

MŰHELY



Szokmány Csaba

A kémiatanár méltósága és felelőssége a diákok anyagszerkezeti ismereteinek kialakításában

Bevezetés

A fizika és a kémia középiskolai tananyagának sok kapcsolódási pontja van. A tanár megfelelő témaszervezése és az átfedésekre való tudatos odafigyelése lehetőséget nyújt arra, hogy a tananyagot jól strukturálva elkerüljük a felesleges ismétlődést, és helyette inkább spirális elmélyítés történjen. A tantárgyak közti koncentráció előnyeit felhasználva pedig segíthetjük a diákok egységes és komplex természettudományos szemléletének kialakítását, a természettudományos ismeretek rendszerezését, egymásra építését és nem utolsósorban a másik tárgyakat tanító kollégák munkáját.

Az egységes természettudományos szemlélet magától értetődő módon a mindenki számára szükségesnek tartott természettudományos műveltség része. Azonban manapság kifejezetten lényeges az olyan új tudományágak szempontjából, mint a biokémia, nanotechnológia, infobionika stb. Ezeken a területeken sokszor nem elegendő a szakspecifikus tudósok kiváló együttműködése, hanem az is szükséges, hogy egyetlen ember fejében legyenek meg és kapcsolódjanak össze a különböző tudományterületekhez sorolt ismeretek. Tehát a jövő kutatóinak képzésében is kulcsfontosságú szerepe van az interdiszciplináris szemlélet kialakításának és átadásának.

A fizika és a kémia kapcsolódási pontjainak egy részére a tantervek, tankönyvek és a tanárok fel is hívják diákjaik figyelmét, azonban véleményem és tapasztalatom szerint sok marad felderítetlenül és kihasználatlanul. Ennek eredményeképp nemcsak, hogy nem érjük el a

fent említett célokat a diákok gondolkodására, ismeretszerzésére vonatkozóan, hanem a hiány még negatív hatást is okoz(hat):

1. A diákok számára a természettudományos tantárgyak elkülönülnek, külön fogalomrendszerrel és szemlélettel, így három természettudományos tárgy esetén háromféle nehéz dolgot kell megtanulniuk.
2. Az egymásra épülő és mindhárom tudományágban használt fogalmakat nem vezeti be külön-külön mindhárom tantárgy (már csak időbeli korlátból adódóan sem), így sok fogalom előzmény nélkülinek tűnik a diákoknak, „lóg a levegőben”, mert nem ismerik fel, hogy az alapokat korábban, más tárgyból már megtanulták.
3. Sok esetben valóban előzmény nélkül kerülnek elő fogalmak illetve ismeretek az egyes tantárgyak anyagában, amelyet a másik tantárgy csak később vezet be alapos előkészítés után. Általában jellemző, hogy a kémiatananyagban (elsősorban az általános kémia részében) hamarabb kerülnek elő olyan ismeretek, amiket a fizikatananyag csak későbbi évfolyamon tárgyal. Ezek egy része megalapozza a későbbi fizikai ismereteket, pl. a kémiai kötésről tanultak a hőtant. Más részük azonban bevezetés nélkül, csak alkalmazás szintjén szerepel. Ilyen például a gázok moláris térfogatának értéke különböző adott nyomáson és hőmérsékleten, a reakciósebesség és hőmérséklet kapcsolata, az aktiválási energia értelmezése vagy bizonyos elektrokémiai fogalmak.
4. Minden egyes alkalommal új anyagként kell megtanulniuk akár szemléletbeli, akár konkrét ismereteket, amelyeket komplex szemlélettel, általános törvényszerűségeket megtanulva és alkalmazva csak ismételniük kellene. Például a *„Mely gázokat kell szájával lefelé tartott lombikban felfogni?”* kérdés megválaszolásához elég alkalmazni Arkhimédész törvényét, a gázok sűrűségére vonatkozó, állapotegyenletből levezethető összefüggést és a gázok moláris tömegének meghatározását. Így általános érvényű ismerethez jutunk, nem kell minden gázra külön megtanulni a választ.
5. A középiskolai fizika és kémiatananyag sokszor megmarad a konkrét természeti törvény kimondásánál és néhány „vegytiszta” fizikai, kémiai vagy ipari (tehát a diákok számára elvont) alkalmazásának említésénél. A diákok azonban igénylik a tanultak

hasznosságának bizonyítását: „Ezt miért tanuljuk?” „Erre mikor lesz szükségem?” „Hol fogom én ezt alkalmazni?”. A feltett kérdésekre a fizikai törvényeknek az élővilágban vagy kémiai folyamatoknak főzéskor, sütéskor való előfordulásának bemutatásával is hatásos válasz adható.

A középiskolai fizika és kémia alapvetően kétféle módon kapcsolódik össze: a természettudományos megismerés útját bejárva, a jelenségek vizsgálatának módszerében, illetve témáit tekintve elsősorban az anyagok tulajdonságainak és természeti jelenségeknek anyagszerkezeti magyarázatában mint konkrét ismeretekben. A jelen cikkben gyakorló fizika-kémia szakos tanárként ez utóbbi témában szerzett néhány tapasztalatomat, ötletemet szeretném megosztani az olvasókkal.

Az anyagszerkezeti ismeretek középiskolai tanításával kapcsolatban szükséges leszögeznünk, hogy a jelenlegi középiskolai fizikatananyag alig tartalmaz anyagszerkezeti ismereteket. Kivételt a halmazállapotok tárgyalása és bizonyos szempontból a fémek vezetésének Drude-modellje jelenti. Ezen felül a kémia tantárgy alapoz meg számos fizikai törvényszerűséget és ismeretet, ezen belül is alapvetően a kilencedik évfolyamon tárgyalt általános kémia része, konkrét anyagok tekintetében a kilencedik-tizedik évfolyamon szereplő szervetlen és szerves kémia témakörök.

Folyamatosan problémát jelenthet, hogy a kémiatananyag majdnem minden esetben „megelőzi” a fizikatananyagot, azaz a kémia tantárgy korábban vezet be és használ anyagszerkezettel kapcsolatos fogalmakat, szemléletmódot. Mindezek ellenére a kémia- és fizikatanárok jelenlegi és közelmúltbeli egyetemi képzéséből hiányzik olyan összetevő (kurzus), mely során a hallgatók megismernék, hogy a másik tárgyból milyen évfolyamon milyen ismereteket tanulnak a diákok. Ezt pl. a forgalomban levő tankönyvek elemzésével lehetne megtenni. (Még tovább menve nagyon hasznos lenne ezt kiterjeszteni a biológiával és a természetföldrajzzal való kapcsolódási pontok keresésére is.)

Ehhez kapcsolódóan és a cikk egész témafelvetését illetően fontos leszögezni, hogy a tantervek csak a tananyag tartalmát írják elő, a tananyagrészek megtanításának sorrendjét nem. Ez a feladat a tankönyvszerzőkre marad, illetve a szaktanár joga meghatározni. A

magyarországi természettudományos oktatás hagyományai ugyanakkor meghatároznak egy tananyagsorrendet, melyet minden kémia- és fizikatanár ismer a saját tantárgyára vonatkozóan.

Mindez azt jelenti, hogy a diákok anyagszerkezeti ismereteinek kialakítása a jelenlegi természettudományos oktatási helyzetben alapvetően a kémiatanár feladata. Ez méltóság és felelősség is egyben, ahogy a címben szerepel. A méltóság „megtiszteltetés” értelemben szerepel itt, hiszen a kémiatanár az első személy egy diák életében, aki őt a részecskeszemlélet alapjaival megismerteti. Ez természetesen felelősség is, hiszen a későbbi ismereteket a diákok erre alapozva tudják beépíteni tudásukba, s későbbi tanáraik is ezekre az ismeretekre építhetnek, hivatkozhatnak.

Tapasztalatom szerint, ha a kémiatanár ennek a méltóságnak és felelősségnek tudatában vezeti be a diákok számára a megfelelő anyagszerkezeti fogalmakat, és alakítja ki szemléletüket, annak a későbbiekben számos előnye adódik. A diákokban kialakul az egységes természettudományos nézet, így a kémiát és fizikát együtt, egymást segítő tantárgyként tudják tanulni, azaz a diákok rendszerezettebb és általánosabb tudáshoz jutnak. A fizikatanár számára később könnyebbé válik az adott anyagrész megtanítása, a meglévő kémiai ismeretekre építve. Végül, a kémiaórákon később újra előkerülő fogalmakat a diákok már nemcsak az évekkel korábbi kémia tanulmányaikból tudják felidézni, hanem a nem túl távoli múltba vesző fizika tanulmányaikból is.

A továbbiakban oktatási tapasztalataimat szeretném megosztani arra vonatkozóan, hogy melyek azok a leglényegesebb témakörök, melyek tanítása során a kémiatanárnak szem előtt kell tartania, hogy az ismeretnek, amit éppen tanít, nemcsak a következő dolgozatig kell megmaradnia a diákokban, hanem mély, belső tudássá, meggyőződéssé és szemléletté kell válnia. Céлом természetesen nem az, hogy bárkit hibáztassak a fentiekben vázolt helyzet kialakulásáért és fennmaradásáért, hanem jó szándékkal ötleteket adni fizika- és kémiatanár kollégáimnak, hogy az adott körülmények között hogyan tudjuk a tanítási folyamatot a leghatékonyabban irányítani, diákjaink javát szolgálva.

Részecskeszemlélet

A 11. osztályos modern fizikát megelőző fizikatananyag alig tartalmaz anyagszerkezeti elemeket, hiányzik belőle a részecskeszemlélet kialakítása. Ez a feladat teljes egészében a kémiára, s így a kémiatanárra hárul. A fizika „tényként” kezeli, hogy az anyag atomokból és ennél kisebb részecskékből áll, például amikor a hőtágulást értelmezzük, a halmazállapotokról vagy a fémek kristályszerkezetéről beszélünk. Legfeljebb az általános iskolai fizika hőtan részében szerepel a részecskék fogalma bevezető ismeretként, de ezt is általában már megelőzi a részecskefogalom kémia tantárgy keretein belüli tárgyalása. A fizikaórán az anyagok tulajdonságainak változásakor szó van ugyan a részecskék közti kötések erősségéről, a kötések felszakításáról, de nem mondjuk ki, hogy itt az első- és másodrendű kémiai kötésekről van szó, melyek kialakulásáról, tulajdonságairól, erősségéről stb. a diákok korábbi évben kémiaórán már tanultak.

A kémia „úttörő” szerepe a részecskeszemlélet bevezetésében tulajdonképpen tudománytörténetileg is hasonlóan alakult. Hiszen az anyag felépítésére vonatkozó ismeretek a manapság a kémia tárgykörébe sorolt kísérleteknek és megfigyeléseknek köszönhetők. Ezt az egyszerű és többszörös súlyviszonyok törvényének Dalton által, valamint az elektrolízis kvantitatív törvényeinek Faraday által való felfedezése is bizonyítja. A modern fizika és megismerési módszerei (pl. röntgendiffrakció) csak jóval az előbb említett felfedezések után járultak hozzá az anyag szerkezetéről szerzett tudás gyarapodásához.

A fentiek értelmében fontos, hogy a kilencedikes kémiatananyag kezdete, az alapvető atomszerkezeti ismeretek egyrészt kellően alaposan kerüljenek tárgyalásra, másrészt tartalmazzanak kitekintést arra vonatkozóan, hogy a fizikában ez hogyan fog előkerülni a későbbi években. Az anyag szerkezetéről megszerzendő tudást végül a modern fizika zárja le, ráadásul egészen új megvilágításba helyezve ezen ismereteket. Ha a diákok klasszikus fizikai anyagszerkezeti ismerete nem kellően elmélyült, elmarad az a katarzis is, amit a modern fizika részecske-hullám kettős tulajdonságra vonatkozó állításának megismerése jelent.

Ezért nagyon kíváncsok, hogy az általános kémia bevezetéseként szereplő atomszerkezet és anyagszerkezet témakör alapvető ismeretei

a diákokban elmélyüljenek, s hogy azokat a későbbiekben nemcsak kémiaórán, hanem fizikaórán is fel tudják idézni.

Ugyanakkor a 9. évfolyamos diákok életkori sajátosságait (elsősorban korlátozott absztrakciós készségét) figyelembe véve fontos, hogy ezen az évfolyamon a kémiatanár ne kívánja az atomszerkezeti ismereteket teljes körűen megtanítani, s azt a diákoktól számon kérni. Bár erről folyamatos a szakmai vita a kémiatanárok között, véleményem szerint ezen az évfolyamon meg kell elégedni azzal, hogy a 9. osztályos diákok a Bohr-modell alapján tudják értelmezni a jelenségeket. A kvantummechanikai atomelmélet egyes elemei (pl. kvantumszámok jelentése, értelmezése, az elektronszerkezet felépítését meghatározó alapelvek) oly mértékben elvontak a középiskolai tanulmányaikat éppen csak megkezdő diákok jelentős részének, hogy nagyon könnyen ellenérzéseket váltanak ki belőlük, s így a kémiatanulmányaik elején elvesztik lelkesedésüket, érdeklődésüket. A jelenleg érvényes kémia kerettantervek sem írják elő a kvantummechanikai atomelmélet tanítását. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a középiskolás diákok ezek nélkül a fontos és korszerű ismeretek nélkül hagynák el az iskolát: 11. évfolyamon a fizika tantárgy keretein belül megtanulják ezeket, immár fejlettebb absztrakciós készséggel és sok előzetes ismerettel az anyagok felépítésére vonatkozóan. A kémiatanár pedig a fakultációra járó 11. és 12. évfolyamos diákok számára tárhatja fel a kvantumelmélet kapuit. Ezek a diákok nemcsak az elvont gondolkodás képességével, hanem feltehetően nagy motivációval is rendelkeznek ezeknek az ismereteknek a befogadására. A kifejezetten érdeklődő és a részletesebb, illetve több előzetes tudást igénylő tananyag elsajátítására is képes diákok számára természetesen akár már kilencedik évfolyamon is tanítható ez az anyagrész, de csak a kifejezetten nekik szóló szakköri foglalkozás keretében.

Anyagi halmazok jellemzői

A részecskeszemlélet kialakítása mellett a kémiatananyag része a részecskék közti kötések tulajdonságainak, erősségének első bemutatása is. A részecskehalmazok tulajdonságairól való ismeretek a fizika alábbi anyagrészeiben jelennek meg felsőbb évfolyamokon, amely épít a már kialakított részecskeszemléletre:

1. Azonos tömegű részecskék esetén a részecskék közti kötés erőssége határozza meg az anyagok szobahőmérsékleten felvett halmazállapotát

(az ún. jellemző halmazállapotát). Ez a kiindulópontja és magyarázata a halmazállapotok egyéb jellemzőinek, pl. a részecskék távolsága, a részecskék mozgásának szabadsága, a diffúzió lehetősége, az önálló alak és az állandó térfogat megléte vagy hiánya, összenyomhatóság stb.

2. A gázok számos tulajdonságát tárgyalja a tizedik évfolyamos fizikatananyag. A speciális és egyesített gáztörvények léte, a gázok hőtani adatainak kiszámolhatósága, a gázok számos tulajdonságának anyagi minőségtől való függetlensége mind annak köszönhető, hogy a gázokra kölcsönhatás nélküli részecskék halmazaként tekinthetünk. A sokaság tagjai közti kölcsönhatások elhanyagolásának jogosságát a kémiai ismeretek támasztják alá.

3. A fémek elektromos tulajdonságainak tárgyalásakor a fémes kötésről tanultak szolgálnak kiindulópontként. A fémes vezetést a delokalizált elektronokkal, az ellenállást (és annak hőmérsékletfüggését) az elektronoknak a helyhez kötött atomtörzsekkel való kölcsönhatásával magyarázzuk.

4. Az anyagi állandók (egymáshoz viszonyított) értéke is szemléletesen értelmezhető a megfelelő kémiai háttérrel. Így pl. a többi anyaghoz viszonyítva a víz kiugróan magas fajhője, olvadáshője, forráshője, felületi feszültsége (1. táblázat) a hidrogénkötéssel; a víz és a jég sűrűségének relációja szintén a hidrogénkötéssel; a fémek jó hő- és elektromos vezetőképessége a delokalizált elektronokkal stb.

	Víz	Benzin	Higany	Bróm	Aceton	Dietil-éter
Fajhő 20 °C-on (J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹)	4183	2093	138	461	2160	2303
Olvadáshő léggöri nyomáson (kJ·kg ⁻¹)	334	-	12	68	82	98
Forráshő léggöri nyomáson (kJ·kg ⁻¹)	2256	230-310	285	180	525	377
Felületi feszültség levegőkörnyezetben, 20 °C-on (N·m ⁻¹)	0,0727	0,022	0,472	0,038	0,0237	0,017

1. táblázat. A víz és néhány más folyadék jellemző hőtani adatai

Avogadro törvénye és az ideális gáz állapotegyenlete

A fizikatananyag hőtan részében a speciális gáztörvények általánosításaként bevezetésre kerül az ideális gázok állapotegyenlete, melyet számítási feladatokban gázok állapotjelzőinek meghatározására használunk. Az állapotegyenletnek ugyanakkor előzményei és következményei is vannak a kémiára vonatkozóan.

A kilencedikes kémiatananyagban szerepel Avogadro törvénye, melynek a tankönyvekben egy-két konkrét megfogalmazásával találkozunk a diákok, pl. *„Az azonos nyomású és hőmérsékletű gázok egyenlő térfogatában – az anyagi minőségtől függetlenül – azonos számú molekula van. Megfordítva: a gázok azonos számú molekulája azonos hőmérsékleten és nyomáson egyenlő térfogatot tölt be.”*¹ Ezután ennek következményét közli a tankönyv, hogy a gázok moláris térfogata egy adott hőmérsékleten állandó érték. Ezt az értéket három konkrét állapotra meg is adják a tankönyvek, ebből kiindulva van lehetőség számítási feladatok elvégzésére gázok anyagsűrűségének és térfogatának meghatározására.

Fizikából tizedik osztályban ezek az ismeretek jól felhasználhatók az állapotegyenlet levezetése kapcsán: a három tanult állapot adataiból kiszámítható az egyetemes gázállandó (R), mintegy igazolva, hogy valóban egy univerzális állandóról van szó. Ugyanakkor lehetőségünk van Avogadro törvényének általános megfogalmazására: *„Ha két, tartályban lévő gáz négy állapotjelzőjéből három megegyezik, akkor a negyedik is.”* Ennek matematikai alakja a $pV = nRT$ állapotegyenlet, ahol p a gáz nyomását, V a gáz térfogatát, n a gáz anyagsűrűségét, T a gáz hőmérsékletét, R pedig az egyetemes gázállandót jelöli.

Következményként pedig a gázok sűrűségére vonatkozó összefüggéshez jutunk. Az $n = m/M$ helyettesítéssel (ahol a m a gáz tömegét, M a gáz moláris tömegét jelöli) és átrendezéssel eljuthatunk a gázok sűrűségét megadó $\rho = pM/RT$ összefüggéshez. Ez az egyenlet kifejezi, mely paraméterek és hogyan befolyásolják a gázok sűrűségét. Arkhimédész törvényét felhasználva meg tudjuk határozni az egy légtérben (tartályban) lévő különböző minőségű gázok egymáshoz viszonyított elhelyezkedését is.

¹ Siposné et al. (2008.): 47. oldal

Az egyenlethez kiolvasható továbbá, hogy azonos nyomású és anyagi minőségű gázok közül a magasabb hőmérsékletűnek a sűrűsége kisebb, tehát rétegződésükkor ez helyezkedik el a másik gáz felett. Így megkapjuk a földrajzórán használt „*a meleg levegő felfelé száll*” kifejezés magyarázatát, valamint értelmezni tudjuk a hőlégballon „működését”.

Ezenfelül látszik, hogy az azonos nyomású és hőmérsékletű gázok közül a kisebb moláris tömegű gáz kisebb sűrűségű, tehát ez emelkedik fel. Ez a tény kémiaórán akkor kerül elő, amikor azt vizsgáljuk, hogy a laboratóriumban előállított gázokat szájával felfelé vagy lefelé tartott lombikban lehet-e felfogni. Figyelembe véve azt a tényt, hogy a levegő átlagos moláris tömege (a nitrogén és az oxigén moláris tömegének súlyozásával) 29 g/mol, általános érvényű kijelentést tehetünk: a 29 g/mol-nál kisebb moláris tömegű gázok az azonos állapotú levegőnél kisebb sűrűségűek, tehát levegőben szájával lefelé tartott lombikban foghatók fel, míg az ennél nagyobb moláris tömegűek szájával felfelé tartott lombikban. Az állítás igazságát természetesen egy-egy példával, pl. hidrogénnel és szén-dioxiddal végzett kísérlettel be is mutathatjuk.

Fakultáción, érettségi felkészítés során a kémiatanár kerül abba a helyzetbe, hogy visszautalhat a korábbi fizikatanulmányokra az állapotegyenlet és annak következményei kapcsán.

Kinetikus gázelmélet és reakciókinetika

Fizikából tizedik évfolyamon tárgyaljuk a „*kinetikus gázelmélet*”-et vagy más néven „*molekuláris hőelmélet*”-et. A kinetikus gázelmélet tanításának szerepe a középiskolai oktatásban annak a szemléletnek a kialakítása, amely összekapcsolja a részecskék mikroszkopikus tulajdonságait (tömeg, sebesség) a halmaz tulajdonságaival (nyomás, hőmérséklet). Az elmélet levezetése megtalálható tankönyvekben, itt most csak két alapvető konklúzióját emelem ki. Az egyik az, hogy az ideális gázok nyomása a gázcseppkének a tartály falával való ütközéséből, arról való visszapattanásából adódik, így a gázok nyomását befolyásolja a tartály térfogata, a gázcseppké darabszáma, tömege és sebessége. A másik szerint az ideális gázok hőmérséklete a részecskék mozgásából adódik, illetve magasabb hőmérsékleten nagyobb a részecskék sebessége. Ezt az értelmezést egyetlen gázcseppke mozgási energiáját megadó képletből kaphatjuk szemléletesen:

$$E_m = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{f}{2}kT$$

ahol E_m egyetlen gáZRészecske pillanatnyi mozgási energiája; m egyetlen gáZRészecske tömege; v egy gáZRészecske pillanatnyi sebessége; f egy gáZRészecske termodinamikai szabadsági fokainak száma; k Boltzmann-állandó; T termodinamikai hőmérséklet.

Érdekes, hogy ennek a témának az alapjai és a következményei is megjelennek a kilencedikes kémiatananyagban. Alapja a részecskeszemlélet és a gázok tulajdonságairól, a gáZRészecskék jellemzőiről való ismeretek, míg alkalmazásban, következményként a kémiai reakciók feltételeinek és a reakciók sebességének tárgyalásakor találkozunk vele. Ekkor csupán tényként kerül közlésre abban a megfogalmazásban, hogy a kémiai reakciók csak megfelelő aktiválási energia befektetése árán mennek végbe (amely megvalósulhat akár melegítéssel vagy megvilágító fény hatására), valamint, hogy a kémiai reakciók sebessége magasabb hőmérsékleten nagyobb, hiszen nagyobb sebességgel nagyobb energiával ütköznek a részecskék. A reakciókinetika témakör tanításakor ugyan megemlíthető a hőmérséklet és a részecskék sebességének kapcsolata, de ez előzetes ismeretek hiányában csak a diákok képzelőerejére és belátására alapozódhat. „Hittételként” elfogadhatják, egyelőre bizonyítékok nélkül. Ezért célszerű, hogy amikor a téma fizikából levezetés szintjén előkerül, történjen visszautalás a kémiai példákra.

Molekulaszerkezet és szabadsági fokok száma

A kilencedikes általános kémia tárgyalása során ismerkednek meg a diákok a molekulák kialakulását irányító szabályokkal, például azzal, amely szerint az atomok körüli elektronelrendeződésekkor a nemesgáz-elektronkonfiguráció kialakítása energetikai szempontból kedvezményezett. A diákok azt is ekkor tanulják meg, hogy egy molekula alakját a központi atom körül elhelyezkedő kötő- és nemkötő elektronpárok száma hogyan határozza meg.

Ezek az ismeretek többféle módon köszönnek vissza a tizedikes fizikaanyagban. A gázok anyagmennyiségének a tömegükből való kiszámításához szükség van a molekulák moláris tömegének ismeretére, amelyet azonban csak összegképletük meghatározása után tudunk megadni. A tapasztalat szerint, ha az ehhez szükséges tudást az

előző év kémiatanulmányai során nem mélyítették el a diákok, a termodinamikai számítások komoly nehézségeket okoznak.

A molekulák összegképlete és alakja még az ekvipartíció-tétel kapcsán kerül elő. A gázrészecskék energiáját is megadó, korábban ismertetett képletben szereplő f termodinamikai szabadsági fokok számának meghatározásához és értelmezéséhez szükséges, hogy a diákok ismerjék a molekulák képletét és alakját. Ennek a tudásnak a birtokában értik meg ugyanis, hogy egy kétatomos molekula a három transzlációs szabadsági fok mellett miért csak két rotációs szabadsági fokkal rendelkezik. Illetve így tudják elfogadni, hogy nagyobb méretű, bonyolultabb térszerkezetű molekulák esetén a szabadsági fokok száma is növekedhet, illetve, hogy magasabb hőmérsékleten már vibrációs szabadsági fokokkal is számolnunk kell. Távoli kitekintés, de lényeges, hogy a modern fizikában a molekulák rotációs, vibrációs energiaszintjeinek értelmezése is csak ezzel a bevezetéssel lehetséges.

Az anyagok színe

Középiskolában legfeljebb említés szintjén, a tizenegyedikes fizikaanyag optika fejezetében kerül elő, hogy az anyagok színe alapvetően kétféleképp alakul ki: festékek által vagy ún. szerkezeti színek formájában. Előbbi esetben maga a molekulaszervezet (vagy részecskeszerkezet) olyan, hogy kölcsönhatásba lép a látható fénnel és szelektív abszorpció jön létre. Utóbbi esetben pedig a halmazszerkezet olyan, hogy a fény hullámtermészete nyilvánul meg és valamely fizikai optikai jelenség eredményezi a színeket.

A festékeknek köszönhetően a színes anyagok elektronszerkezete olyan, hogy azt a látható fény valamely komponense gerjeszteni képes. Ez megvalósulhat például konjugált kettős kötésű szerkezetű molekulák esetén (pl. likopin, karotin), molekulán (részecskén) belüli delokalizált kötések esetén vagy párosítatlan elektront tartalmazó részecskék esetén.

Azaz a részecskék szerkezetének ismerete azért is lényeges, mert ennek segítségével tudjuk értelmezni az anyagok színét vagy az anyagok színének változásából a részecske szerkezetének változására következtethetünk. Ilyen például a sav-bázis indikátorok működése, a kimutatási színreakciók (jódd + keményítő, jódd különböző oldószerekben stb.), a komplex ionokat képező fémion ligandumainak

lecserélődése, illetve konjugált kettős kötésű molekula térszerkezeti változása, illetve telítése.

Természetesen a részecske szerkezetének a fénnel való kölcsönhatását nemcsak középiskolai szinten nehéz vagy akár lehetetlen egzaktul megadni. Kvantummechanikai és relativisztikus hatásokat is figyelembe kell venni a leírás során. A számításokat az egyes esetekben modellekre szokás elvégezni és a modern technológiának köszönhetően a közelítést tartalmazó megoldásokat számítógéppel megadni, modellezni.

Terjedelmi okokból nem foglalkozom vele részletesen, csak megemlítem, hogy az anyagok színének tárgyalása kiváló lehetőséget nyújt arra, hogy a harmadik természettudományos tárgyat, a biológiát is bekapcsoljuk a természetről való egységes látásmód kialakításába. Izgalmas, érdekes és egzotikus példákat hozhatunk fel diákjaink számára, gondolkodtatva és gyönyörködtetve őket. Jó példa lehet az állatok kültakarójának színe: madarak tolla, rovarok szárnya, hüllők pikkelyei vagy növények levelének zöld, majd ősszel sárga és vörös színe és virágok, termések, gyümölcsök sokféle színe (amelyek közül a paradicsom és a sárgarépa színyanyagai, a lipopin és a karotin a poliének tanítása kapcsán a szokásos tankönyvi példák).

Elektromosság és elektrokémia

Az elektrokémia számos fogalma az elektromosság fogalmain alapul, azok konkretizálása, alkalmazása. Nagy problémát jelent azonban, hogy ezek közül a fizikai fogalmak közül legfeljebb a feszültséggel vannak tisztában a diákok az elektrokémia kilencedik évfolyamon való tárgyalásakor. Az elektromosságtani fogalmak fizika tantárgyban való késői bevezetése általános iskolai évfolyamokon további alapvető problémákat okoz: a hetedik évfolyamos kémia atomszerkezeti alapismereteinek tárgyalásakor úgy kell az elemi részecskékről beszélni, hogy a diákok az elektromos töltés fogalmával sem találkoztak még.

A kilencedik évfolyamosok számára az elektromotoros erő, a kapocsfeszültség, a potenciál olyan elvont kifejezések, amelyeket még egyáltalán nem ismernek, nemhogy alkalmazni tudnák őket. Itt mutatkozik meg tehát a legnagyobb hátránya annak, hogy a kémia az anyagszerkezeti ismeretek tárgyalásában előtte jár a fizikának. Ezért szerencsétlen dolog, hogy ez a témakör a kémia órakeret

csökkentésekor és a tananyag átrendezésekor tizenegyedik évfolyamról kilencedik évfolyamra került. Az áthelyezés előnye ugyanakkor, hogy az elektrokémia így a redoxireakciók után tárgyalható, összekapcsolva annak fogalomrendszerével és szemléletével.

Az elektrokémiai fogalmak bevezetését, a galvánelemek működésének magyarázatát, az elektrokémiai szemlélet kialakítását tehát a kémiatanárnak kell megtennie, ráadásul annak tudatában, hogy a diákok alig vagy egyáltalán nem rendelkeznek ilyen ismeretekkel fizikából.

A feszültség fogalma még valamennyire kezelhető a diákok számára, azonban a potenciál (elektródpotenciál, standardpotenciál) már igen elvont fogalomnak számít. Célszerű ezt egy analógiával megvilágítani. Állítsuk párhuzamba az elektromos feszültséget két földrajzi hely magasságkülönbségével! Ahogy a feszültség két pontra, úgy a magasságkülönbség két földrajzi helyre együttesen jellemző érték. Úgy kapunk a földrajzi magasságkülönbségből egyetlen helyre jellemző magasságadatot, hogy egy megállapodás szerint nullának választott helyhez, a tenger szintjéhez viszonyítunk. Az elektromosságban pedig a nulla ponthoz viszonyított feszültség, amit potenciálnak nevezünk, az egyetlen pontra jellemző érték. A tengerszint feletti magasságok különbségéből kifejezhető a földrajzi magasságkülönbség, ahogy a két pont közti feszültség is a pontok potenciálkülönbségeként.

Az elektrokémia tárgyalása során ezekre a fogalmakra visszautalva, azok tulajdonságait felelevenítve sikerülhet olyan fogalmak megtanítása és megtanulása, mint elektromotoros erő, kapcsol-feszültség, elektródpotenciál, standardpotenciál. Fel kell hívni a diákok figyelmét, hogy előbbi két fogalom két elektródra együtt jellemző érték. Utóbbi két mennyiséghez, melyek már az elektródok saját jellemző értéke, úgy jutunk, ha bevezetjük a nullának választott standard hidrogénelektrodot, és a vizsgált elektródok feszültségét ehhez viszonyítjuk.

Atomszerkezet és modern fizika

A fizikatanulmányok végét jelentő modern fizika rész számos helyen, elsősorban az atom- és anyagszerkezetre vonatkozóan kapcsolódik (kapcsolódhatna) össze a kémiából addigra már megtanult ismeretekkel.

A témakör egyrésztől megismétli azokat az atomszerkezeti alapfogalmakkal kapcsolatos ismereteket, amik kémiaórán kilencedikben szerepeltek. Másrésztől az onnan a fentiekben ismertetett okokból teljesen helyesen hiányzó kvantummechanikai ismereteket is megadja a diákoknak: elektronszerkezeti alapfogalmak, az elektronburok tulajdonságai, az elektronszerkezet kiépülésének szabályai, kvantumszámok, sőt még a kémiai kötések értelmezése is. Ez a tény tehát kicsit csökkenti a kémiatanár „felelősségét”: az atomszerkezeti ismeretek teljesebb bemutatása a fizikatanár feladata.

A modern fizika tanításában megjelennek továbbá a korábbi kémiai ismeretekből az atomi energiaszintek, az elektronburok héjszerkezete, a periódusos rendszer értelmezése az alhéjakon és héjakon maximálisan elhelyezkedő elektronok száma alapján. Értelmezhetővé válnak a vonalas színeképek léte a lángfestési kísérletek alapján, fénycsővek működése és a lumineszcencia jelensége.

A fényelektromos jelenség tárgyalása során előkerül, hogy az alkalmazott fém olyan legyen, melyre kellően kicsi a kilépési munka. Érdekes felhívni a diákok figyelmét, hogy az első ionizációs energia is e fémekre a legkisebb érték (ahogy azt kilencedik évfolyamon kémiából megtanulták).

Érdekesség, hogy Rutherford feltehetően azért használt aranyfóliát híres szórás-kísérletében, mert a kémiai anyagismeretnek köszönhetően már akkor is tudták, hogy az arany olyan jól megmunkálható, hogy néhány atomnyi vastag lemez készíthető belőle.

További példák

A teljesség igénye nélkül említek meg még néhány olyan témakört, melyben a kémia és a fizika összekapcsolódik, azaz mindkét tantárgy ismeretanyaga hozzájárul a diákok ismereteinek kialakításához. Nyilvánvalóan ezeknek a témáknak a feldolgozása során is a két tantárgy együttműködésével, összehangolásával érhető el a legjobb és legteljesebb eredmény.

Ilyen kapcsolódási pont a molekulák polaritása és a szigetelők kölcsönhatása elektromos térrel, az anyagok polarizálhatósága vagy az atomok és molekulák elektronszerkezetének, párosítatlan elektronjainak kapcsolata a mágneses tulajdonságokkal. Ide tartozó téma a folyadékok típusainak, szerkezetének, jellemzőinek tárgyalása a

részecskék közti kötés alapján és a nem-newtoni folyadékok tulajdonságának értelmezése. A fizikai és a kémiai ismeretek összekapcsolásával értelmezhetők a folyadékkristályok jellemzőinek és a nanotechnológiai felfedezések.

Összegzés

Bár a középiskolai fizika- és kémiatananyag számos kapcsolódási ponton érintkezik, s ezek nagy részére a tantervek fel is hívják a figyelmet, a jelenlegi természettudományos oktatási gyakorlatban sok esetben ezekre nem fektetünk kellő hangsúlyt. A kémiatananyag ráadásul gyakran megelőzi a fizikatananyag hasonló témáit, illetve a modern fizika kivételével anyagszerkezeti ismereteket főleg csak a kémia kerettantervek tartalmaznak. Ezt elsősorban a tanítási hagyomány illetve a tankönyvek által kínált tananyagsorrend indukálja. Így a kémiatanárnak hatalmas méltósága és felelőssége van: az ő feladata bevezetni a diákokat az anyagszerkezet világába és kialakítani bennük a megfelelő szemléletet. Ennek tudatában azonban, megfelelő témaszervezéssel, odafigyelve a kapcsolódási pontokra, sikeresen és a diákok számára gyümölcsözően valósulhat meg ez a pedagógiai feladat.

Irodalom

A kerettantervek kiadásának és jóváhagyásának rendjéről szóló 51/2012. (XII. 21.) számú EMMI rendelet 4. melléklete: Kerettanterv a gimnáziumok 7–12. évfolyama számára (<http://kerettanterv.ofi.hu/> Utoljára megtekintve: 2017. november 5.)

Gulyás et al.: *Fizika 10.*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2002.

Gulyás et al.: *Fizika 11.*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2003.

Hortobágyi et al.: *Matematikai, fizikai, kémiai összefüggések; Négyjegyű függvénytáblázatok*, Konsept-H Könyvkiadó, Piliscsaba, 2001.

Illy J.–Rajkovits Zs.: Utilization of scientific literacy in the physics teaching process II. Chemistry in physics classes. *Physics Competitions*, 10./2. 39-50. (2008)

Rajkovits Zs., –Illy J.: Utilization of scientific literacy in the physics teaching process I., *Physics Competitions*, 10./2. 30-38. (2008)

Siposné et al.: *Kémia 9.*, Mozaik Kiadó, Szeged, 2008.