

## PRIČA ZA VRUĆE DANE

**Cilj:** Odrediti reakcijsku entalpiju promjene u kojoj tvar **X** nastaje miješanjem tekućina **A** i **B** uporabom jednostavnog kalorimetra. Na temelju opažanja, zaključaka i ponuđenih informacija odrediti identitet tekućina **A** i **B**, tvari **X**, tekućine **C**, dviju vrsta aniona (**Anion\_A** i **Anion\_B**) i dviju vrsta kationa (**Kation\_A** i **Kation\_B**).

## I. RADNI LIST

**Pribor:** čaša od 250 mL, plutena pločica, čaša od 50 mL, kartonski poklopac s otvorom, alkoholni termometar od 0 do 100 °C, 2 menzure od 25 mL, 4 epruvete, stalak za epruvete, plastične bočice za dokapavanje (1 od 100 mL, 2 od 50 mL i 1 od 20 mL), šibice s dugom drškom, zaporni sat, kapalica s gumicom, plastična žličica, flomaster, stakleni štapić, čep za epruvetu, ravnalo, milimetarski papir, plastična čašica.

**Kemikalije:** tekućina **A** (vodena otopina magnezijeva klorida,  $c(\text{MgCl}_2) = 2,0 \text{ mol L}^{-1}$ ), tekućina **B** (vodena otopina natrijeva karbonata,  $c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 2,0 \text{ mol L}^{-1}$ ), tekućina **C** (klorovodična kiselina,  $w(\text{HCl}) = 0,20$ ), otopina indikatora (fenolftalein), vodena otopina srebrova nitrata,  $c(\text{AgNO}_3) = 0,5 \text{ mol L}^{-1}$ , destilirana voda

**!!! Oprez:** zaštitne naočale i rukavice. Tijekom KORAKA **4b** i **4c** naočale možete skinuti radi lakšeg odčitavanja.

Podcrtani navodi su nužni za predviđene bodove

## KORAK 1. ( DEMONSTRACIJSKI POKUS)

Promatrajte demonstracijski pokus i **zabilježite opažanja**.

---

**Tekućina B oboji plamen žuto (žuto-narančasto).**

**1 BOD**

## KORAK 2.

(2a) U epruvetu **1** dokapajte 15-20 kapi tekućine **B** i 2-3 kapi indikatora. **Zabilježite opažanja**.

---

**Tekućina B je bezbojna. Indikator je obojio tekućinu ljubičasto (crvenoljubičasto, purpurno i sl.)**

**1 BOD**

(2b) Potom u sadržaj epruvete **1** uz potresanje dokapavajte oprezno tekućinu **C** do trajne promjene boje. Dokapajte još 15-20 kapi. Unesite u epruvetu tinjajuću, a potom i zapaljenu triješčicu (šibicu). **Zabilježite opažanja**.

---

**Mijenja se boja indikatora iz ljubičaste (i sl.) u bezbojno, (s prvom kapi boje nestaje pa se vrati i sl. detalji do navoda o obezbojenju).**

**1 BOD**

---

**Dolazi do pjenjenja, razvija se bezbojan plin, šibica se ugasi (plin ne podržava gorenje), plin nije zapaljiv, plin se razvija i nakon promjene boje indikatora, sve slabije i slabije do prestanka. 1 BOD**

Državno natjecanje iz kemije – ZADAR 2013.

2. razred srednje škole - ZADANI POKUS

Zaporka: \_\_\_\_\_

(2c) Nastavite pokus pažljivo motreći promjene dokapavanjem tekućine **B** u sadržaj epruvete **1** kap po kap uz potresanje do trajne promjene boje. Nastavite postupak s još 4-5 kapi uz potresanje. **Zabilježite opažanja.**

Mijenja se boja indikatora - bezbojno u ljubičasto (i sl.). Dolazi do pjenjenja koje je na početku intenzivnije, a potom sve slabije, pa prestaje (razvija se bezbojan plin intenzivno pa sve slabije sl).  
**1 BOD**

**KORAK 3.** Složite jednostavni kalorimetar koristeći pri tom prvih pet elemenata navedenih u popisu pribora. **Pozovite dežurnog** nastavnika da provjeri aparaturu.

**1 bod za dobro složenu aparaturu (dodjeljuje nastavnik tijekom provedbe pokusa).** **1 BOD**

**KORAK 4.** (NAJPRIJE PAŽLJIVO PROČITAJTE CIJELU UPUTU U OVOM KORAKU, PROMISLITE O POSTUPKU I TEK TADA ZAPOČNITE S MJERENJEM!)

(4a) Odmjerite menzurom 20 mL tekućine **B** i ulijte u posudu kalorimetra.  
Odmjerite u **novu** menzuru 20 mL tekućine **A** i ostavite stajati.

(4b) Poklopite kalorimetar poklopcem s otvorom. Kroz otvor provucite termometar i kroz iduće tri minute miješajte sadržaj kalorimetra i svakih 30 sekundi odčitajte i **bilježite temperaturu.**

(4c) **Nakon treće minute** odignite poklopac kalorimetra i **BRZO DOLIJTE** tekućinu **A** iz menzure (pazeći pri tom da termometar **ostane uronjen** u sadržaj kalorimetra), **intenzivno miješajte** reakcijsku smjesu termometrom i nastavite odčitavati i bilježiti temperaturu svakih 30 sekundi tijekom sljedeće tri minute.

<i>t</i> / s	0	30	60	90	120	150	180
<i>g</i> / °C							

<i>t</i> / s	210	240	270	300	330	360
<i>g</i> / °C						

(4d) **Zabilježite opažanja** tijekom KORAKA 4c.

Nastaje bijeli (gelasti) talog. **1 BOD**  
Temperatura u kalorimetru je niža (promjena je endotermna) i sl. **1 BOD**

**KORAK 5.** (U SLOBODNOM VREMENU IZMEĐU POSTUPKA **5A** I **5B** PROUČITE DODATAK NA KRAJU ZADAĆE O ODREĐIVANJU TEMPERATURNOG SKOKA U KALORIMETRU).

(5a) U epruvetu **2** prenesite iz kalorimerta dvije žličice sadržaja reakcijske smjese i dolijte do polovice epruvete vodu. Začepite, promućkajte, **promotrite** i odložite epruvetu u stalak na 5-10 minuta. **Zabilježite opažanja** tijekom cijelog postupka.

Državno natjecanje iz kemije – ZADAR 2013.

2. razred srednje škole - ZADANI POKUS

Zaporka: \_\_\_\_\_

Bijeli talog nije topljiv u vodi, otopina je mutna i sl. 1 BOD  
Stajanjem talog se potpuno odijelio od tekućine, tekućina iznad taloga je bistra i bezbojna. 1 BOD

(5b) U epruvetu 3 dokapajte 10 kapi tekućine C i 3-4 kapi otopine srebrova nitrata (bočica na zajedničkom stolu) i promućkajte. Zabilježite opažanja.

Tekućina A je bezbojna i bistra. U reakciji nastaje bijeli gelasti (pahuljasti) talog. 1 BOD

(5c) Kapalicom uzmite oko 10 kapi tekućine iz epruvete 2 i prenesite u epruvetu 4. Dokapajte 3-4 kapi otopine srebrova nitrata (bočica na zajedničkom stolu) i promućkajte. Zabilježite opažanja.

Uzorkovana tekućina je bistra. U provedenoj reakciji nastaje bijeli gelasti (pahuljasti) talog. 1 BOD

(5d) Pažljivo odlijte veći dio tekućine iz epruvete 2 u plastičnu čašicu. U preostali sadržaj u epruveti 2 dokapavajte uz potresanje tekućinu C do trajne promjene. Unesite u epruvetu tinjajuću, a potom i zapaljenu triješćicu (šibicu). Zabilježite opažanja.

Dolazi do pjenjenja, razvija se bezbojan plin, šibica se ugasi (plin ne podržava gorenje), plin nije zapaljiv, talog se potpuno otapa (izreagira) i sl. 1 BOD

II. LIST ZA ODGOVORE

ZADATAK 1. Koje zaključke možete donijeti o tekućini B na temelju opažanja tijekom KORAKA 1?

Tekućina B sadrži ione natrija, Kation\_B je ion natrija i sl. 1 BOD

ZADATAK 2 Anioni prisutni u tekućini B nalaze se u građi minerala krškog tla i stijena. Brønsted-Lowryeve su baze. Na temelju navedenog i dijela opažanja iz KORAKA 2b napišite kemijsko ime ili formulu Aniona\_B.

Anion\_B je karbonatni ion,  $\text{CO}_3^{2-}$  1 BOD

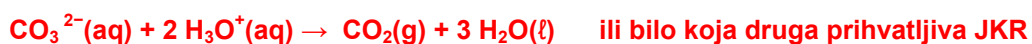
ZADATAK 3. Što na temelju opažanja tijekom KORAKA 2b zaključujete o tekućini C?

Tekućina C je kiselina (prihvatiti i odgovor - tekućina C je kiselina). 1 BOD

ZADATAK 4. Napišite kemijsko ime tekućine C, uzevši u obzir i opažanja tijekom KORAKA 5b.

Tekućina C je klorovodična (solna) kiselina. 1 BOD

ZADATAK 5. Napišite jednadžbu kemijske reakcije koja se odvijala u KORAKU 2b, a jedan od produkata je plin. Naznačite pripadna agregacijska stanja.



1 BOD za JKR + 1 BOD za sva ispravno napisana AS

Državno natjecanje iz kemije – ZADAR 2013.

2. razred srednje škole - ZADANI POKUS

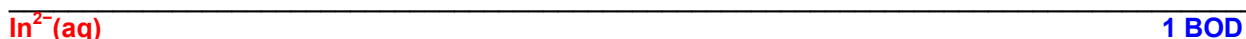
Zaporka: \_\_\_\_\_

**ZADATAK 6.** Tijekom **KORAKA 2a** do **2c** indikator je promjenom boje indicirao kiselost/lužnatost medija. U vodenoj otopini pojavljuju se u stanju dinamičke ravnoteže dva oblika jedinki indikatora, obilježimo ih kao  $\text{H}_2\text{In}$  i  $\text{In}^{2-}$ . Prvi nije obojen, a drugi je.

6.1. Jednadžbom kemijske reakcije opišite dinamičku ravnotežu u vodenoj otopini indikatora.



6.2. Koji oblik jedinki indikatora prevladava u vodenoj otopini po završetku **KORAKA 2c**. **Objasnite** odgovor.



Svi odgovori koji uključuju razmatranje pomaka kemijske ravnoteže na temelju Le Chatelierova principa. (kemijska ravnoteža je pomaknuta udesno, tekućina B je lužnata i neutralizira  $\text{H}_3\text{O}^+$  ione, smanjuje se koncentracija  $\text{H}_3\text{O}^+$  iona pa uslijed disocijacije  $\text{H}_2\text{In}$  jedinki raste koncentracija  $\text{In}^{2-}$  iona i sl.) Otopina je obojena (nije prihvatljiv odgovor ako nije razmatran pomak kemijske ravnoteže)

1 BOD

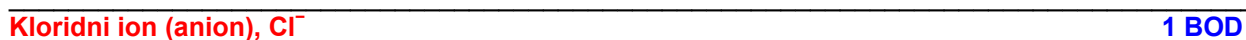
6.3. Taloženje pojedinih soli koje u svom sastavu imaju **Anion\_B** zahtijeva 'fino' podešavanje pH-vrijednosti reakcijskog sustava. Pretpostavite u kojem pH-području su moguća taloženja navedenih soli i **objasnite odgovor** uz pomoć dijela opažanja iz **KORAKA 2c**.

---

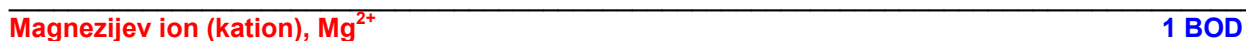
U lužnatom,  $\text{pH} > 7$ , značajno lužnatom i sl. 1 BOD; povećanjem pH-vrijednosti reakcijskog sustava ne razvija se više plin ( $\text{CO}_2$ ), u dinamičkoj ravnoteži postoje samo kemijske vrste prema JKR  
 $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{HCO}_3^-(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$ , a ravnoteža se pomiče u lijevo porastom pH-vrijednosti medija i sl.

1 BOD

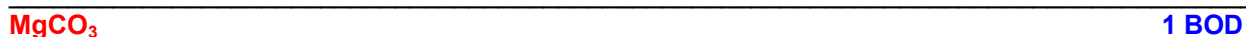
**ZADATAK 7.** **Anion\_A** moguće je identificirati iz opažanja u **KORAKU 5c**. Napišite kemijsko ime **Aniona\_A**.



**ZADATAK 8.** **Kation\_A** ima nabojni broj +2 i izoelektronski je s atomom neona. Napišite kemijsko ime **Kationa\_A**.



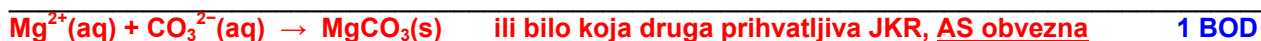
**ZADATAK 9.** Na temelju opažanja iz **KORAKA 4d, 5c i 5d** i odgovora na **ZADATAK 2 i 8** napišite kemijsku formulu spoja **X**.



**ZADATAK 10.** Kako se naziva postupak odvajanja tvari proveden u **KORAKU 5d**?



**ZADATAK 11.** Napišite jednadžbu kemijske reakcije koja se odvijala u posudi kalorimetra tijekom **KORAKA 4c**. Naznačite pripadna agregacijska stanja.



Državno natjecanje iz kemije – ZADAR 2013.

2. razred srednje škole - ZADANI POKUS

Zaporka: \_\_\_\_\_

**ZADATAK 12.** Na temelju opažanja i odgovora iz **KORAKA 4c i 4d** navedite je li promjena entalpije sustava pozitivna ili negativna?

**Pozitivna;  $\Delta H > 0$ ; endotermna reakcija, (toplina je prešla iz kalorimetra na reakcijski sustav, u sustavu se povećala energija pa zaključujemo da je promjena entalpije sustava pozitivna i sl.)**

**1 BOD**

**ZADATAK 13. Odredite temperaturni skok u kalorimetru.** Promjenu temperature prikažite na milimetarskom papiru tako da na ordinatu nanese temperaturu, a na apscisu pripadno vrijeme. (Možete koristiti običnu olovku za crtanje grafa, vidjeti dodatak na kraju zadaće!)

**za dobru raspodjelu vrijednosti na osima grafa**

**1 BOD**

**za dobro odčitani temperaturni skok iz grafa**

**1 BOD**

**ZADATAK 14.** Izračunajte **promjenu entalpije** reakcijskog sustava iz **KORAKA 4c** koristeći rješenje iz **ZADATKA 12 i 13**, ako pretpostavimo da toplinski kapacitet kalorimetra (kalorimetrijska konstanta) iznosi  $0,48 \text{ kJ K}^{-1}$ .

**$\Delta H = C \cdot \Delta T$**

**1 BOD za izraz**

**$\Delta H = (1,93 \pm 0,25) \text{ kJ} ; \Delta T = (4,0 \pm 0,5) \text{ K}$**

**3 BODA za točan rezultat**

**ZADATAK 15.** Izračunajte **reakcijsku entalpiju** za promjenu koja se odvijala u **KORAKU 4c** koristeći rješenje iz **ZADATKA 14** i odgovor iz **ZADATKA 11**. Masena koncentracija tekućine **A** odmjerene u **KORAKU 4a** je  $190,4 \text{ g L}^{-1}$ , a molarna masa tvari **A** iznosi  $95,2 \text{ g mol}^{-1}$ .

**$c = \gamma / M ; n = \gamma V / M ; n(\text{Kation\_A}) = 0,04 \text{ mol}$**

**za množinu tvari 1 BOD**

**$\Delta_r H = \Delta H / n(\text{Kation\_A}) ; \Delta_r H = (48,3 \pm 6,0) \text{ kJ mol}^{-1}$**

**1 BOD**

**ZADATAK 16.** Izračunajte reakcijsku entalpiju promjene u kojoj taloži tvar **X**, opisanu jednadžbom kemijske reakcije u **ZADATKU 11**, na temelju sljedećih podataka:  $\Delta_f H^\circ(\text{X}, \text{s}) = -1095,8 \text{ kJ mol}^{-1}$ ;

$\Delta_f H^\circ(\text{Kation\_A}, \text{aq}) = -466,9 \text{ kJ mol}^{-1}$ ;  $\Delta_f H^\circ(\text{Anion\_B}, \text{aq}) = -677,1 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

**$\Delta_r H^\circ = 48,20 \text{ kJ mol}^{-1}$**

**1 BOD**

**ZADATAK 17.** Usporedite rezultate iz **ZADATKA 15 i 16** i navedite eksperimentalne pogreške koje su mogle uzrokovati neslaganje mjerenih i računatih vrijednosti reakcijske entalpije.

**Konstrukcija kalorimetra (slaba izolacija, izmjena topline kroz čašu i sl); neprecizno odmjereni volumeni tekućina A i B; vađenje termometra iz reakcijskog sustava tijekom mjerenja; nepreciznost pri odčitavanju temperature; uz reakciju taloženja tvari X mogu nastati i drugi produkti (magnezijev hidroksid)....**

**barem tri navoda za 1 BOD**

## DODATAK

## ODREĐIVANJE TEMPERATURNOG SKOKA U KALORIMETRU

Promjena temperature s vremenom prikazana je na slici. Temperaturni skok određuje se kao razlika temperature  $T_0$  i  $T_1$  dobivenih ekstrapolacijom iz ravnih dijelova krivulje. Točke  $T_0$  i  $T_1$  postavite tako da zasjenjene površine budu jednake.

Drugim riječima, između dva područja došlo je do temperaturnog skoka koji procjenjujemo na temelju razmaka pravaca  $p_0$  i  $p_1$  u sredini područja temperaturnog skoka.

