

## GONDOLKODÓ



### Feladatok

*Szerkesztő: Borbás Réka, Magyarfalvi Gábor, Zagyi Péter*

**A megoldásokat 2021. január 11-ig lehet a [kokel.mke.org.hu](http://kokel.mke.org.hu) honlapon keresztül feltölteni, vagy postára adás után regisztrálni. A formai követelmények figyelmes betartását kérjük. A postacím:**

#### **KÖKÉL Gondolkodó**

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

A **K** feladatsorra beküldött megoldásokból a legjobb 5 feladatot számítjuk csak be fordulónként. A 11-12. évfolyamos diákok esetében a nehezebb (csillagozott) példák mindenképp bekerülnek az 5 közé.

**K371.** Az aeroszolok olyan kolloid rendszerek, amelyek gázban eloszlatott folyadékcspepeket vagy szilárd szemcséket (szilárd aeroszol) tartalmaznak. Az eloszlatott cseppek, szemcsék (részecskék) mérete 1 és 1000 nm között mozog. Régebbi definíciók, melyeket a légkört tanulmányozók a mai napig is használnak, ennél nagyobb, de mikroszkopikus méretű gázban diszpergált csepp- vagy szemcseméret esetén is nevezték a rendszert aeroszolnak.

Manapság sokan tanulmányozzák a köhögéskor, tüsszentéskor, beszéd során a szájból diszpergált aeroszolok mennyiségét, cseppméret-eloszlását, légköri viselkedését. Egyes kutatócsoportok megállapították, hogy tüsszentéssel kb. 18-szor akkora cseppek keletkeznek, mint a

köhögés során<sup>1</sup>, illetve, hogy egy tüsszentés során képződő cseppek kettős haranggörbe szerinti méreteloszlást mutatnak, a kisebb cseppek 72-74  $\mu\text{m}$ , a nagyobbak 360-380  $\mu\text{m}$  jellemző méret körül szórnak<sup>2</sup>.

A levegőbe kerülő cseppek egy rövid ideig a gravitáció hatására gyorsulva ülepednek, de nagyon hamar beáll az egyensúlyi ülepedési sebesség, amit a Stokes-törvény segítségével lehet kiszámítani. Ez figyelembe veszi, hogy az adott csepp milyen közegellenállás mellett igyekszik lefelé. Az ülepedési sebességet leíró egyenlet:

$$v_{\text{ülepedés}} = \frac{d^2(\rho_{\text{részecske}} - \rho_{\text{közeg}})g}{18\mu}$$

Az egyenletben  $d$  a részecske átmérője,  $g$  a gravitációs gyorsulás ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ), illetve  $\mu$  a dinamikus viszkozitási együttható, melynek értéke levegő esetén  $1,815 \cdot 10^{-5} \text{ Ns/m}^2$  ( $20 \text{ }^\circ\text{C}$ -on). Továbbá szerepel benne a részecske és a közeg sűrűsége.

a) *A tüsszentéskor keletkezett cseppek méretével azonos vízcseppek mennyi idő alatt ülepsznek le 1,50 méter magasságból? Számoljunk a kisebb, illetve nagyobb cseppek átlagos jellemző méretével. Feltételezzük, hogy a cseppek mérete nem változik (pl. párolgás miatt).*

Ha egy csepp több mint 4 óra alatt ülepedne ki, akkor azt célszerű inkább szűrőberendezéssel eltávolítani.

b) *Milyen cseppméret alatt célszerű szűrőberendezéses eltávolítást alkalmazni?*

(Borbás Réka)

**K372.** A Stokes-törvény folyadékokra is érvényes, és az annak segítségével levezethető ülepedési sebesség folyadékok esetében annyiban más, hogy a nevezőben  $\mu$  helyett  $\eta$ -t használunk, amely a közeg viszkozitását jelenti (ld. K371. feladat).

Számítsd ki, hogy mekkora sebességgel ülepednek az alábbi részecskék  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ -os vizes oldatból.

a) *A folyóvíz által szállított 0,050 mm átmérőjű homokszem.*

<sup>1</sup> <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/5.0018432>

<sup>2</sup> <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3785820/>

b) A lila színű aranyzolban az arany szemcsék, melyek átmérője 40 nm.

A számításhoz szükséges adatok: a homokszemcse sűrűsége  $1,9 \text{ g/cm}^3$ , az arany sűrűsége  $19,3 \text{ g/cm}^3$ . A víz sűrűsége  $0,9982 \text{ g/cm}^3$ , viszkozitása  $1,006 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  ( $20 \text{ }^\circ\text{C}$ -on).

(Borbás Réka)

**K373.** Az élelmiszer késztermékeken a laboratóriumi fizikai-, kémiai-, biológiai ellenőrzésén túlmenően ún. közkeveltségi-vizsgálatot is elvégez(het)nek. Ezt a „szubjektív” elemzést is előírás szerint hajtják végre (ágazati szabványok), mely minősítést egészséges, érzékeny ízlelő-, szagló-, színfelismerő bírák végzik. A következő táblázatok az ún. érzékszervi bírák kiválasztásához szolgálnak alapul. [MSZ 7304/2; MSZ 7304/1]

Ízlelőképesség		
Ízfelismeréshez (tömeg/100 cm <sup>3</sup> oldat)	Íz	Ízkülönbség-felismerés (tömeg/100 cm <sup>3</sup> oldat)
szacharóz 0,800 g	édes	szacharóz 1,100 g
konyhasó 0,150 g	sós	konyhasó 0,200 g
citromsav 0,100 g	savanyú	citromsav 0,130 g
kinin-szulfát 0,0008 g	keserű	koffein 0,016 g

Szaglókéesség		
Vegyszer	(V/V)%	oldószer
ammónia	1 %	víz
benzaldehyd	1 %	50 tf %-os etanol
vajsav	10 %	víz
vanillin*	10 %	30 tf %-os etanol
ecetsav	8 %	víz
diacetil	10 <sup>-3</sup> %	víz
fenol	10 %	25 tf %-os etanol
ecetsavas amilészter	10 %	60 tf %-os etanol

a) Mennyi az anyagmennyiség-koncentrációja az alapíz-felismerő cukoroldatnak?

- b) A táblázatból könnyen megállapítható, hogy a két sós ízű oldat közül a második elkészítéséhez  $0,050\text{ g NaCl}$ -dal többet kell bemérni. Következik ebből, hogy vízből  $0,050\text{ g}$ -mal kevesebbet? Válaszodat indokold!
- c) Hány db citromsav-molekulával van több  $100\text{ cm}^3$  ízkülönbség-felismeréshez készített oldatban, mint az alapíz-felismeréshez készített oldat  $100\text{ cm}^3$ -es térfogatában?
- d) A szalmiákszesznek is nevezett ammónia vizes oldatából  $\text{NH}_3$  gáz szabadul fel. A légköri nyomású,  $37\text{ }^\circ\text{C}$ -os gáz sűrűsége hány %-kal kisebb a  $20\text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű, ugyanilyen nyomású gáz sűrűségénél?
- e) A benzaldehid feloldásához  $50$  térfogatszázalékos etanol-víz elegy szükséges, mely  $42,65$  tömegszázalékos. Mennyi az elegy sűrűsége?  
Az adott hőmérsékleten  $\rho(\text{etanol}) = 0,789\text{ g/cm}^3$ ,  $\rho(\text{víz}) = 1,00\text{ g/cm}^3$
- f) A vanillin-minta elkészítéséhez használandó  $30,00$  térfogatszázalékos etanol-víz elegy sűrűsége  $\rho = 0,9618\text{ g/cm}^3$ . Ehhez milyen térfogatarányban elegyítsük a két folyadékot egymással?
- g) Az ecetsav  $100\text{ cm}^3$  térfogatú oldatában  $0,14\text{ mol}$  az ecetsav anyagmennyisége. Egy adott időpillanatban minden  $250$ . ecetsav-molekula disszociált állapotban van. Mennyi az oldat oxóniumion - koncentrációja ?
- h) A banán egyik észtere az ecetsavas amilészter (amil-acetát). Ezen illatanyag gőzének sűrűsége hányszor nagyobb az ugyanolyan állapotú levegő sűrűségénél?

Megjegyzés: „A laboratóriumban a vegyszerek kóstolása szigorúan tilos!” szabály továbbra is érvényes. A leírt vizsgálatokat az erre kialakított helyiségekben végzik.

(Tóth Albertné)

**K374.** A klímaberendezések töltésére olyan gázokat használnak, amelyek jól cseppfolyósíthatók összenyomás hatására, és nagy a párolgáshőjük. A korábban betiltott freon-család tagjai is ilyen gázok voltak. Különösen azok az illékony halogénezett szénhidrogének károsak az ózonrétegre, amelyek klóratomot tartalmaznak. Ezért ezek helyett inkább más gázok és gázkeverékek használatára tértek át.

Az egyik gyakran alkalmazott töltőgázkeverék elemi összetétele a következő: 20,92 m/m% szén, 77,30 m/m% fluor, a többi hidrogén, ha a keveréket alkotó két telített halogénezett szénhidrogén 1:1 mólarányban van jelen. Ekkor a keverék azonos állapotú levegőre vonatkoztatott relatív sűrűsége 2,97.

*Milyen vegyületek alkotják a gázkeveréket?*

(Borbás Réka)

**K375.** 2020. október 9-i hír volt: klórgáz szabadult fel egy dunaföldvári üzemből, többen megsérültek.

„Korábban a dunaujvaros.com úgy értesült, hogy tisztázatlan okból nagy mennyiségű gáz került a légtérbe a dunaföldvári bioetanolgyár üzemi területéről. A baleset hírére több, egymástól független olvasói híradás is megerősítette, a környék lakóit és az intézményeket az ablakok becsukására szólították föl. [...]

Horváth Zsolt polgármester videóüzenetben tájékoztatta a lakosságot a Pannonia Bio Zrt.-nél történt üzemi balesetről. Ebben elmondta, hogy a tartályban 4500 liter hypó volt, amihez hozzákevertek 400 liter salétromsavat, és a reakció során keletkező klórgáz került a levegőbe. A baleset elhárításán dolgoznak, a katasztrófavédelem két kocsija folyamatosan a klórgáz koncentrációját méri. A sérülteket a mentőszolgálat elszállította, akit kellett, légi úton.

Dunaföldváron nem volt szükség óvintézkedésekre, de a polgármester óvatosságból elrendelte, hogy az iskolákból ne engedjék ki a gyerekeket, és ne szellőztessenek. Ezt hamarosan fel fogják oldani.

A katasztrófavédelem is közleményt adott ki, eszerint a bioetanol előállításakor nem megfelelő anyagot, a jelenlegi információk szerint salétromsavat öntöttek. A két anyag reakciójaként klórgáz fejlődött, az eset során több dolgozó megsérült.” (<https://infostart.hu>)

a) *Mire használják a bioetanol?*

b) *Mi lehet a bioetanol-gyártás alapanyaga? Hozz néhány példát!*

Az etanol monoszacharidokból, azaz egyszerű cukrokból (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) enzimek segítségével képződik.

c) *Írd föl a reakció egyenletét!*

d) *A bioetanol-gyártás mely lépéséhez lehet szükséges valamilyen sav használata? (Erre a célra nem salétromsavat használnak, hanem híg sósavat vagy híg kénsavat.)*

Hypót az otthoni takarítás során nem szabad összeönteni sósavval, mert a két anyag reakciójában klór képződik.

e) *Írd föl a reakció egyenletét!*

f) *Melyik atom redukálódik, melyik oxidálódik ebben a reakcióban?*

Ebből az egyenletből látható, hogy a klór keletkezéséhez a hipoklorit-ionok mellett kloridionokra is mindenképpen szükség van. A salétromsav oldatában azonban nincsenek kloridionok.

g) *Hogyan képződhetett akkor mégis klór a dunaföldvári tartályban? (Segítség: nézz utána, hogyan gyártják a hypót!)*

(Keglevich Kristóf)

**K376\***. Nem könnyen, de előállítható olyan vizes oldat, amelyben kizárólag nátrium-hipoklorit található oldott anyagként. Ilyen oldatot salétromsavval megsavanyítva meglepő módon fejlődhet klórgáz. Ennek az oka, hogy két folyamat révén is keletkezhet kloridion az oldatban, és végbemehet a klorid- és hipoklorit-ionok közti reakció.

(1) Vizes oldatban a hipoklorit-ion diszproporcionálódhat. 3 mol hipoklorit-ionból 2 mol kloridion képződik.

(2) Egy másik reakcióban a kloridionok mellett egy szintelen gáz keletkezik.

a) *Írd fel a két reakció egyenletét!*

A hőmérséklet emelése és a megvilágítás növeli a reakciók sebességét, a diszproporciót pedig bizonyos fémionok nyomnyi jelenléte is katalizálja. Befolyásoló tényező továbbá az oldat pH-ja is.

b) *Milyen kémhatású a nátrium-hipoklorit vizes oldata? Válaszodat reakcióegyenlettel indokold!*

c) *Milyen irányban változik a nátrium-hipoklorit-oldat pH-ja a két említett folyamat (a diszproporció és a gázfejlődéssel járó reakció) eredményeképpen? Válaszodat indokold!*

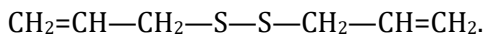
100 g 5,00 m/m%-os nátrium-hipoklorit-oldatban bizonyos körülmények között mind az (1), mind a (2) reakció lejátszódik (de klórgáz

nem fejlődik, mert az oldat nem savas). Egy idő után az oldatban már egyáltalán nem mutatható ki hipoklorit ion, az oldat tömege pedig 99,4 g-ra csökkent.

d) *Hány m/m%-os ez az oldat a benne oldott anyagokra nézve?*

(Zagyai Péter)

**K377\***. A fokhagyma csípősségét, illatát (vagy szagát, kinek, hogy tetszik) egy diallil-diszulfid nevű vegyület okozza. A vegyület szerkezete:



Érdekes módon ez a vegyület nem található meg magában a hagymában, hanem egy allicin nevű vegyületből keletkezik, ami akkor szabadul fel, ha roncsoljuk (vágjuk, megtörjük stb.) a hagymát. Az allicin egy vízben oldhatatlan, sárga színű folyadék, fokhagymaszagú, és szerkezete annyiban különbözik a fent leírt diallil-diszulfidtól, hogy az egyik kénatomhoz oxigénatom is kapcsolódik. Orrunk igen érzékeny a diallil-diszulfidra, már 0,22 ppb koncentrációban megérezzük. (A ppb – *parts per billion* – azt fejezi ki, hogy a kérdéses komponens egy keveréknek  $10^{-9}$ -ed részét teszi ki.) Ezen vegyületek is hozzájárulnak ahhoz, hogy a fokhagyma annyira egészséges – pozitív hatással van a szívre, érrendszerre, baktériumellenes tulajdonságai is lehetnek.

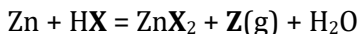
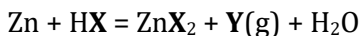
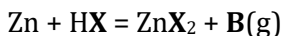
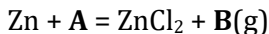
Feltételezzük, hogy a fokhagymában lévő allicin 5,0%-a szabadul fel és alakul át diallil-diszulfiddá. Egy fokhagyma átlagosan 4,0 mg allicint tartalmaz grammonként. Egy gerezd fokhagyma tömege 2 g és 7 g között van átlagosan.

*Hány gramm fokhagymát kell összetörni (pl. egy fondü elkészítéséhez), hogy egy 20 m<sup>2</sup> alapterületű, 2,75 m belmagasságú konyhában, ahol a bútorok a légtérből 5 m<sup>3</sup>-t foglalnak el, mindenhol megérezzük a fokhagymaszagot? Hány gerezd fokhagymát kell a szagérzékeléshez össze-zúzni a fenti feltételek mellett?*

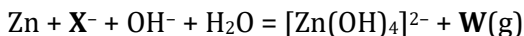
(Borbás Réka)

**K378\***. Az alábbiakban a cink reakcióit vizsgáljuk egy elem vegyületeivel. Az **X**, **Y**, **Z** által jelölt atomcsoportok a központi atomon kívül csak oxigént tartalmaznak. Az **A**, **B** és **W** egy elemet vagy vegyületet jelöl. Az

egyenletek nincsenek rendezve. Az **Y** és **Z** tömegszázalékos oxigéntartalmának aránya 1,913.



(a **HX** oldat töménységétől függ, hogy **B**, **Y** vagy **Z** vagy esetleg más keletkezik)



a) *Mit jelölnek a fenti képletekben **A**, **B**, **X**, **Y**, **Z**, **W** betűk?*

b) *Add meg a fenti egyenleteket képletekkel, rendezve!*

(Borbás Réka)

**K379\***. 10,0 gramm nátrium-karbonát-oldathoz 1,25 g/cm<sup>3</sup> sűrűségű, 33,4 m/m%-os kénsavoldatot öntünk, majd a kapott oldatot óvatosan kiforraljuk. A lehűlt oldathoz óvatosan annyi 2,00 mol/dm<sup>3</sup> töménységű NaOH-oldatot adunk, hogy az oldat pontosan semleges legyen. Ehhez 3,67 cm<sup>3</sup> lúgoldalra van szükség. Az oldat térfogatát desztillált vízzel 25 cm<sup>3</sup>-re egészítjük ki, és így egy 1,10 g/cm<sup>3</sup> sűrűségű, egyetlen oldott anyagot tartalmazó oldathoz jutunk. Az oldatot 0 °C-ra hűtve 4,49 gramm Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·10H<sub>2</sub>O összetételű csapadék válik ki. A Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> oldhatósága 4,76 g só 100 g vízben.

a) *Mekkora térfogatú kénsavoldatot adtunk a nátrium-karbonát-oldathoz?*

b) *Hány tömegszázalék volt a kiindulási nátrium-karbonát-oldat töménysége?*

(Borbás Réka)

**H336**. Ebben a feladatban olyan szénhidrogénekről lesz szó, amelyeknek az általános képlete (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>)<sub>n</sub>.

a) *Mi  $x$  és  $y$  értéke, ha a vegyületek tömegszázalékos széntartalma 90,0%?*

Egy ilyen vegyületen vízadíciót hajtottunk végre, majd a reaktort acetonnal átmostuk, hogy a terméket kinyerjük.



b) *Mi lehetett a vegyület, ha a kapott oldatban számottevő mennyiségű szerves terméket nem lehetett kimutatni? Írd fel a lejátszódó reakciók egyenleteit, a szerves anyagokat szerkezeti képletükkel jelölve!*

Egy másik ilyen szénhidrogén 0,800 grammjából 100,0 cm<sup>3</sup> oldatot készítettünk, majd ennek tizedét adtuk feleslegben levő brómos vízhez. A felesleget az alábbiak szerint mértük.

A brómfelesleget nátrium-tioszulfát feleslegével reagáltattuk, majd az oldathoz kálium-jodidot, kálium-jodátot és kénsavat adtunk. A művelet során az oldat megbarnult, majd a barna oldatot az előzőekben használt nátrium-tioszulfáttal titráljuk keményítő indikátor mellett.

A mérés során használt reagensek:

- Brómos víz: 100,2 cm<sup>3</sup>, 0,0998 mol/dm<sup>3</sup>
- Nátrium-tioszulfát: a bróm redukálásánál 10,12 cm<sup>3</sup>, a titrálásnál 3,80 cm<sup>3</sup>; 0,1976 mol/dm<sup>3</sup> mind a két esetben
- Kálium-jodid: 691,67 mg
- Kálium-jodát: 35,67 mg
- Kénsav: 2,00 cm<sup>3</sup>, 1,00 mol/dm<sup>3</sup>

c) *Mi lehetett a vegyület, ha tudjuk, hogy a moláris tömege nem nagyobb 100 g/mol-nál és azt is tudjuk, hogy a molekula minden atoma egy síkba esik?*

Az előző vegyület egy konstitúciós izomeréről tudjuk, hogy redukív ozonolízisének csak egyféle terméke van, aminek az összegképlete C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>O<sub>2</sub>.

d) *Mi a kérdéses izomer szerkezete? Lehet-e tautomere a C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>O<sub>2</sub>-nek és ha igen akkor melyik a stabilisabb?*

Megjegyzés: Az ozonolízis egy olyan folyamat melynek során a szén-szén kettős kötés felhasad és helyére egy-egy oxocsoport épül be. Attól függően tehát, hogy kapcsolódott-e hidrogénatom a szén-szén kettős kötésben részt vevő szénatomhoz, kaphatunk aldehidet vagy ketont.

A tautoméria az izomériának egy olyan típusa, amikor egy  $\pi$ -kötés és egy hidrogénatom pozíciója változik meg. Az oxo-enol tautoméria egy gyakori esete a tautomériáknak, erre példa az, hogy tiszta acetonban, kismértékben jelen van propén-2-ol.

(Ficsór István)

**H337.** A szerves bórvegyületeknek egy iparilag jelentős típusa a triaril-boránok, ahol a bóratomhoz három aromás csoport kapcsolódik. Noha minden atom konfigurációja síkháromszöges, ezek a molekulák mégsem planárisak.

a) *Miért?*

Ha a trifenil-borán mind a 15 hidrogénatomját fluoratomra cseréljük, megkapjuk a csoport legfontosabb képviselőjét, a trisz(pentafluorofenil)-boránt. A vegyület érdekessége, hogy bár nincs benne hidrogén, vizes közegben mégis Arrhenius-savként viselkedik.

b) *Mondj példát hasonló vegyületre! Rajzold fel a trisz(pentafluorofenil)-borán és a víz reakcióját!*

Azokat a triaril-boránokat könnyű előállítani, ahol legalább két aromás csoport egyforma. A továbbiakban ezekkel foglalkozunk.

Hány olyan triaril-borán van ezek között, amelyekben a C, H és B mellett

c) 1,

d) 5

e) 10 fluoratom van a molekulában?

(Forman Ferenc)

**H338.** Minden bizonnyal az **A** vegyület inspirálta a következő viccbeli párbeszédet:

-Professzor úr! Előállítottam egy anyagot, ami a legkisebb mozgásra is felrobban!

-Gratulálok! És mégis hogyan gondolta értékesíteni?

**A** eddigi legnagyobb mennyiségét egy bergengóciai hallgató állította elő. Az évek során gyűjtött mintegy 30 g ezüst-kloridját nátrium-hidroxidos vizes ammóniaoldattal tárta fel, majd hidrazinnal redukálta. Az üveg falra kitapadt, reakcióból visszamaradó csapadékot szalmiákszesszel gondolta elmosogatni, melynek során fekete anyag keletkezett, és a mosogató mozdulatok hatására felrobbant. Az elszívó fülke maradékában a következő napokban további váratlan, hangos robbanások történtek.

A helyszínelők eleinte nem látták a balesethez vezető kísérlet pontos jegyzőkönyvét, így az esemény alaposabb megismerése érdekében két reprodukciót is végeztek. Előbb ezüst-nitrát és nátrium-hidroxid vizes oldatait keverték össze, majd a csapadékos lombikot etanollal és szalmiákszesszel mosogatták. Az így keletkezett **B** vegyület azonban háromszor kevésbé volt robbanékony, mint **A**, és narancssárga színű volt.

A másik reprodukció során nátrium-nitritet mosogattak alkohollal és kénsavval, majd hidrazin vizes oldatával. Az így kapott **C** vegyület azonban **B**-nél is tízszer kevésbé volt robbanékony, és szilárd fehér anyagként kristályosodott.

**A**, **B** és **C** egyaránt tartalmazza **X** és **Y** elemeket, rendre 95,85% és 4,15%, 71,97% és 9,35%, valamint 71,97% és 28,03% arányban.

*Azonosítsd a vegyületeket és írd fel a reakcióegyenleteket!*

(Forman Ferenc)

**H339.** Számítsd ki a grafitban található szénatomrétegek közti távolságot! Kizárólag a kristályos grafit sűrűségét ( $2,26 \text{ g/cm}^3$ ) és az  $sp^2$  szénatomok kovalens sugarát ( $71 \text{ pm}$ ) használd!

(Magyarfalvi Gábor)

**H340.** A kristályvizes sók stabilitása a hőmérséklet és a légtér páratartalmának függvénye. Például a réz-szulfát közismert kék színű 5 kristályvizes és a fehér vízmentes formája a légnedvesség indikátora is lehet. Az viszont kevésbé közismert, hogy a bomlás lépcsőzetes, és három további kristályvizes forma is létezik, amelyek fokozatos hevítés során egymás után keletkeznek:

- i.  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
- ii.  $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
- iii.  $\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
- iv.  $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CuSO}_4(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

a) *Írd fel az i-iv. részfolyamatok egyensúlyi állandóit a vízgőz bar-ban kifejezett parciális nyomását felhasználva!*

Az alábbi empirikus összefüggések megadják az i, ii, és iv reakciók bar-ban mért egyensúlyi nyomásának hőmérsékletfüggését.

$$\lg(p_{5 \rightarrow 3}) = 13,0864 - \frac{2998,91}{T}$$

$$\lg(p_{3 \rightarrow 2}) = 11,9383 - \frac{2693,86}{T}$$

$$\lg(p_{1 \rightarrow 0}) = 10,1759 - \frac{2698,81}{T}$$

b) Mik azok a minimális  $H_2O$  parciális nyomások 400 K hőmérsékleten, ami mellett az i, ii és iv reakciók reaktánsa stabil lesz?

Az egyensúlyi állandók hőmérsékletfüggése nem csak empirikus úton határozható meg, hanem hőtani adatokból is megkapható, mégpedig a reakció szabadentalpia-változása segítségével:

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

Itt  $\Delta G^\circ$  a szabadentalpia-változás [ $J \cdot mol^{-1}$ ];  $R$  az egyetemes gázállandó [ $J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$ ];  $T$  a hőmérséklet [K];  $K$  a megfelelő módon kifejezett egyensúlyi állandó (jelen esetben a parciális nyomások bar-ban értendők).

A reakció szabadentalpia-változása az entrópiaváltozásból és az entalpiaváltozásból (reakcióhő állandó nyomáson) számítható:

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$

ahol  $\Delta H^\circ$  az entalpiaváltozás [ $J \cdot mol^{-1}$ ];  $\Delta S^\circ$  az entrópiaváltozás [ $J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$ ].

Ismerjük a következő anyagok hőtani adatait:

	$\Delta_{képz}H^\circ$ (400 K) [ $kJ \cdot mol^{-1}$ ]	$S^\circ$ (400 K) [ $J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$ ]
$CuSO_4 \cdot 2H_2O$	-1393,7	181,25
$CuSO_4 \cdot H_2O$	-1071,7	188,36
$H_2O$	-238,90	197,17

Egy 500 ml-es evakuált reakcióedénybe 0,640 g  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ -ot helyeztek, és 400 K hőmérsékleten megvárták az egyensúly beállását.

- c) Számítsd ki a nyomást és az egyensúlyban jelen levő anyagok anyagmennyiségét!
- d) Mi lesz a nyomás és az egyensúlyban jelen levő anyagok anyagmennyisége, ha 600 K-re hevítjük az edényt és megvárjuk az egyensúly beálltát?

(lengyel feladat)