



L
kategória

1. feladat

KÖZHÍRRÉ TÉTETIK!

-Levorotária legendás mágusa, a Nagy, avagy "Sáránymaceráló^{1,2,3}" Viszkonzia keresi következő bűbájkotyasztó növényeket!

- 1: macerálás: szilárd anyagból különféle anyagok kivonása mechanikai aprítással és kémiai kioldással (a szerz.).
- 2: Viszkonzia természetesen hobbiból szeret sárkányokat bosszantani és NEM viselni ennek tüzes következményeit (a szerz.).
- 3: R. Kinetika, L. Diszperzia, H. Gibbs, V. Nagy, *In vivo kivonatozási eljárások draconis pyromani és wyvernia megaptera fajokból*, J. Sup. Nat. Mater. **3967**, 13, 1196-1207.

A kiképzés során az életbenmaradásra nincs garancia, de nem is kifejezett cél az ellentettje.

Társaitokkal nyomban jelentkeztek is erre a soha vissza nem térő lehetőségre. Azonban, hogy célokat elérhessétek vala HÁROM PRÓBÁT KI KE... uhh najó, igazából csak ezt a feladatot kell kiállnotok.

A NAGY Viszkonzia végeláthatatlan bölcséletében eme feladatot nevezte meg kiválasztási feladatnak: fessetek meg szövetet egy olyan festékkel mely színtelen anyagból készül, színes formájában teljesen használhatatlan szövetfestésre, viszont okos transzfigurációval ismét színtelen anyag készíthető belőle, ami már jól (nem) festi a szövetet. Ha bemutatjátok eljárásokat sikeresen akkor pontosan évégett nyertek bebocsájtást Viszkonzia mentori programjába. Azonban, ha nem akkor SÁRKÁNYELESÉGGÉ VÁLTOK VA... szomorúan kullogtok haza.

Szerencsére a Nagy – Habár a Viszkonziánál Valamivel Kisebb – Fugácia mágus munkásságából tudhassátok, hogy eme remek tulajdonságokkal rendelkezik nem más, mint az indigó nevű kék retek. Ezért neki is álltok ennek a historikus pigment előállításának ahogyan azt Adolf Baeyer és Viggo Drewsen is tette anno, mégpedig így:

1. Egy Griffin-féle főzőpohárba mérjétek be táramérlegen 0,50 g 2-nitrobenzaldehydet, majd oldjátok fel 5 cm³ acetonban.
2. Intenzív kevergetés mellett csepegtessetek (szervesvegyész titrálása) ehhez az oldathoz 5 cm³ 1 mol/dm³-es NaOH-oldatot. Figyeljétek meg a folyamat során bekövetkező szín- és hőmérsékletváltozást. A beadagolás után hagyjátok a reakcióelegyet szobahőmérsékleten állni kb. 15 percet, időnként kevergessétek meg.
3. A reakcióidő lejártával hígítsátok meg az elegyet kb. 10 cm³ vízzel, és vákuumszűréssel izoláljátok a levált indigót. (célszerű a használt szűrőpapír, és az izolátum tárolására használt Petri-csésze/óraüveg együttes tömegét a szűrés előtt feljegyezni!) A nyers indigót még a szűrőn, vákuumszívás mellett mossátok át néhányszor (célszerűen, amíg a lecsöpögő szűrlet már színtelen) vízzel, majd ezután a szárítás könnyítésére egyszer kevés alkohollal (vagyazzatok, az alkoholban már egy kicsit jobban oldódik a termék!)
4. Hagyjátok levegőn száradni a terméket, majd mérjétek le a tömegét, számítsatok termelést!



L
kategória

Pompázatos! Előállítottatok egy gyönyörű kék pigmentet! Ez azonban még csak a fele a mókának, mivelhogy ebben a formában az indigó alig oldódik még a legmeggyőzőbb szerves oldószerben is, ezért a felületrevitele közel sem triviális. A következő lépésekkel azonban a kiadott fehér pamut izéket meg tudjátok festeni.

5. Dörzsmozsárba mérjétek össze kb. 0,1 g (igazság szerint egy “késhegynyi” mennyiség is teljesen megfelelő) indigót és kb. 0,3 g nátrium-ditionitet. Alaposan porítsátok el a két szilárdat, majd egy nagyon kevés vizet is adjatok hozzá, és ezzel is dörzsöljétek el alaposan. Egy nagyobb daraboktól nagyjából mentes sötétkék híg paszta a cél állag.
6. Ezt a pasztát kevés vízzel (3-4 cm³) mossátok át egy kémcsőbe, adjatok hozzá 2 cm³ 1 mol/dm³-es NaOH-oldatot, még egy porció (0,3 g) nátrium-ditionitet, és hígítsátok fel vízzel kb. 9-10 cm³ össztérfogatra (szemmel meghatározva is teljesen jó, a fő lényeg, hogy a kémcső a felénél feljebb NE legyen töltve).
7. A kémcsövet melegítsétek fel óvatosan kb. 50-70 °C-ra (a kémcső nyakán vízpáralecsapódás megjelenik, a kémcső kézzel még érinthető, de kellemetlen), és tartsátok melegen kb. 15-20 percen át, óvatos újramelegítésekkel. Fontos, hogy óvatosan kevergesétek a kémcső tartalmát, mert a levegővel érintkező folyadékfelületet minimalizálni kell ahhoz, hogy jól működjön a tudomány! A melegítés végén a célállapot egy nagyjából átlátszó, élénk zöldessárga oldat, aminek a tetején oldatlan indigócsapadék úszik.
8. A kémcső tartalmát szűrjétek redős szűrőn egy tiszta kémcsőbe. A szűrlet egy úgynevezett leukóindigó-oldat, melyet a Nagy Viszkonzia “színtelennek” titulált, mert szegényke nehezen látja már a sárgát a sok sárgkány után. Ez alkalmas már a fehér pamut izék megfestésére. Mártsátok, vagy merítsétek be teljesen ezeket a pamut izéket a leukó-oldatba, és hagyjátok benne kb. 5 percre. Majd halásszátok ki a pamut izéket a csipeszetekkel, finoman lengessétek őket a levegőn, és figyeljétek a színváltozást!
9. A most már kék pamut izékkal még nem vagytok készen, hiszen nedvesek, és el vannak szennyezve mindenféle nátriumsókkal. Itassátok le a maradék oldatot egy papírtörülkövel, majd tiszta vízzel mossátok el a pamut izéket. Ezzel nem csak a sóktól tudtok fájdalmas búcsút venni, de jó mágu.... tudós módjára önnön magatok számára is igazolhatjátok, hogy az indigó valóban újraalakult, és szépen belekötött a pamut szálszerkezetébe, hiszen a vizes mosás nem tudja elmosni a szövet színét. Hagyjátok megszáradni a pamut izéket levegőn. Ha szeretnétek, megtarthatjátok őket, de óvatosan velük, mert azért még fognak! (Amennyiben időtök és kedvetek engedi, az indigóval történő pamutfestéssel szabadon kísérletezhettek, variálhatjátok, hogy a hőmérséklet, a NaOH vagy a nátrium-ditionit mennyisége, a megfestendő anyag bemerítésének ideje és a bemerítések számának milyen hatása van a festendő anyagon megjelenő színmélységre!)

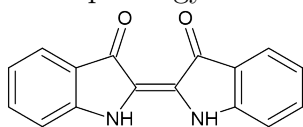
Miközben végzitek a próbatétel gyakorlati részét, a Nagy Viszkonzia fáradhatatlanul bombáz titeket kérdésekkel, hogy meggyőződjön róla, tudjátok is, mit csináltok, és nem csak naggggyon szerencsésen viselkedtek teljesen véletlenszerűen. A következőket kérdezi:

- a) Hány százalékos kitermelést értetek el, ha feltételezzük, hogy az izolált indigó száraz?

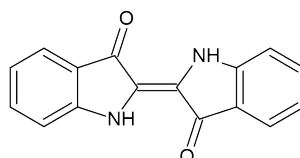


L
kategória

- b) Milyen szín- és hőmérsékletváltozást tapasztaltatok az indigó előállításakor?
- c) Miért fontos, hogy csepegtetéssel adagoljátok a lúgot az indigó kicsapásához? Mi történne, ha egyben adnátok hozzá? (Tipp: ez inkább a feldolgozást könnyítő intézkedés).
- d) Írjátok fel a kiindulási anyag 2-nitrobenzaldehyd szerkezeti képletét!
- e) Itt láthatjátok az indigó szerkezeti képletét. Ha megfigyelitek, tartalmaz egy központi kettős kötést, tehát geometriai izomériával rendelkezik ez a molekula. Az egyik izomer azonban jóval stabilabb, mint a másik. Szerintetek a „cisz” vagy a „transz” indigó stabilabb? Miért? (Az egyszerűség kedvéért nevezzük a „cisz” formának azt, amelynél a két oxocsoport ugyanazon az oldalán van a kettőskötésnek, és „transznak” a másikat.)

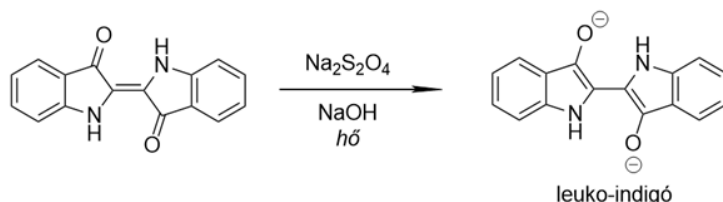


"cisz" indigó

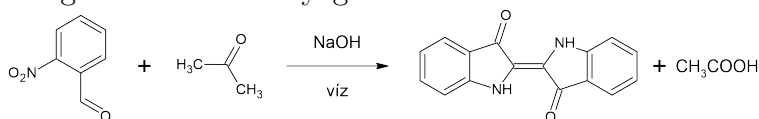


"transz" indigó

- f) A nátrium-ditionit hatására a következő reakció történik az indigóval. A kapott termék miért vízoldhatóbb és miért nem olyan intenzív színű, mint az indigó?



- g) Milyen folyamat történik az indigóval amikor nátrium-ditionittal melegítitek? Miért nyeri vissza színét légszárításakor?
- h) Itt láthatjátok az indigószintézis reakcióegyenletét. Milyen reakciótípussal jön létre az indigó a kiindulási anyagaiból?



- i) Jelöld a terméken, hogy melyik szénatomok melyik reagensből származnak! (Pl. az acetontól származó szénatomokat karikázzátok, a nitrobenzaldehydből származókat négyzetrel rajzoljátok körbe). Az ecetsav melyik reagens(ek)ből keletkezik?
- j) Hogyan készítenétek el a kiindulási 2-nitrobenzaldehydet toluolból, anilinból, benzil-alkoholból, és/vagy tetszőleges úton? (Több lépéses szintéziseket is lehet írni, illetve részletes reakciókörülmények nem szükségesek, de legalább egy reagenst/reakciótípust adjatok meg minden részlépéshez a szintetikus tervetekben! Minél többféle opcióra választ adtok annál elégedettebb lesz veletek a Nagy Viszkonzia!)



L
kategória

-
- k) A benzaldehyd közvetlen nitrálása miért nem lenne hatékony szintézis 2-nitrobenzaldehyd előállítására?



L
kategória

1. feladat megoldása

a) Felismerendő:

- 2 mol nitrobenzaldehydből lesz 1 mol indigó
- a nitrobenzaldehyd bemért tömegéből kell számítani a termelést

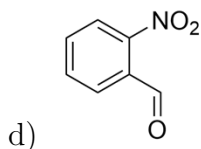
$$M_{\text{nitrobenzaldehyd}} = 151 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{indigó}} = 262 \text{ g/mol}$$

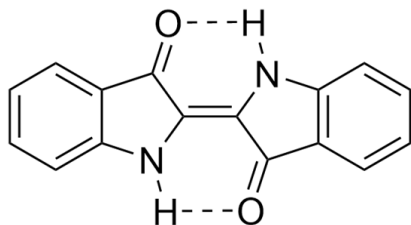
$$m_{\text{indigó elméleti}} = \frac{m_{\text{nitrobenzaldehyd}} \cdot M_{\text{indigó}}}{2 \cdot M_{\text{nitrobenzaldehyd}}}$$

$$\text{termelés: } w(\%) = \frac{m_{\text{indigó mért}} \cdot 100}{m_{\text{indigó elméleti}}}$$

- b) Valamilyen variáció: melegedés, színtelen oldat sárgul, majd sötétedik, kék csapadék úszik a folyadékfelszínen.
- c) A csapadékként leváló indigó szemcseméretét kontrollálhatjuk így. A lassabb adagolás miatt kisebb a reakciósebesség, nagyobb indigószemcsék nőnek, amik a szűrést könnyítik.



- e) Habár a csoportok nem különböznek jelentősen fizikai méretben, a „transz” izomert az oxocsoportok és az imincsoportok hidrogénjei között kialakuló hidrogénkötések stabilizálják.

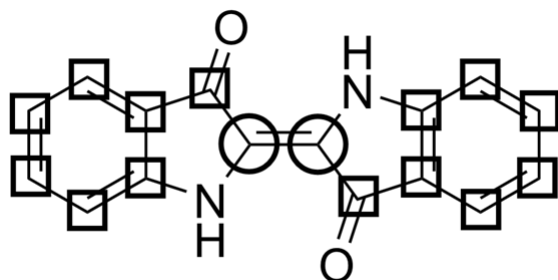


- f) A termék ionvegyület, ezért jól oldható poláris vízben. Ebben az állapotban a két gyűrűrendszer közötti konjugáció megszűnik, ezért a molekula fényelnyelési sávja alacsonyabb hullámhossztartományra húzódik, mint a látható tartomány, ezért sokkal kevésbé intenzív színűnek tűnik.
- g) Redukáltuk az indigót. A levegő oxigénje hatására a leuko-indigó visszaoxidálódik indigóvá.
- h) Aldol kondenzáció/kondenzáció/gyűrűzárás/valami értelmes leírás.



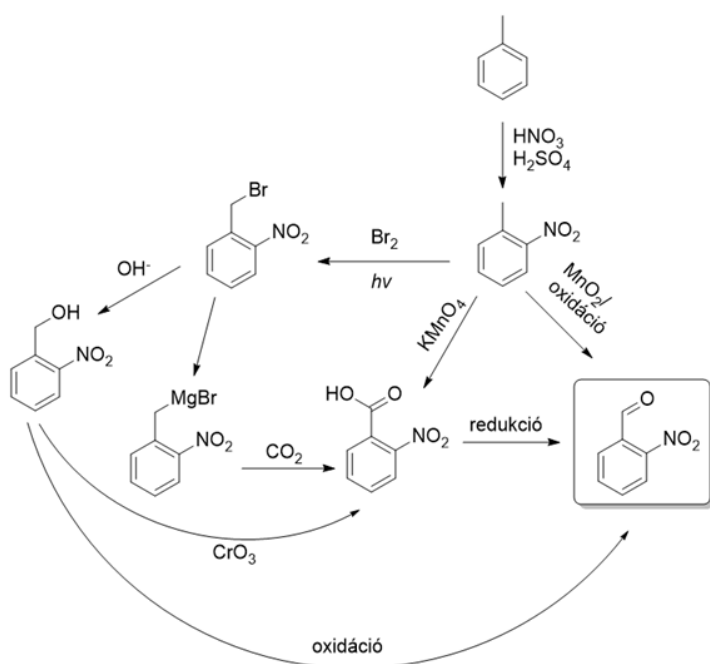
L
kategória

i) Az ecetsav az aceton maradék szénvázából és a NaOH-ból keletkezik.

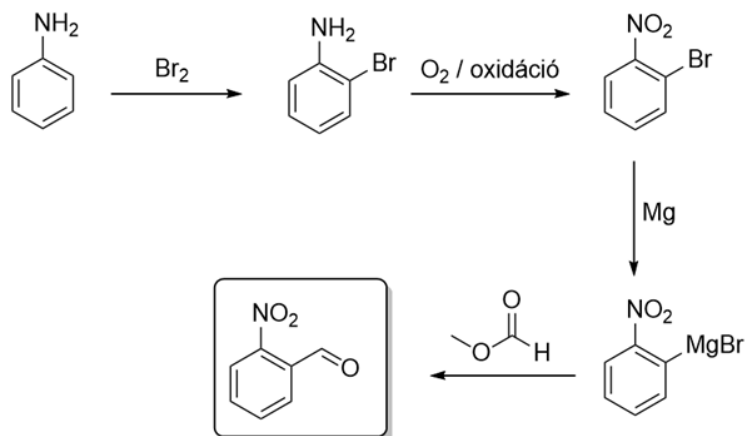


j) Bármilyen realiztikus megoldás pontot ér!

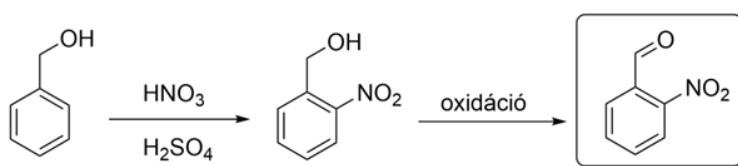
Toluolból példák:



Anilinből példa:



Benzil-alkoholból példa:



- k) Mert a karbonilcsoport meta-irányító, az orto-termék csak nagyon kis hányadban keletkezne.



L
kategória

2. feladat

A Mágusképző Akadémia növendékei közül kevesen jutottak el idáig. Azok állhatnak most itt, akik éveken át bizonyították tudásukat, fegyelmüket és kitartásukat, és akiknek kezében a mágia már nem pusztán véletlenek sorozata volt, hanem tudatosan irányított erő.

A mai napon ti, a legjobbak, meghívást kaptatok arra, hogy részt vegyetek az **Utolsó Próbán**, amely évszázadok óta eldönti, ki válhat igazi mágussá.

A kiválasztott tanoncok izgatott morajjal gyülekeznek a Byeital Tanteremben. A terem közepén Mylerin, a híres főboszorkány áll, a vizsga örökös mestere. Már évszázadok óta ő felügyeli az Utolsó Próbát, és byeitalai köré annyi legenda szövődött, hogy külön könyvtárszárnyat lehetne velük megtölteni. A szóbeszéd szerint egyetlen korty főzete képes férfiakat farkassá, esőt arannyá, vagy egy túlságosan beszédes udvari tanácsost kőszoborrá változtatni (– az utóbbi alkotás az Akadémia keleti szárnyában ma is megtekinthető).

Mylerin egy kecses mozdulattal inte, és a terem közepén kiemelkedik egy kristályasztal, rajta egyetlen ezüstitálca. A tálcán fiolák sorakoznak egytől egyig megtöltve Mylerin kedvenc esszenciájával.

– *Tanoncok!* – szólal meg Mylerin, miközben tekintetével végigméri a csapatokat, és kimérten folytatja: *Aki képes pontosan meghatározni a kedvenc BYEital összetételét, az méltó arra, hogy igazi mágussá váljon. Elárulom, hogy a byeital egy instant porból készül, ami ismeretlen arányban kizárólag **oxálsavat** és (az íze kedvéért) **konyhasót** tartalmaz.*

Mutassátok meg Mylerinnek, hogy méltóak vagytok mágussá válni! 100 ml desztillált víz hozzáadásával a byeital azonnal elkészíthető. A bemért por tömege: gramm (kb. 2 g)

A rendelkezésekre álló eszközök, vegyszerek az alábbiak:

- Térfogatmérő eszközök: büretta, pipetta, mérőlombik
 - Szűrőpapír, tölcser
 - Vegyszerek: NaOH oldat, CaCl_2 oldat, H_2SO_4 oldat, KMnO_4 oldat, fenolftalein indikátor
 - Mérleg
- a) Írjatok **három különböző** mérési módszert, amellyel a byeitalpor tömegszázalékos összetétele meghatározható!
 - b) Végezzétek el az a) részben megtervezett kísérleteket, és határozzátok meg a byeitalpor tömegszázalékos és anyagmennyiség-százalékos összetételét! Spoiler: titrálni kellhet, ekkor minden mérést célszerű (=így csináld) 10 ml byeital felhasználásával elvégezni.
 - c) Hasonlítsátok össze a három módszerrel meghatározott mennyiségeket! Melyik a legmegbízhatóbb módszer? Mi okozhatja itt az eltérést?
 - d) Írjátok fel az összes lejátszódó reakció rendezett ionegyenletét!

Mylerin a byeitalt elegáns, dizájner *Bye gond, bye bánat, byeital!*TM palackokban forgalmazza. Igen ám, az Utolsó Próbán előtt kavarodás történt: Mylerin kétbalkezes segédje (Zsige)



L
kategória

byeital helyett a *Fiola degradáló 6000TM* italt töltötte a palackokba, amik azonnal darabjaikra estek szét. Leleményes Mylerin azonban ebből is próbatételt eszközölt a számotokra: *Ki meghatározza, mely olcsó anyagok keverékéből készíttetem a dizájner palackjaimat, azt nem repítem ki a torony ablakán!*

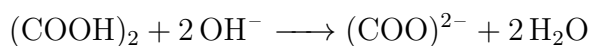
- e) Mivel Ti nem szeretnétek kirepülni az ablakon, határozzátok meg a laborba ügyesen becsempészett puskátok (egy másolatát mi is mellékeljük) segítségével, milyen műanyagokból készült a dizájner palack!



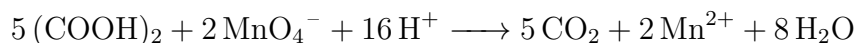
L
kategória

2. feladat megoldása

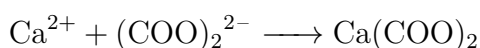
- a) Az oxálsav sav-bázis titrálással és permanganometriával is mérhető. Emellett az oxálsavból kalcium-hidroxiddal kalcium-oxalát csapadék választható le. A csapadékot lemért tömegű szűrőpapíron szűrve, majd szárítva a csapadék tömegéből az oldatban található oxálsav tömege visszaszámítható. Ismerve a por és az oxálsav tömegét, a porelegy összetétele meghatározható.
- c) A csapadék kicsapásos módszerrel mért oxálsav tömege nagy valószínűséggel sokkal nagyobb lesz a titrimetriával meghatározott mennyiségeknél. Ennek elsődleges oka (a mérési pontatlanságokon túl, melyek említéséért nem jár pont) az, hogy a csapadék a mérési feladatra rendelkezésre álló idő alatt nem tud vízmentesre száradni. Más helyes válasz is elfogadható. Helyes válasz továbbá a permanganometria, amely esetében a konyhasóból származó klorid-ion ugyancsak oxidálódik permanganát hatására klór gáz fejlődése mellett (a híg elkészített minták miatt a klór azonnal feloldódik, így nem ártalmas). Ez túlfogyást okoz.
- d) Sav-bázis titrálás



Permanganometriás titrálás



Csapadékképzés:





L
kategória

3. feladat

Kübelschöpfer látván Liminasius sikereit elkezdett forrongni dühében, ezért úgy döntött, hogy minden Liminasius birtokában álló savoldatot semlegesít, ezzel is megnehezítve kutatását. A semlegesítések során észrevette, hogy rendre az összes edény felmelegedett.

a) Milyen általános reakció felelős a közömbösítési hőért?

Észrevette, hogy az erős savak azonos koncentrációknál nagyon hasonló mértékben melegedtek fel, míg a gyenge savak ettől és egymástól is eltérően.

b) Melyik folyamat vezethet ehhez az eltéréshez?

Felkeltette Kübelschöpfer érdeklődését ez a megállapítás, így kitalálta, hogy kiméri mennyi a fenolnál az ebből a folyamatból származó reakcióhő. Ehhez először megmérte egy erős sav és erős bázis közömbösítéséhez tartozó hőt, majd a fenol és ugyan ezen erős bázis közömbösítésekor keletkező hőt. Tudta, hogy a Hess-tétel értelmében a két közömbösítési hő különbsége (közelítéseket alkalmazva és egyéb hőveszteségeket elhanyagolva) megadja a **b) folyamathoz** tartozó reakcióhőt.

Kübelschöpfer a mérést a következőképpen végezte. Az általa talált sósav és ecetsav oldatokat $2,0 \text{ mol/dm}^3$ -re hígította, majd bemért annyi nátrium-hidroxidot, hogy $2,0 \text{ mol/dm}^3$ -es oldatot kapjon. Ezután vett egy hőszigetelt főzőpoharat, melybe bemért $50 \text{ ml } 2,0 \text{ mol/dm}^3$ -es sósavat és egy másik főzőpohárba $50 \text{ ml } 2,0 \text{ mol/dm}^3$ -es nátrium-hidroxid mért ki. Külön-külön megmérte a két oldat hőmérsékletét, majd a hőmérőt a savat tartalmazó szigetelt pohárba helyezte. A savhoz öntötte a lúgot, miközben másodpercenként jegyezte a hőmérsékletet. Amint a hőmérséklet változása alábbhagyott felvett néhány pontot nagyobb időintervallumonként majd befejezte a mérést. Ezt elvégezte háromszor. Ezt követően megismételte a kísérletet, csak ezúttal sósav helyett fenollal dolgozott, a térfogatok és koncentrációk megegyeztek.

c) Vegyék fel milliméterpapíron a mérési eredményeket!

A felvett pontokra két egyenest illesztett vonalzó segítségével, az egyiket a kezdeti meredek szakaszra, a másikat pedig az ellaposodó szakaszra. A két egyenes metszéspontját vette a közömbösítéshez tartozó hőmérsékletnek. Kezdeti hőmérsékletnek a két oldat hőmérsékletének átlagát vette. Tudja, hogy egy reakció során felszabaduló hőmennyiség $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ összefüggés alapján adódik, ahol m a tömeg, c a fajhő és ΔT a hőmérséklet változás. Az oldatok esetén $\rho = 1,01 \text{ g/cm}^3$ sűrűséggel számolt és a víz fajhőjével dolgozott, amely $c = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$.

d) Mennyi az ecetsav **b) pontban** megjelölt folyamathoz tartozó reakcióhője?

e) További méréseket végzett, ahol ugyanezen két sav azonos pH értékű oldatait közömbösítette, a gyengébb vagy erősebb sav esetén fejlődött több hő?

Később eredményeivel Liminasiusnak dicsekedett, aki kinevette, mondván, hogy fölösleges ennyi mérést csinálni, ezt a reakcióhőt közvetlen módon is meg lehet határozni.

f) Kinek volt igaza és miért?



L
kategória

3. feladat megoldása

- $\text{OH}^- + \text{H}_3\text{O}^+ \longrightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$
- Disszociációs hő
- Mérési pontok felvétele néhány másodpercenként

Mérési pontok HCl esetén: 28,4; 34,1; 40,6; 41,3; 42,0; 42,1; 42,0; 42,1; 42,0; 42,0, 41,8; 41,8

Mérési pontok ecet esetén: 24,2; 28,5; 37,8; 38,4; 38,8; 39,0; 38,8; 39,0; 39,0; 39,0; 39,0; 38,8

d) $\Delta T_1 = 42,0 - 29,8 = 12,2$

$$\Delta T_2 = 38,8 - 26,8 = 12,0$$

$$\Delta T_1 - \Delta T_2 = 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$m = 101 \text{ g}$$

$$Q = 101 \cdot 10^{-3} \cdot 4,18 \cdot 0,2 = 0,084 \text{ kJ}$$

$$\Delta H = 0,084 \text{ kJ} / 0,1 \text{ mol} = 0,84 \text{ kJ/mol}$$

- A közömbösítési hő nagyságrenddel nagyobb, mint a disszociációs hő, így a fejlődő hőt ez befolyásolja főképp. Mivel gyengébb sav nagyobb koncentrációban van jelen ugyan azon a pH-n ezért itt nagyobb hő fejlődik.
- Kübschöppernek, mivel az ionok disszociációja más folyamatokkal összeköttetésben áll, mint hidratáció, oldódás,