



K+
kategória

1. feladat

Ősbérc bölcs és hatalmas királya kihirdette, hogy annak a bátor és okos jelentkezőnek adja egyetlen leánya, Mirava hercegisasszony kezét, aki kiállja a tudás próbáját. A feladatok nem erőt, hanem tudást kívántak, hisz Mirava szívét csak az nyerheti el, aki kitalálja kedvenc vegyülete, egy különleges aminosav képletét.

A hercegisasszony szűkszavúan csak ennyit árult el: „*E szeretett molekulám 65,4545 tömegszázaléka szénből, 6,6667 százaléka hidrogénből áll. A többi nitrogén és oxigén teszi ki, mégpedig 1:2,29 arányban.*”

- Mi az aminosav moláris tömege és összegképlete? Számítással igazoljátok a válaszotokat!
- Milyen tipikus funkciós csoportokat tartalmaznak az aminosavak és mi jellemző a szerkezetükre?
- Mi lehet az aminosav szerkezeti képlete, ha tudjuk, hogy az nem tartalmaz metilcsoportot? Mely kémcsőkísérlettel tudnánk ezt az aminosavat kimutatni, mi a kísérlet lényege?

$\text{Ar}(\text{H}) = 1,008$, $\text{Ar}(\text{C}) = 12,01$, $\text{Ar}(\text{N}) = 14,01$, $\text{Ar}(\text{O}) = 16,00$



K+
kategória

1. feladat megoldása

a)

Az aminosav tömegének 65,4545%-a szén, 6,667%-a hidrogén és a maradék 27,8788%-a heteroatomok, N és O 1:2,286 tömegarányban.

Legyen x a N atom $m/m\%$ -a az aminosavban, $2,286x$ pedig az O atom $m/m\%$ -a az aminosavban.

A tömegarányok és az aminosavat alkotó heteroatomok tömegszázalékának ismeretében felírhatjuk a következő egyenletet: $27,8788 = 1x + 2,286x$, amiből megkapjuk, hogy $x = 8,4841$ és $2,286x = 19,395$

A tömegarányok $m_C : m_H : m_N : m_O = 65,4545 : 6,667 : 8,4841 : 19,395$

Ezeket az arányokat a moláris tömeg ismeretében átszámíthatjuk anyagmennyiségbe és megkapjuk, hogy:

$$n_C : n_H : n_N : n_O = 5,4545 : 6,667 : 0,606 : 1,212$$

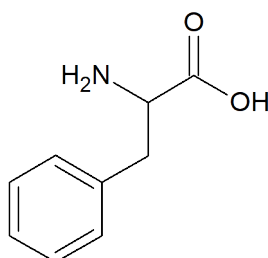
A legkisebb anyagmennyiséggel leosztva a következő arányokat kapjuk: $n_C : n_H : n_N : n_O = 9 : 11 : 1 : 2$, tehát az aminosav összegképlete: $C_9H_{11}NO_2$, a moláris tömege pedig $M = 165 \text{ g/mol}$

b) Aminocsoport és karboxilcsoport, ikerionos szerkezet jellemző rájuk.

c) Ismeretes a molekulának az a része, amely minden aminosavban előfordul: $H_2N-CH-COOH$, az ismert rész összegképlete: $C_2H_4NO_2$

Tudjuk, hogy az aminosav összegképlete $C_9H_{11}NO_2$, tehát az ismeretlen oldallánc képlete ennek, és az ismert rész összegképletének különbsége: C_7H_7

Ha megnézzük, ez az összegképlet csak úgy jöhet ki, ha 4 telítetlenséget helyezünk az oldalláncba, ami egy benzolgyűrűvel meg is oldható (3 kettős kötés és gyűrű). A fenilcsoport összegképlete C_6H_5 , fennmarad tehát CH_2 , ami egy metilencsoport. Mivel az aminosav nem tartalmazhat metilcsoportot, csak egy szerkezet jöhet szóba, még hozzá a fenilalanin:



Az aminosavakat kimutathatjuk Xantoprotein és Biuret próbával.



K+
kategória

2. feladat

Harry Potterék bájitaltan órán Perselus Piton Tanár Úr vezetésével éppen potenciálisan mérgező nehézfémek azonosítását tanulják.

- Mely fémeket nevezzük nehézfémnek?
- Írjatok néhány (legalább 2) példát közismerten mérgező nehézfémekre!

A diákok 6 betűvel ellátott (A, B, C, D, E, F) kémcsövet látnak maguk előtt szilárd ionvegyületekkel, melyekből vizes oldatokat kell készíteniük, valamint további üres kémcsöveket, illetve egyéb reagenseket, melyekkel beazonosíthatják az egyes vegyületekben jelenlévő nehézfémionokat.

Az oldatokkal tapasztalt megfigyeléseiket a következő táblázatban rendszerezték:

	A	B	C	D	E	F
Szilárd vízmentes vegyület színe	Halványzöld	Fehér	Fehér	Almazöld	Kék	Fehér
Vizes oldat színe	Halványzöld	Kék	Színtelen	Halványzöld	Lilás rózsaszín	Színtelen
NaOH oldat cseppentése	Zöld csapadék	Kék csapadék	Kávébarna csapadék	Halványzöld csapadék	Kék csapadék	Fehér csapadék
NaOH oldat hozzáadás után levegőn állva	A csapadék beburnul	Nincs látható változás	Nincs látható változás	Nincs látható változás	Nincs látható változás	Nincs látható változás
Felteslegben NaOH hozzáadása	Nincs látható változás	Nincs látható változás	Nincs látható változás	Nincs látható változás	Rózsaszín csapadék	A csapadék feloldódik, színtelen oldatot kapunk
NaOH oldat hozzáadása után szalmiákszesz hozzáadása	Nincs látható változás	A csapadék feloldódik, királykék színű oldatot kapunk	A csapadék feloldódik, színtelen oldatot kapunk	A csapadék feloldódik, kék oldatot kapunk	A csapadék feloldódik, sárga oldatot kapunk	A csapadék feloldódik, színtelen oldatot kapunk
Kénhidrogén oldat hozzáadása	Fekete csapadék	Fekete csapadék	Fekete csapadék	Fekete csapadék	Fekete csapadék	Fehér csapadék

Piton Tanár úr Ron könyörgésére annyi segítséget adott még a diákoknak, hogy a 6 fém a periódusos rendszerben egy egybefüggő alakzatot alkot a d-mezőben.

- Melyik nehézfémionokat ismertétek fel? Írjatok minden esetben legalább három konkrét (bizonyító erejű) információt: megfigyelést vagy reakciót, a reakciónál elég a keletkező csapadék/vízoldékony komplex képletét feltüntetnetek magyarázatként!
- Az azonosított fémek közül melyiknek a hiánya okoz az emberben vérszegénységet?
- Az azonosított ionok közül az egyik kloridját papírként régebben víz vagy vízpára jelenlétének kimutatására is használták a víz hatására történő színváltása miatt. A fenti kísérletekben is megfigyelhető volt ez a színreakció. Melyik ez az ion?



K+
kategória

2. feladat megoldása

- Az 5 g/ml-nél nagyobb sűrűségű fémeket nevezzük nehézfémeknek. (Más, ezzel egyenértékű válasz is elfogadható.)
- Közismerten mérgező nehézfémek például az ólom, az ón, a higany stb. Bármely kettő helyes válasz elfogadható.
- A: Fe^{2+} ; B: Cu^{2+} ; C: Ag^{+} ; D: Ni^{2+} ; E: Co^{2+} ; F: Zn^{2+}

Bármely vegyület, illetve oldat színére, vagy konkrét pozitív reakciójára hivatkozhatnak, a lényeg, hogy legyen mindegyiknél három, és legyenek képletek, ahol kell, összesen legalább egy.

Egy lehetséges megoldás:

Észrevesszük, hogy az **A ion** esetében halványzöld vegyületekről és oldatról beszélünk, továbbá erős lúg hozzáadásával zöldes, levegőn megbarnuló csapadék képződik, ami kifejezetten a vas(II) - vas(III) oxidáció színátmenetére jellemző, tehát az A ion a vas(II) volt. Ezenkívül a d) feladatrészt is egyértelművé teszi, hogy a vasnak szerepelnie kell az ismeretlenek között. Elfogadható képletek: $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ -halványzöld komplex, $\text{Fe}(\text{OH})_2$ -zöld csapadék, FeS-fekete csapadék.

A **B ion** esetében az az igazán árulkodó, hogy a kék vizes oldatból lúg hatására kék csapadék válik ki, ami ammónia hozzáadásával mélykék színnel feloldódik, itt a réz(II)-oldat és -hidroxid színét, illetve réz-tetraammin komplex képződését lehet felismerni, tehát a réz(II) ionról van szó. Elfogadható képletek: $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ -kék komplex, $\text{Cu}(\text{OH})_2$ -kék csapadék, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ - mélykék komplex, CuS- fekete csapadék.

A **C ion** érdekes módon szintelen oldatból lúg hozzáadására kávébarna csapadékot képez, ezenkívül ammóniafeleslegben feloldódik, ez az ezüst(I) lesz. Elfogadható képletek: Ag_2O -kávébarna csapadék, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ -szintelen komplex, Ag₂S-fekete csapadék.

A **D ion** jellegzetes almazöld színű vegyületeket és oldatot képez, ezenkívül a periódusos rendszerben a 6 elemnek egybefüggő területet kell alkotnia, így pl. az eddig felfedezett vasat és rezt össze kell kötni, ezért is kell a nikkelnek lennie, ami nikkel(II) iont képez főleg. Elfogadható képletek: $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ -almazöld komplex, $\text{Ni}(\text{OH})_2$ -halványzöld csapadék, $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ -kék komplex, NiS- fekete csapadék.

Az **E ion** esetében hasonlóképpen, a rózsaszín oldatot, illetve akár a kék-rózsaszín átmenetet víz hatására megfigyelhetjük (erre az e) feladatrészt is utal), továbbá a vasat és a nikkelt is össze kell kötni, és pont köztük van a kobalt a periódusos rendszerben, így ez a kobalt(II). Elfogadható képletek: $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ -lilás rózsaszín komplex, $\text{Co}(\text{OH})_2$ -rózsaszín csapadék, $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ -sárga komplex, CoS- fekete csapadék.

Az **F ion** fehér vegyületeket és szintelen oldatot alkot, lúg hatására képződő fehér csapadéka pedig lúgfeleslegben feloldódik, nyilván ezért amfoter fémről van szó, ami kötődik a



K+
kategória

periódusos rendszer eddig felfedett részéhez a d-mezőben, másra nem nagyon lehet gondolni, mint a cinkre, ami csak cink(II) iont képez. Elfogadható képletek: $\text{Zn}(\text{OH})_2$ -fehér csapadék, $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ -színtelen komplex, $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ -színtelen komplex, ZnS -fehér csapadék.

- d) A vas hiánya okoz vérszegénységet.
- e) A vizsgált vegyületek közül a *B* és *E* jelűek azok, amelyek színe eltérő oldatban és szilárd formában. Ezek a c) feladatrészt alapján rendre a réz(II)- és a kobalt(II)-ionokat takarják. Mivel a szilárd réz(II)-klorid kékes színű, és az oldata is kék, ezt a vegyületet nem használhatták vízkimutatásra. A kobalt(II)-klorid kék színű, oldata viszont rózsaszín, így ez a vegyület alkalmas lehet a vízkimutatásra.



K+
kategória

3. feladat

Amikor Zsákos Frodó Orodruin vulkánjában állt a lávatenger felett, nem csak azért nehezedett rá nagy nyomás, mert nagy küldetését, amiért egészen addig küzdött sokadmagával összefogva, végre befejezhette (volna) az Egy Gyűrű tűzbe hajításával, hanem azért is, mert embertelen körülmények uralkodhattak a vulkánban, többek között sok száz °C-os hőmérséklet, több száz MPa(megapascal)-os nyomás, ezenkívül pedig forró, kéndioxid- és kénhidrogén-, valamint hidrogén-klorid-tartalmú levegő, és rendkívül alacsony oxigén koncentráció. De ezt persze egy félszerzet (hobbit) simán kibírja.

- Standard állapotban a földi légkörben milyen légnyomás és milyen hőmérséklet uralkodik, illetve mi a levegőben az oxigén átlagos koncentrációja tömegszázalékban megadva (a levegő átlagos moláris tömegét tekintjük 29,0 g/molnak)?
- Milyen fémből lehetett a gyűrű, hogyha ilyen magas hőmérsékleten nem olvadt meg a vulkáni levegőn? Soroljatok fel három példát olyan fémre, ami 800°C-on szilárd halmazállapotú!
- Feltéve, hogy a kráter légtere 3000 m³, a hőmérséklete 800°C, a nyomás pedig 600 MPa, összesen hány mól gáz van a légterben?
- Ha a vulkán levegője 75,0% vízgőzt, 14,0% szén-dioxidot, 10,0% kén-dioxidot és 1,00% kénhidrogént tartalmaz, akkor összesen mekkora az egyes gázok anyagmennyisége, illetve a vulkáni levegő tömegszázalékos összetétele?
- Mi a vulkáni levegő átlagos moláris tömege és sűrűsége a fentiek alapján?
- A vulkánok közelében a valóságban is előfordul, hogy elemi kén, természetesen képződik és válik ki a vulkáni gázok reakciója eredményeként a vulkán oldalán. Melyik két említett gáz reakciója eredményez elemi ként? Írjátok fel a reakció egyenletét!
- Ha a vulkáni kráterben lévő két említett gáz a lehető legnagyobb mennyiségben (azaz az egyik vagy mindkettő elfogyásáig) reagál a felírt reakcióegyenlet szerint, akkor mekkora tömegű kén képződik, és hogyan változik meg a vulkáni levegő anyagmennyiség-százalékos összetétele (ezen a hőmérsékleten a kén gáz halmazállapotú)?

Ar(H)= 1,00, Ar(C)= 12,01 , Ar(O)= 16,00, Ar(S)= 32,06, Ar(Cl)= 35,45



K+
kategória

3. feladat megoldása

a) $p = 101325 \text{ Pa}$; $T = 25^\circ\text{C}$, ami $298,15 \text{ K}$;

$20,9 \text{ n/n\%}$ oxigén, ami pl. 1 mol levegő esetén $0,209 \text{ mol}$

A levegő 1 mol ja 29 gramm , így az oxigén $0,209 \cdot 29 = 6,688 \text{ gramm}$.

A levegő oxigéntartalma tömegszázalékban: $m/m\% = \frac{6,688}{29} \cdot 100 = 23,06 \text{ m/m\%}$. (Paraméteresen számolva más is elfogadható.)

b) Nagyon sok fém ilyen, pl. arany, ezüst, réz, vas, kobalt, nikkel, platina, volfrám stb. Ezek közül három.

c)

$$n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{6 \cdot 10^8 \text{ Pa} \cdot 3 \cdot 10^3 \text{ m}^3}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 298,15 \text{ K}} = 201\,744\,663 \text{ mol} = 2,017 \cdot 10^8 \text{ mol}$$

d) Az anyagmennyiségek kiszámítása az össz. levegő anyagmennyiségének ismeretében: $1,513 \cdot 10^8 \text{ mol}$ vízgőz; $2,824 \cdot 10^7 \text{ mol}$ szén-dioxid; $2,017 \cdot 10^7 \text{ mol}$ kén-dioxid; $2,017 \cdot 10^6 \text{ mol}$ kén-hidrogén

A tömegszázalékos összetétel kiszámításához összeadjuk az összes gáz tömegét, ami $\Sigma m = 5,325 \cdot 10^9 \text{ g}$

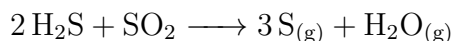
$$w/w\% = \frac{m_{\text{komponens}}}{m_{\text{gázelegy}}} \cdot 100$$

$$w/w\%_{\text{H}_2\text{O}} = 51,41\%, w/w\%_{\text{CO}_2} = 23,23\%, w/w\%_{\text{SO}_2} = 24,24\%, w/w\%_{\text{H}_2\text{S}} = 1,288\%$$

$$\text{e) } M_{\text{átlag}} = \frac{m_{\text{össz}}}{n_{\text{össz}}} = 26,40 \text{ g/mol}$$

$$\rho = m/V = 1,775 \text{ g/cm}^3$$

f) Kén-dioxid és kénhidrogén:



g) A kénhidrogén mennyisége a korlátozó tényező.

$n_{\text{S}} = 3,026 \cdot 10^6$, azaz $m_{\text{S}} = 9,682 \cdot 10^7 \text{ g}$ (96,82 tonna) kén képződik. Eközben elfogy az összes kén-hidrogén, valamint $n_{\text{SO}_2} 1,009 \cdot 10^6 \text{ mol}$ kén-dioxid.

$2,017 \cdot 10^6 \text{ mol}$ vízgőz is képződik. Az össz anyagmennyiség $2,017 \cdot 10^6 \text{ mol}$ al nő (203 762 110 mol). Ezáltal az új anyagmennyiség-összetétel: $75,24 \frac{n}{n}\%$ vízgőz; $13,86 \frac{n}{n}\%$ szén-dioxid; $9,404 \frac{n}{n}\%$ kén-dioxid; $1,485 \frac{n}{n}\%$ kéngőz.



K+
kategória

4. feladat

Alhymor alkímikus és varázsló egy tartályszigetelő varázslatát teszteli. Először két elemi gázból álló sárgászöld színű standard állapotú gázkeveréket töltött az elvarázsolt tartályba. A gázt UV fénnel megvilágítva, (a gázzal elhanyagolható mennyiségű energiát közölve), láncreakciót indított el, mely során $-92,3 \text{ kJ/mol}$ képződéshőjű és $-74,84 \text{ kJ/mol}$ oldáshőjű gáz keletkezett.

- a) Általánosan mely három lépésből áll egy láncreakció? Írjátok fel egy-egy példát az ezekhez a lépésekhez tartozó reakcióegyenletekre a fenti reakcióban!

A reakció után megállapította, hogy a tartály tényleg tökéletesen szigetel, azaz az összes felszabadult kémiai energia a gázkeverék belső energiáját növelte, ettől a tartály nyomása $5,892 \text{ atm}$ -ra nőtt és a gázkeverék elszíntelenedett. Az eredeti és a keletkezett gázkeverék belső energiája is teljesíti az $U = 5/2 \cdot k \cdot T \cdot N(\text{db})$ összefüggést, ahol k a Boltzmann-állandó értéke pedig $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$, T a hőmérséklet K mértékegységben, N pedig a molekulák száma.

- b) Mi lehetett a kiindulási gázkeverék tömegszázalékos összetétele?

Miután kísérletével végzett, mivel nem akarta a falu levegőjét felelőtlenül beszennyezni, ezért a változatlan nyomású és hőmérsékletű gázkeveréket átvezette vízben, és ami nem oldódott fel, azt elégette, mely során egy $-285,8 \text{ kJ/mol}$ képződéshőjű folyadék keletkezett. Így összesen $107,8 \text{ kJ}$ energia szabadult fel.

- c) Mekkora a varázsló tartálya?

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

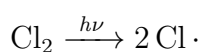
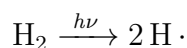


K+
kategória

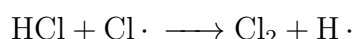
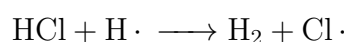
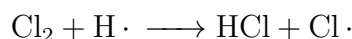
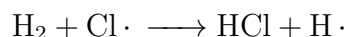
4. feladat megoldása

- a) A láncreakciók *láncindító*, *láncvivő* és *lánczáró* lépésekből állnak az alapján, hogy a lépés során a gyökök száma nő, változatlan vagy csökken. Ezekre példák ebben a reakcióban:

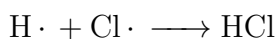
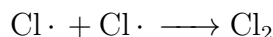
Láncindító lépés:



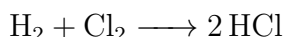
Láncvivő lépés:



Lánczáró lépés:



A reakció bruttó egyenlete pedig:



- b) $p_0 = 100.000 \text{ Pa}$, $p_1 = 597.007 \text{ Pa}$

Mivel a reakció során az anyagmennyiség nem változik, csak a nyomás nő, a kiindulási és a végállapotra igaz Guy-Lussac törvénye:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

Átrendezve meghatározható a végállapot hőmérséklete:

$$T_2 = T_1 \cdot \frac{p_2}{p_1} = 298,15 \text{ K} \cdot \frac{597.007 \text{ Pa}}{100.000 \text{ Pa}} = 1780 \text{ K}$$

A hőmérséklet növekedésével párhuzamosan a tartályban található molekulák belső energiája is nőtt. Mivel nem tudjuk a pontos anyagmennyiséget, csak moláris belső energianövekedést tudunk megadni a hőmérséklet-változás függvényében:

$$\Delta U_{mol} = \frac{5}{2} \cdot k \cdot \Delta T \cdot N = \frac{5}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}} \cdot (1780 \text{ K} - 298,15 \text{ K}) \cdot 6 \cdot 10^{23} = 30.674 \text{ J}$$



K+
kategória

Mivel hőmérséklet növekedéséért kizárólag HCl keletkezése felelős, és a gáz képződéshője ismert, az egy mól gázkeverékből keletkező HCl gáz anyagmennyisége megadható a moláris belső energiaváltozás ismeretében (a képződéshő előjelét figyelmen kívül hagyhatjuk, hisz a belső energia növekménye a képződéshőből származik):

$$\Delta n_{HCl} = \frac{\Delta U}{\Delta_k H_{HCl}} = \frac{30,674 \text{ kJ}}{92,3 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}} = 0,332 \text{ mol}$$

Mivel a kiindulási sárgászöld gáz elszíntelenedett, a láncreakciónak a klórgáz elfogyása vetett véget. A bruttó reakcióegyenlet alapján az egy mól gázkeverékből keletkező HCl gáz mennyisége kétszerese az elfogyó klórgázénak, utóbbi anyagmennyiségét ki tudjuk számítani:

$$n_{Cl_2} = 0,5 \cdot n_{HCl} = 0,5 \cdot 0,332 \text{ mol} = 0,166 \text{ mol}$$

Tehát 1 mól gázkeverékben 0,166 mól klórgáz, és ezzel összefüggésben 0,834 mól hidrogén gáz található, azaz a két gáz aránya 1:5. Vegyünk ismét egy mól gázt! Ezekben a két komponens tömege:

$$m_{Cl_2} = n_{Cl_2} \cdot M_{Cl_2} = 0,166 \text{ mol} \cdot 70,90 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 11,77 \text{ g}$$

$$m_{H_2} = n_{H_2} \cdot M_{H_2} = 0,834 \text{ mol} \cdot 2,016 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 1,681 \text{ g, az összes tömeg pedig } 13,45 \text{ g.}$$

A kiindulási gázelegy tömegszázalékos összetétele tehát: **87,51% klórgáz és 12,49% hidrogén gáz.**

- c) A vizen átvezetés során a HCl gáz oldódik fel, végül a visszamaradt hidrogén gázt égetjük el. Vegyünk 1 mol gázkeveréket! Ebben 0,332 mól HCl gáz és 0,668 mol hidrogén gáz van. A sósav gáz feloldása során keletkező hő mennyisége:

$$\Delta Q_{HCl} = \Delta_{old} H_{HCl} \cdot n_{HCl} = -74,84 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \cdot 0,332 \text{ mol} = -24,85 \text{ kJ}$$

A maradék hidrogén gáz elégetésével azonos mennyiségű víz keletkezik, amely során a felszabaduló hő mennyisége:

$$\Delta Q_{H_2O} = \Delta_k H_{H_2O} \cdot n_{H_2} = -285,8 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \cdot 0,668 \text{ mol} = -190,9 \text{ kJ}$$

Azaz 1 mol gáz kezelése során összesen 215,8 kJ mennyiségű hő szabadulna fel. Mivel azonban csak 107,8 kJ energia felszabadulását mértük, a gázelegy anyagmennyisége csak 0,4995 mol. Figyelembe véve, hogy a nyomás és a hőmérséklet még mindig magas, a gáz anyagmennyiségéből a tartály térfogata kiszámítható:

$$V_{tartály} = \frac{n_{elegy} \cdot R \cdot T_2}{p_2} = \frac{0,4995 \text{ mol} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 1.780 \text{ K}}{597.007 \text{ Pa}} = 0,01238 \text{ m}^3 = 12,38 \text{ dm}^3$$



K+
kategória

5. feladat

Miután a félvérek az összes létező pH-számoló feladatot megoldották Poszeidónnal, Mr. Brunnernek kreatívnak kellett lenni, hogy kihívás elé állítsa a lurkókat a zászlószerezés első fordulójában, amit kivételesen vetélkedő formájában rendeztek meg (az Árész-bungalló nagy bánatára). De a kentaurt sem kell féltetni, az évezredek alatt látott már ezt-azt. Eszébe jutott, hogy a vízhez hasonlóan több másik anyag, például a cseppfolyós ammónia is képes az autodisszociációra:



$$K_{\text{AD}} = 10^{-33} \frac{\text{mol}^2}{\text{dm}^{-6}}; \Delta_r H = +46 \text{ kJ/mol}$$

- Értelmezzétek az ammóniumion és az amidion (NH_2^-) sav-bázis tulajdonságait folyékony ammóniában a Brønsted–Lowry sav-bázis elmélet alapján!
- K_{AD} mértékegysége analóg a vízionszorozattal. Amennyiben a folyékony ammónia sűrűségét -50°C -on 700 kg/m^3 -nek vesszük, mennyi a fenti reakcióegyenlethez tartozó egyensúlyi állandó (K)?

A pH-hoz analóg módon definiálható a pNH_3 -érték folyékony ammóniában:

$$\text{pNH}_3 = -\log[\text{NH}_4^+]$$

- Mennyi a semleges pNH_3 -érték 223 K -en? Hogyan változik (kvalitatíve) az érték a hőmérséklet növekedésével?

Az oldószer felcserélése érdekes következményekkel jár: az ecetsav például erős savként viselkedik ($\text{p}K_s = -4,50$).

- Mennyi lesz a következő koncentrációjú ammónium-acetát-oldatok pNH_3 -értéke?

$$c_1 = 0,1 \text{ mol/dm}^3$$

$$c_2 = 2 \text{ mol/dm}^3$$

$$c_3 = 10^{-17} \text{ mol/dm}^3$$

- A medúzasav egy szubsztituált fenolszármazék, amely vízben és folyékony ammóniában is viszonylag erős savként viselkedik. Az ammóniában mérhető K_s -érték a vízben mérhető $0,597$ -szerese. A medúzasavból $c_0 = 0,1 \text{ mol/dm}^3$ -es oldatot készítünk desztillált vízben és folyékony ammóniában is. A két oldatot összehasonlítva az egyensúlyi $\frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{H}^+]}$ arány $0,923$. Mekkora a medúzasav savállandója ammóniában és mekkora a pNH_3 -értéke a készített oldatnak? Írjátok le a számolás menetét is!

Mr. D-nek eszébe jutott, hogy az alkálifémek hidrogénfejlődés mellett oldódnak folyékony ammóniában, a reakció egyetlen másik terméke az alkálifém megfelelő sója.

- Ha $m = 210 \text{ mg}$ lítiumot oldunk $V = 0,1 \text{ dm}^3$ folyékony ammóniában és az oldatot konstans -50°C -on tartjuk, mennyi lesz a keletkező oldat pNH_3 -értéke? Írjátok fel a reakcióegyenletet is! Az alkálifémionok sav-bázis tulajdonságai folyékony ammóniában nem szignifikánsak a feladat szempontjából.



K+
kategória

5. feladat megoldása

- a) Az ammóniumion H^+ -donorként viselkedik, tehát **erős sav**, míg az amidion H^+ -akzeptorként viselkedik, tehát **erős bázis** folyékony ammóniában.

- b) A folyékony ammóniában $[\text{NH}_3] = \frac{700 \text{ g/dm}^3}{17,04 \text{ g/mol}} = 41,08 \text{ mol/dm}^3$.

Tehát $K = K_{\text{AD}}/[\text{NH}_3]^2 = 5,93 \cdot 10^{-37}$ (az autodisszociáció során fogyó amonniától eltekinthetünk).

- c) A vízhez analóg módon ez $\text{pK}_{\text{AD}}/2 = 33/2 = 16,5$

Mivel az autoionizáció endoterm folyamat, a hőmérséklet emelése az egyensúlyt a jobb oldalra tolja el. Ezáltal K_{AD} értéke csökkeni fog, ami által a semleges pNH_3 is csökken (szintén a vízhez analóg módon).

- d) Mivel az ecetsav erős sav ammóniában, az acetát szolvanolízisétől eltekinthetünk. Így gyakorlatilag egy erős sav (NH_4^+) pNH_3 -át kell számolni.

$$\text{pNH}_3 (1) = -\log(0,1) = 1,00$$

$$\text{pNH}_3 (2) = -\log(2) = -0,301$$

$\text{pNH}_3 (3)$ = itt a semleges pNH_3 közelében vagyunk, így az autodisszociációból származó ammóniumionokat is figyelembe kell venni:

$$10^{-33} = (10^{-16} + x) \cdot x$$

$$\text{pNH}_3 = -\log[\text{NH}_4^+] = 16,43$$

- e) $\frac{K_s(\text{NH}_3)}{K_s(\text{H}_2\text{O})} = 0,597$

$$\frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{H}^+]} = 0,923$$

Az ammóniában való egyensúlyt felírva:

$$K(\text{NH}_3) = \frac{[\text{A}^-][\text{NH}_4^+]}{[\text{HA}]} = \frac{[\text{NH}_4^+]^2}{c_0 - [\text{NH}_4^+]} = \frac{0,852 \cdot [\text{H}^+]^2}{c_0 - 0,923[\text{H}^+]} = 0,597 \cdot K(\text{H}_2\text{O}) = \frac{0,597 \cdot [\text{H}^+]^2}{c_0 - [\text{H}^+]}$$

Az egyenletből következik:

$$0,852 \cdot [\text{H}^+]^2 \cdot (c_0 - [\text{H}^+]) = 0,597 \cdot [\text{H}^+]^2 \cdot (c_0 - 0,923[\text{H}^+])$$

$$0,852 \cdot (c_0 - [\text{H}^+]) = 0,597 \cdot c_0 - 0,923[\text{H}^+]$$

Ebből kiszámítható, hogy $[\text{H}^+] = 0,08437$, $[\text{NH}_4^+] = 0,923 \cdot [\text{H}^+] = 0,0782$ és $\text{pNH}_3 = 1,107$

$$K(\text{NH}_3) = \frac{[\text{NH}_4^+]^2}{0,1 - [\text{NH}_4^+]} = 0,2805 \text{ mol/dm}^3$$

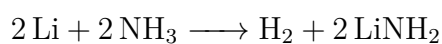


K+
kategória

f) A reakcióelegyben van: $n_{\text{Li}} = 0,21 \text{ g}/(6,94 \text{ g/mol})$

$$n_{\text{NH}_3} = \frac{\rho \cdot V}{M} = \frac{700 \text{ g/dm}^3 \cdot 0,1 \text{ dm}^3}{17,04 \text{ g/mol}} = 4,108 \text{ mol}$$

Mivel az ammónia jelentős feleslegben van, a fogyását (egyúttal a térfogatváltozást) el lehet hanyagolni. A lejátészódó reakció egyenlete:



$$[\text{LiNH}_2] = 0,03026 \text{ mol} / 0,1 \text{ dm}^3 = 0,3026 \text{ mol/dm}^3$$

A lítium-amid erős bázisként viselkedik folyékony ammóniában, így a pNH_3 kiszámítható:

$$\text{pNH}_3 = 33 + \log(0,3026) = 32,48$$