



Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny
Kémia I. kategória
3. forduló
1. feladat

Budapest, 2017. március 18.

**Ismeretlen gyenge sav moláris tömegének meghatározása, valamint
disszociációállandójának becslése kalorimetriai eljárással**

A feladat során egy egyértékű gyenge savat (HA) fog vizsgálni. Először egy ismert tömegű minta sav-bázis titrálásával a minta moláris tömegére következtethet. Aztán a sav oldásakor felszabaduló hő mérésével becslést adhat annak oldáshőjére és disszociációállandójára.

A feladat elvégzésére és a válaszlap kitöltésére összesen 120 perc áll rendelkezésére. A kiadott eszközökön kívül kizárólag számológép használható. Az eszközöket újr felhasználás esetén szükség szerinti alaposan mosogassa el!

A kérdésekre adott válaszait alaposan, számolásokkal indokolja!

A rendelkezésre álló eszközök és anyagok listája a mellékletben található.

A kódszámát minden lapra írja rá!

A sav moláris tömegének meghatározása

Az asztalán található kis lombik az egyértékű szerves sav rajta feltüntetett tömegű (***m***) mintáját tartalmazza. Készítsen belőle 100,00 cm³ törzsoldatot! A NaOH-oldattal (pontos koncentrációja az üvegen: **0,0968 mol/dm³**) titráljon a törzsoldatból 10,00 cm³-es részleteket fenolftalein indikátort használva!

A fogyások:

Az átlagfogyás:

V cm³

Pontosság: 12 pont

A sav pontos koncentrációja a törzsoldatban:

$$c = V \text{ cm}^3 \cdot 0,0968 \text{ mol/dm}^3 / 10 \text{ cm}^3$$

Lombik betűjele:

Koncentráció:

1 pont

A sav moláris tömege:

$$M = m / (c \cdot 100 \text{ cm}^3)$$

Az ismeretlen sav a diklór-ecetsav. A mérésből kapható moláris tömeg jól közelíti az elméletileg várható 128,9 g/mol értéket.

1 pont

A sav oldáshőjének, disszociációhőjének és disszociációállandójának megbecslése

Vizes oldatban lejátszódó reakciókat jól hőszigetelt edényben végezve, a reakcióhő gyakorlatilag teljesen az oldat hőmérsékletének megváltoztatására fordítódik. Szerencsére egyszerű műanyag poharak kombinációjából is összeállítható ilyen, kellően jól szigetelő edény.

Ismert mennyiségű savat különböző oldatokban oldva, és az oldatok hőmérsékletének változását követve megbecsülhető az egyes kísérletekben felszabaduló hő. A mért adatokból következtetni lehet a sav oldódását és disszociációját kísérő hőváltozásokra is.

Egy műanyag poharat habpohárba, majd egy főzőpohárba állítva használunk. Mérjük ki egy ilyen edénybe 50 cm³-t a különböző oldatokból. Az elegyítés előtt mérjük meg a kiindulási vizes oldatok hőmérsékletét. (A tiszta sav hőmérséklete ezzel azonosnak vehető.) Ezután a kis műanyag pipettával mérjük az edénybe 1,0 cm³-t a tiszta savból. Az elegyet a bothőmérővel keverjük össze, miközben figyeljük a hőmérsékletét.

Jegyezzük le minden keverék esetén azt a hőmérsékletet, ahol a változás megállapodik (legalább 30 másodpercig nem változik tovább)! Érdemes nagyítót használni a hőmérő leolvasásához. A hőmérő higanyzsákja mindig teljesen merüljön bele az oldatba. Szükség szerint ismételjük meg a méréseket!

Mérések:

Végezzen szükséges számú mérést 1,0 cm³ savat 50-50 cm³ desztillált vízben, 2 M NaOH és 2 M HCl oldatban oldva!

Miben (víz, 2 M NaOH, 2 M HCl)	kezdeti T	végző T	ΔT

A további számításokban használt eredmények:

	átlagos ΔT
víz	ΔT_1
2 M HCl	ΔT_2
2 M NaOH	ΔT_3

Mérés és pontosság: 12 pont

Szükséges adatok (az sav oldása után kapott keverékekre is használhatóak a táblázat adatai):

	sűrűség (g/cm ³)	hőkapacitás (J·g ⁻¹ ·K ⁻¹)
víz	1,00	4,18
2 M HCl	1,03	3,76
2 M NaOH	1,08	3,95

A tiszta sav sűrűsége 1,56 g/cm³.

A $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) = \text{H}_2\text{O}(\text{f})$ folyamat reakcióhője -56 kJ/mol .

A mérései alapján becsülje meg a $\text{HA}(\text{f}) \rightarrow \text{HA}(\text{aq})$ folyamat folyamathőjét a vizsgálat körülményei között (kJ/mol egységben)!

A megadott folyamat a sav disszociáció nélkül történő oldódását takarja. A sósavas oldatban a gyenge sav várhatóan nem disszociál, így azt a mérést lehet használni a folyamat jellemzésére. A mérések közül a hőmérséklet-növekedés is itt a legkisebb.

A bemért sav minden esetben $n = 1,56 \text{ g} / M \approx 12 \text{ mmol}$.

Az oldáskor felszabaduló hő az oldat melegítésére fordítódik:

$$Q_1 = 3,76 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot (50 \text{ cm}^3 \cdot 1,03 \text{ g/cm}^3 + 1 \text{ cm}^3 \cdot 1,56 \text{ g/cm}^3) \cdot \Delta T_2$$

A folyamathő a mérések alapján exoterm, $\Delta H_1 = -Q_1/n$.

2 pont

A mérései és a megadott adatok alapján becsülje meg a $\text{HA}(\text{aq}) \rightarrow \text{A}^-(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq})$ folyamat folyamathőjét a vizsgálat körülményei között (kJ/mol egységben)!

Az így felírt folyamat magába foglalja a sav oldatba menését és teljes disszociációját. A NaOH-oldatban való oldáskor mindkét lépés végbemegy, valamint a keletkezett hidrogénionok is reagálnak a NaOH feleslegével. A felszabaduló hő tehát:

$$3,95 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot (50 \text{ cm}^3 \cdot 1,08 \text{ g/cm}^3 + 1 \text{ cm}^3 \cdot 1,56 \text{ g/cm}^3) \cdot \Delta T_3 = -n \Delta H_2 + n 56 \text{ kJ/mol}$$

A keresett folyamathő, ΔH_2 szintén exoterm.

2 pont

A mérései és számításai alapján adjon becslést arra, hogy az 50 cm^3 vízben oldott sav molekuláinak hányad része disszociált!

A disszociáció folyamathője a korábban meghatározott két mennyiség különbsége: $\Delta H_3 = \Delta H_2 - \Delta H_1$.

Tiszta vízben oldva a sav molekuláinak csak egy része disszociál. A vizes oldáskor felszabaduló hő az oldódásból és a részleges disszociációból származik. Ha a disszociációfok α :

$$4,18 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}\cdot(50 \text{ cm}^3 \cdot 1,00 \text{ g/cm}^3 + 1 \text{ cm}^3 \cdot 1,56 \text{ g/cm}^3) \cdot \Delta T_1 = -n \Delta H_1 - \alpha n \Delta H_3$$

Az eredményként kapott disszociációfok igen pontatlan, csak nagyságrendi becslés.

2 pont

Az eredményei alapján számítsa ki a sav savi disszociációs állandóját!

A sav koncentrációja $c = 12 \text{ mmol} / 50 \text{ cm}^3 = 0,24 \text{ mol/dm}^3$.

A disszociációfok segítségével $K = c \alpha^2 / (1 - \alpha)$

A kapott állandó csak nagyságrendi becslés.

2 pont

A rendelkezésére álló eszközökkel és anyagokkal hogyan határozná meg közelítőleg a $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) = \text{H}_2\text{O}(\text{f})$ folyamat reakcióhőjét?

Egy lehetséges eljárás: 25-25 cm^3 NaOH és HCl oldat elegyítésekor figyelni a kapott oldat hőmérséklet-növekedését. A semlegesítési folyamatban felszabaduló hő melegíti a keveréket, amelynek hőkapacitását a két rész hőkapacitásának összegével lehet közelíteni.

2 pont

$$\text{Összesen: } \frac{8}{9} \cdot 36 = 32 \text{ pont}$$



Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny
Kémia I. kategória
3. forduló
2. feladat

Budapest, 2017. március 18.

Ismeretlen oldatok azonosítása

A feladat elvégzésére és a válaszlap kitöltésére összesen **80 perc** áll rendelkezésére.
A kiadott eszközökön kívül kizárólag számológép és íróeszköz használható.
Az eszközöket újrafelhasználás esetén szükség szerinti alaposan mosogassa el!

Minden versenyző asztalán található:

- 1 db kémcsőállvány
- 9 db számozott kémcső az ismeretlenekkel
- 10 db üres kémcső
- 3 db kis kristályosító csésze
- egy egyszerű áramkör: egy 9 V-os elem LED izzóval és acél drótokkal
- univerzálindikátor-oldat
- 1 db színskála univerzál indikátorhoz
- 3 db szűrőpapír
- papírvatta

A számozott kémcsövekben a következő anyagokat találja:

desztillált víz

bórsav ($\text{B}(\text{OH})_3$) 0,1 mol/dm³ koncentrációjú vizes oldata

mannit (hexán-1,2,3,4,5,6-hexol) 0,1 mol/dm³ koncentrációjú vizes oldata

KNO_3 0,1 mol/dm³ koncentrációjú vizes oldata

KI 0,1 mol/dm³ koncentrációjú vizes oldata

H_3PO_4 1 mol/dm³ koncentrációjú vizes oldata

KH_2PO_4 0,1 mol/dm³ koncentrációjú vizes oldata

K_2HPO_4 0,1 mol/dm³ koncentrációjú vizes oldata

Na_3PO_4 0,1 mol/dm³ koncentrációjú vizes oldata

Döntse el, melyik kémcsőben melyik anyag található!

Áramköri elemeket pontlevonás nélkül egyszer kérhet, minden mást csak 1 pont levonása mellett tudunk adni.

Az oldatok elektromos vezetését az oldatban jelen lévő, elektromos erőterben elmozduló ionok hozzák létre. Az ionok koncentrációjának növekedésével megnövekedik az oldat vezetése. A legjobban vezető ionok az oxónium- és a hidroxidion.

Rajzolja fel a mannit szerkezeti képletét!



1 pont

A bórsav gyenge sav, és meglepő módon oldatában a víz ionjain kívül csak a $B(OH)_4^-$ -ion mutatható ki.

Írja fel a bórsav és a víz közötti reakció rendezett ionegyenletét!



1 pont

Milyen a térszerkezete a komplexionnak?

tetraéder

1 pont

A bórsav $0,1 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú oldatában megmérték $B(OH)_4^-$ -ionok koncentrációját. A mérések szerint a bemért bórsav $0,0085\%$ -ának megfelelő mennyiségű $B(OH)_4^-$ ion található az oldatban.

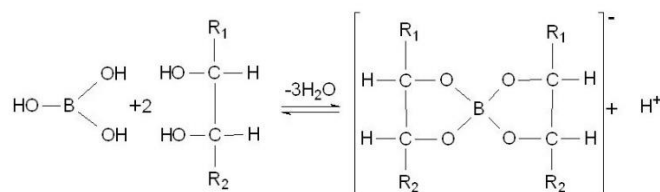
Számítsa ki a $0,1 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú bórsavoldat pH-ját!

$$[H^+] = 0,0085 \cdot 0,01 \cdot 0,1 \text{ mol/dm}^3 = 8,5 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$$

$$pH = 5,1$$

2 pont

Mannit hozzáadásával egyértékű komplex sav képződik, amely kb. ecetsav erősségű.



Számítsa ki a $0,1 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú ecetsavoldat pH-ját! $K_s = 1,8 \cdot 10^{-5}$

$$[\text{H}^+]^2 = 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,1 \text{ (mol/dm}^3)^2$$

$$\text{pH} = 2,9$$

2 pont

Írja fel az elektródreakciókat a KI-oldat és a foszforsavoldat elektrolízise esetén, acéldrótokat alkalmazva!

	katód	anód
H_3PO_4	$2 \text{ H}^+ + 2 \text{ e}^- = \text{H}_2$	$\text{H}_2\text{O} = \frac{1}{2} \text{ O}_2 + 2 \text{ H}^+ + 2 \text{ e}^-$
KI	$\text{H}_2\text{O} + 2 \text{ e}^- = \text{H}_2 + 2 \text{ OH}^-$	$3 \text{ I}^- = \text{I}_3^- + 2 \text{ e}^-$

4 pont

Állapítsa meg a berendezés szétszedése nélkül, hogy melyik vezeték (piros vagy fekete) a pozitív pólus! Milyen kísérlet és milyen tapasztalatok alapján döntött?

A KI-oldat elektrolízise során a pozitív pólusnál barnulás észlelhető.

3 pont

Az alábbi táblázatban tüntesse fel, hogy melyik kémcső melyik oldatot tartalmazza!

desztillált víz	
bórsav	
mannit	
KNO_3	
KI	
H_3PO_4	
KH_2PO_4	
K_2HPO_4	
Na_3PO_4	

24 pont

Milyen tapasztalat(ok) alapján jutott el a megoldáshoz? Csak azokat a tapasztalatokat adja meg, amelyek alapján egyértelműen azonosítani tudta az ismeretlen anyagot!

A kémcsőben lévő anyag	Milyen tapasztalat(ok) alapján azonosítható egyértelműen az ismeretlen?
desztillált víz	pH ≈ 6-7 nem vezet bórsavhoz öntve annak nem változik a pH-ja
bórsav	pH ≈ 5 alig vezet mannittal összeöntve savasabb lesz
mannit	pH ≈ 6-7 nem v. alig vezet bórsavba öntve az savasabb lesz
KNO ₃	pH ≈ 7, jól vezet anódnál nem barnul
KI	pH ≈ 7 jól vezet anódnál barnul
H ₃ PO ₄	pH ≈ 2-3
KH ₂ PO ₄	pH ≈ 4-5 jól vezet mannittal nem változik a pH
K ₂ HPO ₄	pH ≈ 9-10
Na ₃ PO ₄	pH ≈ 12-13

12 pont

Összesen: $\frac{9}{25} \cdot 50 = 18$ pont

MELLÉKLET

Eszközök és anyagok listája

Minden versenyzőnek:

Az összes oldat és a víz a labor hőmérsékletén kell legyen (nem hígítható/desztillálható frissen).

100 cm³ kb. 0,1 mol/dm³ koncentrációjú NaOH-oldat (karbonátmentes!)
1 db 100 cm³-es mérőlombik benne kb 1,2 g ismeretlen sav, pontos tömeggel, tölcsér
10 cm³ ismeretlen sav, 15 ml-s csavaros üvegben
10 cm³-es pipetta
1 db pipettalabda
1 db büretta állványon, 12 cm³
25 cm³-es mérőhenger
200-200 cm³ 2M NaOH és HCl oldat
tized fokos hőmérő, pohárba állítva vagy állványba fogatva
3 db főzőpohár (1 kuka, 1 a műanyag poharak beleállítására, 1 pedig öntögetéshez)
műanyagpoharak és egy habpohár
1 db fehér csempe
1 flaska desztillált víz
2 db 1 cm³-es Pasteur pipetta (cseppentő és kimérés), az 1 ml jel kiemelve.
1 db magas pohár, talpsúllyal a hőmérő tárolására
3 db titrálólombik
1 db védőszemüveg
nagyító
papírvatta
1 db feladatlap, melléklettel (5 oldal)

Asztalonként:

gumikesztyű
fenolftalein indikátor oldata, műanyag Pasteur-pipettával