

Republika Hrvatska - Ministarstvo znanosti i obrazovanja
Agencija za odgoj i obrazovanje - Hrvatsko kemijsko društvo

DRŽAVNO NATJECANJE IZ KEMIJE

učen(ka)ca osnovnih i srednjih škola 2017.
Sveti Martin na Muri, 25–28. travnja 2017.

NAPOMENA:

1. Zadatci se rješavaju 120 minuta.
2. Dopušteno je koristiti samo dobivenu tablicu periodnog sustava elemenata.
3. Zadatci se moraju rješavati na mjestu predviđenom za taj zadatak (**ne** koristiti dodatne papire). Ako nema dovoljno mjesta za rješavanje zadatka, može se koristiti poledina prethodne stranice.
4. Odgovori na postavljena pitanja ili račun (kompletan) **moraju** biti pisani **kemijskom olovkom ili tintom plave boje**, jer se u protivnom neće uzimati u obzir pri bodovanju. Ispravljeni odgovori se ne vrjednuju.

Prijavu ispuniti tiskanim slovima!

Prijava za: **zadani pokus**

razred

Zaporka:

POSTIGNUTI BODOVI

(pet brojeva i do sedam velikih slova)

(potpisi članova povjerenstva):

1. _____

2. _____

3. _____

OTKINUTI OVAJ DIO PRIJAVE I STAVITI GA U OMOTNICU S NAPISANOM ZAPORKOM
PRIJAVU ISPUNITI TISKANIM SLOVIMA

Prijava za: **zadani pokus**

razred

Zaporka:

(pet brojeva i do sedam velikih slova)

Ime i prezime učen(ka)ce: _____ OIB: _____

Godina rođenja: _____

Spol: 1. muško

2. žensko (zaokružiti!)

Telefon/mobitel: _____

e-mail: _____

Puni naziv škole: _____

Šifra škole: _____

Adresa škole (ulica i broj): _____

Grad u kojem je škola: _____

Županija: _____

Ime i prezime mentor(a)ice: _____

Periodni sustav elemenata IUPAC 2013.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H 1,008		2 He 4,003															
3 Li 6,941	4 Be 9,012																
11 Na 22,99	12 Mg 24,31																
19 K 39,10	20 Ca 40,08	21 Sc 44,96	22 Ti 47,87	23 V 50,94	24 Cr 52,00	25 Mn 54,94	26 Fe 55,85	27 Co 58,93	28 Ni 58,69	29 Cu 63,55	30 Zn 65,38	31 Ga 69,72	32 Ge 72,63	33 As 74,92	34 Se 78,98	35 Br 79,90	36 Kr 83,80
37 Rb 85,47	38 Sr 87,62	39 Y 88,91	40 Zr 91,22	41 Nb 92,91	42 Mo 95,95	43 Tc [98]	44 Ru 101,1	45 Rh 102,9	46 Pd 106,4	47 Ag 107,9	48 Cd 112,4	49 In 114,8	50 Sn 118,7	51 Sb 121,8	52 Te 127,6	53 I 126,9	54 Xe 131,3
55 Cs 132,9	56 Ba 137,3	57-71 lantanoïdi	72 Hf 178,5	73 Ta 180,9	74 W 183,8	75 Re 186,2	76 Os 190,2	77 Ir 192,2	78 Pt 195,1	79 Au 197,0	80 Hg 200,6	81 Tl 204,4	82 Pb 207,2	83 Bi 209,0	84 Po [209]	85 At [210]	86 Rn [222]
87 Fr [223]	88 Ra [226]	89-103 aktinoidi	104 Rf [267]	105 Db [268]	106 Sg [271]	107 Bh [270]	108 Hs [277]	109 Mt [276]	110 Ds [281]	111 Rg [282]	112 Cn [285]	113 Uut [285]	114 Fl [289]	115 Uup [289]	116 Lv [293]	117 Uus [294]	118 Uuo [294]
57 La 138,9	58 Ce 140,1	59 Pr 140,9	60 Nd 144,2	61 Pm [145]	62 Sm 150,4	63 Eu 152,0	64 Gd 157,3	65 Tb 158,9	66 Dy 162,5	67 Ho 164,9	68 Er 167,3	69 Tm 168,9	70 Yb 173,1	71 Lu 175,0			
89 Ac [227]	90 Th 232,0	91 Pa 231,0	92 U 238,0	93 Np [237]	94 Pu [244]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [251]	99 Es [252]	100 Fm [257]	101 Md [258]	102 No [259]	103 Lr [262]			

Temeljne prirodne konstante

Brzina svjetlosti u vakuumu	c_0	$2,998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Planckova konstanta	h	$6,626 \times 10^{-34} \text{ J s}$
Elementarni naboj	e	$1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$
Masa mirovanja elektrona	m_e	$9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Masa mirovanja protona	m_p	$1,673 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Masa mirovanja neutrona	m_n	$1,675 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Atomska masena konstanta, unificirana atomska jedinica mase, dalton	$m_u, u, \text{ Da}$	$1,661 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Avogadrova konstanta	L, N_A	$6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Boltzmannova konstanta	k, k_B	$1,381 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
Molarna plinska konstanta	R	$8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
Faradayeva konstanta	F	$9,649 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$
Molarni volumen idealnog plina ($p = 101,325 \text{ kPa}, t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$)	V_m	$22,41 \text{ L mol}^{-1}$

IGRA SKRIVAČA

CILJ: Odrediti identitet i svojstva tvari **X**, tekućina **T1**, **T2**, **T3**, **T4**, **T5**, **T6** i **T7** na temelju načinjenih kemijskih proba, zabilježenih opažanja, izvedenih zaključaka i ponuđenih dodatnih informacija.

Pribor: stalak za epruvete, 7 epruveta, 1 kapalica s gumicom, 7 plastičnih bočica za dokapavanje (jedna od 10 mL, dvije od 20 mL, četiri od 50 mL), smeđa staklena bočica od 10 mL s kapalicom, plastična čaša za ispiranje, univerzalni indikatorski papir, satno staklo, stakleni štapić, šibice, papirnati ubrusi

Kemikalije: tvar **X** (uzorak kalcija), tekućina **T1** (destilirana voda), tekućina **T2** [$\text{CaCl}_2(\text{aq})$; $c = 0,05 \text{ mol L}^{-1}$], tekućina **T3** [$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{aq})$; $c = 0,5 \text{ mol L}^{-1}$], tekućina **T4** [$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{aq})$; $c = 0,5 \text{ mol L}^{-1}$], tekućina **T5** (koncentrirana klorovodična kiselina), tekućina **T6** (koncentrirana otopina amonijaka), tekućina **T7** (vodena otopina EDTA, $c = 0,1 \text{ mol L}^{-1}$), vodena otopina srebrova nitrata $c(\text{AgNO}_3) = 0,5 \text{ mol L}^{-1}$, $\text{CuSO}_4(\text{s})$, destilirana voda

Podcrtani navodi u odgovorima su nužni za predviđene bodove.

OPREZ: zaštitne rukavice i naočale! Rad s nadražujućim kemikalijama! Tijekom rada ne dirati lice rukama zbog mogućih tragova kemikalija na rukavicama!

Ako kemikalije slučajno dospiju na kožu, poliveno mjesto treba oprati vodom.

I. RADNI LIST I PITANJA

KORAK 1

(A) Istresite uzorak tvari **X** iz epruvete **E1** na **suhu** podlogu. Promotrite uzorak i **zabilježite opažanja**.

Čvrsta tvar, grumen sive boje (kod nekih uzoraka vidljiv metalni sjaj).

0,5 boda

(B) Epruvetu **E1** napunite do oznake tekućinom **T1** i odložite u stalak. Opišite tekućinu **T1** i odredite pomoću univerzalnog indikatorskog papira njenu približnu pH-vrijednost.

Kapnite 3-5 kapi tekućine **T1** na uzorak bakrova(II) sulfata.

Zabilježite opažanja i izvedite zaključake na temelju rezultata pokusa.

Tekućina T1 je prozirna/bistra, bezbojna i bez mirisa.

0,5 boda

Tekućina T1 je neutralna (prihvaća se odgovor slabo kisela) (pH-vrijednost ~ 7).

0,5 boda

Tekućina T1 oboji bijeli (svijetlo plavi) prah bakrova(II) sulfata intenzivno plavo.

0,5 boda

Napišite naziv i kemijsku formulu tekućine **T1**: _____

voda, H_2O

0,5 boda

Pokus za 2. razred srednje škole

Zaporka: _____

(C) Pomoću pincete ubacite uzorak tvari **X** u epruvetu **E1** (koja mora stajati u stalku) i promatrajte promjene. Nakon **10-15** sekundi upaljenom šibicom ispitajte goriva svojstva plinovitog sadržaja epruvete. (*Epruvetu **E1** ostavite mirovati do KORAKA 5.*)

Zabilježite opažanja.

Burna reakcija, razvijaju se mjehurići, sadržaj epruvete se zagrijava, otopina se zamutila (bijeli talog), plinoviti sadržaj gori (čuje se prasak).

za svaki podcrtni navod 0,5 boda

5 × 0,5 boda

Izvedite zaključke na temelju opažanja.

Razvija se plin vodik, reakcija je egzotermna, tvar X je vjerojatno alkalijski ili zemnoalkalijski metal, nastali produkt je slabo topljiv (zasićena otopina) u tekućini T1 (vodi) i sl.

boduju se do tri podcrtana navoda po 0,5 boda

3 × 0,5 boda

KORAK 2 Odredite pomoću univerzalnog indikatorskog papira približnu pH-vrijednost tekućina **T2**, **T3**, **T4**, **T5** i **T6**. Sve tekućine su **bezbojne i bistre**. Rezultate mjerena unesite u tablicu i na temelju njih **zaključite** o kiselosti, neutralnosti ili lužnatosti pojedinih tekućina. (*Preostale stupce za sada ostavite prazne.*)

TABLICA 1

	T2	T3	T4	T5	T6	E1 (X1, aq)	T 7
pH-vrijednost	~7	~ 1	~7	< 1	~ 12	10–12 (odstupanja zbog različite mase uzorka X)	~3
zaključak	neutralna (slabo kisel)	kisela	neutralna (slabo kisel)	(jako) kisel	lužnata	lužnata	kisela

za svaki zaključak s pripadnom pH-vrijednošću 0,5 boda

7 × 0,5 boda

KORAK 3

(A) U epruvetu **E2** dokapajte **20** kapi tekućine **T2**, potom dokapavajte **10** kapi tekućine **T4** uz potresanje sadržaja. **Zabilježite opažanja.**

Sadržaj epruvete E2 se slabo zamuti, sitne čestice bijelog taloga.

0,5 boda

Pokus za 2. razred srednje škole

Zaporka: _____

(B) U epruvetu **E3** dokapajte **20** kapi tekućine **T2**, potom **5** kapi tekućine **T5** i protresite sadržaj. U sadržaj epruvete dokapavajte uz protresanje **5** kapi tekućine **T3**. **Zabilježite opažanja.**

Tekućina T2 je bezbojna i bistra. U epruveti E3 sadržaj ostaje bezbojan i bistar dodatkom tekućina T5 i T3. 0,5 boda

(C) Odredite približnu pH –vrijednost sadržaja epruvete **E3**: (i) prije dokapavanja tekućine **T6**, (ii) nakon dodanih **5-6 kapi** i (iii) na kraju postupka. U sadržaj epruvete **E3** dokapajte uz potresanje **kap po kap 10** kapi tekućine **T6**. **Zabilježite opažanja.**

pH-vrijednost: (i) < 1; (ii) ~ 8; (iii) >10 0,5 boda

Dodatkom 1 do 2 kapi tekućine T6 nastaje bijeli talog koji se protresanjem otopi. 0,5 boda

Dodatkom svake nove kapi tekućine T6 nastaje više bijelog taloga (zamućenja). 0,5 boda

KORAK 4 U epruvetu **E4** dokapajte 25 kapi tekućine **T2**. U sadržaj epruvete dokapajte 10 kapi tekućine **T6**, promućkajte i **zabilježite opažanja.**

Tekućina T2 je bezbojna i bistra. Osjeti se jak miris. U epruveti E4 nema vidljivih promjena. 0,5 boda

KORAK 5 Promotrite i opišite sadržaj epruvete **E1** (epruvetom pažljivo rukujte bez potresanja). Odredite približnu pH-vrijednost tekućeg sadržaja u epruveti i zabilježite je u Tablicu 1 uz pripadan zaključak. **Zabilježite opažanja.**

Na dnu epruvete je bijeli talog. 0,5 boda

Tekućina iznad taloga je bistra (blago zamućena) i bezbojna. 0,5 boda

KORAK 6 **Pažljivo** kapalicom uzorkujte tekućinu iz epruvete **E1** i dokapajte je u epruvetu **E5** (oko 20 kapi). Potom u sadržaj epruvete **E5** dodajte **kap po kap 5–7** kapi tekućine **T3** do vidljive promjene. **Zabilježite opažanja.**

Dodatkom tekućine T3 nastaje bijeli talog (otopina se zamuti). 0,5 boda

PITANJE 1. S kojim se prijašnjim KORAKOM mogu usporediti opažanja iz KORAKA 6, ako im je zajedničko da se u reakcijskom sadržaju nalazi i tekućina **T3**? Uporabite opažanja iz Tablice 1 i **obrazložite odgovor**.

S KORAKOM 3(C). 0,5 boda

Povezivanje nastanka bijelog taloga s povećanjem pH-vrijednosti sadržaja epruvete. 1,0 bod

KORAK 7 Odredite približnu pH-vrijednost tekućine **T7** i zabilježite je u Tablicu 1 uz pripadan zaključak.

(kisela otopina), pH ~3

KORAK 8 Polovicu sadržaja epruvete **E4** prelijte u epruvetu **E41**.

U sadržaj epruvete **E4** dokapavajte uz protresanje 10 kapi tekućine **T3**.

U epruvetu **E41** dokapajte 10 kapi tekućine **T7** uz protresanje. Potom dokapavajte uz protresanje **10–15** kapi tekućine **T3**.

Zabilježite opažanja i usporedite rezultate pokusa.

U epruveti E4 nastaje bijeli talog (zamućenje).

0,5 boda

U epruveti E41 ne nastaje talog (zamućenje), nema vidljive promjene.

0,5 boda

KORAK 9 U epruvetu **E6** dokapajte 5 kapi tekućine **T2**. Uz protresanje dokapajte kap po kap **3 do 5 kapi** otopine srebrova nitrata (zatražite od nastavnika). **Zabilježite opažanja.**

Tekućina T2 je bezbojna i bistra. U reakciji nastaje bijeli gelasti (pahuljasti) talog. 0,5 boda

II. SAMO ZADATCI

ZADATAK 1 Napišite kemijsku formulu i naziv **aniona** iz sadržaja tekućine **T2** odgovornog za opažanja tijekom KORAKA 9 (epruveta **E6**).

Cl⁻, kloridni ion (anion)

za potpun odgovor

1,0 bod

ZADATAK 2 Jednak rezultat pokusa (KORAK 9) pokazala bi i tekućina **T5**. Na temelju opažanja iz Tablice 1 napišite kemijske formule **značajnih ionskih vrsta** koje se nalaze u tekućini **T5**.

Cl⁻, H₃O⁺

2 × 0,5 boda

ZADATAK 3 Na temelju opažanja i zaključaka u KORAKU 1 i KORAKU 5 napišite jednadžbu kemijske reakcije koja se odvijala u KORAKU 1(C). Tvar **X** je elementarna tvar rednog broja 20. Naznačite agregacijska stanja svih sudionika reakcije.

Ca(s) + 2 H₂O(l) → Ca(OH)₂(s) + H₂(g); priznaje se i odgovor Ca(OH)₂(aq)

2,0 boda

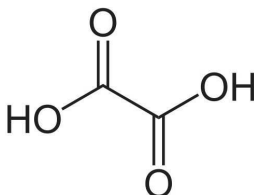
ZADATAK 4 Napišite kemijsku formulu spoja koji otopljen u vodi daje tekućinu **T2** i pripada solima tvari **X**.

CaCl₂

0,5 boda

ZADATAK 5 Na temelju strukturne formule molekule spoja **T3** (tekućina T3):

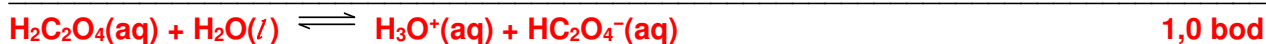
(a) napišite trivijalni naziv spoja.



oksalna kiselina; etanska dikiselina

0,5 boda

(b) odredite ionske vrste koje mogu nastati disocijacijom molekule **T3** i svaki odgovor potkrijepite jednažbom kemijske reakcije.



(navedena ionska vrsta bez JKR 0,5 boda)

ZADATAK 6 Tekućina **T4** i tekućina **T6** sadrže različite anione, ali jednake katione. Napišite kemijsku formulu kationa ako je poznato da nastaju i u reakciji molekula amonijaka i vode.

NH₄⁺

1,0 bod

ZADATAK 7 Na temelju opažanja iz Tablice 1 i odgovora u ZADATKU 6 napišite kemijske formule **značajnih ionskih vrsta** koje se nalaze u tekućini **T6**.

NH₄⁺, OH⁻

za potpun odgovor

0,5 boda

ZADATAK 8 Usporedite opažanja iz KORAKA 3(C) i KORAKA 4. Napišite kemijsku formulu spoja za koji ste sigurni da **ne taloži** u navedenim pokusima. **Obrazložite opažanje** i **navedite** broj epruvete u kojoj taj talog jedino nastaje.

Ne taloži kalcijev hidroksid, Ca(OH)₂(s). **1,0 bod**

U epruveti E4 (KORAK 4) nalaze se kalcijevi ioni i hidroksidni ioni, ali ne nastaje talog.

Otopina je nezasićena, produkt topljivosti (konstanta ravnoteže otapanja) za kalcijev hidroksid je veće vrijednosti od produkta topljivosti kalcijeve soli koja nastaje u KORAKU 3(C) i sl.

2,0 boda

Talog kalcijeva hidroksida nastaje jedino u epruveti E1.

0,5 boda

ZADATAK 9 Na temelju opažanja iz KORAKA 3(A) i 3(C), odgovora na PITANJE 1 i ZADATAK 5(b) napišite kemijsku formulu aniona koji se nalazi u sadržaju tekućine **T4** i svih opaženih taloga (osim navedenog u odgovoru ZADATKA 8 i opaženog u KORAKU 9.)

$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$

1,0 bod

Obrazložite odgovor na temelju Le Chatelierova principa, Brønsted-Lowryjeve teorije kiselina i baza i razmatranja o topljivosti soli koje su mogle nastati.

U jako kiselom mediju (otopini) prisutni su samo HC_2O_4^- ioni koji s kalcijevim ionima čine dobro topljivu sol. / U dinamičkoj ravnoteži postoje samo kemijske vrste prema JKR:

$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{HC}_2\text{O}_4^-(\text{aq})$, a ravnoteža se pomiče u lijevo sniženjem pH-vrijednosti medija, nastaje dobro topljiva sol kalcija i sl.

2,0 boda

Povećanjem pH-vrijednosti otopine dolazi do pomaka kemijske ravnoteže u reakcijskom sustavu:

$\text{HC}_2\text{O}_4^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}(\text{aq})$ 'udesno' pa se u otopini povećava udio $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ iona koji s kalcijevim ionima tvore talog (slabo topljiv; vrijednost konstante ravnoteže otapanja mala, brzo nastaje zasićena otopina CaC_2O_4 i sl.)

1,5 bod

ZADATAK 10 Ako je poznato da je tekućina **T7** vodena otopina spoja pojednostavljene kemijske formule H_4Y , da s kationima tvari **X** gradi stabilne kompleksne anione u množinskom omjeru 1 :1 u **lužnatom mediju**, te na temelju opažanja u KORAKU 8 (E4 i E41):

- obrazložite ulogu spoja (tekućine) T7 u pokusu.
- napišite kemijsku formulu kompleksnog aniona koji nastaje tijekom pokusa.
- napišite jednadžbu kemijske reakcije koja obrazlaže odgovor (b).

(a) Spoj T7 veže kalcijeve ione i njihova koncentracija više nije dostatna da nastane zasićena otopina CaC_2O_4 pri uvjetima eksperimenta.

1,0 bod

(b) CaY^{2-}

1,0 bod

(c) $\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{Y}^{4-}(\text{aq}) \rightarrow \text{CaY}^{2-}(\text{aq})$; i svaki drugi točan zapis

2,0 boda

ZADATAK 11 Na temelju opažanja i odgovora tijekom pokusa predložite postupak/postupke da se preostali sadržaj u epruveti **E1** prevede u bistru i bezbojnu tekućinu uporabom dostupnih kemikalija. Svaki prijedlog potkrijepite jednadžbom kemijske reakcije ili obrazloženjem. (Potvrdite pretpostavku pokusom, dostupne su vam prazne epruvete bez oznake).

Uporabom tekućine T5 (klorovodična kiselina); $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2 \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CaCl}_2(\text{aq}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\ell)$; $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\ell)$

1,0 bod

Uporabom tekućine T7 (EDTA, H_4Y); $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq})$; pomiče ravnotežu udesno vezujući kalcijeve ione.

1,0 bod