

1. feladat

A hidrogén szinte minden elemmel vegyületet alkot, a vegyületeit összefoglaló néven hidrideknek nevezzük. A következő feladatban a vegyületcsoport különböző típusaival ismerkedhettek meg. A hidrogénatom moláris tömege vegyületek 1,00-nak!

Egy molekularácsos hidrid a hidrogénon kívül csak egy másik (p-mezőbeli) elemet tartalmaz. A vegyület 2,40 $m/m\%$ -a hidrogén.

- Mi a vegyület összegképlete?
- Vizsgáljátok meg a központi atom periódusos rendszerben elfoglalt helye alapján, hogy reális-e a kapott vegyérték, valamint hogy mi a legerősebb összetartó erő a molekulában és a molekulák között!

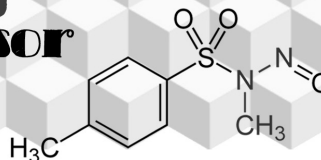
Kis elektronegativitású fémekkel a hidrogén ionrácsos vegyületet képez.

- Melyik az a legkisebb moláris tömegű elem, ami ilyen típusú vegyületet alkot?
- Ez az anyag vízzel szemben rendkívül reakcióképes. Adjátok meg a lejátszódó folyamat egyenletét!
- Mit tapasztalunk, ha a vegyület olvadékát elektrolizáljuk? Írjátok fel az elektródfolyamatok egyenletét, valamint a bruttó egyenletet!
- A fenti anyag olvadáspontja 692 °C. Ezen a hőmérsékleten, 10,0 mA áramerősség mellett az olvadékot 10,0 percig elektrolizáljuk. Mekkora térfogatú, 1,00 atm nyomású gáz fejlődik?

A d- és f-mezőben található fémek úgynevezett intersticiális (rácsközi) hidrideket alkotnak. Az elnevezés arra utal, hogy a hidrogénatomok a fématomok közt helyezkednek el. Ezeknek a vegyületeknek az összetétele jellemzően kis mértékben eltér a sztöchiometrikus aránytól.

- A palládium közismert hidrogénátvivő katalizátor. Adjátok magyarázatot arra, miért alkalmas katalizátornak a palládium!
- Egy laborban telítési reakcióhoz 3,22 dm³, standard hőmérsékletű és nyomású hidrogéngázra van szükség. Ehhez 0,750 gramm fémpalládiumot használnak katalizátornak. Feltéve, hogy a palládium az összes hidrogén 2,50 $V/V\%$ -át nyeli el egyszerre, mi a katalizátor azon átmeneti állapotának átlagos molekulaképlete, amikor a hidrogéntartalma maximális?

A komplex hidridek családjába olyan vegyületek tartoznak, amelyekben több, mint 2 elem megtalálható. Nagy jelentőségűek közülük a (BH₄)- ionokat tartalmazó vegyületek, például a NaBH₄, amely közkedvelt redukálószer a szerves kémiában. Például gyakran használják ki, hogy az oxocsoportot szelektíven hidroxilcsoporttá redukálja.



Egy ismeretlen ketonról tudjuk, hogy szénen és hidrogéneken kívül egyetlen oxocsoportot tartalmaz és más többszörös kötés nincs a molekulában. A reakció 100 %-os lejátszódását feltételezve NaBH_4 -es redukciója során a tömege 2,04 %-kal megnő. A kapott termék a műanyaggyártás egyik fontos alapanyaga.

- Mi lehetett az ismeretlen vegyület?
- Adjátok meg egy ezzel azonos összegképletű aldehid lehetséges szerkezetét is, valamint írjátok fel mindkét molekula redukciójának egyenletét!

2. feladat

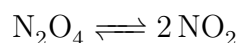
Utónium professzor az alternatív Avogadro-szám területén végzett munkásságát lezárva, figyelmét egy új terület felé fordította: a nitrogén-dioxid, és annak dimerizációja felé. Ehhez először egy 2,00 g-os réz lemezkét helyezett $20,0 \text{ cm}^3$ $1,0 \text{ mol/dm}^3$ -es AgNO_3 -oldatba, és egy darabig benne hagyta. A lemez tömege 0,132 grammal nőtt. Az oldathoz a lemez kivétele után feleslegben vett sósavat öntött.

- Mekkora a leváló csapadék tömege? ($M(\text{Cu})=63,5 \text{ g/mol}$ $M(\text{Ag})=107,9 \text{ g/mol}$)

Utónium professzor ezután a lemezt $0,1 \text{ dm}^3$ 2 mol/dm^3 -es salétromsav-oldatban oldotta. A folyamat során barnás színű nitrozus gázok keletkeztek, az egyszerűség kedvéért feltételezhetjük, hogy csak nitrogén-dioxid fejlődött.

- Standard körülmények között mekkora a lemezke oldása során fejlődő gáz térfogata?
- A salétromsavas oldathoz nagy feleslegben ammónia-oldatot öntve mit tapasztalhatott Utónium professzor? Írja fel, hogy milyen reakciók játszódhattak le!
- Mekkora térfogatú $1,0 \text{ mol/dm}^3$ -es ammónia-oldatot kell a salétromsavas oldathoz önteni, hogy 9-es pH-jú oldatot kapjunk? $K_b(\text{NH}_3) = 1,79 \cdot 10^{-5}$

Az oldás során keletkező nitrogén-dioxid gáz előállítható annak dimerje, a dinitrogén-tetraoxid bomlásának termékeként is:

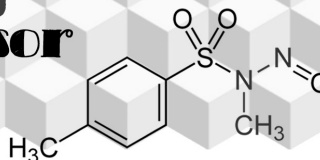


- 100 %-os átalakulást feltételezve, hány gramm N_2O_4 -re van szükség, hogy a lemez oldása során keletkező mennyiségű NO_2 -t állítsunk elő? (Amennyiben a b) feladatot nem sikerült megoldani, számoljatok $2,15 \text{ dm}^3$ standard állapotú NO_2 -dal.)

A fenti reakciót kinetikai szempontból elsőrendű reakciónak nevezzük, mert sebessége egyenes arányosságban áll a dinitrogén-tetraoxid koncentrációjával: $v = k \cdot [\text{N}_2\text{O}_4]$

Elsőrendű reakciókra felírható továbbá a következő összefüggés: $\ln [A] = \ln [A]_0 - k \cdot t$, ahol $[A]_0$ a kiindulási koncentráció, $[A]$ az adott t pillanatban vett koncentráció, míg k egy arányossági tényező, melyet reakciósebességi állandónak nevezünk.

- Fejezzétek ki $[A]$ -t a fent megadott egyenletből!



- g) Ábrázoljátok $[A]$ -t és $\ln [A]$ -t az idő függvényében! A grafikonon jelöljétek $[A]_0$ -t, valamint részletezzétek, k értékének változtatására hogyan változik a grafikon görbéje!
- h) Egy reakció felezési idejének azt az időt nevezzük, mely alatt a kiindulási koncentráció a felére csökken. Fejezzétek ki a felezési időt k függvényében!
- i) Egy $A \rightarrow B$ elsőrendű reakcióban A komponens koncentrációja 12 s alatt $2,00 \text{ mol/dm}^3$ -ről $0,33 \text{ mol/dm}^3$ -re esett. Mekkora lesz a reakcióra vonatkozó reakciósebességi állandó értéke? Mennyi A felezési ideje a folyamatban?

Vizsgálatai során Utónium professzor hamar felismerte, hogy a nitrogén-oxidok közötti átalakulás valójában nem egyirányú, hanem egyensúlyra vezető folyamat. Hosszas számítások után meghatározta a folyamat egyensúlyi állandóját: $K_c = 0,110$

- j) Ezen ismeretek birtokában számítsátok ki, hány mól dinitrogén-tetraoxidból kiindulva lehet a b) feladatrészből számolt mennyiségű NO_2 -t előállítani egy 600 cm^3 -es reakcióterben! Hány százalékos átalakulásnak felel ez meg? (Amennyiben a b) feladatot nem sikerült megoldani, ezúttal is számoljatok annyi nitrogén-dioxiddal, mely standard állapotban $2,15 \text{ dm}^3$ térfogatot töltene ki!)

Utónium professzor ezt követően a keletkezett gázelegyet dugattyús hengerbe töltötte át, és a dugattyú mozgatásával érdekes jelenségeket figyelt meg. A gázelegyet összenyomva annak színe először sötétebb lett, majd fokozatosan visszahalványodott, mígnem végül az eredetinel is világosabb lett az egyensúlyi gázelegy színe. Ezzel szemben a dugattyút kifelé mozgatva, a gázelegy kiterjesztésével kezdetben halványodás, majd az egyensúly beálltával a szín mélyülése következett be.

- k) Mivel magyarázhatóak Utónium professzor tapasztalatai?

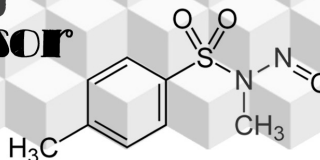
Professzorunk hosszas kutatások eredményeképpen kidolgozott egy, a részecskék mágneses viselkedésén alapuló módszert, mellyel a gázelegy összetétele meghatározható.

- l) Rajzoljátok fel a két részecske szerkezetét, és mutassa be, milyen alapvető eltérés okozza az eltérő mágneses viselkedést!

Utónium professzornak végül komoly fáradtságok árán sikerült folyadékfázisban tisztán N_2O_4 -et előállítani. A professzor egy 2 m^3 -es tartályt a feléig töltött tiszta dinitrogén-tetraoxiddal, fölötte vákuumot hozott létre. Amint a folyadék elkezdett párologni, a gőztérben megindult az egyensúlyi reakció, és számottevő NO_2 keletkezett.

- m) Adjátok meg a gázfázis összetételét, valamint a folyadékfázis térfogatát az egyensúly beállta után!

A kísérlet hőmérsékletén ($20 \text{ }^\circ\text{C}$) a folyadék tenziója 96 kPa , sűrűsége $1,45 \text{ g/cm}^3$. A reakcióra vonatkozó állandó a korábbiakhoz hasonlóan $K_c = 0,110$. (R értéke $8,314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$).



3. feladat

Az **A** vegyület elemanalízis alapján 47,4 $m/m\%$ szenet, 10,5 $m/m\%$ hidrogént és 42,1 $m/m\%$ kenet tartalmaz. NaOH-oldatban viszont gyengén oldódik. **A**-t híg nátrium-hipoklorittal (hypo) kezelve **B**-t kapjuk, mely 42,7 $m/m\%$ -ban tartalmaz kenet. **B**-t cinkporral redukálva **A** visszakapható, míg salétromsav hatására **A** egy savvá (**C**) alakul, miközben nem keletkezik C-O kötés.

- Határozzátok meg **A**, **B**, és **C** szerkezetét!
- A **B** vegyületben található funkciós csoport nagyon fontos szerepet játszik egyes biomolekulák viselkedésében. Mely biomolekulákról van szó?
- Rajzoljátok fel az említett funkciós csoport kialakulásáért felelős építőelem szerkezetét!

Az **A** homológ sorának **A** előtti (eggyel kevesebb szénatomot tartalmazó) tagja **D**. **D** vizes oldatát sztöchiometrikus mennyiségű nátrium-hidroxiddal reagáltatva **E** illetve egy szervetlen só (**F**) keletkezik. Az oldathoz **G**-t adva visszkapjuk **A**-t, illetve egy másik szervetlen só (**H**) keletkezik. **H** lángfestése élénksárga, vizes oldata AgNO_3 -tal fehér csapadékot ad, mely a reagens feleslegére sem oldódik vissza.

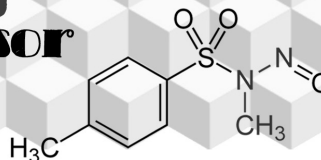
- Nevezzétek el a **D-H** betűvel jelölt vegyületeket!
- Milyen típusú reakció a **D** \rightarrow **E**, illetve a **G** \rightarrow **H** reakció?

Aromás tiolokat viszont nem lehet a fenti reakcióval előállítani, ugyanis az aromás gyűrű túlságosan elektrondús. Ezért ott először szulfonsavat állítanak elő, majd az redukálják cinkporral. (A szulfonsavak a kénsavhoz hasonló vegyületek, csak az egyik hidroxilcsoport helyén szerves oldallánc található.)

- Milyen típusú reakcióval állíthatóak elő az aromás szulfonsavak?
- Hogyan állítanátok elő benzolból tiofenolt 2 lépésben?

A kéntartalmú szerves kémia különlegességét a jól csengő névvel rendelkező Ferrario reakció is jól példázza. Ebben difenil-éterből keletkezik egy kondenzált gyűrűs vegyület kénhidrogén felszabadulása közben.

- Írjátok fel a fenti Ferrario-reakció egyenletét!



4. feladat

A filmekben igen gyakori robbanószer a trinitrotoluol, ismertebb nevén TNT. Tételezzük fel, hogy egy vegyészekből álló kutatócsoport robbantani szeretne, és ehhez TNT-t állítana elő. Az előállításnak két fő lépése van: az első lépésben a toluolt nitráló eleggyel reagáltatják, amelyben két izomer keletkezik (1), majd az izomer elegyhez salétromsav és óleum elegyét adják, melynek terméke a TNT (2).

a) Írjátok fel az (1) és (2) reakció reakcióegyenletét!

Az előállítás után a kapott elegyből kikristályosították a terméket, majd a megmaradt folyékony fázist gázkromatográfiás vizsgálatnak vetették alá az esetleges toluol maradványok meghatározására. A mérés során belső standard addíció módszert használtak, mivel a térfogat szerinti minta bevitellel nagyon nehéz kvantitatív elemzést végezni. Belső standard alkalmazásakor először a mérendő és a belső standard (a mérendőhöz kémiailag hasonló szerkezetű) anyagból ismert mennyiségeket mértek össze, majd felvették az oldat kromatogramját. Az ismert tömegekből és a csúcs alatti területekből meghatározható a két anyagra külön-külön az érzékenység, illetve ezek hányadosaként a relatív érzékenység.

A referenciamérés adatai az alábbi táblázatban láthatók:

Komponens	Bemért tömeg (mg)	Csúcs alatti terület (mVs)	Érzékenység (mVs/mg)
Toluol	44,00	178,6460	4,0601
Para-xilol	49,45	474,477	9,5951

b) Mennyi a toluol para xilolra vonatkoztatott relatív érzékenysége?

Ezek után ismert mennyiségű standard anyagot (para-xilol) adtak a mintához, majd felvették a kromatogramot. Az előző mérésből számított relatív érzékenység, a csúcs alatti területek és az ismert tömeg segítségével meghatározhatták a minta tömegét.

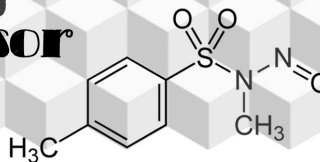
A minta mérésének adatai: $m_{p-xilol} = 149,33$ mg

Mérés száma	Komponens	Csúcs alatti terület (mVs)
1. mérés	toluol	76,092
	para-xilol	1566,522
2. mérés	toluol	38,235
	para-xilol	734,377
3. mérés	toluol	57,459
	para-xilol	1238,064

A mérést követően a három mérési adatból három tömeget határoztak meg, melyekből a szórás (S), valamint a relatív hibát tudták meghatározni az alábbi képletek alapján:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i - \bar{m})^2}{n - 1}}, \text{ ahol } n \text{ a mérések száma, } m_i \text{ az } i\text{-edik minta tömege}$$

relatív hiba = $S \cdot \frac{t}{\sqrt{n}}$, ahol t az ún. Student-paraméter, értéke ebben az esetben 4,303.



A relatív hiba ismeretében már egy intervallumot kaptak (\pm) a minta toluol-tartalmára.

- c) Mennyi toluol volt a mintában (a válasz egy intervallum!)?
- d) Ha tudjuk, hogy 3,46 g toluolból indultak ki, mekkora mennyiségű TNT-t sikerült előállítani, és hány százalékos a termelés?

5. feladat

A feladatok során 4 értékes jeggyel számoljatok! A szükséges adatok a függvénytáblázatban megtalálhatóak! Mindegyik feladat részletesen indokolt megoldása 20 pontot ér. A feladatok megoldásához függvénytáblázat, számológép és íróeszközök használhatóak. Sikeres versenyzést kívánunk!