

A MODELL-MÓDSZER ALKALMAZÁSA A GIMNÁZIUMI ELSŐ OSZTÁLYOS FIZIKÁBAN

Dr. Kovács László

A gimnáziumi fizika oktatás bevezető óráinak alapvető feladata, hogy előkészítse az egész év munkáját, programot adjon egy olyan közös munkához, amely tanárra, diákra egyaránt vár a fizika tananyag feldolgozása során. A világ természettudományos megismerésének - az általános iskolához viszonyítva - rendszerezettebb, tudatosabb lépéseit ismertetjük meg tanulóinkkal. Kísérletekre, főleg tanulóki-sérletekre alapozott megfigyelések, tapasztalatok gyűjtésével jutunk el a megismerési folyamatban egy olyan szintre, ahol a közvetlen megfigyelés, az objektum további közvetlen megismerése már nem lehetséges. Ha ehhez több jelenségnél is eljutottunk, már kialakíthatjuk diákjainkban a továbblépés keresésének igényét. A megismerési folyamatban ezt a továbblépést a *modell-módszer* jelenti. "A modellezés a tudományos megismerés olyan módszere, amelynek során az objektum tanulmányozása egy másik, vele meghatározott és a kutató által ismert megfelelőési viszonyban levő objektum kutatása útján valósul meg." [1] A modell-módszer alkalmazásakor tehát a megismerés tárgyának indirekt tanulmányozását végezzük. A megismerés objektuma helyett egy másik objektumot - a modellt - tanulmányozzuk, az így szerzett ismeretanyagot visszük át a megismerés objektumára. A modellnek ehhez igen sok követelménynek kell eleget tennie, így például:

a/ A modellnek rendelkeznie kell az objektum kutatás /megfigyelés/ szempontjából lényeges tulajdonságaival.

- b/ Egyszerűbbnek kell lennie a modellezett objektumnál.
- c/ Ismertebbnek kell lennie a modellezett objektumnál.
- d/ A különbség nem lehet túl nagy, hiszen akkor a szerzett ismeret átvitele megkérdőjelezhető.

1. A gázok

A modell-módszer a gázok tulajdonságainak vizsgálatánál a megismerési folyamat szükségszerű lépéseként jelentkezik. Környezetünk egyik leggyakrabban előforduló anyaghalmazának, a gázok viselkedésének megismerését megfigyeléssel és tanulókísérletekkel kezdhetjük. A tanulók tapasztalatból megállapíthatják, hogy a gázok nyomást fejtenek ki a tárolóedény falára, összenyomhatók, gyorsan szétterjednek a rendelkezésre álló térrészben, más gázzal keverednek. A tapasztalatok mellett azonnal felmerülnek ilyen kérdések is: hogyan és miért következnek be ezek a jelenségek? A kérdésekre az objektum /gáz/ további közvetlen vizsgálatával már nem tudunk választ adni, így a megismerés e szakaszában szükséges a modell-módszer alkalmazása.

a/ A modellezés szükségességének felvetődése

A megismerés folyamatában a modell-módszer alkalmazását megelőzik a megismerés egyéb módszerei, pl. megfigyelés, kísérlet, stb.

b/ A modellezés elméleti előkészítése

A gázzal /objektumról/ szerzett tapasztalataink, összegyűjtése, rendszerezése következik. Meglévő ismereteink birtokában megállapíthatjuk, hogy modellt kell alkotnunk.

c/ Modellalkotás vagy modellkiválasztás

A modellalkotást úgy kell végeznünk, hogy biztosítsuk a megfelelési viszonyt a modell és a modellezett objektum között a kiválasztott megfigyelési szempontok figyelembevételével. A gázok *anyagi modelljét* szeretnénk megalkotni. /Az anyagi modellek és a modellkutatás során végzett modellkísérletek közelebb állnak a 14-15 éves tanulókhhoz mint az eszmei mo-

dellek, illetve a gondolatkísérletek. Ezért a továbbiakban a megismerés objektumára vonatkozó közvetett ismereteinkhez lehetőség szerint anyagi modellek kutatásával jutunk./ Mivel "az anyagi modellek, ha a modellezés szubjektuma hozza létre őket, csak a kutató fejében korábban kialakult *eszmei modellek* eltárgyasulásai", ezért az összegyűjtött tapasztalatokra alapozva előbb eszmei modellt alkotunk [1]:

A keveredésre alapozva a gázokat részecskékből állónak gondolhatjuk. A részecskéket csak már ismert formájuknak és a korábbi tapasztalataink /fekete doboz/ alapján a lehető legegyszerűbbeknek gondoljuk, így alakul ki e részecske golyó formája. A részecskék kicsik, hiszen nem láthatjuk őket. A részecskék mozognak, mégpedig elég nagy sebességgel, hiszen erre utal a keveredés és a viszonylag gyors térkitöltés. Mivel a terem minden részében "elkeverednek" számuk nagy lehet. Az eszmei modell /nagy sebességgel mozgó, nagy számú, kis golyók sokasága/ tárgyasulásaként a tanulók egyszerű anyagi modelleket alkothatnak /a rendelkezésre álló tanuló kísérleti eszközök segítségével/, pl. egy tálcán lévő sok kis golyó állandó gyors rázásával, vagy ugyanezt a célt szolgálja az ismert rázó gép is. Az így megalkotott anyagi modell a modellek osztályozása szerint a *fizikai modellek* altípusát jelenti.

d/ A modell tanulmányozása

A modell kutatás során mind a tanulók egyszerű modelljével, mind a rázó géppel *modell kísérleteket* végzünk. A kísérletek során a következő új ismereteket szerezhethetjük a modelltől. A modell részecskéi /golyói/ nagy sebességű mozgásuk közben ütköznek egymással és a térrészt határoló falakkal. Az ütközések következtében mozgásuk rendszertelenné /rendezetlenné/ válik. A nagy számú ütközés következtében a golyók nyomást fejtenek ki a falakra. Ha az ütközéseket levélmérleggel vizsgáljuk, akkor csak igen nagy számú részecske esetén tapasztalhatunk "állandó" nagyságu nyomást.

e/ Ismeret-átvitel a megismerés objektumára

A fizikai modelleken belül a megfelelés a modell és a modellezett objektum között minőségi analógián alapszik. "Ezen altípushoz tartozó modellektől csak azt követelik meg, hogy belső természete hasonlítson a modellezett objektum természetéhez ...[1]". Esetünkben ez áll fenn, így megvalósítható az ismeret-átvitel a modellezés objektumára, a gázra.

f/ Az új ismeret ellenőrzése és igazolása

A gázzal nyert új ismereteket igazolhatják azok a kísérletek, amelyek a Brown-mozgást, vagy a Tyndall-jelenséget mutatják be. Mindkét jelenség a *modell interpretáló* funkciója segítségével érthető meg.

A modellek betölthetik a *modell előrelátás* funkcióját is. Ha rázógépes modellünket /vagy a tanulóit/ két különböző gáz /csupán a megkülönböztethetőség miatt más színű/ részecskéivel állítjuk össze, a térkitöltést és a keveredést a modellkísérletünkben egyaránt tapasztaljuk. De ha ugyanezen térrészben csak az egyik anyag részecskéi vannak, akkor a térkitöltés az előzőkhöz viszonyítva hamarabb bekövetkezik. A modell előrelátható funkciója szerint a gázzal hasonló kísérletet végezve hasonló eredményre jutunk. Ha a megfigyelés objektumának, a gáznak a térkitöltését úgy figyeljük meg, hogy más gáz is jelen van /pl. levegő és bróm"gáz"/, majd levegő "nélkül" csak bróm"gáz"-ét, akkor lényegesen gyorsabban lejátszódó térkitöltési folyamatot figyelhetünk meg. Amíg a Brown-mozgás és a Tyndall-jelenség a részecskéknél más testtel /így fallal is/, addig ez utóbbi kísérlet a gáz részecskéknél más testtel /így fallal is/, addig ez utóbbi kísérlet a gáz részecskéinek egymással való ütközését "valószínűsíti". Így a gázok keveredésére is magyarázatot kaphatunk a korábbi modellkísérletben tapasztaltak alapján /modellinterpretáció/.

g/ Az új ismeret beépítése a tudományos elmélet rendszerébe

Egyrészt az objektum vizsgálatával nyert közvetlen ta-

pasztalataink, másrészt a modell kutatásával nyert közvetett ismereteink alapján a következő hipotézist alkothatjuk a gáz szétterjedéséről /térkitöltéséről/, a keveredésről és a nyomásról. A gáz igen nagy számú, kicsi, nagy sebességgel mozgó golyók halmaza /sokasága/, melyben a golyók egymással és a térrészt határoló falakkal ütközve rendszertelen mozgással kitöltik a teret, a falakra a nagyszámú ütközés következtében nyomást gyakorolnak.

2. A részecske mozgásáról - térkitöltés szempontjából

Közvetlen tapasztalataink arról győznek meg bennünket, hogy a gáz mindig kitölti a rendelkezésre álló térrészt. Ezt a jelenséget a gáz részecskéi nagy sebességű, rendezetlen mozgással, sűrű ütközések közepette alakítják ki. A részecskék rendszertelen mozgása azonban ellentmond annak a tapasztalatnak, hogy pl. a szobában mindenütt egyformán van levegő, vagy érezzük a kölni illatát. Ezek a tapasztalataink éppen valamilyen egyformaságot, valamilyen rendezettséget sugallnak. E problémára úgy kaphatunk megoldást, ha a gázokról a térkitöltés szempontjából új ismeretekre teszünk szert.

A térkitöltés okát a részecskék rendezetlen mozgásában kell keresnünk. Ezért a hipotézisünkben megfogalmazott nagy számú részecske rendezetlen mozgását jobban meg kell értenünk. Új ismerethez azonban a gáz közvetlen vizsgálatával - a részecskék megfigyelhetetlensége miatt - nem juthatunk, a megismerést a modell-módszer segítségével folytatjuk.

A térkitöltéssel kapcsolatos problémánkat konkrétan úgy is megfogalmazhatjuk, hogy mi történik, ha két teljesen egyforma térrészt - melyek közül az egyik gázzal telt, a másik "üres" - összenyitunk? A gázok már korábban megalkotott *eszei* modelljével végzett *gondolatkísérlet* alapján arra a következtetésre juthatunk, hogy az így létrehozott "kapuhoz" megfelelő irányú sebességgel érkező részecske átjut a másik térrészbe. Az átjutás feltételéhez szükséges sebességgel ép-

pen a rendszertelen mozgás miatt véletlenszerűen bármelyik részecske rendelkezhet. Ezért modellünket a véletlenszerű átjutást megadó szempont szerint kell megvizsgáljunk. A golyósokaságból véletlenszerűen kell egy-egy "átjutót" meghatározunk. Anyagi modellünket most úgy alkotjuk meg, hogy részecskéi megkülönböztethetők legyenek /pl. számozással, színezéssel/, és a két térrészből az átjutást egyszerű átrakással végezzük. Modellünknek a részecskék véletlenszerű átjutása szempontjából való vizsgálatát modellkísérletben dobókockával, vagy rulettjátékkal végezhetjük /utóbbi a több elemszám miatt előnyösebb, bár a vizsgálat több időt igényel/. Ha a modellkutatás során elegendő nagy számú véletlenszerű átjutás közben vizsgáljuk modellünket, azt tapasztaljuk, hogy az állandó átjutás ellenére egy közel egyenletes térkitöltést kapunk. Minél nagyobb számú részecskéből alkotjuk a modellt. Tehát a modell-golyók rendezetlen mozgásának következménye éppen a golyók egyenletes térkitöltése lett. Mivel a megfelelés továbbra is biztosított volt a modell és a modellezett objektum között, így a modelltől szerzett ismeret átvihető a megismerendő objektumra, a gázra is. Az új ismeret igazságának valószínűségét éppen a korábban említett kísérleti tapasztalatok igazolják. Ez lényegében azt jelenti, hogy a nagy számú részecske rendezetlen mozgását feltételező hipotézisünk újabb megerősítést nyert.

Modellünk mélyrehatóbb, egzaktabb vizsgálatának eredményeként általánosabb megállapításra is mód nyílik: a környezettől elzárt golyósokaságban magától végbemegy az olyan változás, amelynél a sokaság állapota rendezetlenebbé válik, majd a legrendezetlenebb állapot lesz az egyensúlyi állapot. Ezt a megállapítást más halmazállapotu anyagokra /az oldódás, olvadás, keveredés tapasztalatai alapján/ is általánosíthatjuk. Ennek segítségével a környezetétől elzárt sok részecskéből álló anyaghalmazban lejátszódó folyamatok előre meghatározhatók, és időben vissza nem fordíthatóak.

tók. A természet irreverzibilitása szintén eddigi hipotéziseink alátámasztását adja.

3. *A részecskék mozgásáról - energiaeloszlás szempontjából*

Az anyaghalmazokról alkotott elképzeléseinknél mindhárom halmazállapotban egyaránt szerepel a részecskék mozgása. A részecskék mozgását a többi részecske kölcsönhatása különböző mértékben befolyásolja, ettől a gázoknál - az ütközések rendkívül rövid időtartamát kivéve - eltekinthetünk. Lényegében a gáz részecskéinek energiáján azok mozgási energiáját, a teljes gáz energiáján pedig a részecskék mozgási energiájának összegét értjük. Ha az anyaghalmaz zárt rendszert alkot, akkor a gáz energiája, azaz a részecskék mozgási energiájának összege nem változik. Ha egy test /most részecske/ ütközik, akkor annak megváltozik az energiája. Hogyan játszódhat le akkor a részecskék hipotézisben megfogalmazott rendszertelen ütközése? Ismét olyan kérdéshez értünk, melyre a választ közvetlenül a gáz vizsgálatával nem adhatjuk meg.

A gázzal korábban alkotott eszmei modellt az ütközés szempontjából vizsgálva gondolatkísérletet végzünk. A modell golyóinak egymással történő ütközése azok sebességeinek egymásra merőleges három komponensének legalább egyikét, így legalább egy szabadsági fokon tárolt energiáját, azaz az ütközésben résztvevő két részecske energiáját megváltoztatja. A "megfigyelt" két részecske együttes energiája azonban nem változhat, mert akkor a golyók mozgása végül is megszűnne. Így a részecskék ütközését rugalmasnak kell elképzelnünk. Az ütközés részecske és fal között is lejátszódhat, ilyenkor a részecske energiája egyik szabadsági fokáról a másikra tevődhet át. Valamely sebességkomponensre merőleges fal esetén a rugalmas ütközés az energia ugyanazon szabadsági fokon való tárolását is eredményezheti /ter-

mészertes en ellentétes irányu sebesség komponenssel/.

A részecskék mozgását, így ütközéseiket is rendszertelennek gondoljuk. Ez azt jelenti, hogy nem tudjuk megmondani, hogy melyik két részecske találkozik, és melyik ad át ütközéssel a másiknak energiát. Tehát azt sem tudjuk, hogy a gáz összes energiájából melyik részecske mennyivel és melyik szabadsági fokon részesül, hiszen ez ütközésekkel véletlenszerűen állandóan változik. Ha a gáz anyagi modelljét most a részecskék véletlenszerű energiacsereje szempontjából alkotjuk meg, akkor a részecskéket, sőt az egyes szabadsági fokokat is meg kell egymástól különböztetnünk.

Az ütközéssel járó energiacsere véletlenszerűségét dobókockákkal biztosítjuk. A dobókockák jellegéből adódóan egy 6x6-os sakktábla-szerű elrendezést használunk, amelynek mindegyik helye egy-egy szabadsági fokot jelképez. A két különböző /nagyságu, vagy színű/ dobókocka egyike az energiacsereben véletlenszerűen részt vevő szabadsági fok sorát, a másik az oszlopát jelenti. Ha megállapodunk abban, hogy a két kockával először dobva kiválasztjuk az energiát adó, másodsor dobva az energiát kapó szabadsági fokot, akkor az energiacsere véletlenszerűségét modellünkben biztosítottuk. Az egyszerűség kedvéért tételezzük fel, hogy egy-egy ütközésnél azonos energia-adag cserélődik, amit pl. egy-egy gyöngyszemmel tudunk megjeleníteni, ill. ennek áthelyezésével az energiacserét megvalósítani. Így modellünk már lehetőséget ad olyan modellkísérlet elvégzésére, amellyel a rendszertelen ütközéseknél végbemenő véletlenszerű energiacserét vizsgálhatjuk.

Induljunk ki egy tetszőleges energia-elrendezésből, pl. amikor minden szabadsági fok két energia-adaggal rendelkezik. Elég nagy számú dobás /energiacsere/ után a tanuló-kísérletet végző tanulók a modellkutatásnál a következőket észlelhetik:

- Az eredeti egyenletes energia-eloszlás gyakorlatilag már többször nem fordul elő,

- Az egyes szabadsági fokokon igen sok energia is össze-
gyűlhet,
- Az energia-eloszlás állandóan változik,
- Az összes energia - az eredeti feltételünk miatt ez ter-
mészetes is - nem változik. Így bármely helyzetben mindig
kiszámítható az egy szabadsági fokra jutó energia értéke,
amit halmazátlagnak nevezünk /ez kísérletünkben két ener-
gia-adagot jelent/,
- Ha egy-egy szabadsági fok, illetve bármelyik energia-adag-
jait hosszabb időn keresztül, sok ütközés közben felje-
gyezzük, majd ezek átlagát kiszámítjuk, közelítőleg azo-
nos értéket kapunk bármelyik szabadsági fokra is számol-
tunk. /Így felismerhetik az ekvipartíció tételét./ Az így
nyert értéket időátlagnak nevezzük.
- Bármely szabadsági fokra időátlagban ugyanannyi energia-
jut, mint a halmazátlag.

Összefoglalva azt mondhatjuk, hogy a rendszertelen üt-
közésekkel bekövetkező véletlenszerű energiacsere folytán a
modell-golyó egy-egy szabadsági fokán szinte állandóan vál-
tozó mennyiségű energia raktározódik, amely igen nagy érté-
ket is elérhet, miközben hosszabb idő alatt minden szabad-
sági fok egyenlő mértékben részesedik a gáz-modell összes
energiájából. A modell és a modellezett objektum közötti
megfeleltetés miatt a modell kutatása során szerzett ismer-
etek átvihetők a megismerendő objektumra, a gázra. A ré-
szecskék mozgását, ütközését azonban mindhárom halmazállapo-
tu anyaghalmazra feltételeztük. Így az átvitt ismeret igaz-
ságát akár a párolgás, akár a szublimáció alátámasztja. /Bár
a két jelenségnél az anyaghalmaz nem tekinthető zárt rend-
szernek./ A folyadékok és a szilárd anyagok részecskéi a
lényegesen erősebb kölcsönhatás következtében már kötött ál-
lapotúak. De az ütközéssel együttjáró energiacserevel e-
gyes szabadsági fokokon úgy felhalmozódhat a mozgási ener-
gia, hogy az egész részecske energiája pozitívá válik, és
így kötött állapota megszűnhet - azaz eltávozhat az anyag-

halmazból. /Ez egyben azt is jelenti, hogy a visszamaradó anyaghalmozás összes energiája és az egy szabadsági fokra jutó energiája is csökken./

Igy hipotézisünket egyrészt az energiaeloszlás szempontjából új ismeretekkel tudtuk bővíteni, másrészt a valóság más jelenségeinek értelmezése új oldalról erősíti meg elképzeléseinket.

4. Egy modell-előrelátás

Az előzőek alapján felvetődhet a kérdés, hogy mi történik akkor, ha két különböző halmazátlagu anyaghalmozás között jön létre az energiacsere? Valódi anyaghalmozásoknál erre a kérdésre meg sem kísérelhetjük a választ adást, hiszen még azt sem tudjuk megmondani, hogy miről, vagy miből ismerhetjük fel két anyaghalmozás halmazátlagának különbözőségét. Ennek ellenére - hipotézisünket fenntartva - ez a valóságban is lejátszódhat, hiszen az anyaghalmozások különböző energiával és különböző halmazátlaggal rendelkeznek. Így érdemes a modell-módszer segítségével egy lehetséges választ keresni erre a problémára. Az előző fejezet anyagi modelljét egy kissé módosítva lehetőség adódik két modell-test közötti energiacsere kísérleti vizsgálatára. A 6x6-os elrendezést /a kockákhoz kötődve/ megtartjuk, melynek első négy oszlopa a továbbiakban az "A" test, az utolsó két oszlopa a "B" test energiátároló szabadsági fokait jelöli. A két modell-test közötti energiacsere megindulása előtt legyen az "A" test egy szabadsági fokára jutó energia halmazátlagu 1 energiadag /igy az "A" test összes energiája 24 adag/, a "B" testé pedig 4 energiaadag /igy összenergiája 48 adag/. Mindkét test ezen belül tetszőleges pillanatnyi energia-eloszlással rendelkezik. Az egyszerűség kedvéért ez természetesen lehet a legrendezettebb, azaz az 1, 1, 1, stb. illetve a 4, 4, 4, stb. elrendeződés is, hiszen az előzőek szerint ez nem befolyásolja a rendezetlen energiacsereét. Az előző fejezetben leirtak sze-

rint biztosítjuk az energiacsere véletlenszerűségét. Az elég sok dobást biztosító tanuló kísérletet végezve a következőket állapíthatják meg a tanulók a két modell-test közötti energiacsereéről:

- Az energiacsere végbemehet csak az "A", csak a "B" vagy az "A" és a "B" test szabadsági fokai között is.
- Ha csak a két test közötti energiacsereét vizsgáljuk, akkor a "B" test többször ad át energiát az "A"-nak, azaz hosszabb idő /több ütközés/ alatt határozott energiaáramlást észlelhetünk.
- Kb. 30 dobásonként meghatározva a testek halmazátlagát tapasztalhatjuk, hogy az "A" test halmazátlaga nőtt, "B" test halmazátlaga csökkent.
- Elég nagy számú ütközés után a két test halmazátlaga megközelítőleg azonos lett, az energiaáramlás megszűnt. Ettől kezdve csak a már korábban megismert rendezetlen energiacsere játszódik le, de ebben most már mind az "A", mind a "B" test energiátároló szabadsági fokai résztvesznek.

Röviden úgy foglalhatjuk össze a tapasztalatokat, hogy ha két modell-test között is lehetséges a részecskék közötti ütközésekkel lejátszódó energiacsere, akkor a *véletlenszerű energiacsereknél energiaáramlást tapasztalunk a nagyobb halmazátlagu testről a kisebb halmazátlagu felé, ami a halmazátlagok kiegyenlítődéséig tart.* Megállapíthatjuk, hogy modellünkben az energiaeloszlás szempontjából a legrendezetlenebb állapot jött létre, és az energiaáramlási folyamat megfordíthatatlan. Ez tulajdonképpen a II. főtétel megfogalmazása az energiaeloszlás szempontjából. A modellről az energiaeloszlásról szerzett ismereteinket átvihetjük valóságos anyaghalmazokra is.

5. Eredményeink

A gázok tulajdonságainak megismerése a gázok közvetlen

vizsgálatával, illetve sokszor csak a közvetett vizsgálattal, a modell-módszer alkalmazásával történhet. A kísérletek alapján a gázokról az alábbi ismereteket tudjuk összegyűjteni, az első osztályos tanulók gondolkodási szintjének és a tantervi követelményeknek megfelelően.

A gáz valóban létező részecskékből álló anyaghalmoz. A részecskéket molekuláknak /atomoknak/ nevezzük. A molekulák mérete 10^{-10} méter nagyságrendű, de anyagi minőségtől függően anyagonként más és más. A molekulák száma igen nagy. A molekulák tömege az anyagi minőségtől függ, általában 10^{-26} kg nagyságrendű. A molekulák nagy sebességűek, rendezetlen mozgásuk miatt kitöltik a rendelkezésükre álló térrészt, amelyet a gáz térfogatának nevezünk. Mozgás közben nagyszámu ütközéseik révén erőt fejtenek ki a térrész falaira. Az ütközésekből adódó gáznyomás a falakon és a gáz belső felületén azonos. A molekulák mozgásuk közben egymással is ütköznek, ebből adódik mozgásuk rendezetlensége. Ütközéseik során a molekulák között rendezetlen energiacsere játszódik le. Az ütközések rugalmasak, csak energiacsere történik, a fallal való ütközéskor pedig a molekula egyik szabadsági fokáról a másikra tevődik át mozgási energiájának egy része. Az ütközések eredményeként egy-egy molekula igen sok energiát összegyűjthet, de a gáz minden részecskéjének minden szabadsági foka időátlagban azonos mozgási energiával rendelkezik. Állandó nyomás és állandó molekulaszám mellett a gáz hőmérsékletét úgy definiáltuk, hogy legyen egyenesen arányos a térfogatával. Így a gáz hőmérséklete a rendszertelen mozgás energiájából az egy szabadsági fokra jutó átlagos mozgási energiával arányos:

$$\frac{1}{2} \cdot k \cdot T = \epsilon_x \text{ átlag,}$$

ahol k a Boltzmann-állandó, melynek értéke a kísérletekből jó közelítéssel $1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$ -nek adódott. Ha a gáz egy részének hőmérséklete valamely okból megváltozik, akkor a rendszertelen ütközések miatt a magasabb hőmérsékletű térrész-

ből az alacsonyabb térrész felé energiaáramlás jön létre, amely a hőmérsékletek kiegyenlítődéséig tart.

Környezetével kölcsönhatásban lévő gáz energiája anynyival változik, amennyit környezetétől kap, vagy annak le ad. A gáz energiája munkavégzéssel, vagy termikus kölcsönhatással változhat. A gáz és környezete között rendezett mozgás közben lejátszódó energiaátadást munkavégzésnek, a rendezetlen mozgással történő energiaátadást termikus kölcsönhatásnak /hőközlésnek/ nevezünk. A gázzal termikus kölcsönhatással közölt energia és a kölcsönhatás során mérhető hőmérsékletváltozás hányadosát hőkapacitásnak nevezünk. A hőkapacitás és a gáz tömegének hányadosa a gáz fajhője. A hőkapacitás a molekulák számával, a fajhő a molekulák tömegével van szoros kapcsolatban. A hőkapacitás mért értékei segítségével meghatározható a gázmolekula szabadsági fokainak száma, ebből pedig a molekula alakjára következtethetünk. A molekulák kölcsönhatásának különbözősége nem mutatkozik meg a gázok viselkedésében. A gázmolekulák ütközésekor azonban ugyanolyan kölcsönhatás lép fel közöttük, mint a folyadékoknál, de a kis hatótávolság miatt ez csak nagyon rövid ideig érvényesül. A sok molekula miatt a rendszertelen közeledések és távolodások a gáz energiáját végeredményben alig befolyásolják. Így a gáz energiája lényegében molekuláik mozgási energiáinak összege.

A gáz molekuláját sokáig egységes egésznek gondolták. Később kiderült, hogy a molekulák két, vagy több részecskéből, atomokból állnak. Az atomokat a molekulák közötti kölcsönhatásnál egy-két nagyságrenddel erősebb kölcsönhatás, a kémiai kötés szervezi molekulává.

A felsorolt ismeretek többsége gnoszeológiai szempontból a hipotetikus szintről felemelkedett a bizonyított, igazolt ismeretek szintjére. A gázra vonatkozó hipotézis helyett egyre indokoltabb lesz gázelméletéről beszélni.

IRODALOM

- [1] KOCSONDI A.: Modell-módszer. Akadémiai Kiadó, Budapest 1976.
- [2] MARX Gy.: Kimerithetetlen anyag. Magvető Kiadó, Budapest 1969.
- [3] MARX Gy.: Mit tanítsunk fizikából? A fizika tanítása 1981/3.
- [4] MARX Gy.: Jövőidőben. Magvető Kiadó, Budapest 1979.
- [5] BUDÓ Á. - PÓCZA J.: Kisérleti fizika I. Tankönyvkiadó, Budapest 1962.
- [6] TÓTH E. - HOLICS L. - MARX Gy.: Atomközelen. Gondolat Könyvkiadó, Budapest 1981.
- [7] BAKÁNYI - FODOR - MARX - SARKADI - TÓTH - UJJ: Fizika I. Tankönyvkiadó, Budapest 1981.
- [8] FODOR E. - SARKADI I.: Fizika I. munkafüzet. Tankönyvkiadó, Budapest 1981.
- [9] TÓTH E.: Utbaigazító a fizika tanításához a gimnázium első osztályában. ELTE Sokszorosító üzem, Budapest 1981.
- [10] FÉNYES I.: A fizika eredete. Kossuth Könyvkiadó, Budapest 1980.
- [11] SIMONYI K.: A fizika kulturtörténete. Gondolat Kiadó, Budapest 1978.
- [12] G. GAMOW - J.M. CLEVELAND: Fizika. Gondolat Kiadó, Budapest 1973.
- [13] J. OREAR: Modern fizika. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1971.
- [14] MÜLLER A.: A mai fizika és a marxista világnézet. Tankönyvkiadó, Budapest 1978.
- [15] L.D. LANDAU - A.I. KITAJGORODSZKIJ: Fizika mindenkinek. Gondolat Kiadó, Budapest 1975.
- [16] JÁNOSSY L.: Fejezetek a mechanikából. Minerva, Budapest 1975.

- [17] HOLICS L.: Anyagszerkezet I. JATE Sokszorosító üzem, Szeged 1977.
- [18] PÁRKÁNYI L. - SOÓS K.: Fizika a gimnázium szakosított tantervü III. osztálya számára /I. kötet/ Tankönyvkiadó, Budapest 1975.
- [19] M.W. WARTOFSKY: A tudományos gondolkodás fogalmi alapjai. Gondolat Kiadó, Budapest 1977.
- [20] PÁLVÖLGYI L.: A modellezés lehetőségeiről a pedagógiában. Akadémiai Kiadó, Budapest 1981.
- [21] KOVÁCS L.: A modell-módszer alkalmazásának lehetőségei a gimnáziumi első osztályos fizika tantárgyban. Egyetemi doktori disszertáció, JATE Szeged, 1983.

APPLICATION OF THE MODEL METHOD
IN FIRST-YEAR PHYSICS TEACHING IN GRAMMAR SCHOOLS

by
Dr. László Kovács

Summary

A new physics syllabus was introduced in the grammar schools in Hungary in the school year 1981-82. In accordance with the demanding new aims of natural science teaching, the first-year physics teaching material provides an opportunity for the teaching of the model method and for the practice of its application in the learning process from lesson to lesson.

A study is made from the aspect of the practising teacher of how the model method in connection with the treatment of the material on gases can become a general tool in learning and teaching. Besides dealing with the concrete teaching material with a view to attaining the definite aims in the syllabus, the teacher must recognize the latent gnoseological functions of the model in the teaching material and must apply them.

The article provides answers to the following questions:

- What models should be used?
- What gnoseological function does the model fill in the individual phases of the teaching-learning process?
- With the accumulation of theoretical knowledge, how is the model modified with a view to understanding objective reality?
- How is the hypothesis on gases enlarged with new elements during the understanding process, and how will it be more justified to speak of a theory instead of a hypothesis?

The treatment presented here was based on a concrete teaching practice, but different treatments are also possible. Then, however, because of the different construction, the model may fill a different gnoseological function at the same level of understanding.