. Az anyagszerkezet korszerű oktatásának alapja a kémiai determinizmus, mely szerint a megfigyelhető tulajdonságok levezethetők az alkotó részek /molekulák, ionok/ jellegéből. A következetesség elve megköveteli, hogy a molekulák szerkezetét is úgy közelítsük meg, mint az atomokét. A modern szerkezet- és kötéselméleti modellek kvantumkémiai megalapozottságúak.
Míg az atomok modellezésére gondolati /eszmei/ modellek a legalkalmasabbak, addig a molekulák modellezésére gondolati és anyagi modellek egyaránt felhasználhatók. A középiskolában használható molekulamodellek sokféleségét nem áll módunkban teljes egészében bemutatni, így csak arra szorítkozunk, hogy az alkalmazható modellek legfőbb t í p u s a i t bemutassuk:

a. jelmodellek
b. anyagi modellek
c. eszmei modellek

a. Jelmodellek

A kémia legtipikusabb modelljei a képletek, melyek a kutatás bizonyos szakaszaiban és az oktatásban modellként funkcionálhatnak. A képletek az eszmei modellek azon típusai, melyeket j e l m o d e l l e k n e k nevezünk. E modellek is az objektív valóságot tükrözik, sajátos módon. A kémia hagyományos jelei /pl. vegyjel,

vegyértékvonal, képletek: tapasztalati képlet, szerkezeti képlet stb./ jelentéshordozók, vagyis az objektív valóság gondolati modelljei, képmásai. Egyrészt a kémia konvencionális jeleinek az a modell-jellege, másrészt a mesterséges jelrendszerek viszonylagos öntörvényüsége a modellekkel olyan alkotó jellegű műveletek végrehajtását teszi lehetővé, amelyek uj tudományos ismeretekhez vezethetnek. A modell segít abban, hogy a távoli tapasztalat- és tudástartományokat aktivizálja, ily módon a képlet segítségével lehetséges, de még ismeretlen tulajdonságokról, reakciókról, szerkezetekről hipotéziseket állíthassunk fel. A jelelemekből, a vegyjelekből és a hozzájuk rendelt vegyértékvonalakból felépített molekulaszerkezeti képletek geometriailag hasonlók a nekik megfelelő valóságos molekulákhoz /pl. benzol hatszög-modellje, víz "V"-alakú modellje/. A képlet és a reprezentált objektum között izomorf viszony áll fenn. A kémiatudomány jelrendszere logikailag egyértelműen meghatározott, szemben a köznyelv szavaival /melyeket sokszor többértelmüség terhel/, ily módon a matematikához hasonlóan a kémia is fejlesztí az egyszerű természettudományos gondolkodást. A képleteknek és szerkezeti képleteknek a tudományos kutatás folyamatában, valamint az oktatásban modellként való funkcionálása megfelel a dialektikus materialista ismeretelmélet felfogásának.

Az utóbbi időben a "hagyományos" szerkezeti képletek mellett a valóságot még jobban tükröző jelölésmódokat fejlesztettek ki, és ezek segítségével megvan a lehetőség arra, hogy a meglévő tartalmi tudást tulszárnyaljuk, kibővítsük és gazdagítsuk.

A következő példa illusztrálja, hogy a képletekkel felírt kémiai egyenletet nem szükséges nyelvi formára "redukálni":

$$2\,H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$$

Pl. a kettős nyíl a dinamikus egyensúly jelentéstartalmával bír, amit szavakban csak körülményesen lehet kifejezni.

A víz disszociációját leíró modell-jelek a folyamatot a legpontosabban tükrözik. A jelmodellek lehetővé teszik a kémiai ismeretek formalizálását, ennek pedig nagy jelentősége van a kémiaoktatásban:

- a megfelelő kémiai fogalmakat, összefüggéseket, törvényeket rövidített formában fejezik ki,
- megegyezés alapján pontos jelentéssel rendelkeznek, eleget tesznek az egyértelműség követelményének,
- segítenek abban, hogy az elméletek és azok elemeinek belső összefüggései jól áttekinthetők legyenek,
- olyan fogalmakat rögzítenek, amelyekre a köznyelvben nincs egyértelmű nyelvi kifejezés,
- uj fogalmak kialakitását segithetik elő,
- feltárhatják a szaktudomány különböző területein megtalálható hasonlóságokat, azonosságokat,
- nemzetközi jellegük révén elősegithetik az egységes kémiatudomány fejlődését.

A jelmodellek jelentőségének megfogalmazott tételei a gyakorlati tanitásban számtalan módon realizálódhatnak. Amikor pl. a tanulók szerves kémiában az összegképletekből szerkezeti képleteket, ismeretek képleteit készitik el, a jelek modellként funkcionálnak, mert uj ismeretek forrásául szolgálnak.

b. <u>Anyagi modellek</u>

Ezen molekulamodellek fából, műanyagból, fémből és egyéb anyagokból készült makroszkópikus segédeszközök, amelyekkel a molekula szerkezetének nagyitott modellje összeállitható ugy, hogy a térbelileg közel méretben ábrázolja a molekula alakját és térkitöltését. Az utóbbi évtizedben számos olyan eljárást dolgoztak ki, amelyek segitségével a molekulák szerkezete viszonylag pontosan meghatározható. Az anyag szerkezetének spektroszkópiai, röntgen- és elektron-diffrakciós, valamint egyéb mód-

szerekkel nyert adatai alapján a kémikus számára jól használható molekulamodellek készültek, amelyek alkalmasak a további kutatásokra, ugyanakkor nélkülözhetetlenek az oktatásban is.

G o l y ó s - p á l c i k á s m o d e l l e k

A kutatásban és főleg az oktatásban a legrégebben használt modelltipus. Az általános és középfoku oktatásban még ma is elterjedten alkalmazzák, annak ellenére, hogy tudományos és szakdidaktikai szempontból értékelve használata csak kikötésekkel és fenntartásokkal indokolt. Alkalmazásának két fő területe van; egyrészt a szerves kémiában a molekulák térszerkezetének modellezése, másrészt a kristálykémiában a kristályok modellezése.

A modellkészletekben a különböző atomokat különböző nagyságu és szinü golyók /esetleg más mértani testek pl. a szénatomot tetraéder/ jelképezik. A golyókat merev vagy hajlékony rudakkal lehet összekapcsolni. A gömbökbe a furatok az atomok leggyakrabban előforduló vegyértékeinek száma és iránya alapján készülnek.

A golyós-pálcikás modellek kritikai elemzését a következő kérdések alapján tehetjük meg:

- Milyen megfeleltetési viszony van a modell és a modellezett objektum között?
- Felhasználható-e a modell uj ismeretek forrásául?
- Milyen mértékben fejleszti a modell a természettudományos gondolkodást?

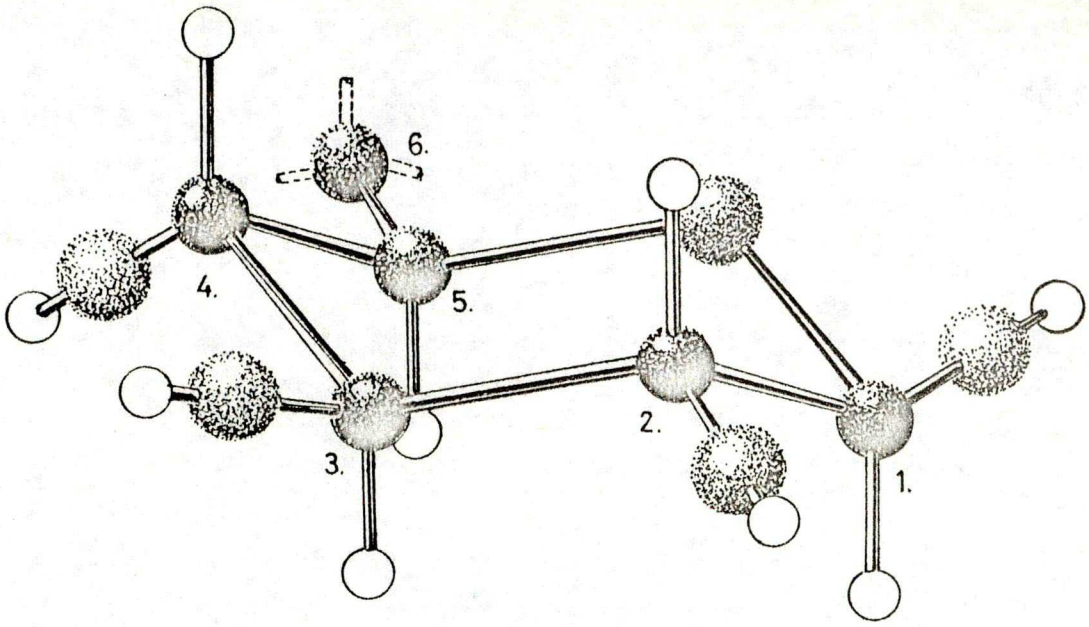
A golyós-pálcikás modell és az általa bemutatott molekula között geometriai hasonlóság van, de ez a hasonlóság csupán a kötésszögekre vonatkozik. A golyók ugyan jól jelképezik az atomokat, de a rudak a vegyértékeket csak nagyon áttételesen szimbolizálják.

Ezek a modellek alkalmasak arra, hogy a térszerkezetet és a téralkati lehetőségeket pl. a molekula szimmetriaviszonyait áttekinthető módon szemléltessék.

A vegyértékrudak, mint tengely körül a modellek atomjai, atomcsoportjai elforgathatók, így a statikus szerkezet mellett modellezhető pl. a rotáció, a szék-kád konformáció, a gyűrűkidőlés stb.

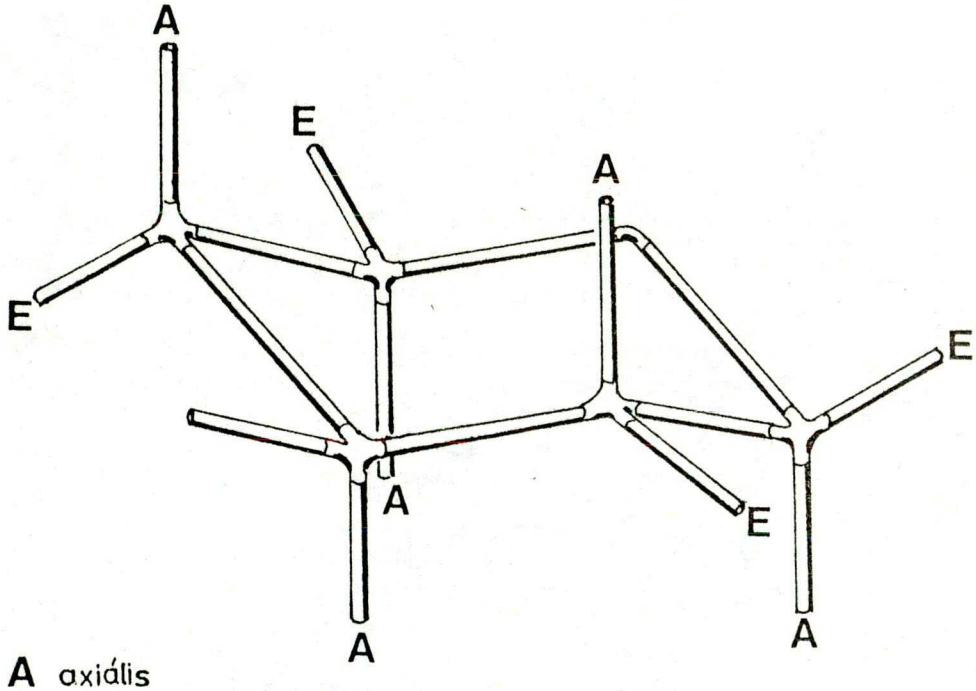
A 15. ábra a szőlőcukor térszerkezetének modellezését, annak egy fázisát mutatja /gimnázium 3. osztály/. A tanulóknak arra a kérdésre kell válaszolniuk, hogy a $C_6H_{12}O_6$ összegképletű 32 lehetséges térizomérből monoszacharid közül a természetben miért csak egy /a béta-D-glükóz/ a legelterjedtebb. A tanulók erre a kérdésre k i s z á r ó l a g modell-módszer segítségével adhatják meg a választ. A gyűrűt alkotó 5 szénatom ugyanis egy axiális és egy ekvatoriális kötésiránnyal rendelkezik. /lásd: vázmodell/ A hidrogéntől eltérő atomcsoportok /pl. OH-atomcsoport/ axiális állása energetikailag nem kedvező a fellépő taszító hatás miatt. A béta-D-glükóz térszerkezeti modelljéből leolvasható a fentiket figyelembe véve, hogy a szőlőcukor a lehető legstabilabb cukor. /A hidrogén atomok axiális, az OH-atomcsoportok ekvatoriális állásban vannak./

A golyós-pálcikás modell a fogalomalkotás kezdeti szakaszában nem alkalmazható, mert nem tükrözi a valóságnak azt a fontos mozzanatát, hogy az atomok közel vannak egymáshoz. A felületes szemlélőben azt a hamis képzetet alakítják ki, hogy az atomok között óriási üres terek vannak.
A tudományos kutatás szintjén e modellekből már nem nyerhetők új ismeretek, az oktatás területén azonban a fent említett korlátok figyelembevételével, kalotta modellel kiegészítve alkalmazhatók problémafelvetésre, modellkísérletre, ellenőrzésre és egyéb didaktikai feladatok megoldására.



ß-D-glükóz

hidrogén oxigén szén



A axiális

E ekvatoriális

15. ábra

K a l o t t a m o d e l l e k

A molekulákról általában modellekben gondolkodunk, hiszen a valóságos molekulákat nem tudjuk annyira felnagyítani, hogy közvetlenül láthatóvá váljanak. A golyós-pálcikás modellekhez képest a valóságot lényegesen hivebben megközelítő modellekhez akkor jutunk,ha az atommagok távolságát /kovalens kötéshossz/, valamint a van der Waals-féle sugarat és a kötésirányokat /kötésszögeket/ együttesen figyelembe vesszük. Sok közvetett kísérleti bizonyíték van arra, hogy az így megalkotott modellek elég hiven fejezik ki a molekulák egyik vagy másik sajátságát. Ilyen modelleket Stuart 1934-ben készitett először. x

A kalotta modellekben az atomok olyan gömbsüvegek, melyek gömbjének rádiusza a van der Waals-rádiusszal, a gömbsüveg magassága pedig a van der Waals-rádius és a kovalens rádiusz összegével arányos. A Stuart-modelleket a molekulában kapcsolt különféle atomok kötéshosszára és méretére, illetve hatósugarára vonatkozó ujabb és pontosabb adatok alapján Briegleb 1950-ben módositotta. /A szakirodalomban használt Stuart-Briegleb és kalotta elnevezést ekvivalens értelemben használjuk./ xx

A kalotta modellek kritikai elemzését is a golyós-pálcikás modellek vizsgálatánál ismertetett szempontok alapján végezzük el. A modellt alkotó gömbsüvegek és a molekulát felépitő atomtörzsek száma között kölcsönösen egyértelmü megfeleltetés van. A kalotta modell és az általa modellezett molekula között geometriai hason-

x Az egyes atomokat nekik megfelelő gömbszeletek, gömbsüvegek jelképezik. A geometriában gömbsüvegnek nevezett alakzat külsőleg hasonlit ahhoz a kis sapkához, amelyet több felekezet papjai viselnek. A francia nyelvben ennek neve calotte, innen kapta elnevezését ez a modell.

xx Kalotta tipusu modellkészleteket számos tudományos eszközöket gyártó vállalat készit; legismertebbek a német Leybold, az angol Cataline és a magyar Bugon. Az 1979-es tanévben az általános iskolák számára elkészült az első ilyen molekulakészlet.

József Attila Tudományegyetem Könyvtár SZEGED

lóság van, és ez a hasonlóság lényegesen szigorubb, mint a golyós-pálcikás modellek esetében: a kötéstávolság relativ mérete és a kötésszög pontos, az atomok, atomcsoportok kötés körüli rotációja biztosított, a molekulák térkitöltését illetően a modell valósághü.

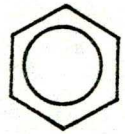
E modellek jól alkalmazhatók arra, hogy a kutatók különféle bonyolult molekulamodelleket állitsanak össze belőlük, s ez segit nekik abban, hogy az elméletalkotás első szakaszában meg tudják ragadni elképzeléseiket, tisztázták, mekkora a valószinüsége annak, hogy az elképzelt molekula előállitható lesz-e. Például a gyógyszerkutatásban is hasznos lehet a modellezés, mert egy-egy gyógyszer hatásmechanizmusában többek között annak is szerepe van, hogy egyes jellegzetes atomcsoportok a molekulában milyen távol vannak egymástól. A molekula modelljén ezt le is lehet mérni, igy a modell az uj ismeret forrása.

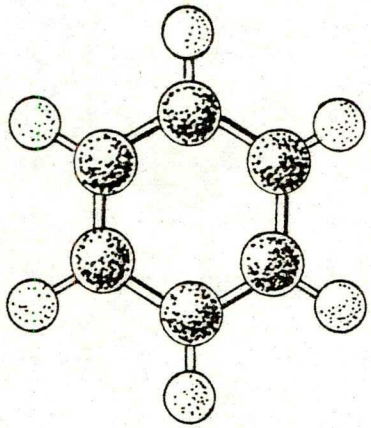
A kalotta modelleket a tanitási órákon széleskörben alkalmazhatják különböző didaktikai célok megvalósitására. A modellek felhasználásával lehetőség nyilik a tanulók önálló, aktiv ismeretszerzésére.

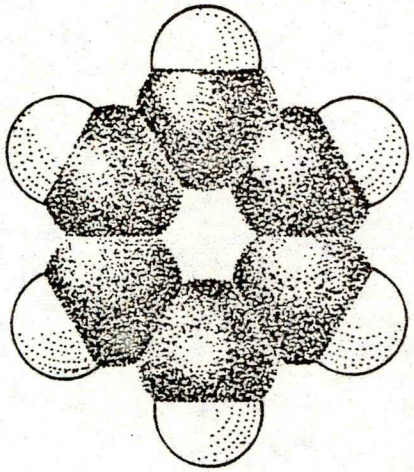
A kalotta modellek gondolkodásfejlesztő hatása abban rejlik, hogy a molekulákról viszonylag hü képet ad. Előnyossága, hogy a molekulát tömörnek, áthatolhatatlannak mutatja, és nem érzékelteti a polarizációs kölcsönhatásokat /pl. kötésszögtorzulás, kötéstávolság-változás/.

Az összefoglaló jellegü 16. ábra egymás mellett mutatja a molekulák különböző ábrázolását. Szeretnénk azonban hangsulyozni, hogy a modelleknek a tanitásban történő felhasználásán mi nem a modellek b e m u t a t á s á t, hanem a modellekkel való kisérletezést értjük. E felfogás értelmében a modellek az uj ismeretek forrásai.

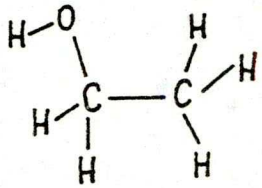
C_6H_6

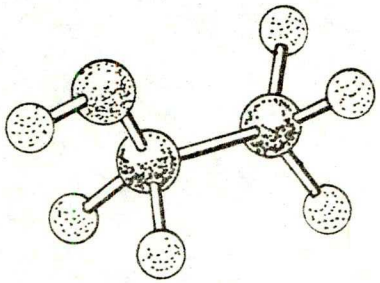


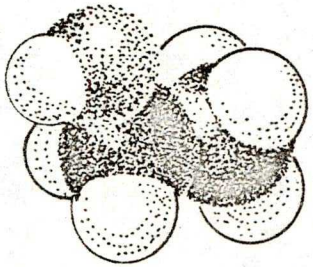




C_2H_5OH







16. ábra

V á z m o d e l l e k

A vázmodellek egészen leegyszerűsített molekulamodellek, amelyekben az atomokat nem képviseli semmiféle geometriai test, csupán az atomok kapcsolatát szimbolizálják a kötéstávolsággal arányos rudacskák, amelyek egyben pontosan tükrözik a kötésszögeket is. A molekulák térkitöltését az ilyen típusu modellek nem szemléltetik, éppen ezért alkalmazásuk nagyobb foku absztrakciót követel /15. ábra/.

A sztereokémiai kutatás fontos segédeszközei lehetnek, mert a modellen végzett mérések pontos információkat adnak a kötéshosszakról és kötésszögekről.
A vázmodellek /Dreiding-modellek/ több szempontból jobban felhasználhatók a tanitásban, mint a kalotta modellek, bár általánosságban nem lehet megitélni egy modell hasznosságának mértékét, ezt mindig egy adott pedagógiai szituációban kell vizsgálni.

K r i s t á l y s z e r k e z e t i m o d e l l e k

Bár a kristályszerkezeti modellek természetesen nem tartoznak a molekulamodellezés tárgykörébe, mégis indokolja e helyen történő tárgyalásukat az a tény, hogy ezen modellek szoros genetikai kapcsolatban vannak a molekulamodellekkel. Ez a rokonság a legnyilvánvalóbb a molekularácsos vegyületek /pl. I_2-kristály, jég stb./ esetében. A kristályok megjelenitése, ábrázolása hasonló a molekulákéhoz.

A szilárd anyagok kristályos szerkezetének tanitása számtalan modellezési lehetőséget kinál. A különböző rácstipusok /lapon középpontos kockarács, térben középpontos kockarács, hexagonális rács/ golyós-pálcás modelljei és ballonmodelljei /gömb/ egyaránt, de főleg együtt jól alkalmazhatók a kémiaórán.

Az első típus a jól áttekinthető térszerkezetet modellezi, míg a második típus a térkitöltést demonstrálja jobban. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy ezek az igen szemléletes modellek nem fejezik ki, hogy a rácselemek /atomok, ionok/ molekulák/ nem szilárd gömbök, hanem ezek is deformálhatók, polarizálhatók. Hasonlóan a többi modell felhasználásához, e tárgykörben is akkor járunk el didaktikusan, ha a tanulók önállóan, aktívan részt vesznek a modellezés gyakorlatában, ha maguk építik a modelleket, a modellekkel kísérleteznek, az ismeretek élményszerűvé válnak s ezáltal tartósabbak lesznek.

c. Egyszerű modellek

A gimnáziumi és szakközépiskolai kémia tananyag részletesen foglalkozik a molekulák szerkezetével, alakjával, a kémiai kötések természetével, valamint a molekulákból felépülő halmazokkal és azok tulajdonságaival. E témakör kvantumkémiai alapon történő közvetlen tárgyalása nem lehetséges, mert a 14-15 éves tanulók matematikai, fizikai ismeretei és életkori sajátosságaik nem alkalmasak erre. Így a molekulák szerkezetének leírására a kvantumkémián alapuló szemléletes Gillespie-modellt választották. Ennek az egyszerű modellnek tudományos alapját a Vegyértékelektronpár-taszítási /VEPT/ elmélet képezi. x

A molekulageometriai modell legfontosabb elemei és elvei, melyeket a tanulóknak is ismerniük kell, a következők:

- atomtörzsek, /gömbszimmetrikusak/
- elektronok: kötő elektronpárok,
  nem kötő elektronpárok, /magányos elektronpárok/
- kölcsönhatások a molekulán belül: atommag-elektron, /vonzó hatás/
  elektronpár-elektronpár, /taszító hatás/

x angolul: Valence Shell Electron Pair Repulsion, VSEPR

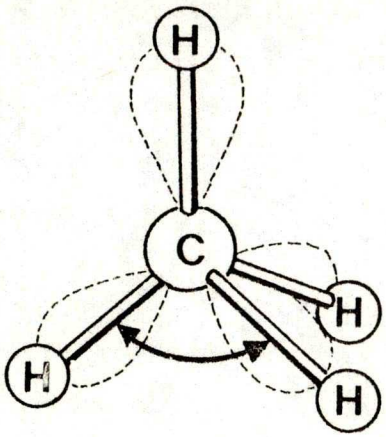
- az elektronok a rendelkezésükre álló teret maximálisan kitöltik,
- az elektronok egymástól a lehető legtávolabb igyekszenek elhelyezkedni,
- az elektronpárok a lehető legközelebb igyekszenek kerülni a pozitív atomtörzshöz.

A fenti elveket szem előtt tartva a molekula alakjának modellezése egy olyan geometriai probléma, amely az atomtörzsek körül elhelyezkedő kötő és nem kötő elektronpárok számának és helyzetének figyelembevételével oldható meg. Geometriailag megfogalmazva az a kérdés, hogyan tudunk egy gömb felületén meghatározott számu pontot elhelyezni, hogy egymástól a lehető legtávolabb legyenek.

Példaképpen modelleszük az AX_4-tipusu metán, az AX_3B-tipusu ammónia és az AX_2B_2-tipusu viz molekulát /17. ábra/, melyekben A-val a központi atomtörzseket, X-szel a kötő elektronpárokat, B-vel a magános elektronpárokat jelöltük. A tanulók a modellek lerajzolása és elemzése alapján levonhatják a következtetést, hogy a kötésszögek rendre csökkennek. A csökkenés a magános elektronpár térigényéből eredő hatásoknak magyarázható. Némi gyakorlattal a tanulók a kötésszögek értékét elfogadhatóan meg tudják becsülni. Az ilyen és ehhez hasonló tipusu modellek már nagyban hasonlitanak a tudományos kutatásban használt modellekhez, ezáltal a tanulók elérhetik azt a kettős célt, hogy nemcsak a modellezésből nyert ismereteket majátítják el, hanem magához a módszerhez is közelebb jutnak, melynek segitségével rá lehet vezetni őket az alkotó gondolkodás utjára.

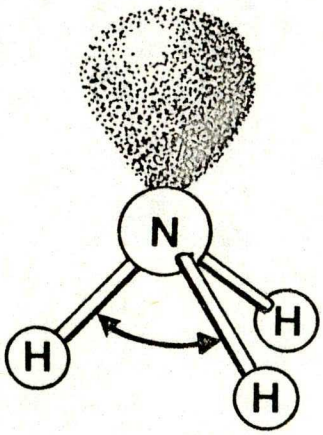
A modellezéssel kapcsolatban kiragadott példák és modelltipusok önkényesek voltak, ennek következtében több olyan tipusról és modellezésről eddig nem szóltunk /vagy csak

109,5°



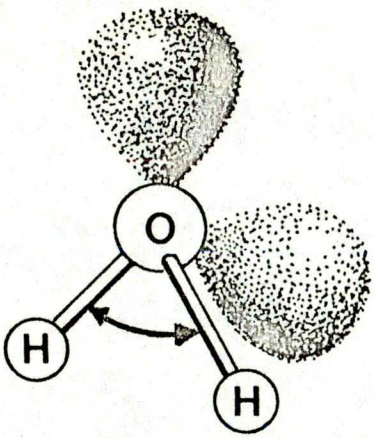
tetraéder

107,3°



piramis

104,5°



V-alak

17. ábra

emlitést tettünk/, melyek a kémiatanitás szempontjából fontosak lehetnek. A teljesség igénye nélkül ezek közül most néhányat felsorolunk:

- vegyipari gyártástechnológiai folyamatok modellezése,
- vegyipari berendezések modelljei,
- elektronkémiai modellek és modellkisérletek,
- reakciók kinetikai modellezése,
- makromolekulák sematikus modelljei,
- komplex vegyületek modelljei stb.

A bemutatott példákkal az volt a szándékunk, hogy feltárjuk a modellezés ismeretelméleti gyökereit és keressük alkalmazásának lehetőségeit, de a módszert ne abszolutizáljuk. Nem célunk ugyanis az anyagi világ egyoldalu megismerése, sokkal inkább arra kell törekednünk, hogy az ezerarcu természet minél gazdagabb szinben mutassa meg magát a változatos módszerek tükrében.

Jósef Attila Tudományegyetem Könyvtár Könyvtára SZEGED

ÖSSZEFOGLALÁS, KÖVETKEZTETÉSEK

Dolgozatunkban felvázoltuk a modellezés lehetőségeit a középiskolai kémiaoktatásban. Szerettük volna megmutatni, hogy a modell-módszert kizárólag filozófiai, ismeretelméleti alapokról lehet következetesen tárgyalni, de azt is, hogy annak hatékony alkalmazása nem nélkülözheti a pedagógiai, pszichológiai és szakdidaktikai megfontolásokat sem. Mindezekből azt a következtetést vontuk le, hogy a modellezés a szaktanártól komplex szemléletmódot és sokirányú pedagógiai tevékenységet követel.

A modell-módszer lehetőséget ad arra, hogy a bonyolult részleteket egy totálisabb, egyszerűbb modellbe foglaljuk, hogy így a tanulók az összefüggéseket, törvényszerűségeket, törvényeket könnyebben felismerjék. A modellalkotás egyfajta absztrakció, az ismeretszerzés folyamatába beiktatott modell tanulmányozása közelítő eljárás, amely akkor hatékony és eredményes, ha a modell a tanítás célja szempontjából minden mellékest elhanyagol, s közben a modelezettnek minél lényegesebb összefüggéseit mutatja ki.

A modell-módszer didaktikai lehetőségei lényegesen nagyobbak, mint bármely szóbeli közlő, magyarázó módszeré. Fő előnye abban keresendő, hogy szemléletesen, könnyen felfoghatóan közli az ismeretanyagot, és a k t i v i z á l j a a tanulási folyamatot. A modellezés szinte korlátlan lehetőségeket kínál a tanulóknak az uj ismeretek aktív megszerzésére, manuális és gondolati tevékenységet egyaránt megkövetel.

Vitathatatlan tény, hogy a kémiai ismeretek egyik fő forrása a kisérlet. Felvetődhet a kérdés, hogyan illeszthetők egymáshoz a tanulóknak a kisérletek során szerzett konkrét tapasztalatai és a modellezés utján nyert közvetett információ. A szemléletesség didaktikai elve a ter-

mészettudományos oktatás nagyfokú konkrétságát feltételezi, de ez nem jelentheti a kísérletezés egyedurallását. Az elvont fogalmak tárgyalása, az egyes kémiai objektumok /pl. molekulák/ közvetlenül nem érzékelhető volta is indokolja a modellek felhasználását.
A kísérletekkel és a modellezéssel nyert ismeretek dialektikus egyesítése, összekapcsolása a feladat, mely szintézist a korszerű természettudományos műveltség elérése érdekében kell megvalósítani. Világosan kell látni, hogy itt egyszerűen egy olyan m ó d s z e r r ő l van szó, amely a tudatos tanári tevékenység fontos része.

Bár a modelleket nem csupán a problémacentrikus tanításban használhatjuk eredményesen, mégis jelentőségük itt a legnagyobb. A sikeres problémamegoldás alapfeltétele a jó modell, s ennek kapcsán feladataink a következők:

1. A tudományos kémiai modellezés eredményeit felhasználva kialakítani a szakdidaktika specifikus modelljeit,
2. a tanítási gyakorlat tapasztalatai alapján a modelleket folyamatosan fejleszteni, pontosítani, matematizálni,
3. a modellezési gondolkodásmód kialakításával fejleszteni a gondolkodás egész kulturáját.

Nem kétséges, hogy a modellezésnek a világnézeti nevelésben az előzőekben vizsgáltakon kívül még sok más vonatkozása is van mind filozófiai, mind kémiai szempontból.
Feladatunk azonban nem a problémakör teljes részletességű elemzése volt, hanem csupán egy áttekintést adni a modellmódszer és a természettudományos megismerés kapcsolatából.

HIVATKOZÁSOK

/1./ Kocsondi A. : Modell-módszer, Akadémiai K., Bp. 1976.

/2./ Stoff V. : Modell és filozófia, Kossuth K., Bp. 1973.

/3./ Kocsondi A. : M-m., 42. o.

/4./ Marx Gy. : Kimerithetetlen anyag, Magvető K., Bp. 1969. 110.o.

/5./ Erdey-Gruz T. : Filozófiai találódó a természettudományokban, Kossuth K., 1965. 98. o.

/6./ : uo. 111.o.

/7./ Marx Gy. : Kimerithetetlen anyag, 29.o.

/8./ vö. Bóna E. : A kémia tudományok és kutatási ágak rendezési kérdései, Akadémiai K., Bp. 1971. 46.o.

/9./ : uo. 41.o.

/10./ Lenin V.I. : Filozófiai füzetek, Szikra K., Bp. 1954.

/11./ Pólya Gy. : A gondolkodás iskolája, Gondolat K., Bp. 1977. 60.o.

/12./ Kocsondi A. : M-m., 93. o.

/13./ Kedrov B.M. : A természettudományok tárgya és kölcsönös kapcsolata, Kossuth K., Bp. 1965. 21.o.

/14./ : uo. 28.o.

/15./ Kocsondi A. : M-m., 29.o.

/16./ vö.Stoff V. : Modell és filozófia, valamint
Kocsondi A. : M-m. ide vonatkozó fejezetei

/17./ Kocsondi A. : M-m., 34.o.

/18./ : uo. 69.o.

/19./ Petrik O. : Modellezés a technikában, Műszaki K., Bp. 1966. 22.o.

/20./ : uo. 22.o.

/21./ Varecza L. : Konkrét és absztrakt strukturák, Tankönyvk., Bp. 1970. 103.o.

/22./ Petrik O. : M., 22.o.

/23./ Szücs E. : Dialógusok a műszaki tudományokról, Műszaki K., Bp. 1971. 210.o.

/24./ Petrik O. : M., 75.o.

/25./ Kocsondi A. : M-m., 42.o.

FELHASZNÁLT ÉS TANULMÁNYOZOTT IRODALOM

1. A kémia alapjai, I-II. egyetemi jegyzet
JATE Szeged, 1977.

2. Anyagszerkezet; Golyómodell, Hullámmodell,
ideiglenes tankönyvpótló jegyzet

3. Ágoston György: A pedagógia alapfogalmai és a nevelési cél-
rendszer
Akadémiai K., 1976.

4. Ágoston György: Pedagógia I. A nevelés elmélete
Tankönyvkiadó, Bp. 1963.

5. Balázs Lóránt: A kémia története
Gondolat K., Bp. 1974.

6. Barnard A.K.: A szervetlen kémia elméleti alapjai
Műszaki K., Bp. 1969.

7. Batunor-Poszin: Matematikai módszerek a kémia gyakorlatában
Műszaki K., Bp. 1963.

8. Borecz Endre: Általános kémia
Tankönyvkiadó, Bp. 1975.

9. Bernal J.D.: Tudomány és történelem
Gondolat K., Bp. 1963.

10. Bitsakis E.: A modern fizika és a dialektikus materializmus
Kossuth K., Bp. 1976.

11. Bodor Endre: Szervetlen kémia
Tankönyvkiadó, Bp. 1971.

12. Bogojavlenszkij-Menczinszkaja: Az iskolai ismeretelsajátítás
pszichológiája
Tankönyvkiadó, Bp. 1965.

13. Bóna Ervin: A kémiai tudományok és kutatási ágak rendszerezé-
si kérdései
Akadémiai K., Bp. 1971.

14. Bóna Ervin: A modellek szerepe a természettudományokban
Természettudományi Közlöny
IX.évf.8.sz., 10.sz. 1965.

15. Brown G.I.: A New Guide to Modern Valeny Theory
Longman, London, 1974.

16. Bruckner Győző: Szerves kémia
Tankönyvkiadó, Bp. 1961.

17. Csákvári Béla: Szervetlen vegyületek molekulageometriája
A kémia ujabb eredményei 30. kötet
Akadémiai K., Bp. 1976.

18. Előadások a kémia és fizika filozófiai problémái tárgyköréből
JATE TTK jegyzet, Szeged, 1976.

19. Erdey-Gruz Tibor: Az anyagszerkezet alapjai
Műszaki K., Bp. 1961.

20. Engels: A természet dialektikája
MEM 20.k. Bp. 1974.

21. Erdey-Gruz Tibor: Filozófiai tallózás a természettudományokban
Kossuth K., Bp. 1965.

22. Fuchs W.R.: Az uj tanulási módszerek
Közg. és Jogi K., Bp. 1973.

23. Fülöp Zsigmond: A bölcsek köve
Műszaki K., Bp. 1957.

24. Gyarmati Sándor: Axiómák és modellek szerepe a fizikai megismerésben
Magyar Filozófiai Szemle,
1963. 7.sz. 27-25.o.

25. Heisenberg W.: A rész és egész
Gondolat K., Bp. 1975.

26. Horváth József: A modellalkotás mint tudományos módszer
Magyar Filozófiai Szemle,
1965. 2.sz.

27. Hronszky I.-Varga M.: Történeti-tudományelméleti megjegyzések a kémiáról
A Kémia ujabb eredményei 42. kötet
Akadémiai K., Bp. 1978.

28. Kajtár Márton: Szerves kémia I-III.
ideiglenes tankönyvpótló jegyzet

29. Károlyhási Frigyes: Igaz varázslat
Gondolat K., Bp. 1976.

30. Karapetjanc M.H.-Drakin Sz.I.: Az anyag szerkezete
Tankönyvkiadó, Bp. 1977.

31. Kedrov B.M.: A természettudományok tárgya és kölcsönös kapcsolata
Kossuth K., Bp. 1965.

32. Kelemen László: A pedagógiai pszichológia alapkérdései
Tankönyvkiadó, Bp. 1973.

33. Kocsondi András: Modell-módszer. A modellek helye és szerepe a tudományos megismerésben
Akadémiai K., Bp. 1976.

34. Ladik János: Kvantumkémia
Műszaki K., Bp. 1969.

35. Laitko-Sprung: Kémia és filozófia
Akadémia K., Bp. 1975.

36. Lenda L.N.: Algoritmizálás az oktatásban
Tankönyvkiadó, Bp. 1969.

37. Lengyel Károly: Szerves kémia
Műszaki K., Bp. 1976.

38. Lenin: Materializmus és empiriokriticizmus
Szikra, Bp. 1949.

39. Lénárd Ferenc: A problémamegoldó gondolkodás
Akadémiai K., Bp. 1963.

40. Lotman S.M.: Szöveg, modell, típus
Gondolat K., Bp. 1973.

41. Marx Gy.: Életrevaló atomok /Atomfizika biológusoknak/
Akadémiai K., Bp. 1978.

42. Marx Gy.: Kimerithetetlen anyag
Magvető K., Bp. 1975.

43. Marx Wartofsky: A tudományos gondolkodás fogalmi alapjai
Gondolat K., Bp. 1977.

44. Mojzes J. - Cs. Nagy G.: Kémiai tantárgypedagógia
Tankönyvkiadó, Bp. 1978.

45. Nagy Ferenc: A tanárok kérdéskultúrája
Akadémiai K., Bp. 1976.

46. Nagy Sándor: Pedagógia III. Az oktatás elmélete
Tankönyvkiadó, Bp. 1961.

47. Náray-Szabó István: Kristálykémia
Akadémiai K., Bp. 1965.

48. Náray-Szabó Gábor: Alkalmazott kvantumkémia
Műszaki K., Bp. 1979.

49. Nógrádi Mihály: Bevezetés a sztereokémiába
Műszaki K., Bp. 1975.

50. Nyilasi János: Általános kémia
Gondolat K., Bp. 1975.

51. Nyilasi János: Molekulák
Tankönyvkiadó, Bp. 1978.

52. Nyilasi János: Szervetlen kémia
Gondolat K., Bp. 1975.

53. Z. Orbán Erzsébet: Atomok, ionok molekulák
Tankönyvkiadó, Bp. 1976.

54. Orear J.: Modern fizika
Műszaki K., Bp. 1971.

55. Pais I.-Bieszk F.-né: A kémia tanításának módszertana
Tankönyvkiadó, Bp. 1967.

56. Perge Imre: A számítástechnika alapjai
Tankönyvkiadó, Bp. 1978.

57. Petrik Ottó: Modellezés a technikában
Műszaki K., Bp. 1966.

58. Pietrasinski Z.: A helyes gondolkodás pszichológiája
Gondolat K., Bp. 1966.

59. Pólya György: A gondolkodás iskolája
Gondolat K., Bp. 1977.

60. Pólya György: A problémamegoldás iskolája I.k.
Tankönyvkiadó, Bp. 1967.

61. Rádi Péter: Modell és képzés
Valóság, 1971. 11.sz.

62. Rendszerszemlélet, Válogatott tanulmányok
Közgazdasági és Jogi K., Bp. 1969.

63. Revised Nuffield Chemistry, Handbook for pupils
Longman, London, 1978.

64. Ridnyik V.J.: Kvantummechanika mindenkinek
Gondolat, K., Bp. 1975.

65. Skinner B.F.: A tanitás technológiája
Gondolat K., Bp. 1973.

66. Stoff V.: Modell és filozófia
Kossuth K., Bp. 1973.

67. Szabadváry Ferenc: Az elemek nyomában
Gondolat K., Bp. 1961.

68. Szabó Z.-Nyilasi J.: A szervetlen kémia alapjai
Műszaki K., Bp. 1972.

69. Szántay Csaba: Elméleti szerves kémia
Műszaki K., Bp. 1971.

70. Szücs Ervin: A hasonlóságelmélet alapjai
Műszaki K., Bp. 1967.

71. Szücs Ervin: A hasonlóságelmélet alkalmazása
Műszaki K., Bp. 1969.

72. Szücs Ervin: Dialógusok a műszaki tudományokról
Műszaki K., Bp. 1971.

73. Varecza László: Konkrét és absztrakt strukturák
Tankönyvkiadó, Bp. 1970.

74. Varga Ernő: A kémia és a társtudományok
Tankönyvkiadó, Bp. 1976.

E helyen fejezem ki köszönetemet Dr.Császár József tanszékvezető egyetemi tanárnak, Dr.Horuczi László tanszékvezető egyetemi docensnek és Dr.Bán Miklós egyetemi tanárnak, akik a téma kidolgozását lehetővé tették és munkámat segitették.

Jozsef Attila Tudományegyetem Könyvtára SZEGED