

## Visszamérés és mellékreakciók

### Rovatismertető

A kémiatanítás egyik ősi tehetséggondozó, differenciáló eszköze a versenyeztetés. A hazai kémioktatás azonban az elmúlt évek, évtizedek során egyre nehezebb helyzetbe került. Az óraszámok, valamint a kémiatanárok számának változása hasonlóan borús tendenciát mutat. Ez a két változás azt is magával hozza, hogy egyre kevesebb tanárnak jut ideje a diákjait ilyen versenyeken elindítani, illetve azokra felkészíteni. Ez volt az egyik fő oka annak, hogy ezt a rovatot elindítjuk. E rovat célja tehát elsődlegesen az, hogy segítséget, támaszt nyújtson azoknak a kémiatanároknak, akik a versenyfelkészítés sokszor eléggé idő- és munkaigényes fájába vágják a fejszéjüket.

A rovatban igyekszünk majd olyan beszámolókat, módszertani javaslatokat, kiegészítéseket, illetve továbbgondolásokat is közölni, melyek a pályakezdő, illetve a tehetséggondozás ezen műfajában járatlan kollégák számára hasznosak lehetnek. Természetesen egy-egy alternatív megközelítés valószínűleg a rutinosabb tanárok számára is hasznos eszközzé válhat majd a tanítási praxisukban.

Terveink szerint az Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny feladataival, illetve az azokra beadott munkákban megjelent helyes és helytelen ötletek, gondolatok elemzésével fogunk foglalkozni. Ennek egyik oka az, hogy ez az a verseny, melyen sok tanár indítja diákjait, továbbá a megyei szintű kvalifikáció miatt az ország változatos helyeiről érkeznek résztvevők erre a rendezvényre. A verseny másik előnye, hogy több évre (évtizedre) visszamenően rendelkezésre állnak mind statisztikai adatok, mind pedig elméleti, illetve gyakorlati feladatsorok, így könnyen tudunk javaslatokkal, illetve összehasonlítással szolgálni a felmerülő kérdések esetén. A választásunkat az is megerősítette, hogy jelen folyóiratban már több évtizedes hagyománya van annak, hogy a szóban forgó verseny feladatai megjelennek a tanévzáró számban, így talán nem is lesz olyan újszerű élmény az olvasóknak, hogy többet is megtudnak majd a hazánkban a legtöbb diákot megmozgató kémiaversenyről, illetve annak feladatairól.

A későbbiek során elképzelhető, hogy az Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny esetén is hasonló tartalmú cikkek írásába fogunk kezdeni, továbbá nem zárkozunk el azoktól a lelkes és elhivatott íróktól sem, akik egyéb tanulmányi versenyekkel, vagy épp az Irinyi verseny megyei fordulójával kapcsolatban közölnek majd hasonló tartalmú összefoglalókat, elemzéseket, vagy épp beszámolókat.

Az általunk közölt írások célközönsége tehát elsődlegesen a hazai, illetve a határon túli középiskolai kémia tanárokból áll, azonban egy-egy ötletnél, trükkös megoldásnál igyekszünk majd olyan példákra is utalni, melyek akár az általános iskolai feladatok megoldása során is hasznosíthatók lesznek.

Mivel mind a feladatsorok, mind pedig azok megoldásai elérhetők a verseny hivatalos honlapján, illetve jelen folyóirat nyár eleji (3.) számaiban, így azokat itt nem tervezzük ismételtelen közölni. Az azokra történő hivatkozások esetén azonban igyekszünk majd a lehető legeggyértelműbben fogalmazni a könnyebb olvashatóság miatt.

Az elemzéseink során a feladatok megoldásával, megoldhatóságával, illetve megoldottságával fogunk foglalkozni, melyekben igyekszünk majd összegyűjteni minél több megoldási utat, illetve olyan hibás megoldásokat, melyek tanulságként szolgálhatnak, mind a diákok, mind pedig a tanárok számára. Igyekszünk majd felkutatni azt is, hogy a kitűzött feladatok esetén mi okozhatott nehézséget, illetve melyek voltak azok a tényezők, amelyek különbséget tettek a jó és a még jobb diákok között.

A feladatok megoldása elsődleges fontosságú a tanulók sikeres fejlődése, felkészülése okán, ilyen módon az elmúlt évek feladatsorai nagy hasznot jelenthetnek a felkészítő tanároknak. Igyekszünk majd egy-egy variációt, továbbvezető kérdést is hozzáfűzni a feladatsorban szereplő problémákhoz, melyek reményeink szerint segíteni fogják a tanárok felkészítő munkáját, továbbá a tanárok, illetve diákok problémamegoldó, illetve problémaalkotó képességét. Ezek azért is fontosak, mert a jövőben is nagy szükség lesz olyan kémia tanárookra, akik ötleteikkel, illetve feladatjavaslataikkal gazdagítani fogják a hazai kémiaversenyek feladatsorait.

A számítási feladatok sokszor okoznak gondot a diákoknak. Ennek egyik oka, hogy itt összeér a matematika, a kémia és nem ritkán a (szak)szövegek, képletek, ábrák értelmezése. Ezek, valamint a sokszor nehéz gondolati lépések együttesen már komoly akadályt jelenthetnek még az

Irinyi verseny döntőjére bejutó diákoknak is. Ennek megfelelően igyekszünk majd az alternatív megoldási utak, valamint a tanulságos buktatók, illetve hibás megoldások mellett egy-egy jónak gondolt ábrát, illetve rajzot is csatolni az egyes megoldásokhoz, ugyanis ezek sokszor jelentősen megkönnyítik egy-egy feladat megoldásának megértését, a folyamat átlátását.

A rovatkezdéskor arra gondoltunk, hogy a két elméleti fordulóról külön-külön, a két őszi számban számolunk majd be. A gyakorlati fordulók tanulságairól pedig a téli számokban fogjuk észrevételeinket, illetve a felkészítést segítő ötleteinket közölni. Reméljük, hogy ezzel még biztosítunk elegendő lehetőséget a verseny fordulói előtt arra, hogy az adott évi versenyre történő készülésbe beépíthetők legyenek az általunk fontosnak gondolt információk, ötletek, javaslatok.

**Ficsór István Dávid**

## **A 2026-os Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny döntőjének kilencedikeseknek szóló írásbeli feladatsora**

### *Bevezető*

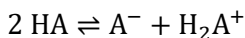
Az elmúlt évekhez hasonlóan az idei írásbeli forduló is elméleti, illetve számolási feladatokból állt, melyek egyaránt tartalmaztak nyílt, illetve zárt végű kérdéseket. Összesen 5 elméleti feladat, egy teszt, illetve 5 hagyományos formában megfogalmazott számolási feladat került kitűzésre. Ezek esetén a pontszámok 79, 27, illetve 74 formában oszlottak el. Ez azt mutatja, hogy a pontszám nagyobbik felét a számolási feladatokon lehetett megszerezni, ami az elméleti anyag korlátozott mivoltának fényében indokolt lehet, hiszen a verseny egyik célja az, hogy az egyes diákok között különbséget tegyen. A statisztikai adatok segítségével majd látni fogjuk, hogy ezek közül melyek voltak a könnyűek, illetve melyek tettek valóban különbséget az indulók között.

### *Elméleti feladatok*

Az elméleti forduló első feladata egy nyílt végű, a sav-bázis reakciókkal kapcsolatos ismeretek felmérését szolgáló feladat volt. A feladat első felében egyenletek alapján kellett az ismeretlenek egy-egy jellemző tulajdonságát felismerni, majd ez alapján megfelelő példaanyagokat megadni. A feladat második fele egy klasszikus lyukasszöveg volt, mely sem tartalmában, sem pedig nehézségében nem tűnt nehéznek. Az első részben szereplő reakciók egy része már nyolcadik osztályban is megjelenhetett (pl. 1-3. egyenletek), vagy az alapján könnyen megérthető (4. egyenlet). Ezek mellett voltak olyanok is, melyek leginkább a kilencedikes tananyag részét képezik, illetve értelmezésük igényelheti a Brönsted-féle sav-bázis elméletet. Ilyen módon ez a feladat egy szép átmenetet képezhet a két, gyakran tanított sav-bázis elmélet között, hiszen könnyen szembesülhetünk azzal, hogy vannak olyan reakciók, melyek a kétféle elmélet szerint eltérő reakciótypusba kerülnének besorolásra. A feladat komoly nehézséget nem okozott, azonban a reakciók kissé szokatlan formában történő csoportosítása, illetve egy-két ritkábban látható (legalábbis a megadott formájában ritkán felírt) egyenlet (karbonácion, illetve a tetrahidroxokomplex hidrolízise) miatt kevés

diák szerzett maximális pontszámot. Ilyen módon a feladat összesített, továbbá a kérdések feladaton belüli nehezedeése is megfelelőnek mondható.

A feladat feldolgozása során a fent említett elméleti (kémiatörténeti) érdekességen túl érdemes lehet a szerves vegyületek köréből is egy-egy példát megemlíteni, ezzel is megmutatva a sav-bázis elméletek, illetve fogalmak általános jellegét. A feladat bővítésével kapcsolatban akár azt is meg lehet említeni, hogy nemcsak a víz képes autoprotolízisre, vagyis az utolsó egyensúlyi reakció általánosítható az alábbi formára:



Ennek már nem csak a víz lesz az egyedüli megoldása, hanem például az etanol, az ecetsav vagy az ammónia is. Érdemes megemlíteni, hogy (pl.) a hidrogén-karbonátion is képes autoprotolízisre, de az a töltése miatt ennek a kérdésnek nem lesz megoldása. Egy másik lehetséges variáció lehet például egy, az amfoter vegyületekkel kapcsolatos kérdés, melyet akár fordítva is fel lehet tenni, vagyis a diáknak adhatjuk feladatul azt, hogy alkosson általános egyenleteket, melyek azt mutatják, hogy a kérdéses (általános képlettel megadott) vegyület amfoter. Ugyan az ikerionos szerkezet a legtöbbször csak tizedik osztályban kerül elő, azonban érdekes lehet azt is megvizsgálni, hogy milyen formában lehetne a feladatban megadotthoz hasonlóan formalizálni egy olyan sav-bázis folyamatot, melyben egy adott kémiai részecskén belül megy végbe a protonátmenet (a jelölésben ügyelve akár arra is, hogy többféle funkciós csoport között is végbemehet protonátmenet).

A második elméleti feladat egy klasszikus probléma elé állította a diákokat, ugyanis megadott ionokból kellett képleteket képezni. Ugyan a feladatban szerepelt egy-egy ionvegyület-típus megnevezése, a rögzített ionpárok miatt azonban a feladat tartalmilag zártnak tekinthető, továbbá az országos döntő színvonalához képest könnyűnek. Ha nehezíteni szeretnénk ezen a feladatrészen, akkor egy közös ionhalmazt adjunk meg, és azt kérjük, hogy ezekből képezzenek olyan létező vegyületeket szimbolizáló képleteket, melyek teljesítik a megadott követelményeket. Egy további, kiegészítő kérdés lehet az, hogy van-e olyan ionvegyület, mely a felsorolt családok közül többnek is a tagja, illetve vannak-e olyan halmazok, melyek az ionvegyületek alaphalmazára nézve egymás komplementerei.

A feladat második fele elegáns módon kapcsolódott az elsőhöz, ugyanis bizonyos ionvegyületek előállítását leíró egyenleteket kellett felírni. Ugyan akkor lett volna igazán szép a feladat, ha a felírandó képletek közül kerültek volna ki a céltermékek (igaz ebben benne van az is, hogy a képletet így kétszer is kérdezzük). Ezzel együtt már megfelelő nehézségűnek bizonyult ez a feladat. Annyit még érdemes megemlíteni, hogy egy megfelelően megválasztott vegyület esetén azt is be lehet mutatni, hogy bizonyos ionvegyületek (pl. NaCl) mind sav-bázis, mind pedig redoxireakciókban, sőt csapadékképződési reakciókban is keletkezhetnek (a fenti vegyület például bárium-klorid- és nátrium-szulfát-oldatok reakciójában állítható elő). A feladat stílusa lehetőséget teremt arra is, hogy más ionokkal, illetve más ionvegyületekkel tűzzük ki. Azt is érdemes lehet megvizsgálni, hogy a többi vizsgált anyag előállítható-e más típusú reakciók segítségével.

A harmadik elméleti feladatot mind a megoldáshoz szükséges ismeretanyag, mind pedig a feladat nehézsége alapján kitűzhető lett volna korábbi fordulókban is. Ezt jól mutatja, hogy a feladatot sokan oldották meg hibátlanul. A feladat nehezíthető lett volna bonyolultabb feltételekkel (akár olyanokkal melyre nincs megfelelő részecske a felsoroltak között), kevésbé ismert fogalmakkal (például az izotóp, izobár, izoelektronos, izotón kifejezések használatával), illetve összetett ionok vizsgálatával. Egy másik lehetséges mód arra, hogy nehezebbé tegyük a feladatot az, hogy egymásra utaló feltételeket fogalmazunk meg. Ilyen lehet például az, hogy írjuk fel egy olyan részecske kémiai jelét, amelyben a protonok száma megegyezik az első részecskében lévő protonok számával, míg az elektronjainak a száma megegyezik a második részecskében lévő elektronok számával.

Érdemes megjegyezni, hogy mind a feladatok nehézségét, mind pedig a kémiai tartalmuk tankönyvekbeli megjelenési sorrendjét tekintve megszokottabb lett volna az első három feladatot fordított sorrendben kitűzni. A végleges sorrendet természetesen a tördelés is befolyásolja, így nem mindig lehetséges a fenti igényeket teljesíteni. Továbbá ez is egy lehetséges módja egy feladatsor nehezítésének.

A negyedik elméleti feladat egy klasszikus kérdéstípus volt, ugyanis a diákoknak az állítások igazságtartalmát kellett eldönteni. Az ilyen feladatok kifejezetten alkalmasak az alapos elméleti tudás ellenőrzésére, ugyanis egy kismértékű hiba is helytelen választ von(hat) maga után. Ez

természetesen a kérdéseket megfogalmazó személyek vállára tesz nagy terhet, hiszen a szövegezésben rejlő bizonytalanságok elkerülése egy alapvető cél. Az ilyen típusú feladatok azonban sokféle módon használhatók a kémia (és más tárgyak) tanítása során is. Egy-egy állítás esetén például érdemes lehet azt is számonkérni, hogy a hibás állítások esetén a diákok mutassanak rá a helytelen részre, illetve javítsák ki azt. Egy másik lehetőség az, hogy az állítások variálását, illetve az új állítások igazságtartalmának megállapítását bízjuk a diákokra. Egy további alternatíva lehet az, hogy egy-egy állítás esetén azt kérjük a diákoktól, hogy bizonyos állítások esetén azok tagadását fogalmazzák meg, továbbá vizsgálják meg azok igaz, illetve hamis voltát is.

A kitűzött feladatok esetén hasznos lehet a felsorolt változatokat kipróbálni. Érdemes azonban előtte figyelembe venni az alábbiakat.

A 10. kérdésben egy reakciókinetikai állítás szerepelt. Ez a kérdés abból a szempontból problémás, hogy vannak olyan reakciók, melyek kiindulási anyagai – azok termikus instabilitása miatt – nem léteznek gáz-halmazállapotban, így nem is képesek gáz-halmazállapotú anyagokkal reagálni ilyen feltételek mellett annak ellenére, hogy szilárd formában, megolvastva, vagy épp oldott állapotban képesek ezt megtenni. Ilyen értelemben problémás lehet a kérdéses állítás vizsgálata ilyen reakciók esetén. Egy másik kritikus probléma az állítással kapcsolatban az, hogy sok olyan reakció ismert (pl. hidrogénezési reakciók), melyben gáz-halmazállapotú anyagok reakcióját egy szilárd hordozón lévő anyag katalizálja, vagyis ezek esetén a reakció sebessége nagyobb valamilyen felületen, mint a reaktánsok között a gázfázisban.

A 11. állítás a gázfejlődéssel járó reakciók termokémiájával foglalkozott. A cink és a hidrogén-klorid vizes oldata között (exoterm), valamint a nátrium-hidrogén-karbonát és a hidrogén-klorid vizes oldatai között (endoterm) lejátszódó reakciók példáit megvizsgálva láthatjuk, hogy maga az állítás, valamint az endoterm szó exotermre történő cserélésével kapott állítás is hamis.

Az utolsó elméleti feladat az egyensúlyok témáját járta körbe. A megjelenő átalakulások többsége ismertnek mondható, így az első akadály, a rendezett egyenletek felírása nem nagyon okozhatott problémát. Ezt követte egy megszokott kérdéstípus (hogyan változik az egyensúly), azonban ritkábban előforduló tartalommal. A kérdezett paraméterek szokatlansága, illetve az ammónia, valamint a hidrogén-jodid vízben való

oldódásának figyelembevétele azt eredményezte, hogy még az ország legjobbjai közül is csak hárman tudták hibátlanul teljesíteni a feladatot. Ez a táblázat egy jó áttekintést, összefoglalást adhat a különböző paraméterek egyensúlyt befolyásoló hatására, akár olyan formában is, hogy kibővítsük azt még néhány szemponttal.

Érdemes szót ejteni a két szürkével jelölt celláról. A kén-oxidos egyensúly esetén mind a két vegyületmolekula képes oldódni és reakcióba lépni is a vízzel. E folyamatokról a diákok nem kaptak érdemi információt és nem is várható el az, hogy ezek alapján jogos becslést tegyenek az egyensúly eltolódására. A nitrogén-oxidos kérdés esetén hasonló a helyzet, így jogos és indokolt volt a versenybizottság azon döntése, hogy ezt a két kérdést kivették a megoldandók közül.

A feladat nyitottsága azt a szabadságot magában hordozza (hordozta), hogy a megoldók olyan halmazállapotokat jelölnek, melyek esetén a válaszok eltérhetnek a megoldókulcsban levőtől. Azt azonban nem lehet elvárni egy ilyen versenyen, hogy a diákok fejből tudják például azt, hogy a nitrogén-dioxid dimerizációjakor gáz vagy folyadék halmazállapotú dinitrogén-tetroxid keletkezik, ami természetesen a körülményektől is függ, azonban az egyensúly nyomásfüggését érdemben befolyásolja<sup>1</sup>.

Az ilyen feladatok esetén egy érdekes továbbvezető kérdés lehet az, hogy keressünk olyan további egyensúlyi reakciókat, melyek azonos módon reagálnak a megadott változásokra, mint mondjuk az 1. vagy a 3. egyensúly. Ez a fajta, kissé kifordított gondolkodás lényegében az egyensúlyi reakciók osztályozásához jelent támpontot, ami segítheti az ilyen típusú reakciók mélyebb megértését, illetve magasabb fokú átlátását. Érdemes lehet a fordított feladat esetén egy-két mindegyik, illetve létezik szavakat tartalmazó állítás segítségével hangsúlyozni az általános, illetve a speciális tulajdonságait az egyes egyensúlyoknak.

Az idei, illetve a régebbi elméleti feladatsorokkal kapcsolatban érdemes megvizsgálni azt, hogy az egyes témák milyen súllyal, illetve milyen gyakorlati szerepeltek bennük. Szervezőként, illetve feladatíróként azt mindig figyelemmel kell kísérni, hogy egyes ismeretek mikor, illetve milyen formában kérdezhetők meg, hiszen a versenynek nem célja olyan

---

<sup>1</sup> Ezzel kapcsolatban érdemes lehet megvizsgálni a 2024-es Nemzetközi Kémiai Diákolimpia gyakorló feladatsorának 8. feladatát, vagy az Irinyi verseny néhány korábbi feladatát (2023 3. ford. I. kat. 2. vagy 2022 2. ford. II. kat. 3.).

ismeretek számonkérése, melyet nem tanulhattak a diákok. Ilyen szempontból meg kell említeni, hogy molekula-, illetve halmazszerkezettel, reakciókinetikával, illetve termokémiával kapcsolatos kérdések nem nagyon szerepeltek ebben az elméleti feladatsorban. Ez nem feltétlenül gond, hiszen nem szükséges minden egyes témát részletesen tárgyalni egy ilyen szűkös időkerettel futó versenyen, továbbá a harmadik fordulóban megjelenő új ismeretek (egyensúlyok, sav-bázis reakciók) jogosan kaphattak nagyobb részt, azonban bizonyos témák ilyen fokú mellőzése egy kicsit talán túlzónak tűnhet.

A kért ismeretek mellett fontos megemlíteni, hogy azok súlyainak viszonya is egy érdekes kérdés tud lenni. Ebből a szempontból azt mondhatjuk, hogy a két új téma (1. és 5. feladatok) az elméleti pontszám majdnem felét tették ki, mely azt mutatja, hogy azok a diákok szerepelhettek jobban az írásbeli forduló ezen részén, akik ezeket a témákat már teljes egészében tanulták, illetve kellő rutint szereztek bennük.

### *Tesztfeladatok*

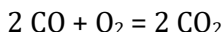
Ez a feladattípus az elmúlt évek egyik nagy újtása volt az Irinyi versenyen. Ez egyrészt gyorsítja a javítást (zárt kérdések), másrészt egy kevésbé megszokott formában igyekszik mérni a diákok képességét. Az itt kitűzött feladatoknak elsődlegesen nem az a célja, hogy a megoldók minden egyes feladat esetén precíz matematikai leírást adjanak a problémára és azt ilyen módon oldják meg, igaz ez is hasznos és érdekes lehet, hanem (a szerzők céljának megfelelően) az esetek többségében lehetőség nyílik egy-egy egyszerű trükkel, illetve elegáns (matematikai vagy kémiai) meglátással röviden és gyorsan megoldani a feladatot, illetve kiválasztani az egyetlen helyes válaszlehetőséget. Ez a kérdéstípus lehetőséget ad arra is, hogy becsomagolt formában az elméleti ismeretekre is rákérdezzünk (pl.: vas és tömény kénsavoldat reakciójában keletkező hidrogén mennyisége), illetve a tanulók szövegértését is nagyon hatékonyan tudjuk ez által mérni. A feladatok szövegezése nagyon jó példaként és hasznos gyakorlófeladatként szolgálhat érettségire készüléskor, ugyanis sok kis buktató vár a diákokra a feladatok megoldásakor. A buktatók szerepét az egyszerű választásos forma növeli, ugyanis gyakori eset az ilyen feladatok esetén, hogy egy-egy válaszlehetőség egy-egy jól azonosítható típushiba (hiányos szövegértés, elhagyott szorzótényezők, nagyságrendtévesztés, stb.) eredménye, mely így nem feltétlenül tűnik

fel a megoldóknak (pl. ki jött a D válasz, biztosan az lesz a jó). Ezekre a cikk végén láthatunk majd példákat.

Sokszor jogosan merülhet fel az a kérdés, hogy vajon az adott feladat végeredményének kiszámítása a pontszám (kérdésenként 3 pont) tükrében nem túl nagy-e. Ennek megválaszolásakor érdemes azt is figyelembe venni, hogy az ilyen feladatok esetén gyakran nincs szükség a számítási menet leírására, illetve a teljes értékű bizonyítás megadására, elegendő az egyetlen helyes választ megjelölni, így ez a feladat azt is hivatott mérni, hogy a diákok milyen gyorsan, illetve hány lépésből tudják a kérdéseket megválaszolni. Ilyen értelemben az ilyen feladatok a problémák gyors és alapos átlátására vonatkozó képességeket is méri, ami egy ilyen verseny esetén előnyös lehet. Az alábbiakban közölt néhány példa a lehetséges megoldásokat, illetve néhány általánosabban alkalmazható módszert igyekszik bemutatni, melyek használata az ilyen feladatok megoldása során előnyt jelenthet.

Az első tesztkérdést a különböző, összetélt jellemző mennyiségek egymásba váltásával könnyedén és többféle úton is megoldhatjuk.

A második tesztkérdésben egy szén-monoxid-levegő keverék begyűjtés utáni állapotához kapcsolódott a kérdés, melyben az alábbi reakció játszódik le:



Továbbá az alábbi mennyiségek voltak megadva (a térfogatok azonos állapotra vonatkoznak):

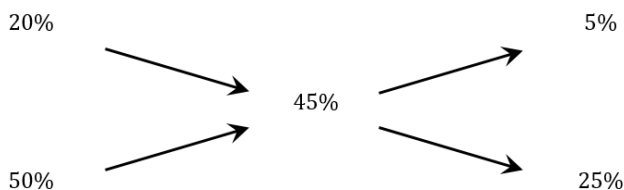
$$V(\text{CO}) = 1,00 \text{ dm}^3, V(\text{levegő}) = 2,00 \text{ dm}^3, \varphi(\text{O}_2) = 0,20.$$

A kérdés ( $\varphi(\text{N}_2, \text{égés után})$ ) megválaszolásához szükséges a nitrogén térfogatának, illetve a teljes gázelegy térfogatának az ismerete. Előbbit könnyű meghatározni, míg utóbbi esetén nem érdemes az átalakult anyagok mennyiségét meghatározni, ugyanis a végtérfogat értéke megkapható a kiindulási össztérfogat, illetve a fogyott oxigén mennyiségéből, ugyanis a megadott adatokból gyorsan felfedezhető, hogy az átalakulás mértékét az oxigén mennyisége limitálja, továbbá 1 mol oxigén elreagálása során ugyanennyivel csökken a részecskék száma.

A 3. teszt esetén egy hidrogén-nitrogén gázelegy tömeg szerinti ( $m(\text{H}_2) : m(\text{N}_2) = 2 : 7$ ) összetételét ismertük és a térfogat szerinti volt a kérdés. Ezzel kapcsolatban egy általánosabb érvényű elvet érdemes

figyelembe venni, mely szerint az ehhez hasonló információk esetén gyakran érdemes moláris tömegnek megfelelően választani egyes tömegeket (itt például a nitrogénét 28 g-nak, így  $m(\text{H}_2) = 8 \text{ g}$ , illetve  $n(\text{H}_2) = 4 \text{ mol}$ ). Az ilyen választás esetén ugyanis sokszor könnyebben felismerhetők bizonyos arányosságok, mely a szükséges számolások elvégzését csökkenthetik, hiszen akár fejben is elvégezhető műveletekké egyszerűsödnek a számolási lépések. Természetesen a gyakorlatban ez nem mindig vezet ténylegesen egyszerűbb számoláshoz, azonban egy ügyes trükk lehet ilyen típusú versenyfeladatok esetén.

A 4. teszt egy klasszikus oldatos kérdés, melyben két ismert összetételű oldatból kell egy harmadikat kikeverni. E feladat könnyen megoldható egy egyismeretlenes egyenlet segítségével. A keresett mennyiség (a két oldat tömegének aránya) azonban további számolással jár. Ilyen értelemben hasznos lenne egy olyan eljárás, mely rögtön a keresett arányt adja. Ilyen esetben válhat hasznunkra a csillag-, vagy keresztmódszer, melyet az alábbi ábra mutat be:



1. ábra. A 4. teszt megoldása keresztmódszerrel

A bal oldali nyilak kivonásokat jelentenek, a jobb oldaliak pedig ezek eredményéhez vezetnek<sup>2</sup>. A kapott két szám hányadosa adja a keresett 1 : 5 arányt. Első ránézésre nem feltétlenül lehet világos, hogy ez a módszer miért vezet helyes eredményre. A módszer helyességét könnyen ellenőrizhetjük, ha a feladatot általánosan oldjuk meg. Az alapprobléma az, hogy adott egy  $x_1$ , illetve egy  $x_2$  ( $x_1 < x_2$ ) érték, és azokat az  $s_1$ , illetve  $s_2$  súlyokat keressük, melyek esetén az  $x_1$  és az  $x_2$  értékek súlyozott

<sup>2</sup> Az ábrát az óramutató járásával megegyező irányban, a 45% körül 90°-kal elforgatva, vagy a 20% és az 50%, illetve az 5% és a 25% megcserélésével kapott variánsát is használhatjuk. Ezek a változatok az arányok leolvasását könnyebbé tehetik.

átlag  $x_3$  ( $x_1 < x_3 < x_2$ ), ha  $s_1$  és  $s_2$  összege egy állandó  $s$  érték ( $s \neq 0$ ). Ezt egyenlet formában így tudjuk megfogalmazni:

$$\frac{x_1 \cdot s_1 + x_2 \cdot s_2}{s_1 + s_2} = \frac{x_1 \cdot s_1 + x_2 \cdot s_2}{s} = x_3$$

Ebből  $s_1$  és  $s_2$  aránya kifejezhető:

$$s_1 : s_2 = (x_3 - x_2) : (x_1 - x_3) = (x_2 - x_3) : (x_3 - x_1)$$

A módszer gyakorlatilag minden két komponensű keverék esetén alkalmazható százalékszámításos feladatok esetén. Érdekes azonban megjegyezni azt, hogy ez a módszer nemcsak oldatok estén hasznosítható, hanem akár képlet meghatározás esetén is.

A 2015-ös őszi emelt szintű kémia érettségi 7. feladatában az volt a kérdés, hogy milyen anyagmennyiség-arányban kell  $V_2O_3$ -at és  $V_2O_5$ -öt reagáltatni (összekeverni), hogy a termék összetétele  $V_3O_7$  legyen.

Első ránézésre valószínűleg nem látszik az, hogy hogyan lehetne a fenti módszert alkalmazni, azonban a helyzet sokat tisztul, ha a fenti három tapasztalati képletet olyan formában írjuk fel, hogy valamely alkotó esetén a sztöchiometriai indexek értéke megegyezzen. Mivel tapasztalati képletekről van szó, így ezzel a kémia jelentésük nem változik meg. Ilyen átírás lehet például a  $V_6O_9$ ,  $V_6O_{15}$ , illetve  $V_6O_{14}$ . Ebből már jól látszódik, hogy az egységnyi (illetve hat egységnyi) mennyiségű vanádiumra jutó oxigén mennyiségére lehet alkalmazni a fenti módszert, melyből nagyon könnyen adódik a keresett 1 : 5 arány.

Érdekes azt is megemlíteni, hogy ez az elv szorosan kapcsolódik a koordináta geometriában ismert osztópont koordinátájának kiszámítása című, illetve a nem középen alátámasztott rudak kiegyensúlyozásához kötődő problémákhoz.

Ahogy azt egy korábbi bekezdésben írtam, gázos feladatok esetén is használható a keresztmódszer, ugyanis az átlagos moláris tömegre is használható, így viszonylag könnyen meg lehet határozni az 5. kérdésben a két gáz anyagmennyiség-arányát, igaz ebben az esetben az egyenlet felírásával könnyebb megtalálni a százalékos összetételt, azonban az több időt, illetve több hibázási lehetőséget hordoz magában.

A 6. kérdésben egy kristályvizes feladatot kellett a diákoknak megoldani. Ebben kristályvizes réz-szulfátot kevertek össze desztillált vízzel és az egyensúlyi állapotban a szilárd anyag, illetve a folyadék tömegaránya volt a kérdés. Ha klasszikus számítási feladatként tűzték volna ki,

akkor valamilyen egyenlet felírása lenne az egyetlen reményünk. Az egyik lehetséges megközelítés szerint az egyik anyag valamely fázisbeli tömege lenne az ismeretlen (négyféle eset). Ennek segítségével a többi tömeg kifejezhető az anyagmérlegek, illetve az oldhatóság vagy a só képességével, majd utóbbi kettő közül az eddig fel nem használt felírható egy egyenlet (mindkét esetben anyagmennyiség és tömeg alapján is megfogalmazható az összetétel), melynek megoldása segítségével a kérdés megválaszolható (összesen 16-féle egyenlet).

Egy másik lehetséges megközelítés lehet például az, hogy ismeretlennek az egyik fázis tömegét választjuk és a vízmentes sóra, vagy a vízre írunk fel egy anyagmérleget, ugyanis telített oldatot feltételezve mind a két fázis összetétele ismert (összesen 4-féle egyenlet).

Eljárhatunk úgy is, hogy ismeretlennek a két fázishoz tartozó tömegek hányadosát (a keresett mennyiséget) választjuk, majd ennek segítségével fejezzük ki az előbbi egyenletekben szereplő mennyiségeket és oldjuk meg a kitűzött problémát.

Egy elegáns ötlet alapján eljárhatunk úgy is, hogy azt vizsgáljuk meg, hogy (például) 100 gramm víz mekkora tömegű kristályvizes réz-szulfátot képes feloldani, és az alapján határozzuk meg a két fázis tömegének az arányát a kialakult egyensúlyban.

A korábbiakban felírt egyenletek közül sok esetén az oldhatóságra írtunk fel egyenleteket, melyekben a tömegtört helyett az alkotók tömegarányával is megfogalmazhatjuk az egyenlőségeket, így további lehetséges megoldásváltozatokhoz jutunk.

Mivel azonban tesztfeladatról van szó, így eljárhatunk úgy is, hogy megvizsgáljuk a só, illetve a víz mennyiségét. Ha kiderül, hogy több réz-szulfát van, mint, amennyit a rendelkezésre álló víz képes oldatban tartani (ez nem több, mint 3 művelet elvégzéséből kiderül), akkor az A), illetve a B) válaszok kizárhatók (ellenkező esetben rögtön meg is találtuk a megoldást (az A-t)). Az E) kizárható ezek nélkül is, hiszen ez azt jelentené, hogy nőtt a szilárd fázis tömege, ami nem lehetséges. Így már csak két lehetőség maradt, melyek esetén elegendő leellenőrizni, hogy melyik esetén teljesülnek a feladatban szereplő feltételek (telített oldat és adott összetételű kristályvizes só). Ezt elegendő az egyik esetén megtenni, hiszen ebből már eldönthető, hogy melyik lesz a helyes megoldás. Ugyan ez egy nem feltétlenül könnyű feladat megkerülését jelenti (melytől azért nem ritkán óva intjük a tanítványainkat), azonban a

versenyhelyzetben egy ilyen (kizárásokon alapuló) módszer hasznos lehet az idő szűkössége miatt.

Érdemes azt is hozzáfűzni a fenti módszerhez, hogy egy olyan feladat esetén, ahol csak egy fázis van az egyensúlyi állapotban (telítetlen oldat vagy csak kristályos anyag) a megoldás megtalálásának a kezdő lépése nagyon kifizetődő lehet, hiszen az egyenletek felírása előtt már kiderülhet néhány egyszerű számításból, hogy valóban nincs két fázis. Ilyen módon elkerülhető az arra szánt idő, hogy keressük az egyenletmegoldásunkban a valójában nem is létező hibát egy esetlegesen értelmetlennek tűnő végeredmény (pl. negatív tömeg) miatt. Az ilyen esetekben az egyenlet felírásában van a hiba, hiszen nem a valós helyzetet írja le az (pl. nem válik ki oldott anyag).

Természetesen ez a módszer nagyfokú tapasztalatot és legalább ekkora önbizalmat igényel, hiszen ezek abszolút nem szokványos problémamegoldási stratégiák, melyekben a helyesség mellett a gyorsaság is szerepet kap.

Ez a visszafelé gondolkodás, vagyis a válaszlehetőségek helyességének leellenőrzése kifizetődő lehet az 1. és a 7. kérdések esetén is, igaz ez nem feltétlenül jelenti a számolási lépések csökkenését. Az első feladatot egyébként a megadott értékek közös skálára hozásával könnyen és többféleképpen is meg tudjuk oldani.

Érdemes azonban megjegyezni azt is, hogy a végeredmények ellenőrzése, valamint értelmezése is fontos része egy számítási feladatnak. A számolásunk helyességét leellenőrizhetjük például azzal, hogy visszafelé oldjuk meg a feladatot.

Az utolsó kérdés esetén néhány egyszerűsítő, gyorsító ötletre érdemes felhívni a diákok figyelmét. A kérdéses redoxireakció egyenletének teljes értékű rendezését nem kéri a feladat és nem is szükséges a válasz megadásához (ez igaz a 8. kérdésre is), elegendő a mangán-dioxid és a fejlődő klór anyagmennyiség-arányát meghatározni.

A másik fontos észrevétel, hogy a megadott állapotra vonatkozó moláris térfogat csak pár százalékkal tér el az 1 atm-ra, illetve 25 °C-ra vonatkozó felétől (közel kétszeres nyomás, kis hőmérséklet-különbség), ami azt jelenti, hogy a kérdés az általános gáztörvény használata nélkül is megválaszolható, pusztán a fenti becslés segítségével. A becslés mögött egyébként az egyesített gáztörvény van, melyet a pontos érték kiszámításához is felhasználhatunk úgy, hogy kiszámoljuk egy (köz)ismert

állapotra a gáz térfogatát, majd az egyesített gáztörvény alapján a kérdéses állapotra átszámítjuk azt.

Itt érdemes megjegyezni, hogy a kémiai feladatok között ritkák a becsléssel foglalkozók (pl. gyenge savak vizes oldatára jellemző pH becslése), azonban az ilyen típusú tudás kifejezetten hasznos lehet egy-egy hibás gondolat, megoldás, vagy válaszlehetőség felismerésekor.

### Számítási feladatok

Az idén kitűzött feladatsorban oldatok összetételével, képletmeghatározási, termokémiai, egyensúlyi, illetve sav-bázis reakciókkal kapcsolatos feladatok voltak. Ez a versenyfelhívásnak tökéletesen megfelelt.

A 2. számítási feladat (az 1. a tesztfeladatos volt) egy kristályvizes só képletének a meghatározásáról szólt, kissé szokatlan kiindulási adatokkal. A hivatalos megoldásban szereplő gondolatmenet esetén az alábbi sorrend mentén került meghatározásra a két ismeretlen kation.

Jól látható, hogy a feladat megoldásához két lényeges információ felismerése volt szükséges. Az egyik, hogy a vegyületben a kristályvízen kívül is van hidrogén, a másik pedig az, hogy a protonok számából meghatározható az ismeretlen ionok együttes protonszáma. E két információ összeérése, valamint a megadott információk szűkítő hatása okán viszonylag gyorsan beazonosítható az egyetlen megfelelő ionvegyület (egy kristályvizes kettős só).

$$\begin{aligned} m(\text{XYPO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}) &\xrightarrow{\cdot w(\text{H}_2\text{O})} m(\text{H}_2\text{O}) \xrightarrow{\cdot M(\text{H}_2\text{O})} n(\text{H}_2\text{O}) \xrightarrow{\cdot 6} n(\text{XYPO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}) \\ \rightarrow M(\text{XYPO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}) &\xrightarrow{\cdot w(\text{H})} m(\text{H}) \xrightarrow{\cdot M(\text{H})} n(\text{H}) \rightarrow n(\text{H}, \text{"felesleg"}) \end{aligned} \quad (1.)$$

$$\begin{aligned} N(\text{p}^+, 60 \text{ g}) &\xrightarrow{\cdot N_A} n(\text{p}^+, 60 \text{ g}) \rightarrow n(\text{p}^+, 1 \text{ mol vegyületben}) \rightarrow \\ n(\text{p}^+, 1 \text{ mol vegyületben lévő ismeretlen ionokban}) &\end{aligned} \quad (2.)$$

1. és 2. alapján a lehetséges (fém)ionok vizsgálata  $\rightarrow$  X és Y azonosítása

2. ábra. A 2. számítási feladat hivatalos megoldásának vázlata

Az így gondolkozó diákok az ismeretlen vegyület moláris tömegét sokszor eltalálták, de többen közülük nem ismerték fel a „felesleges” hidrogének jelenlétét. A másik gyakori hiányosság a protonszámban rejlő információk ki nem aknázása volt.

A fenti megoldás nagyon céltudatos, kicsit olyan, mintha tudnánk előre, hogy mit keresünk. Ez nem minden diáktól várható el egy versenyen, így nem is meglepő, hogy sokan az ismeretlen vegyület moláris tömegének a megtalálása után egy másik útra léptek. A kiszámolt moláris tömegből meghatározható a két ion moláris tömegének összege és mivel az egyikük egy alkáliföldfémion, így néhány eset vizsgálatával megtalálható a keresett képlet. Ebből a gondolatmenetből egyetlen dolog hiányzik, amit (nem meglepő módon) csak nagyon kevés diák tett meg miután rátalált egy értelmes ionpárra. Az így meghatározott képletről még nem tudjuk, hogy teljesíti-e a feladatban lévő másik két feltételt ( $w(\text{H})$ , illetve  $N(\text{p}^+, 60 \text{ gramm})$ ), így ez még csak egy lehetséges megoldásnak tekinthető, nem vehetjük biztosra azt, hogy valóban megoldása a feladatnak. Elvileg a moláris tömeg kiszámítása nélkül, pusztán egyenes arányosságok használatával megkaphatjuk a kristályvizes só 1 móljában lévő protonok számát is, amiből hasonlóan le tudjuk szűkíteni a lehetséges ionok számát minimálisra, azonban abban a gondolatmenetben is benne van az a hiányosság, hogy nem igazoltuk, illetve ellenőriztük le, hogy ez a vegyület tényleg teljesíti-e az összes feltételt.

Érdemes tehát a diákok figyelmét erre a két alternatív megoldási útra is felhívni. Fontos azonban hangsúlyozni, hogy ezek a leszűkítésen alapuló gondolatmenetek csak a szükséges feltételekre (mi az, aminek biztosan teljesülnie kell) összpontosítanak; az elégséges feltételeket (ha ez a megoldás, akkor a többi tulajdonság is teljesül) nem vizsgálják. Ez utóbbi szempont azért is érdekes, mert előfordulhat (általában nem szándékosan), hogy egy ilyen feladatnak nincs megoldása (pl. hibás adat miatt), így egy, a feltételek egy részét teljesítő anyag nem lesz biztosan megoldása a teljes feltételrendszernek.

Érdemes az egyik megoldó szemfüles, és nagyon szép kémiát magában hordozó ötletét is elolvasni. A foszfátion egy háromszorosan negatív töltésű részecske. A képlet alapján a két kation közül az egyik így kétszeresen pozitív kell, hogy legyen (ez lesz az alkáliföldfémion), míg a másik ion egy egyszeres töltésű részecske kell, hogy legyen. Utóbbi egy erős szűkítés, melyből már könnyen felismerhető (legalábbis megsejthető) akár a  $w(\text{H}_2\text{O}) \cdot 2 \cdot M(\text{H}) / M(\text{H}_2\text{O})$  és a  $w(\text{H})$  viszonya alapján is az ammóniumion, mint az egyetlen lehetséges ion. Ebből már elég gyorsan rá lehet találni a keresett képletre. Ugyan más hidrogént tartalmazó kationok is ismertek (oxóniumion, szerves ammóniumionok,  $\text{PH}_4^+$ , stb.), de

ezeket egy kilencedikes vélhetően még nem fogja vizsgálni, és nem is lesznek a feladatnak megoldásai.

Egyetlen dolgot érdemes még e feladattal kapcsolatban lejegyezni. Igaz, hogy ritka eset, de nem példa nélküli (ld. jelen folyóirat K pontversenyének 465. feladatát<sup>3</sup>), hogy egy összetételhez többféle, eltérő anyagi minőségű megoldás is tartozik (pl. izomerek). Ilyen módon a feladatban megfogalmazott kérdés magában foglalja azt is, hogy megvizsgáljuk a további lehetséges megoldások létezését, illetve megpróbáljuk kizárni azokat. Ezt a hivatalos megoldásban a protonszám, illetve az anyagi minőségre vonatkozó feltételek együttese biztosítja. A moláris tömegek összege esetén is hasonlóan indokolható a megoldás egyértelműsége.

A hivatkozott feladat megoldása hasznos lehet a diákok ilyen feladatokkal kapcsolatos nézeteinek formálására. Érdemes lehet elgondolkozni a hivatkozott feladat általánosításán, illetve azon, hogy miért éppen a fluoridokkal került kitűzésre a feladat.

A feladat megoldását jelentő vegyület egyébként a tömeg szerinti mennyiségi meghatározás (gravimetria) szempontjából egy fontos vegyület, ugyanis e vegyület rossz oldhatóságát kihasználva mind a magnézium-ionok, mind pedig a foszfátionok mennyisége meghatározható.

A 3. számítási feladat egy klasszikus problémakör egyik tagja. Ez nem más, mint a savanhidridekből készített oldatok témaköre. Az elmúlt 10-15 évben sokféle formában kerültek már kitűzésre ilyen feladatok, melyek jól mérik a diákok felkészültségét, valamint az anyagmérlegekkel, illetve sztöchiometriával kapcsolatos feladatmegoldó képességét. A b) kérdésre adott hivatalos megoldás egyik (ki nem mondott) ötlete az, hogy a foszfor csak az egyik összetevőben található meg, így egyszerűbbé válik a kérdés megválaszolása. Ezt az elvet használva például a végső oldat hidrogéntartalma alapján is számolhattunk volna, hiszen az csak a vízben található meg a kiindulási anyagok közül.

Aki nem riad meg a kissé túlbonyolított megoldásoktól, az ezt a kérdést keresztmódszerrel is megoldhatja a két kiindulási anyag, valamint a keletkező oldat oxigéntartalma alapján.

---

<sup>3</sup> A feladat a 2023. évi 4. számban jelent meg (Gondolkodó rovat), a megoldása pedig a 2024-es elsőben.

Az egyik diák szép ötlete szerint a feladat úgy is megoldható, hogy a foszforsav tömegéből meghatározzuk a keletkezéséhez szükséges víz és foszfor-oxid tömegét, melyek segítségével már könnyen megválaszolható a feltett kérdés. Ilyen úton, igaz egy kicsit bonyolultabb egyenleten keresztül, de a c) rész is megoldható.

Az utolsó kérdés esetén a hivatalos megoldásban eleve kétféle út is ismertetésre került. Ezek közül a második egy klasszikus egyenletalapú megoldás. Az első ezzel szemben egy érdekes, kémiai feladatokban ritkábban előforduló elvet használja, mégpedig a már megoldott feladatra visszavezetés elvét. Ez egy kifejezetten elegáns megoldás és a b) részben bemutatott megoldási utak mindegyike esetén alkalmazható egy egyenes arányosság segítségével. A ritka megjelenése miatt azonban nem meglepő, hogy csak nagyon kevés diáknak jutott eszébe ilyen megoldási stratégia.

Fentebb már említettem, hogy a b) részben feltett kérdést megválaszolhatjuk a hidrogén tömegére fókuszálva is. Ez a c) részben is így van, mely egy meglepően egyszerű megoldáshoz vezet. A céloldat esetén könnyen meg tudjuk mondani, hogy az oldat tömegének mekkora részét teszi ki a hidrogén. Mivel ennek mennyisége nem változik az oldás során, így a céloldat tömege is könnyen meghatározható, melyből a kérdés már könnyen megválaszolható. E megoldással kapcsolatban azt érdemes megjegyezni, hogy nem szerepel benne az egyesülési reakció. Ez érthető, hiszen ebben csak a hidrogén relatív mennyiségének változása (erre nézve hígul az oldat) a lényeges, a többi elemé, illetve vegyületé nem.

E feladattal kapcsolatban még egy dologra érdemes felhívni a figyelmet. A c) rész második megoldásában szereplő egyenlet mondanivalója, története az, hogy egy oldat 45%-os, melyben az egyik (átalakuló) összetevő tömege ismeretlen (ismeretlenként választhattuk volna egyébként a foszforsav tömegét is). Ha a tört nevezőjével megszorozzuk az egyenletet (ezt szabad, mert az oldat tömege nem lehet nulla), akkor egy egyenértékű egyenletet kapunk, melynek azonban már az az üzenete, hogy az oldott anyag tömegét kétféleképpen is megadtuk és ez a kétféle megadás egyenlő. Ez a fajta matematikailag egyenértékű, de szemléletét tekintve eltérő megoldás kevés dolgozatban jelent meg.

A 4. számítási feladat egy kissé szokatlan formában mutatta be a kristályvizes feladatok érdekességeit. A feladat egy termokémiai részfeladattal indult, mely nem okozhatott nagy nehézséget a diákoknak. Ezzel

kapcsolatban érdemes megjegyezni, hogy a kérdéses hőmennyiség, illetve a vizsgált reakció reakcióhője nehezen mérhető, már csak azért is, mert a kristályvizes réz-szulfát 3 lépésben válik vízmentessé (ld. H361. feladatot jelen folyóirat 2022-es 1. számában). A Hess-tételt ki-, illetve felhasználva a kétféle só oldáshőjéből azonban könnyen meghatározhatjuk a reakcióhő értékét. Ez egyébként egy érdekes tanulói kísérlet is lehet.

A feladat megoldásához szükséges lépéseket a megfogalmazott kérdések jól felvezetik, mely nem ritka az Irinyi versenyen kitűzött feladatok esetén. Ugyan ezek (valamelyest) segítik a feladat egyik fontos kérdésének a megválaszolását (c) kérdés), mégis sok olyan diák volt, aki nulla pontot szerzett ezen a feladaton. Ennek oka a szokatlan kezdőlépés (termokémiai információ) lehetett.

A feladatot érdemben megoldók közül lényegében mindenki a hivatalos megoldás szerint járt el, mindössze a lépések sorrendjében, illetve az arányok tömeggel, illetve anyagmennyiséggel történő megfogalmazásaiban voltak eltérések. Gyakori hiba volt a számítási lépések során az, hogy keveredett az, hogy mikor kell kristályvizes, mikor pedig vízmentes tömeggel számolni. Ez a feladat típusa alapján talán nem is meglepő.

Ugyan a feladat így is sokaknak nehézséget okozott, azonban érdemes megjegyezni azt, hogy a b) kérdés csak egy (rövid) elágazást jelent a c) kérdés megválaszolásához vezető úton, vagyis a feladatot a két kérdés sorrendjének megcserélésével, vagy épp ez első két kérdés elhagyásával is ki lehetett volna tűzni.

Az 5. számítási feladat egy klasszikus egyensúlyi számolás volt. A feladatban először ki kellett számolni az egyensúlyi állandót, majd ezt felhasználva meg kellett határozni egy, az előzőtől eltérő gázelegy összetételét, illetve egyik alkotójának mennyiségét. Az elmúlt évek egyensúlyos feladataival összehasonlítva azt mondhatjuk, hogy egy érdekes és tanulságos variációja ez az ilyen típusú feladatoknak. Érdemes a diákok figyelmét felhívni arra, hogy az egyes komponensek mennyiségének aránya hogyan befolyásolja az átalakulást (több termék kezdetben  $\rightarrow$  kisebb fokú átalakulás). Ez a fajta összekapcsolása az elméletnek, illetve a számolásnak segítheti a diákok becslő képességét, hiszen a közismert szabályszerűségek alapján a feladat megoldása előtt már képes valamilyen korlátokat megfogalmazni a feladatmegoldó a várt eredményre (pozitív vagy negatív, kisebb vagy nagyobb, mint (pl.) a b) részben lévő).

A feladat c) részét egyébként – 10. osztálynál nem hamarabb, de – fordítva is ki lehetett volna tűzni (az átalakulás mértéke lenne a kérdés). Ez a fajta variáció segítheti az átalakulás során megfigyelhető változások begyakoroltatását is.

A feladat megoldása szempontjából fontos megjegyezni, hogy az első részben megadott adatokból nemcsak az anyagmennyiség-koncentrációk segítségével, hanem az anyagmennyiségek segítségével is nyomon követhető az átalakulás. Ebben az esetben azonban nem szabad elfelejtenie arról, hogy az egyensúlyi állandót ne ezek segítségével számoljuk ki<sup>4</sup>. Ettől eltekintve a feladatot mindenki a jól ismert táblázatos módszer alkalmazásával oldotta meg, eltérés csak a szóhasználatban, illetve a rövidítések típusában volt.

Az elkövetett hibák között voltak tipikusak (számolási, rossz műveleti jel az egyensúlyi állandóban, tömeg és anyagmennyiség keverése, átalakulás rossz értelmezése), illetve kevésbé gyakoriak. Utóbbira egy tanulságos példa, az alábbi egyenlet, mely a c) részben fordult elő:



Ebben az a hiba, hogy a diák nem vette figyelembe, hogy a szén-monoxid eddig is résztvevője volt az egyensúlyi reakciónak, így nincs szükség egy új reakcióegyenlet felírására. A jelölés olyan jelentésében érthető, hogy a három gázból álló keveréket felmelegítve valóban a jelölt két anyag fog keletkezni (nagy mennyiségű szén-monoxid esetén ez nem igaz!), azonban, mint reakcióegyenlet hibás.

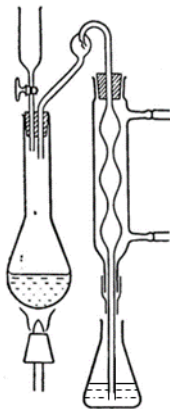
Az utolsó számítási feladat egy klasszikus visszamérési titrálást tartalmazott, mely egy képletmeghatározással lett kibővítvé. Ilyen értelemben a feladat nehézségét e két témakör összekötése jelentette. A megoldók lényegében a hivatalos megoldás mentén oldották meg a feladatot. Egyedüli alternatívát a keresett anyagmennyiség-aránynak a meghatározása jelentette, ugyanis  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  képletet feltételezve a keresett képlet a só moláris tömegének meghatározásán keresztül is megtalálható volt.

A kérdéses vegyületet tömény foszforsavoldat, illetve tömény ammóniaoldat segítségével elő lehet állítani, azonban az még szilárd állapotban

---

<sup>4</sup> Az egyik megoldó tömegkoncentráció segítségével követte nyomon a változást, mely nem hibás, az abból számolt egyensúlyi állandó viszont az.

sem stabil, ugyanis a két ion közötti sav-bázis reakció révén (ammónia keletkezése közben) diammónium-hidrogén-foszfáttá alakul. A társtermék szaga érezhető e só vizsgálatakor. A keletkező diammóniumsó egyébként hatékony lánggátlószer (emeli a bevont anyag gyulladási hőmérsékletét és melegítésre könnyen bomlik, miközben ammónia keletkezik), illetve műtrágyaként használatos.



3. ábra. Ammónia kvantitatív desztillációja: a desztilláló lombikhoz csepeg-tőtölcsér, illetve a buborékmentességet biztosító feltét csatlakozik, a szedőlombikba töltjük az elnyelető folyadékot, a cső a lombik aljáig ér.

A mennyiségi meghatározás során az ammóniaveszteségek elkerülése miatt célszerű olyan berendezésben dolgozni, melyben a fejlődő gáz annak elillanása nélkül fogható fel a megadott savas oldatban. Ezt a legtöbbször úgy végzik, hogy a vizsgált sóra öntik a nátrium-hidroxid-oldatot (mint a képen<sup>5</sup> látható eszközben). Elvileg a szilárd anyag beadagolása is megoldható egy ferde, csiszolatos végű, egyik végén zárt cső segítségével, de annak használata kvantitatív mérések esetén nem megszokott, hiszen az üveg felületén maradhat a vizsgált anyagból.

Érdeemes megjegyezni, hogy az ammónia nagyfokú oldhatósága és gyors oldódása miatt a vízben történő elnyeletés is lehet kvantitatív.

---

<sup>5</sup> A kép Erdey László Bevezetés a kémiai analízisbe című művéből származik (Második rész, 8. kiadás).

A számításos feladatok nehézségüket tekintve a versenyhez illők voltak. Összesen csak két diák oldotta meg hibátlanul mind a hat feladatot, ami egy jó visszajelzés a versenybizottságnak. Az ez évi feladatsorban egyedül a termokémia témaköre volt olyan, amelyik arányaiban kevés szerepet kapott, míg két feladat is képletmeghatározással zárult, igaz a 6. feladatnak nem elhanyagolható része sztöchiometriai, illetve titrálásos számítás volt.

### *Statisztikai adatok és típushibák*

A feladatok esetén nemcsak az előzetes elképzeléseink, meglátásaink, hanem a diákok által megadott válaszok, illetve elért eredmények alapján is lehetőségünk van értékelni a feladatokat. Ez azt is jelenti, hogy bizonyos pozitív, illetve negatív jellemzők a bizottság legőszintébb igyekezete ellenére is csak a verseny után derülnek ki. Ez az oka annak, hogy bizonyos válaszokra, illetve kérdőjeles feladatrészekre csak ebben a részben térünk ki részletesen.

Az egyes feladatokon elért összesített eredmények elérhetők a verseny honlapján. A dolgozatok átnézése során azonban néhány feladat esetén az ott elértnél részletesebb adatokat is közölni fogunk.

Ha megvizsgáljuk a cikk mellékletében lévő 1-2. táblázatokat, akkor azt láthatjuk, hogy az elméleti feladatok mindegyike 60% feletti átlageredményt hozott, míg a számításosak közül ez egyre sem volt igaz. Az elméleti feladatok közül az 1., a 2. és az 5. feladatok, valamint a 3. és 4. feladatok bizonyultak hasonló nehézségűnek. Utóbbi kettő kifejezetten könnyű volt, melyet a sok hibátlan, illetve közel hibátlan megoldás (első kvartilis magas értéke) is igazol. A másik három elméleti feladat nehéznek nem feltétlenül mondható, azonban mindegyiknek megvolt a maga buktatója, melyet jól mutat, hogy kevés induló oldotta meg ezeket hibátlanul.

Az első feladat kissé szokatlan formátumáról már volt szó, azonban a dolgozatok áttekintése után az is kiderült, hogy a feladat II. részében is sokan el-elrontottak egy-egy vegyjelet, illetve képletet. E feladatrész esetén nem volt ritka, hogy a diákok névvel próbáltak válaszolni.

Az első részben a megadott egyenletek, illetve képletek jelentésének teljes értékű megértése több diáknak is problémát okozott. Ez abban mutatkozott meg, hogy a diákok jónak tűnő válaszokat adtak meg, csak épp nem a megfelelő jelek segítségével ( $H_3X$  helyett  $X^{3-}$ , képlet helyett

vegyjel, stb.). Ilyen értelemben ez a feladat nemcsak a pusztá reakcióismeretet kérte számon, hanem szöveg- és képletértést is. Ilyen értelemben ez a feladat egy jó mérőeszköz lehet a kilencedikesek tudásának, illetve problémamegoldó képességének a felmérésére.

A beérkezett válaszok alapján még azt érdemes megemlíteni, hogy addig, amíg az egyedüli bomlási reakció (a víz autoprotolízise) nem okozott nagy akadályt a diákoknak, addig az egyetlen egyesülési reakció ( $\text{H}_2\text{X} + 2 \text{Y} \rightleftharpoons (\text{YH})_2\text{X}$ ) annál inkább.

A második feladat ugyan egyszerű kérdésekkel indult, azonban a feladat második része, azon belül is a 2-4. egyenletek felírása sok esetben problémát okozott. Ez abból a szempontból meglepő, hogy a hivatalos megoldókulcsban szerepelő egyenletek közismeretek, igaz a legfrissebb NAT szerinti nyolcadikos tananyagnak – a szerves kémia térnyerése miatt – már kevésbé képezik részét. Az előállítások reakció típusuk szerinti csoportosítása egyébként nem túl gyakori, így az is lehet, hogy a reakciók helyességének felismerése okozta a nehézséget.

A feladat első részében feltett kérdések közül a komplexvegyület képletének a felírása, illetve a timsó besorolása okozott nagyobb akadályt. Előbbi a fogalom ismertsége miatt okozhatott gondot (sok tanár csak fakultáción tanítja), míg utóbbi esetén több diák is egy olyan választ (a timsó egy kristályvizes só) adott meg, mely rámutat a kérdés azon tulajdonságára, hogy az nem szűkíti le a válaszlehetőségeket a vizsgált négy só típusra. Ezek mellett több diák is a komplexsók közé sorolta a timsót, mely a képlet alapján egyértelműen hibás, hiszen a kétféle kation alapján legalább egyszer szerepelnie kellett volna a kettős só kifejezésnek is a diákok válaszában. Mivel ennek a definíciója meg volt adva, így felmerül a kérdés, hogy mennyire vizsgálták meg azt alaposan, illetve mennyire vették egyáltalán figyelembe azt a diákok, vagy mindösszesen csak annyit csináltak, hogy a megadott ionokból egy semleges töltésű anyag képletét állították elő.

A negyedik feladatról az 1. táblázat adatai alapján azt mondhatjuk, hogy nem okozott nagy nehézséget egyik kategóriának sem. A 3. táblázat adatai alapján azonban lehetőségünk nyílik a helyes válaszok aránya alapján felmérni azt, hogy mely kérdések voltak nehezebbek. A számok alapján a 7. (cseppfolyósítás) és a 9. (emulgeálószer) kérdések voltak ezek. A két kérdésnek közös vonása, hogy a tartalmukat kevés tankönyv

tárgyalja részletesen (9.-ben), így nem is meglepő, hogy a többi kérdéshez képest ezek alacsonyabb megoldottsággal bírtak.

Ha közelebbről is szemügyre vesszük a számítási feladatokon elért eredményeket (2. táblázat), akkor azt láthatjuk, hogy a páratlan sorszámú feladatok nehezebbek voltak, mint a páros sorszámúak. A hibátlan, illetve az értékelhető részt nem tartalmazó (0 pontos) megoldások számát figyelve azt láthatjuk, hogy az utóbbi típusba sorolható megoldások száma jól követi a százalékos eredmények átlagát. Ez azt jelenti, hogy a nehezebbnek látszó feladatok esetén sok olyan diák volt (20-35%), akik egyetlen elemét sem tudták értékelhető módon teljesíteni az adott feladatoknak. Ennek különböző okai lehetnek, hiszen az utolsó feladat esetén az időhiány, míg a 2., illetve a 4. számítási feladatok esetén a feladatban megfogalmazott probléma megértésének, valamint a kezdőlépés megtalálásának a nehézsége lehetett a felelős az ilyen dolgozatok magas számáért.

A tesztfeladatok esetén a beküldött válaszok alapján (4-5. táblázatok) lehetőségünk van egyrészt a kérdéseket nehézségük szerint jellemezni, másrészt azt is meg tudjuk vizsgálni, hogy mely hibás válaszlehetőségek voltak népszerűek a diákok között, vagyis a feladatot hibásan megoldók miben tévedhettek, illetve hol csúszhattak el annak megoldása közben.

Az látható, hogy a 4., a 7. és a 8. kérdések nem okoztak nagy nehézséget a diákoknak. Míg az 1., a 2., és a 6. kérdések esetén a diákok kevesebb, mint a fele találta el a helyes megoldást (a 9. kérdést is csak 52-en a 102-ből). A legalább 7 jó választ adók között is ezek voltak a legkevésbé sikeres kérdések, míg a 4. és 7. feladatokat a kevésbé ügyesek is jól oldották meg. Ezek között vannak könnyen megérthető (1. és 6. nehézsége, 4., 7. és 8. könnyűsége) esetek, azonban vannak kevésbé egyértelmű, tanulságos esetek is.

Az első kérdésre beküldött válaszok esetén azt látjuk, hogy sokan jelölték meg az E válaszlehetőséget, mely nagy valószínűség szerint egy szövegértési hibához ( $w$  és  $x$  összekeverése) köthető. A diákok közül többen is megjelölték a B és a D válaszokat. Utóbbi válasz azt mutatja meg, hogy hányszoros anyagmennyiségűre (és nem tömegűre) kell hígítani az oldatot ahhoz, hogy az a kívánt összetételű legyen.

A második kérdés esetén a hibás válaszok között gyakori volt a B és a D. Előbbihez akkor jutunk, hogy nem vesszük figyelembe a gázelegy

térfogatváltozását (mintha csak hígulna a levegő és nem játszódna le reakció), míg utóbbihoz akkor jutunk, ha valamilyen oknál fogva  $2,00 \text{ dm}^3$ -nek vesszük a végső gázelegy térfogatát. Ehhez például akkor juthatunk, ha nem rendezzük az égés egyenletét, és nem vesszük figyelembe azt sem, hogy az oxigén mennyisége a meghatározó az átalakulás szempontjából.

A harmadik teszt esetén az A-t és a B-t is többen megjelölték. Az A esetén a szerepek (ki a 20%) összecserélése, míg a B esetén a tömeg és az anyagmennyiség fogalmak keverése okozta a hibás eredményt.

Az ötödik kérdés esetén az előző kérdéshez hasonlóan a B, mint gyakori téves válasz mögött a szerepek összecserélése állhat, míg a D, mint a másik gyakori hibás válasz esetén a mintában lévő szén-dioxidról feledkezhettek el a diákok.

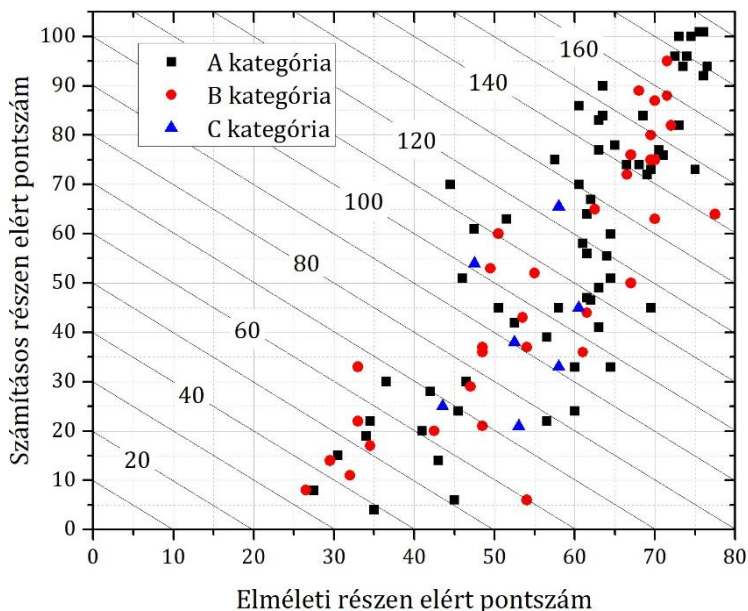
A hatodik kérdés esetén a D és az E válaszok voltak a leggyakoribbak a helytelen lehetőségek közül. Utóbbiról már volt szó, hiszen ezt mindenféle számítás nélkül ki lehet zárni, azonban figyelmetlenségek okán eljuthatunk e két válaszhoz, ha nem vesszük figyelembe azt, hogy a só oldódásakor nő az oldatban a víz tömege is, nemcsak az oldott anyagé, illetve elfelejtkezünk arról, hogy a két tömeg csak egymás kárára változhat.

A hetedik kérdés esetén egyedül az A választ jelölték meg kiugróan magasán a hibás lehetőségek közül, amihez például akkor juthatunk, ha nem vesszük figyelembe azt, hogy az egyensúlyban maradt a két elem molekuláiból.

A nyolcadik, illetve kilencedik kérdések esetén a hibás válasz lehetőségek mögött tipikus sztöchiometriai, illetve az utolsó kérdés esetén a moláris térfogat hibás használatából eredő hibák lehetnek felelősek a helytelen válaszok magasabb számáért, illetve eloszlásáért.

Írásom befejezéseként szeretnék néhány szót ejteni a következő oldali 3. ábrán látható pontokról, vagyis az elméleti, illetve a számításos részen elért eredmények, illetve a kategóriák viszonyáról. Az ábráról könnyen leolvasható az a tény, melyet a százalékos eredmények is sugalltak, hogy az elméleti fordulón könnyebb volt pontokat gyűjteni, míg a számításos feladatok jobban széthúzták a mezőnyt. Ez abból a szempontból nem is meglepő, hogy egy kilencedikes diáknak még az elméleti feladatok megoldásában van nagyobb rutinja. A másik fontos szempont, hogy a

számításos feladatok sikeres megoldásához elengedhetetlen egy bizonyos szintű matematikai képzettség, melyet nem ritkán a kémia tanároknak kell kialakítani, illetve megerősíteni.



4. ábra. Az I. kategóriás diákok eredménye az írásbeli fordulón.  
A vonalak az adott összpontszámot jelölik.

Az idei számításos feladatsor minden egyes feladatán (és az elméletien is) jobban teljesítettek az A kategóriások, mint a B-sek. Ez a különbség az elméleti feladatok esetén kisebb volt, azonban az első négy számításos feladat esetén 10% körül mozgott. Érdekes módon az utolsó két számításos feladat esetén viszonylag kismértékű különbség alakult ki, melynek oka az lehet, hogy azok olyan feladatok voltak, melyek a tagozatos kémia tananyaghoz közel állnak, így elképzelhető, hogy a matematikai képességekben lévő esetleges hátrányt a feladatok megoldásában lévő tapasztalat itt ellensúlyozta.

Az ábráról egyébként azt is leolvashatjuk, hogy a magas számítási pontszámhoz szükséges volt a magas elméleti pontszám, azonban a fordított irányú szükségesség nem állt fenn.

**Melléklet**

|             | E1    | E2    | E3    | E4    | E5    |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Pontszám    | 20    | 13    | 16    | 12    | 18    |
| Átlag       | 0,650 | 0,633 | 0,884 | 0,821 | 0,686 |
| Szórás      | 0,228 | 0,258 | 0,165 | 0,138 | 0,230 |
| Átlag (A)   | 0,679 | 0,656 | 0,897 | 0,829 | 0,706 |
| Szórás (A)  | 0,224 | 0,267 | 0,171 | 0,132 | 0,213 |
| Átlag (B)   | 0,609 | 0,613 | 0,886 | 0,808 | 0,643 |
| Szórás (B)  | 0,243 | 0,259 | 0,157 | 0,148 | 0,276 |
| Maximum     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     |
| Felső kvar. | 0,800 | 0,846 | 1     | 0,917 | 0,861 |
| Medián      | 0,700 | 0,692 | 0,938 | 0,833 | 0,722 |
| Alsó kvar.  | 0,500 | 0,461 | 0,875 | 0,750 | 0,563 |
| Minimum     | 0,100 | 0     | 0,188 | 0,500 | 0     |
| Hibátlan    | 5     | 8     | 42    | 21    | 3     |
| Köztes      | 97    | 92    | 50    | 81    | 97    |
| Nullás      | 0     | 2     | 0     | 0     | 2     |

1. táblázat. Az elméleti feladatok néhány statisztikai jellemzője

Az első sorban a hibátlan megoldásért járó pontszám, a következő két sorban a százalékos eredmények átlaga, illetve szórása, az azt követő négy sorban pedig az előbbi két mennyiség A, illetve B kategóriára történő szűkítése szerepel, míg az azokat követő öt sorban a százalékos eredmények sodrófa diagramjának (boxplot) kulcspontjai láthatók. Az alsó három sorban a feladatra hibátlan, értékelhetetlen, illetve köztes eredményt érő megoldást beadó diákok száma látható.

A C kategória átlagos eredménye a fentiek fényében, illetve a létszám ismeretében meghatározható.

|             | Sz1   | Sz2   | Sz3   | Sz4   | Sz5   | Sz6   |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Pontszám    | 27    | 15    | 14    | 10    | 20    | 15    |
| Átlag       | 0,583 | 0,467 | 0,567 | 0,459 | 0,599 | 0,453 |
| Szórás      | 0,249 | 0,385 | 0,294 | 0,419 | 0,353 | 0,419 |
| Átlag (A)   | 0,638 | 0,514 | 0,608 | 0,510 | 0,606 | 0,483 |
| Szórás (A)  | 0,245 | 0,396 | 0,302 | 0,425 | 0,368 | 0,417 |
| Átlag (B)   | 0,512 | 0,392 | 0,522 | 0,409 | 0,591 | 0,453 |
| Szórás (B)  | 0,239 | 0,374 | 0,286 | 0,418 | 0,339 | 0,446 |
| Maximum     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     |
| Felső kvar. | 0,778 | 0,783 | 0,857 | 0,900 | 0,950 | 0,933 |
| Medián      | 0,556 | 0,400 | 0,571 | 0,400 | 0,675 | 0,267 |
| Alsó kvar.  | 0,444 | 0,067 | 0,304 | 0     | 0,300 | 0,067 |
| Minimum     | 0     | 0     | 0,071 | 0     | 0     | 0     |
| Hibátlan    | 8     | 18    | 21    | 17    | 16    | 23    |
| Köztes      | 92    | 64    | 81    | 51    | 77    | 55    |
| Nullás      | 2     | 20    | 0     | 34    | 9     | 24    |

2. táblázat. A számítási feladatok néhány statisztikai jellemzője

Az első sorban a hibátlan megoldásért járó pontszám, a következő két sorban a százalékos eredmények átlaga, illetve szórása, az azt követő négy sorban pedig az előbbi két mennyiség A, illetve B kategóriára történő szűkítése szerepel, míg az azokat követő öt sorban a százalékos eredmények sodrófa diagramjának (boxplot) kulcspontjai láthatók. Az alsó három sorban a feladatra hibátlan, értékelhetetlen, illetve köztes eredményt érő megoldást beadó diákok száma látható.

A C kategória átlagos eredménye a fentiek fényében, illetve a létszám ismeretében meghatározható.

|     | A kategória |           | B kategória |           | Összesen  |           |
|-----|-------------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|
|     | Igaz        | Hamis     | Igaz        | Hamis     | Igaz      | Hamis     |
| 1.  | 4           | <b>58</b> | 4           | <b>29</b> | 10        | <b>92</b> |
| 2.  | 15          | <b>47</b> | 7           | <b>26</b> | 23        | <b>79</b> |
| 3.  | <b>49</b>   | 13        | <b>27</b>   | 6         | <b>81</b> | 21        |
| 4.  | <b>47</b>   | 15        | <b>21</b>   | 12        | <b>73</b> | 29        |
| 5.  | <b>51</b>   | 11        | <b>26</b>   | 6         | <b>83</b> | 18        |
| 6.  | 4           | <b>58</b> | 4           | <b>29</b> | 8         | <b>94</b> |
| 7.  | <b>43</b>   | 19        | <b>17</b>   | 14        | <b>63</b> | 37        |
| 8.  | <b>48</b>   | 14        | <b>27</b>   | 6         | <b>82</b> | 20        |
| 9.  | 21          | <b>41</b> | 11          | <b>22</b> | 35        | <b>67</b> |
| 10. | 49          | 13        | 28          | 5         | 80        | 22        |
| 11. | 7           | <b>55</b> | 3           | <b>30</b> | 10        | <b>92</b> |
| 12. | <b>58</b>   | 4         | <b>33</b>   | 0         | <b>98</b> | 4         |

3. táblázat. A 4. elméleti feladatra beadott válaszok eloszlása  
A helyes válaszokat a vastagítás jelöli.

A C kategória eloszlása a megadott adatokból meghatározható.  
A válaszadás hiányát mutatja az, ha a sorokban lévő számok összege kisebb az indulók számánál.

|    | A         | B         | C         | D  | E         |
|----|-----------|-----------|-----------|----|-----------|
| 1. | 6         | 14        | <b>41</b> | 15 | 25        |
| 2. | 1         | 23        | <b>48</b> | 23 | 7         |
| 3. | 11        | 25        | 4         | 2  | <b>60</b> |
| 4. | 5         | <b>82</b> | 5         | 1  | 8         |
| 5. | 3         | 15        | <b>62</b> | 18 | 3         |
| 6. | 1         | 5         | <b>44</b> | 34 | 15        |
| 7. | 24        | <b>70</b> | 3         | 0  | 5         |
| 8. | <b>75</b> | 15        | 6         | 4  | 2         |
| 9. | <b>52</b> | 21        | 14        | 12 | 1         |

4. táblázat A tesztés formában kitűzött számítási feladatokra beadott válaszok eloszlása. A helyes választ a vastagítás jelöli. A válaszadás hiányát mutatja az, ha a sorok összege kisebb az indulók számánál.

|    | A         | B         | C         | D  | E         | A         | B         | C         | D  | E         |
|----|-----------|-----------|-----------|----|-----------|-----------|-----------|-----------|----|-----------|
| 1. | 2         | 6         | <b>30</b> | 7  | 17        | 3         | 8         | <b>10</b> | 4  | 7         |
| 2. | 0         | 14        | <b>33</b> | 10 | 5         | 1         | 7         | <b>13</b> | 11 | 1         |
| 3. | 6         | 13        | 3         | 1  | <b>39</b> | 3         | 11        | 0         | 1  | <b>18</b> |
| 4. | 0         | <b>55</b> | 1         | 1  | 5         | 3         | <b>24</b> | 4         | 0  | 2         |
| 5. | 1         | 9         | <b>40</b> | 9  | 3         | 2         | 5         | <b>17</b> | 8  | 0         |
| 6. | 1         | 3         | <b>27</b> | 20 | 10        | 0         | 2         | <b>15</b> | 12 | 2         |
| 7. | 11        | <b>48</b> | 2         | 0  | 1         | 10        | <b>19</b> | 1         | 0  | 3         |
| 8. | <b>50</b> | 6         | 2         | 3  | 1         | <b>21</b> | 6         | 4         | 1  | 1         |
| 9. | <b>34</b> | 11        | 8         | 8  | 1         | <b>14</b> | 9         | 5         | 3  | 0         |

5. táblázat. A tesztben kitűzött számítási feladatokra beadott válaszok eloszlása az A (bal) és a B (jobb) kategória esetén. A C kategória eloszlása a 4. és az 5. táblázatokból meghatározható.