

Az ellentétek küzdelme és egysége ahogyan a vegyész látja

ERDEY-GRÚZ TIBOR

Az élettelen és élő világ, a gondolkodás, valamint a társadalom jelenségeinek tanulmányozása alapján a dialektikus materializmus arra a következtetésre jutott, hogy minden mozgás, változás és fejlődés belső ellentétekre, ellentétes tendenciák kölcsönhatására, küzdelmére vezethető vissza, amelyek elválaszthatatlanok az anyagtól. A jelenségekben minőségileg sokféle ellentét sokféle mennyiségi meghatározottsággal hat, ami az anyag és mozgása kimeríthetetlen sokféleségében mutatkozik.

A dialektikus materializmus egyik alapvető megállapítása, hogy minden objektumnak, minden jelenségnek lényegéhez tartozó belső ellentmondásai, egymással ellentétes belső tendenciái vannak, amelyek egyrészt tagadják, kizárják, másrészt feltételezik egymást.

Az ellentétek a valóság tárgyaiban *egységet* alkotnak, vagyis együttes hatásuk szabja meg az anyagi rendszerek valóságos állapotát és változásait. Az objektum, ill. a jelenség egészén belül az ellentét¹ egyik oldala sem létezhet a másik nélkül, és az adott egész is csak az ellentétek eredőjének megfelelően képezhet viszonylag önálló és viszonylag állandó alakulatot.

Az ellentétek minden anyagfajtának szükségszerű, objektív belső sajátosságai, amelyek a tárgytól és a körülményektől függően különféle jellegűek (pl. vonzás és taszítás, pozitív és negatív elektromosság vagy mágnesség, részecske- és hullámjelleg, egyesülés és bomlás, asszimiláció és disszimiláció, öröklődés és alkalmazkodás, ami elősegíti a fejlődést és ami hátráltatja, régi és új és i. t.). A világ minden folyamatának mozgató ereje a tárgyakban levő belső ellentétek küzdelme, vagyis ellentétes irányú kölcsönhatása, amihez hozzájárul a különböző tárgyak közötti külső ellentétek küzdelme egymással és a belső ellentétekkel. Ennek megfelelően az anyag minden mozgása *önmozgás*, mert forrásai — az ellentétek — magában az anyagban vannak. A dialektikus materializmus e felismerése a tudomány nagy vívmánya, mert kiküszöböli azt az idealista nézetet, amely a mozgás okát anyagon kívüli természetfeletti erőknek tulajdonítja, és a világ jelenségeit mint önmozgást teszi megérthetővé.

A tárgyakban, ill. jelenségekben általában sokféle ellentét működik, de mindig van egy *főellentét*, amely a változások főirányát, a folyamatok főtén-

¹ A filozófiai irodalomban nincs egységes gyakorlat az „ellentét” és „ellentmondás” szavak értelme tekintetében. Többnyire nem tesznek jól definiált különbséget e szavak között, a társadalomtudomány területén azonban szokás az ellentmondásos viszony kiélezettebb, előrehaladottabb fejlődési szakaszát ellentétnek nevezni. Vitatható azonban, hogy e megkülönböztetés célszerű-e a természettudományok területén is.

denciáját szabja meg. A többi, mellékesebb ellentétek hatásai részleteiben változatos módon befolyásolják az eseményeket, s ezáltal a konkrét tárgyak és jelenségek beláthatatlan sokféleségét idézik elő. A főellentétek az anyag egy-egy mozgásformájának fő jellemzői.

A konkrét tárgyak és jelenségek tanulmányozásában lényegük megértésére fel kell tárni a bennük ható ellentétek — különösen a főellentétek — sajátzerűségeit, minőségi és mennyiségi szempontból egyaránt. Az ellentétek viszonyaiban elsősorban a minőségi oldal lép előtérbe (pl. vonzás és taszítás, részecske- és hullámjelleg, asszimiláció és disszimiláció.) A minőségileg ellentétes tendenciák azonban — mindaddig, amíg az objektum mint olyan létezik — nem vezetnek az ellentétes „pólusok” közötti kapcsolatok elszakításához, hanem a viszonylag egységes egész keretein belül léteznek, s mint az egységes egész különböző oldalai mutatkoznak. Ebben van minőségi ellentétes voltuk mellett minőségi egységük.

A minőségi egység lehetővé teszi az ellentétes oldalak „összemérését”, s határozott mennyiségi viszonyba állítja azokat. Ez annak a megnyilvánulása, hogy az ellentétes oldalak kölcsönhatása, küzdelme, mennyiségileg egységes objektum alapja. Ha viszonylag egyszerű anyagi rendszerekre szorítkozunk (amilyenekkel főleg az élettelen természetben találkozunk), akkor az ellentétek kölcsönös viszonyát mennyiségi egységekkel, közös mértékkel fejezhetjük ki.

Az ellentétes tendenciák eredőjeként létrejött állapot, a viszonylagos és időleges egyensúly, ellentmondásos, mert objektív belső ellentétei nem szűntek meg, hanem csak ellentétes tendenciájuk vált mennyiségileg egyenlővé. Ez az egyenlőség azonban különbséget és belső ellentmondást tartalmaz.

Az ellentétek mennyiségi egyenlőségének viszonylagos volta az anyagmozgás legegyszerűbb eseteiben is megmutatkozik. Pl. ha elektromosságot vezető testekben elektromos töltések folytán makroszkopikus méretű potenciálkülönbség van, akkor a töltések kiegyenlítődnek, a potenciálkülönbség nullává válik. Valójában azonban a pozitív töltést hordozó protonok és a negatív töltést hordozó elektronok nem olvadnak össze, ellentétük nem szűnik meg, hanem az ellentétek egysége olyan állapot által valósul meg, amelyben átlag, a makroszkopikus jelenségekre vonatkozó eredményükben kioltják egymás hatását. A magasabbrendű mozgásformákban az ellentétek egysége lényegesen bonyolultabb és sokrétűbb, belsőleg ellentmondásos voltának áttekinthetése nehezebb, de minden esetben érvényes.

Az ellentétek egységén belül tovább tart a küzdelem az ellentmondásos tendenciák között, aminek következtében minden állapot belsőleg mozgékony, dinamikus. Semmilyen állapot, semmilyen egyensúly sem jelent abszolút nyugalmat, az ellentétek eredője kisebb-nagyobb (esetleg csak molekuláris méretű) körzetekben kisebb-nagyobb mértékben minduntalan megváltozik, az egyensúly körül ingadozik (fluktuál) a rendszer állapota. Ez korszerű természettudományi módszerekkel a legstabilisabbnak látszó állapotokban is kimutatható. Ha a fluktuációkban az ellentétes tendenciák egyike viszonylag tartósan túlsúlyba jut (esetleg külső kölcsönhatások következményeként), akkor makroszkopikus méretekben is változás következik be. Amíg e változás kicsi, az anyagi rendszer állapota az adott minőség határán belül marad. Ha ellenben a változások mennyisége túllép egy többé-kevésbé éles határt, ill. az ellentétek egyik oldala tartósabban túlsúlyba jut, akkor minőségi változás következik be, és az új minőség vonatkozásában domináló ellentétek egysége hozza létre az új álla-

potot, az anyag, ill. mozgása új fajtáját. A valóság minden tárgyában elválaszt-hatatlan a mozgás és nyugalom, a változékonyság és állandóság momentuma mint az ellentétek küzdelmének és egységének megnyilvánulása, úgy azonban, hogy a küzdelem, a mozgás, a változás abszolút — az egység, a nyugalom, az állandóság pedig viszonylagos.

A belső ellentétek egysége által kialakított egyensúlyi állapot viszonyla-gos voltához az is hozzájárul, hogy az adott objektum kölcsönhatásban van sok (elvileg minden) más objektummal. Az ezzel kapcsolatos *külső ellentétek* is befolyásolják a történéseket, és előbb-utóbb akkor is előidézik az adott állapot minőségi megváltozását, ha ez pusztán belső ellentétek folytán még nem következnek be. A külső ellentétek is összefüggenek egymással, valamint a belső ellentétekkel, de ez az összefüggés nem olyan szoros és nem szükségszerű, mint a belső ellentété. Lehetséges e vonatkozásban az ellentét egyik oldalának létezése a másik nélkül. Pl. az atomok közötti vonzás és taszítás azon ellenté-tének egysége, amely a kristályt hozza létre, külső ellentét az atomokat kiala-kító belső ellentétekhez képest, az atomok létezhetnek, anélkül, hogy kristályt alkotnának, a kristály ellenben feltételezi az atomok létezését.

A belső ellentétek fontosabbak és nagyobb jelentőségűek a tárgy saját-ságai, változásai, fejlődése vonatkozásában, mint a külső ellentétek. A külön-b-ség azonban a belső és külső ellentétek között nem abszolút, hanem viszonyla-gos: ami egyik vonatkozásban külső ellentét, a másikban belső lehet. Pl. a kristály szempontjából az atomok közötti vonzás és taszítás belső ellentét, az atomok mint egységes egészek vonatkozásában viszont külső ellentét.

Általában az anyag fejlődési sorában a magasabbrendű anyagfajtákban és mozgásformájukban megvannak az alacsonyabbrendűek belső ellentétei, de mintegy rejtetten, mert nem ezek szabják meg dominálólág a magasabb-rendű anyagfajta sajátosságait és mozgástörvényeit.

Az ellentétek küzdelme és egysége legbonyolultabb, legdifferenciáltabb és legsokoldalúbb az élő anyagban és a társadalomban. Sokban hozzájárul azonban az anyag e lényeges sajátosságának, minden változás okának megismeréséhez az élettelen természet tanulmányozása is, különösen figyelembe véve a fizika és kémia újabb fejlődését.

Az ellentétek egysége az anyag kémiai mozgásformájában

Az anyag kémiai mozgásformája az atomok egyesülése nagyobb atom-csoportokká (molekulákká, makromolekulás anyagokká), és utóbbiak felbom-lása atomokra, ill. kisebb atomcsoportokra vagy átrendeződése. Az egyesülés folytán sok esetben határozott számú és határozott elrendeződésű atomokból álló (pl. víz, benzol, cukor) molekulák keletkeznek, amelyek minőségi válto-záson mennek át, ha megváltozik bennük az atomok száma. A molekulán belül az atomok viszonylag nagy erővel, „kémiai kötés” révén kapcsolódnak egy-máshoz, a molekulák között pedig viszonylag kisebb erők hatnak. Nem ritkán azonban az egész makroszkopikus testet az atomok erős (kémiai) kapcsolódá-sának a hálózata tartja össze (pl. gyémánt, grafit, kősókristály, makromoleku-lás anyagok, mint a gumi, műanyagok és i. t.), s az atomok számának változása bizonyos, határok között alig befolyásolja a test sajátosságait. Az alábbiakban főleg a molekulákról lesz szó, de a tárgyalt összefüggések értelemszerűen módosítva a makromolekulás anyagokra is érvényesek.

A kémiai mozgásforma főellentéte az atomok vonzása és taszítása.² A vonzás és taszítás a dolog lényegénél fogva egymást kizáró ellentétek, mégis e két ellentétes hatás együttes érvényesülése szabja meg a kémiai anyagok állapotát, sajátságait és változásait.

Ha legegyszerűbb példaként két atom molekulává való egyesülését vizsgáljuk, akkor nyilvánvaló: az atomok molekulává egyesülésének előfeltétele az, hogy ha az atomok (pl. hőmozgásuk révén) közel kerülnek egymáshoz, akkor specifikus vonzóerő lépjen fel közöttük. E vonzóerő, amely az atomok külső elektronjainak a mozgásával van kapcsolatban, tovább közelíti egymáshoz az atomokat, és közben annál nagyobbá válik, minél inkább csökken az atomok közötti távolság, majd végül kémiai kötést hoz létre közöttük. A kémiai-
lag összekapcsolódó atomok közötti távolság csökkenésével egy határon taszítóerő kezd észrevehetővé válni közöttük, amely a távolság további csökkenésével rohamosabban növekszik, mint a vonzóerő. Következésképpen egy határozott kölcsönös távolságon a taszítóerő egyenlővé válik a vonzóerővel. Itt eredőjük nulla, e helyzetben befejeződik a kémiai kötés kialakulása, a molekulává egyesült atomok, ill. ellentétek viszonylagos egyensúlyba jutottak egymással. A kémiai kötés létrejöttének ezek szerint az a feltétele, hogy a taszítóerő hatótávolsága kisebb legyen, de rohamosabban növekedjék a távolság csökkenésével, mint a specifikus vonzóerő.³

A molekulában a vonzás és taszítás ellentétének egysége folytán létrejött állapot azonban nem abszolút nyugalom (még akkor sem, ha az atomokon belüli mozgásoktól eltekintünk), az egyensúly csak viszonylagos. Számos tapasztalati tény bizonyítja, hogy a kémiai kötéssel összekapcsolt atomok szakadatlanul mozognak egyensúlyi helyzetük körül. Ez azt bizonyítja, hogy a molekula belső ellentétei közül hol az egyik, hol a másik átmenetileg túlsúlyba kerül, s ennek megfelelően változik a kémiai (vegyérték) kötéssel összekapcsolt atomok helyzete. Amíg e belső fluktuációk következtében az atomok szétbomlására irányuló tendencia kicsi marad, addig a rezgések kilengésétől függően mennyiségileg megváltoznak ugyan a molekula sajátságai, de mélyreható minőségi változás nem következik be. Ha azonban az ellentétes tendenciák közül az, amely az atomok egymástól való szétválasztására irányul, egy határon túl nő, az atomok elszakadnak egymástól, s mélyreható minőségi változás következik be: a kémiai kötés megszűnése folytán a molekula atomjaira bomlik szét.

A molekulák konkrét sajátságai nagymértékben a kémiai kötést létrehozó ellentétek specifikus természetétől függenek, ami nagyon változatos. A kémiai vonzás és taszítás egyaránt az atomok külső elektronjainak mozgásával (tehát az atomfizikai mozgásformával) van kapcsolatban, és e mozgás módjától függ az ellentétek egységének jellege. E tekintetben a molekulák (ill. a megfelelő vegyületek) két főtypusba sorolhatók. Az egyikben (az ún. *ionkötésűekben*) a kémiai kötés kialakulásakor az egyik atomról egy vagy több elektron teljesen átmegy a másikra, ezáltal az egyik atomból pozitív, a másikból negatív ion képződik, s az összetartó erő ezen ionok Coulomb-féle elektrostatikus vonzása. A másik főtypusban (az ún. *kovalens kötésű* molekulákban)

² Az itt szereplő kémiai vonzás nem azonos a gravitációs vonzással, hanem az atomok minőségétől függően igen specifikus, és az egymással „vegyrokonságot” mutató atomok között sokkal nagyobb, mint a gravitáció.

³ Ha két atom között a taszítóerő hatótávolsága nagyobb a vonzóerőnél, akkor nem keletkezik közöttük kémiai kapcsolat, nem jöhet létre az ellentétek *egysége*.

a kémiai kötést létrehozó elektronok nem csatlakoznak az egyik atomhoz, hanem mozgásukban mindkét atommagot körülveszik, kollektíve tartoznak mindkettőhöz. Az ion és kovalens kötés — amelyek között sok átmenet van — sok tekintetben különbözik egymástól: az atomok közötti távolság változásával más törvény szerint változik a vonzás nagysága, „idegen” atom közeledése vagy közeledése másként befolyásolja a kötés erősségét és i. t. A különböző kötés-módok tehát ugyanolyan irányban ható, de mégis minőségileg különböző tendenciák megnyilvánulásai.

Az atomok közötti taszítás is a specifikus atomfizikai mozgástörvények következménye, és azzal van összefüggésben, hogy az atomok elektronburkának legfeljebb külső (ún. le nem zárt) rétegei („héjai”) olvadhatnak egybe kémiai kötés létrejöttékor, a belsőbb (ill. „lezárt”) elektronhéjak egymásba hatolását rendkívül nagy taszítóerő gátolja meg, amely azonban csak akkor ébred, ha az atomok olyannyira megközelítik egymást, hogy további közeledés már csak a lezárt elektronhéjak részleges egybeolvadása révén volna lehetséges. E taszítóerő nem magyarázható az azonos előjelű elektromos töltések Coulomb-féle elektrosztatikus taszításával, hanem az atomfizikai mozgásforma specifikus belső ellentéteinek következménye, amelyek legszembeötlőbb törvényszerűségét formailag a Pauli-féle elvvel írjuk le.⁴

A kétatomos molekulákhoz elvileg hasonló módon hozza létre a kémiai vonzás és taszítás a *többatomos molekulákat*. A több atom jelenléte folytán azonban bonyolultabbak a viszonyok. A nagyobb molekulákban is sok esetben megvannak az atomokat páronként összekapcsoló vegyérték-kötések (amelyek itt is lehetnek ionos vagy kovalens jellegűek, mindenféle átmenettel), azonban a „közvetlenül” összekötött atomok közötti ellentétek egységén kívül a molekula szerkezetét és sajátosságait a molekula többi — vegyérték-kötéssel össze nem kötött — atomjai közötti kémiai vonzás és taszítás is befolyásolja. Elvileg a molekula valamennyi atomja között hatnak ezek az ellentétes tendenciák, de különböző mértékben. Többnyire vannak olyan vegyérték-kötések, amelyek által összekötött atomok közötti ellentétek egysége dominál, ezek összessége alakítja ki a molekula kémiai sajátosságainak fővonásait, ezek az adott kémiai kötések belső ellentétei. A közvetlenül (vegyérték-kötéssel) össze nem kapcsolt atomok közötti ellentétek egysége sok esetben alárendeltebb jelentőségű, csak kisebb mértékben befolyásolja a sajátosságokat. Ezek tehát az adott kémiai kötés vonatkozásában külső ellentétek, az egész molekula vonatkozásában azonban ezek is belső ellentétek, és összességükben (főleg nagy molekulákban) jelentős lehet a szerepük.

A kémiai kötés vonatkozásában a belső és külső ellentétek nem mindig különülnek el, hanem hatásuk sok esetben közelítőleg egyenlő. Ilyenkor nem alakulnak ki két-két atomra lokalizált vegyérték-kötések, hanem a kapcsolatot létrehozó elektronok mozgása az egész molekulát, vagy ennek egy több atomból álló részét átfogja. Az ilyen anyagokban sokféle ellentétes tendencia bonyolult kölcsönhatása, küzdelme és egysége szabja meg a molekula (vagy makromolekulás anyag) állapotát és sajátosságait, ami egyaránt függ az egyes atomok minőségétől, számától és helyétől a molekulán belül, valamint a molekula, mint egységes egész szerkezetétől. Bármely atom kicserélése más

⁴ A Pauli-féle elv szerint egy atomban vagy egy molekula közös elektronhéjában nem lehet két vagy több olyan elektron, amelynek teljesen azonos az állapota (vagyis mind a négy kvantumszáma azonos).

atommal vagy atomcsoporttal többé-kevésbé megváltoztatja az egész molekula sajátságait. Ezáltal keletkezhetnek a beláthatatlanul változatos és differenciált sajátságú kémiai anyagok, amelyek a természet kimeríthetetlen gazdagságának kémiai alapjai.

Az ellentétek egysége elválaszthatatlan az ellentétek küzdelmétől. A kémiai kötések, ill. a molekula létrejötte után sem a kémiai vonzás, sem a taszítás nem szűnik meg. Ha időbeli átlagban az atomok helyzete az eredő erő eltűnésének felel is meg, tapasztalati tény, hogy a molekulákban az atomok soha sincsenek nyugalomban (még a hőmérséklet abszolút nullapontján sem.) Bár a molekulák szerkezetét az ellentétek egyensúlya szabja meg, a molekulák sajátságai mégis nagymértékben függenek attól, hogy az egyensúly időleges átmeneti felbomlása (az egyensúlyi helyzettől való eltávolodás) milyen értelemben és milyen mértékben juttatja érvényre az ellentétes tendenciák egyikének vagy másikának a hatását. A kémiai vonzás és taszítás ellentéte tehát kölcsönösen feltételezik egymást, egyik sem létezhet a másik nélkül. Határozott szerkezetű és tulajdonságú kémiai anyagok csakis a kémiai mozgásforma ellentéteinek küzdelme és egysége révén jöhetnek létre. Az ellentétes tendenciák egyensúlya (eredőjük nullává válása) azonban mindig csak időleges és viszonylagos, a küzdelem, az egyensúly körüli szakadatlan ingadozások révén ébredő eredők váltakozása viszont abszolút. Az ellentétek azonban akkor is egységben vannak egymással (vagyis együttesen hatnak), ha eredőjük időlegesen nem nulla. Az egység csak akkor szűnik meg gyakorlatilag, ha az adott objektum, mint viszonylag önálló egész megszűnik létezni. A molekulák sajátságai egyaránt függenek a kémiai mozgásforma ellentéteinek küzdelmétől és egységétől.

A kémiai folyamatok, amelyek összessége szabja meg az anyagok kémiai sajátságait, a molekulák mint egységes egészek belső ellentéteinek küzdelmén és egységen kívül a külső ellentétektől is függenek. A molekulák sokféle kölcsönhatásba léphetnek a környezetükben levő más anyagokkal, s az ezek során fellépő külső ellentétek küzdelme és egysége nagymértékben befolyásolja a jelenségeket. Kémiai vonatkozásban legfontosabbak a szomszédos (ill. mozgásuk folytán szomszédságba kerülő) molekulákkal, ill. atomokkal való kölcsönhatás. Az ilyen kölcsönhatások igen bonyolultak, s itt csak néhány fővonásukkal foglalkozhatunk.

Ha azonos minőségű molekulák közelednek egymáshoz, akkor nagymértékben kölcsönös sebességüktől függ, hogy az egyes molekulák közötti külső ellentétek küzdelme milyen és mennyire állandó egységre vezet. A kémiai anyagok szokásos körülményei között a molekulák hőmozgás folytán jutnak egymás közelébe („ütköznek” egymással). A hőmozgás átlagos energiája (a termikus energia) annál nagyobb, minél magasabb a hőmérséklet. A hőmozgás rendezetlen, tendenciája a molekulák, ill. atomok szétszórására, kapcsolataik felbontására irányul, s ilyen értelemben — azonos minőségű molekulák esetében — a kémiai vonzás és taszítás ellentétének utóbbi momentumát növeli. Közepes hőmérsékleten⁵ ütközéskor a molekulák közötti külső ellentétek közül a taszító tendencia dominál a vonzó fölött, ennek folytán nem jöhet létre több molekulából álló viszonylag tartós egység, a molekulák ütközés után azonnal szét pattannak egymástól. Bármily rövid is azonban az ütközés ideje (a másodperc kis törtrésze), mégis előfordulhat, hogy azonos minőségű molekulák egyes

⁵ E vonatkozásban azokat a hőmérsékleteket tekintjük közepeseknek, amelyeken az adott anyag gáz alakú, de molekulái még nem bomlanak el.

atomjai között a vonzás felülkerekedik a molekulán belüli vonzáson, ami atomoknak a molekulák közötti kieserélődéséhez vezet. Ilyen kieserélődési folyamatok izotopok segítségével kísérletileg kimutathatók.

Gázokban a hőmozgás molekulákat szétszóró tendenciája dominál az összegyűjtő, vonzó, rendező tendenciával szemben, ezért — ha számottevő további kölcsönhatások hiányoznak — a gázok nem is alkotnak egységes egészenek tekinthető testet, hanem molekuláik mind jobban távolodnak egymástól, teljesen szétszóródnak. Csak más anyagokkal (pl. szilárd edény falával, a gravitációs mezővel) való kölcsönhatás, és ezáltal az összetartó tendencia megerősítésével jöhet létre olyan állapot, amelyben az ellentétek eredője viszonylag állandó, makroszkopikusan egységes egészként viselkedő rendszert hoz létre.

Fentiekből az az általánosítható megállapítás vezethető le, hogy azokban az állapotokban és folyamatokban, amelyekben a molekulák mint egységes egészek vesznek részt, a molekulák közötti vonzás és taszítás ellentéte mellett irányadó szerepe van a hőmozgásnak mint az ellentét taszító, szétszóró momentumát támogató tényezőnek. A hőmozgás valójában a fent vázoltnál bonyolultabb módon kapcsolódik be a kémiai, valamint molekuláris mozgásforma ellentéteinek küzdelmébe és egységébe. Egyrészt ui. a termikus energia az egész molekula haladó mozgásának a következménye, s mint ilyen a molekulával szemben külső ellentétként hat. Másrészt azonban a mozgó molekulák kölcsönhatása, ütközése következtében megváltozik a molekulák forgása és a molekulán belül az atomok rezgő mozgása, és ezáltal a hőmozgás a molekulák belső ellentéteinek tényezőjévé is válik. Ennek következtében a hőmozgás a körülményektől függően megváltoztatja a belső ellentétek eredőjét, és sok esetben igen mélyreható változásokat idéz elő. A hőmérséklet emelkedésével mindinkább előfordul, hogy egyes molekulákban a termikus rezgések folytán oly mértékben túlsúlyba jut a taszító tendencia, hogy elszakad a kémiai kötés, és a molekula atomjaira disszociál. A belső fluktuációk következtében ez átlagban annál több molekulában következik be, minél magasabb a hőmérséklet. Elég magas hőmérsékleten gyakorlatilag az összes molekula disszociál, vagyis bekövetkezik a vegyület teljes hőbomlása. Ilyen körülmények között tehát az ellentétek küzdelme szétfeszíti az egység korlátait, s a különböző ellentétek között minőségileg új állapotnak megfelelő egység jön létre, amelyben a korábban belső ellentétek egy része a bomlástermékek (az új állapot egyedei) vonatkozásában külső ellentétté alakult át. — Előfordulhat az is, hogy az ellentétek külső hatásra bekövetkező növekedése következtében a molekulák nem bomlanak szét, hanem atomjaik más elrendeződésbe csoportosulnak át (izomer átalakulás), s ily módon jön létre minőségileg új állapot.

A belső és külső ellentétek kölcsönös viszonya nagy jelentőségű a *minőségileg különböző molekulák* kölcsönhatásaiban, vagyis a *kémiai reakciókban*. Ezek lényegében úgy folynak le, hogy a különböző minőségű molekulák megközelítvén egymást (egymásba ütközvén), többé-kevésbé szétbomlanak, és atomjaik más elrendeződésben új molekulákká egyesülnek. A kémiai reakciókban a különböző minőségű molekulák közötti — e vonatkozásban külső — ellentétek (a különböző molekulákban levő atomok kölcsönös vonzása és taszítása) megbontja az egyes molekulák belső ellentéteinek egységét, és az új helyzetben az összes ellentétes tendenciák eredőjeként az atomok új csoportosulásával új molekulák keletkeznek, amelyekben belül az ezek vonatkozásában belső ellentétek egysége szabja meg a sajátosságokat, s az új helyzetben külső ellentétek erre csak kevéssé hatnak. Ha pl. metánra (CH_4) klórgáz (Cl_2) hat,

akkor metilklorid és sósav keletkezik: $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 = \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$. A metán-molekulát egy szén és négy hidrogén-atom közötti kémiai vonzás és tasztítás belső ellentéteinek egysége hozza létre, és ez szabja meg sajátosságait.⁶ Hasonló a helyzet a klór-molekulában. Amikor (kémiai reakcióban hőmozgás következtében) metán-molekula klór-molekula közelébe jut, a klór-atomok a metán hidrogén-atomjaival is kölcsönhatásba lépnek. Az ezek közötti kémiai vonzás és tasztítás az első stádiumban az egyes molekulák vonatkozásában külső ellentét. Megfelelő körülmények között azonban egy-egy klór- és hidrogén-atom között a kémiai vonzás legyőzi ezen atomokat az eredeti molekulában tartó kémiai kötést, a molekulák részben elbomlanak és az atomok új csoportosulásával új molekulák keletkeznek, a külső ellentétek hatása megbontja a belső ellentétek egységét, a küzdelem momentumra kerül túlsúlyba, s ez új egység kialakulásához vezet. A kémiai jelenségekre nagy befolyása van a hőmozgással kapcsolatos kölcsönhatásoknak, mert ezek a különböző minőségű molekulákon belül különféleképpen módosítják az ellentétek eredőjét. Következésképpen a kémiai reakciók lefolyása nagymértékben függ a hőmérséklettől.

A hőmérséklet emelkedésével növekszik a molekulák sebessége, nagyobb energiával ütköznek egymásba, ami a különböző minőségű molekulákban levő atomok közötti kémiai vonzás érvényesülését segíti elő. A növekvő termikus energia fokozódó mértékben fellazítja az egymásba ütköző molekulákat, erősítvén bennük az atomok távolítására irányuló tendenciát. Mind a két hatás kedvez a kémiai átalakulásnak, vagyis az ütköző molekulák felbomlásának és atomjaik új molekulává való elrendeződésének. Ámde a reakcióban képződött új molekulában is a szétbontó tendenciát erősíti a termikus energia. Ezen (és más egyéb) kölcsönhatások folytán végeredményben az egymásra ható és a keletkezett molekulák belső ellentéteinek a külső ellentétek hatására bekövetkező specifikus változásaitól függ, hogy az adott körülmények között milyen irányú és milyen mértékű kémiai folyamat következik be, s mennyi idő szükséges lejátszódásához.

Az ellentétek egysége az anyag molekuláris mozgásformájában

Ha kémiailag egységes gáz hőmérsékletét (vagyis az átlagos termikus energiáját) csökkentjük, akkor csökken a hőmozgás okozta szétszóró tendencia. Megfelelő mértékben növelve a molekulákat összegyűjtő tendenciát (pl. kellő nyomáson és hőmérsékleten), utóbbi dominálóvá válik olyan értelemben, hogy az ellentétek eredőjének megfelelő állapotban a molekulák egymáshoz közel helyezkednek el, *folyadékot* alkotnak. Ebben az állapotban a molekulák összessége határozott önálló térfogatot foglal el, amely nagymértékben független a rendelkezésre álló edénytől. A molekulák közötti külső ellentétek konkrét specifikus tulajdonságaitól függ az, hogy milyen hőmérsékleten és nyomáson következik be a cseppfolyósodás. E külső ellentétek konkrét sajátosságai viszont szoros kapcsolatban vannak a molekulák belső ellentéteinek sajátosságaival, mert az egyes atomok közötti kölcsönhatások nagymértékben befolyásolják az atomok összessége által alkotott molekulák közötti kölcsön-

⁶ A metán — és minden más — molekulában tulajdonképpen nem változatlan atomok vannak, mert az ezek kémiai egyesülését előidéző kölcsönhatások az atomok külső részét átalakítják (a külső elektronok mozgását megváltoztatják).

hatásokat. A cseppfolyósodás tehát — mint a molekuláris mozgásforma⁷ egyik jelensége — a molekulák belső és külső ellentétei együttes hatásának a következménye. A molekulák közötti külső ellentétek a folyadék mint egész vonatkozásában belső ellentétek.

A folyadékban az ellentétek eredőjének olyan állapot a következménye, amelyben a molekulák — adott körülmények között — átlag határozott távolságban vannak, és csak ritkán távolodnak el egymástól (utóbbi történik a folyadék párolgásakor) de kölcsönös helyzetük irány szerint nincs rögzítve. Ennek az a következménye, hogy ha a hőmozgással kapcsolatos fluktuáció vagy egyéb okok folytán megváltozik a folyadék-molekulák kölcsönös helyzete, akkor oly mértékben megnő az ellentét másik oldalának a hatása, hogy a molekulák mihamar visszatérnek eredeti kölcsönös távolságukba. E körül tehát csak rövid periódusú kilengések lehetségesek. A molekulák helyzetének irány szerinti megváltozása viszont csak kis ellenhatást vált ki, következésképpen az azonos átlagos távolságban levő molekulák kölcsönös helyzete változó: a folyadéknak nincs önálló alakja, hanem az edény alakját veszi fel, amelyben van.⁸

A hőmozgástól származó — és az egyes molekulák szempontjából bizonyos vonatkozásban külső — ellentét szétszóró tendenciájának csökkenésével (vagyis lehűtéssel) a folyadék állapota eleinte kisebb mennyiségi változásokon megy át (változik a sűrűsége, viszkozitása, törésmutatója stb.). Amint azonban a hőmozgás energiájának változása egy határt elér, minőségi átalakulás következik be: a folyadék megfagy, *kristályokká* alakul. A kristályokat önálló térfogat mellett a folyadékokkal szemben határozott alak jellemzi. A molekulák közötti ellentétek egysége itt olyan jellegű, hogy az egyensúlynak megfelelő helyzetből való kilendülés hatására az ellentéteknek nemcsak azon momentumai lépnek nagymértékben előtérbe, amelyek a molekulák eredeti kölcsönös távolságának visszaállítására irányulnak, hanem azok is, amelyek az irány szerinti kölcsönös helyzetük visszaállítását segítik elő. Következésképpen a kristályokban a molekulák a maguk egészében nem mozdulnak el (ill. ez csak egyes molekulákra kifejtett különösen nagy kölcsönhatás révén lehetséges), hanem a kristályban közöttük ható ellentétek eredőjeként kialakult egyensúlyi helyzet körül rezgő (esetleg forgó) mozgást végeznek.

A kémiai és molekuláris mozgásformában — ugyanúgy mint minden másban — az ellentétek eredőjének megfelelően kialakult egyensúlyi állapotban nem szűnnek meg az ellentétek, hanem szükségszerűen továbbra is hatnak. Az egymást kizáró ellentétes tendenciák egyidejű hatása előfeltétele annak, hogy határozott szerkezetű és sajátosságú konkrét objektumok jöhetnek létre, amelyek viszonylagos állandóságuk mellett változékonyak, más objektumokkal kölcsönhatásba léphetnek, átalakulhatnak. Az anyag szüntelen önmozgásának, változásainak és fejlődésének okai az anyagtól elválaszthatatlan ellentétek szakadatlan küzdelme és egysége. Az egység az ellentétek eredőjének kifejezése. Ha az eredőnek időlegesen átlagban nulla erő felel meg, akkor az adott anyagi rendszer viszonylagos egyensúlyban van. Ha viszont az ellentét

⁷ A molekuláris mozgásforma jelenségeiben a molekulák mint olyanok, gyakorlatilag változatlanok maradnak, s egészükben kapcsolódnak egymáshoz vagy válnak szét egymástól (pl. párolgás, cseppfolyósodás, kristályosodás, olvadás).

⁸ Pontosabban: a külső kölcsönhatások alól kivont folyadék felületi feszültsége folytán gömb alakot vesz fel, de az alak megváltoztatására már igen kis erő (pl. saját súlya) is elégséges.

egyik oldalának túlsúlya folytán az eredő nullától eltér, akkor változás következik be, de eközben is szükségszerűen feltételezik egymást az ellentétek (tehát egységben vannak, mert nincs olyan változás, amelyben az ellentétes tendenciák közül kizárólag csak az egyik érvényesülne, ha csak az adott objektum már teljeseen fel nem bomlott).

Az ellentétek egysége az atomban

Az atomok pozitív elektromos töltésű magból és akörül mozgó negatív töltésű elektronból állnak, amelyek tömege elhanyagolható kicsi a magéhoz képest. A különböző kémiai elemek atommagjainak a töltése (a proton töltésének sokszorosában kifejezve) a rendszám. Mivel a proton pozitív töltése ellentétesen egyenlő az elektron negatív töltésével, minden atomban annyi elektron van, amennyi a rendszám. Az atomot a mag és az elektronok kölcsönös vonzása tartja össze, amire sok vonatkozásban az elektrosztatika Coulomb-féle törvénye érvényes. Ez az elektromos töltésű makroszkopikus testek elektromos kölcsönhatását leíró törvény azonban nem tükrözi híven az atommag és az elektronok kölcsönhatását, aminthogy a makroszkopikus elektrodinamika törvényei sem érvényesek erre. Az elektromosság makroszkopikus mozgástörvényei alapján ítélve ugyanis azt kellene várni, hogy az elektrosztatikus vonzás és az elektromágneses sugárzás következtében az elektronok beleesnek az atommagba, s ott semlegesítik annak töltését. Ez azonban nem következik be (noha a „teljes” semlegesítés nem lehetetlen, l. alább), hanem az elektronok csak bizonyos távolságra közelítik meg a magot, s ezen egyensúlyi távolságban mozognak.

Tapasztalati tény, hogy a mintegy 10^{-13} cm méretű elektronok a mintegy 10^{-13} – 10^{-12} cm méretű atommagot a rendszámától függően csak mintegy 10^{-10} – 10^{-8} cm-re közelítik meg. A kettőnél nagyobb rendszámú atomokban az elektronok a magtól különböző átlagos távolságú csoportokra („héjakra”) oszlanak. Az ólom-atomban pl. 6 ilyen elektronhéj van, az elsőben 2, a többiben rendre 8, 18, 32, 18, ill. 4 elektron van. Az atomokat tehát az alkatrészcsekkéi nem tömören töltik ki, hanem egymástól jól megkülönböztethető távolságban mozognak. Ez azt bizonyítja, hogy a Coulomb-féle kölcsönhatáson kívül az atomfizikai mozgásformára jellemző specifikus taszító hatásnak is kell érvényesülnie. E vonzás és taszítás eredője szabja meg az elektron tartózkodási helyét, ill. mozgásának pályáját.*

A specifikus atomfizikai erők törvényei — amelyek leírásával a kvantummechanika foglalkozik — bonyolultak. A taszítóerő pl. nagymértékben függ a jelenlevő elektronok számától. Ha pl. csupasz ólom-atommagból indulunk ki,⁹ s ehhez egyenkint csatolunk elektronokat, akkor az első két elektronra ható taszítás ugyanabban a távolságban válik egyenlővé a vonzással. E két ellentétes tendencia eredőjének hatása alatt a két elektron a magtól kb. egyenlő távolságban mozog. A harmadik elektronra azonban ugrásszerűen megnő a taszítás, aminek következtében ez a magtól távolabb mozog, mint az első kettő. A 4., 5., . . . 10. elektron távolsága a magtól nagyjából ugyanakkora, mint a harmadiké. A 11. elektron hozzácsatolása azonban újra ugrásszerű változást

⁹ Igen erőyes kölcsönhatások révén modern kísérleti berendezésben előállíthatók csupasz atommagok.

okoz a taszítóerőben és i. t. A taszításnak az elektronok számától függő ezen ugrásszerű változása (amit formálisan a Pauli-féle elv ír le) okozza az atomok elektronburkának réteges felépítését.

Az atomok szerkezetét, viszonylag állandó alakulatkénti létezését tehát az atomfizikai mozgásforma specifikus vonzási és taszítási ellentétének egysége szabja meg. Az atomok létezésének azonban alapvető feltétele, hogy belső ellentétek nem szűnnek meg, hanem szakadatlan a küzdelmük és változó az egységük, ingadozó az eredőjük. Erre mutat többek között a modern atomfizika által megállapított azon tény, hogy az elektronok nem pontosan állandó távolságban (ill. pontosan ismétlődő pályán) mozognak a mag körül, hanem hol kissé jobban megközelítik a magot, hol pedig kissé jobban eltávolodnak attól, s ezáltal időbeli átlagban bizonyos mértékig diffúz térbeli töltéeloszlást hoznak létre.

Az atom belső ellentétei küzdelmének abszolút és egységének viszonylagos voltát bizonyítja az is, hogy más anyagi objektumokkal való kölcsönhatás révén megváltozott állapotra vezet az ellentétek egysége (pl. más atomokkal való ütközés vagy fotonok hatására gerjesztett állapotba juthat az atom). E kölcsönhatásokban az egy-egy objektum belső ellentétei többé-kevésbé hasonló módon kombinálódnak a különböző objektumok közötti külső ellentétekkel, mint a kémiai és molekuláris mozgásformákkal kapcsolatban.

A semleges atomokban és az ezekből álló makroszkopikus testekben a pozitív és negatív elektromosság semlegesítése csak statisztikus átlagban következik be, valójában az ellentétes töltésű diszkrét részecskék (atommagok és elektronok) a tapasztalat számára hozzáférhető méretekben külön megmaradnak. Ez *létezési feltétele* az anyag ama fajtájának, amelyet atomnak nevezünk. Vannak azonban olyan folyamatok, amelyekben az ellentétek küzdelme mélyreható változást idéz elő, és az egységük által kialakított új objektumban a tudomány mai fejlettségi fokán nem különböztethetünk meg diszkrét pozitív és negatív részecskéket.

Ilyen folyamat pl. az elektron és a pozitron¹⁰ átalakulása γ -fotonná (amit helytelenül annihilációnak neveznek). Az elektronok és pozitronok kölcsönhatásában ezen „elemi” részecskék specifikus mozgástörvényei folytán a vonzás dominál, és az atoménál sokkal kisebb méretekben sem válik észrevehetővé taszítás. Következésképpen az ellentétes töltésű részecskék „teljesen” egybeolvadnak. Ez az egybeolvadás azonban sokkal gyökeresebb minőségi változásra vezet, mint az atommagok és elektronok atommá egyesülése vagy az atomok molekulává egyesülése. Az elektron és pozitron egyesülése folytán keletkezett γ -foton ugyan szintén anyagi részecske,¹¹ de minőségileg egészen más sajátosságú, mint a közönséges kémiai anyagot alkotó részecskék. Pl. mérete sok nagyságrenddel kisebb, mint az elektroné, csak fénysebességgel mozoghat, ha ebben valami megakadályozza, azonnal átalakul az anyag valamilyen minőségileg más fajtájává. A foton nem alkatrésze az atomoknak és molekuláknak, bár kölcsönhatásba léphet azokkal, ekkor azonban egyúttal át is alakul az anyag minőségileg más fajtájává.

Hasonló „teljes” semlegesítés következhet be a proton és antiproton (negatív proton) találkozásakor, de e folyamatban is a proton és antiproton

¹⁰ A pozitron pozitív töltésű „elemi” részecske, amelynek tömege és egyéb sajátosságai azonosak az elektronéval, töltése azonban ellentétes előjellel azonos.

¹¹ Ezt bizonyítja pl., hogy tömege, impulzusa van, s megfelelő körülmények között elektronná és pozitronná alakulhat.

mint ilyen megszűnik létezni, mert minőségileg gyökeresen más anyagfajttákká (fotonokká, mezonokká stb.) alakulnak át, amelyekben más jellegű ellentétek egysége dominál.

Látható ebből, hogy az egymást kölcsönösen feltételező ellentétek küzdelme és egységénélkül nem alakulhat ki viszonylag állandó objektum, amely az alkatrészeket még felismerhetően (nem nagyon mélyrehatóan átalakulva) tartalmazza. Ha az ellentétes tendenciáknak csak az egyike, a taszítás dominál, akkor az alkotókként szóba jöhető objektumok oly mértékben szétszóródnak, hogy gyakorlatilag nem alkotnak valamilyen egységes egészet. Ha viszont a vonzó tendencia uralkodik el, akkor az ellentétek egybeolvadása folytán oly gyökeres minőségi átalakulás következik be, hogy az eredeti objektumok az eredeti vagy ahhoz közel álló dimenziókban nincsenek meg többé. Az anyagfajtták e gyökeres átalakulásával új mozgásforma jár együtt, amelynek az átalakulás előttihez képest gyökeresen más jellegű ellentétek küzdelme és egysége a forrása. Kétségtelen pl., hogy a foton is összetett és határozott szerkezete van, állapotát, valamint sajátosságait — részleteiben még nem ismert — belső ellentéteinek küzdelme és egysége szabja meg, de ezek jellege gyökeresen más, mint az eddig ismert anyagi részecskék közötti külső ellentéteké, ill. az atomok és molekulák belső ellentéteié.

Az ellentétek egysége az atommagban

Az atommagok pozitív protonokból és ezekkel közel egyenlő tömegű elektromosan semleges neutronokból¹² (azaz nukleonokból) állnak. Ezek vonzása és taszítása ellentétének küzdelme és egysége által jön létre az atommag, mint határozott szerkezetű viszonylag állandó objektum. A magfizikai mozgásforma specifikus jellemzője a nukleonok közötti hatalmas vonzás, amely azonban kölcsönös távolságuk növekedtével rohamosan csökken, s már mintegy 10^{-12} cm távolságban elenyésző kicsivé válik. Következésképpen az anyag magfizikai mozgásformája csak akkor alakulhat ki az anyag minőségileg új fajtajának (az atommagnak) képződése közben, ha a nukleonok ily mértékig megközelítik egymást. Az atommagban működő hatalmas vonzó erők sem vezetnek azonban a nukleonok teljes egybeolvadására, hanem a magban is megmarad diszkrét részecske-jellegük. Ezt bizonyítja pl. az a tapasztalati tény, hogy a magban egy-egy nukleonra több mint háromszor akkora térfogat jut, mint amekkora egy nukleon saját térfogata.¹³ A nukleonok tehát a magban nem is „érintkeznek” egymással, hanem elkülönülten mozognak. Ebből nyilvánvaló, hogy a nukleonok között taszításnak is kell hatni, aminek hatótávolsága kisebb, mint a vonzása (ellenkező esetben nem jöhetnének létre magok), viszont a távolság csökkenésével a taszítóerő rohamosabban növekszik mint a vonzás. A magfizikai vonzás és taszítás ellentétes tendenciája (ami minőségileg más jellegű, mint a kémiai vonzás és taszítás) a nukleonok határozott átlagos távol-

¹² Az atomokban és az atommagokban az alkotórészecskéken (protonokon, neutronokon és elektronokon) kívül fizikai mezők is vannak, amelyek szintén az anyag fajtaí, s ezek közvetítik a részecskék közötti kölcsönhatásokat. L. Magyar Tudomány 1959. 443. o.

¹³ A nagyjából gömb alakú atommag sugara $r \approx 1,3 \times 10^{-13} A^{1/3}$ cm (A a tömegszám, vagyis az egészszámra kikerekített atomsúly, ami egyben megadja a magban levő nukleonok számát). A magok térfogata: $V \approx 8 \times 10^{-39} A$ cm³. A magban 1 nukleonra átlag 7×10^{-39} cm³ jut, egy-egy nukleon térfogata pedig mintegy 2×10^{-39} cm³.

ságában egyenlővé válik egymással. Ez a helyzet felel meg az atommag mint viszonylag állandó objektum egyensúlyi állapotának, amely körül hasonló fluktuációk történnek, mint amilyenről már más vonatkozásban szó volt.

Az atommag belső fluktuációi közvetlenül megnyilvánulnak pl. a radioaktív elemekben, amelyek atommagjaiban időnkint túlsúlyba jut a taszító tendencia, s ennek következtében időnkint egyes részecskék kilövellődnek a magból.¹⁴

Az atommag belső ellentéteinek eredője sokkal szorosabb egységbe foglalja a magot (amelynek sűrűsége mintegy 200 millió tonna/cm³), mint az elektronburokban ható ellentétek eredője az atomot. Ezért az atommag állapotának megváltoztatásához sok nagyságrenddel nagyobb energiájú kölcsönhatás szükséges, mint az elektronburok állapotának megváltoztatásához. Mindamellet az atommag sincsen teljesen elszigetelve a külső ellentétektől. Ha pl. neutronok közelítik meg az atommagot, akkor azoknak a maghoz képest külső ellentétei hatására megváltozhat a mag belső ellentéteinek eredője, ami új „gerjesztett” állapot kialakulására vezet. A külső ellentétek át is alakulhatnak belső ellentétekké, pl. ha a kívülről jött neutron beépül a magba, miáltal az eredetivel izotopmag keletkezik.

Az atomban is többféle ellentét hat, a főellentét ezek közül a nukleonok közötti vonzás és taszítás. Bár egy-egy ellentét-pár egymást kizáró két tendenciát képvisel, az ellentét-pár egy-egy oldala több fizikai tényezőből tevődhet össze. Jól megállapítható ez pl. a magban ható taszításról. Tulajdonképpen specifikusan jellemző a magra a minden nukleon között egyaránt működő igen rövid hatótávolságú, de nagy közelségben igen erős magfizikai taszítás. Emellett azonban a protonok között pozitív töltésük folytán a Coulomb-féle elektrostatikus taszítás is hat, amelynek sokkal nagyobb a hatótávolsága, mint a specifikus magfizikai taszításé. Az atommagokban ugyan nem a Coulomb-féle hatás dominál, nem ez szabja meg a magfizikai mozgásforma specifikumát, de nem is közömbös e vonatkozásban. A Coulomb-féle taszítás következménye ugyanis, hogy nincsen olyan atommag, amely *csupán* két vagy több protonból állana, és nagy szerepe van e kölcsönhatásnak abban, hogy nem jöhet létre tetszés szerinti nagy rendszámú mag. Látható ebből, hogy az ellentétek egy vonatkozásban alárendelt momentuma más vonatkozásban dominálóvá válhat.

Az atommagok alkotó részecskéi, a protonok és neutronok sem abszolút egyszerűek és oszthatatlanok, hanem kétségtelen, hogy ezek is összetettek, és belső szerkezetük van, ami ellentétek küzdelme és egysége révén jön létre. Világosan kitűnik ez pl. ama tapasztalati tényből, hogy a neutronnak — noha elektromosan semleges részecske — mégis van mágneses momentuma. A mágneses momentum elektromos töltések mozgásának a következménye lévén, kétségtelen, hogy a neutronban ellentétesen egyenlő töltésű részecskék (valószínűleg ún. mezonok) vannak, amelyek elektromos hatása kifelé közömbösíti egymást, amelyek azonban úgy mozognak, hogy mágneses hatásuk eredője nullától eltérő. A mágneses momentum tehát egyebek között elárulja, hogy a neutront is belső ellentéteinek küzdelme és egysége hozza létre mint viszonylag állandó objektumot.

A belső ellentétek egysége a neutronban és a protonban is csak viszonylagos, s küzdelmük abszolút. Az eredő állapot körül itt is fluktuációk történnek.

¹⁴ A radioaktív bomlás alkalmával kilövellt elektronok (β -sugarak) és fotonok nem tartós alkatrészei a magnak, hanem a fluktuációk előidézte belső átalakulások folytán közvetlenül a kilövellés előtt keletkeznek.

Erre mutat az, hogy a magon belüli egység felbomolhat, s az alkotó részek átalakulhatnak. A neutron elektron kilövellésével protonná alakulhat¹⁵: $n = p^+ + e^-$. Szabad neutronban az ellentétek ezen átalakuláshoz vezető fluktuációja viszonylag nagymértékű, mert átlagban 18–20 perc alatt bekövetkezik a bomlás. Az állandó elemek atommagjában azonban nem bomlik a neutron, a β -sugárzó radioaktív elemek atommagjában viszont hosszabb-rövidebb idő alatt megtörténik az átalakulás. A magban ható — és a neutron vonatkozásában külső — ellentétek tehát kölcsönhatásba lépnek a neutron belső ellentéteivel, megváltoztatják azok viszonyát, miáltal a körülményektől függően csökkennek vagy megnövekszenek a fluktuációik.

A proton szabad állapotban stabilis, és a Földön található „természetes” atomok magjában sem bomlik. Egyes „mesterséges” atommagokban¹⁶ azonban pozitron (és neutrino) kilövellése közben neutronná alakul: $p^+ = n + e^+$. A magon belüli, de a proton vonatkozásában külső ellentétek a proton belső ellentéteivel tehát itt is kölcsönhatásba lépnek, s megváltoztatják utóbbiak eredőjét.

A magban uralkodó kölcsönhatások megváltoztatják a proton és az elektron ellentéteinek küzdelmét és egységét is. A hidrogén-atomban és a legtöbb más elem atomjában a proton és elektron ellentéteinek eredője olyan állapothoz vezet, amelyben saját méreteikhez képest nagy távolságban mozog egymástól a proton és az elektron. A nagy rendszámú elemek között azonban van olyan, amelynek atommagja az elektronburokból befog egy elektront, s ez egy protont neutronná alakít: $p^+ + e^- = n$. Ilyen körülmények között tehát a proton és elektron ellentétei (a magban levő proton és a többi nukleon külső ellentétei egységének hatására) átalakulnak a neutron belső ellentéteinek egységévé. Az alkatrészek ellentéteinek küzdelme és egysége itt sokkal mélyebbre ható átalakulásra vezet, mint a hidrogén-atomban: a neutronban nincs változatlan proton és elektron, hanem utóbbiak mélyreható minőségi átalakulása révén olyan anyagfajták keletkeznek, amelyek a neutronnak az atomhoz képest sokkal kisebb méretén belül az atomnál sokkal szilárdabb egységét hozzák létre az ellentéteknek. A neutron sajátosságai azonban bizonyítják, hogy benne sem következik be az ellentétek „teljes kiegyenlítése”, hanem itt is az ellentétes tendenciák dinamikus eredőjével állunk szemben.

Mindebből az látszik, hogy az anyag eddig ismert legkisebb részecskéinek sajátosságait és változásait is lényegükhöz tartozó belső ellentétek küzdelmére és egységére kell visszavezetnünk, s a körülményektől függő mértékben az eredetileg külső ellentétek kölcsönhatása is jelentőssé válhat. Bármilyen kis méretekre menjünk is le, az ellentétek nem szűnnek meg, nem „békülnek ki”, hanem küzdelmükben és egységükben az anyag önmozgásának forrásai, szakadatlan változásainak és viszonylagos egyensúlyainak tényezői.

¹⁵ A valóságban fenti átalakulásban még antineutrino is keletkezik, amitől azonban a jelenségek közelítő tárgyalásánál eltekinthetünk.

¹⁶ A „természetes” és „mesterséges” atomok (ill. kémiai elemek) megkülönböztetése csak úgy értendő, hogy előbbiek számottevő mennyiségben találhatóak a Földön, utóbbiak nem. A világegyetemben feltehetően minden lehető atomfajta (ill. kémiai elem) megtalálható.