

Državna razina Natjecanja iz kemije u šk. god. 2024./2025.

Pokus za 1. razred srednje škole

Zaporka: _____

PRIBOR: stalak za epruvete, epruvete **E1 – E12**, staklena čaša, kartonska čaša za otpad, injekcijska štrcaljka, papirnati držak, svijeća, šibice, drvene treščiće, predmetno staklo.

KEMIKA LIJE: uzorci metala, destilirana voda, klorovodična kiselina, natrijeva lužina, aluminijev oksid, otopina fenolftaleina.

Napomena: u jednadžbama kemijskih reakcija obvezno je naznačiti agregacijska stanja reaktanata i produkata, koja će biti bodovana samo ako su ispravno napisane kemijske formule svih reaktanata i produkata zadane reakcije.

Dio 1. Vodu volim. Ili?

U epruvetama na stalku nalaze se uzorci različitih metala kako slijedi: **E1** – litij, **E2** – magnezij, **E3** – kalcij, **E4** – bakar, **E5** – barij, **E6** – željezo, **E7** – aluminij i **E8** – cink. U prvom dijelu pokusa zadatak je ispitati reaktivnost danih metala s vodom i/ili klorovodičnom kiselinom, identificirati produkte te napisati pripadajuće jednadžbe reakcija.

KORAK 1. Upali svijeću. Upaljenu svijeću ostavi na mjestu na kojemu je postavljena i ni u jednom trenutku ju nemoj približavati stalku s epruvetama!

KORAK 2. Injekcijskom štrcaljkom izmjeri 5 mL destilirane vode. Dodaj vodu iz štrcaljke u epruvetu **E1**. Na plamenu svijeće zapali vrh drvene treščiće i prinesi je otvoru epruvete. Zabilježi opažanja na praznu crtu pored oznake **E1** (Pitanje 1).

KORAK 3. Ponovi radnje iz **KORAKA 2** tako što ćeš vodu redom dodati u epruvete **E2 – E8**. Napomene: 1) Ne radi sve odjednom! Odradi pokus s metalom iz epruvete E2, pa prijeđi na sljedeću epruvetu. 2) Nemoj raditi probu sa zapaljenom treščicom – plin koji nastaje isti je kao i plin iz epruvete E1.

Pitanje 1. Zabilježi opažanja iz **KORAKA 2 i 3**.

E1 Nastaju mjehurići 0,5 bodova, prinošenjem zapaljene treščiće čuje se prasak 0,5 bodova

E2 Nema uočljive promjene 0,5 bodova

E3 Nastaju mjehurići 0,5 bodova. Nastaje bijeli talog 0,5 bodova.

E4 Nema uočljive promjene 0,5 bodova

E5 Nastaju mjehurići 0,5 bodova

E6 Nema uočljive promjene 0,5 bodova

E7 Nema uočljive promjene 0,5 bodova

E8 Nema uočljive promjene 0,5 bodova

10 × 0,5 = 5 bodova

Ako su umjesto danih opažanja napisana neka druga točna opažanja, pripisuje se odgovarajući broj bodova.

KORAK 4. U svaku od epruveta u kojoj je došlo do burne promjene dodaj dvije kapi otopine fenolftaleina. Zabilježi opažanja.

U epruvetama **E1, E3 i E5** dodatkom fenolftaleina otopina se oboji u ljubičasto/purpurno/ružičasto. 0,5 bodova

KORAK 5. U epruvetu **E3** dodaj pet (5) kapi klorovodične kiseline i promućkaj sadržaj epruvete. Nastavi dodavati kiselinu u porcijama od po pet (5) kapi uz protresanje sadržaja sve do uočljive promjene.

Opazanja Talog se otapa 0,5 bodova, a otopina mijenja boju 0,5 bodova

Ukupno bodova na stranici 1:

ostv.	maks.
	6,5

Državna razina Natjecanja iz kemije u šk. god. 2024./2025.

Pokus za 1. razred srednje škole

Zaporka: _____

Pitanje 2. S obzirom na rezultate izvedenih pokusa, napiši jednačbe reakcija metala i vode do kojih je došlo u pojedinim epruvetama u KORACIMA 2 i 3. Osim jednačbe reakcije, na predviđeno mjesto upiši i broj epruvete na koju se ona odnosi.

E 1 : $2 \text{Li(s)} + 2 \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow 2 \text{Li}^+(\text{aq}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$ R i P 0,5 bodova; ag. st. 0,5 bodova; izjednačeno 0,5 bodova

E 3 : $\text{Ca(s)} + 2 \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2(\text{s}) + \text{H}_2(\text{g})$ R i P 0,5 bodova; ag. st. 0,5 bodova; izjednačeno 0,5 bodova

E 5 : $\text{Ba(s)} + 2 \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$ R i P 0,5 bodova; ag. st. 0,5 bodova; izjednačeno 0,5 bodova
Priznati i ako su jednačbe reakcija napisane u molekulskom obliku (pr. LiOH(aq) i $\text{Ba(OH)}_2(\text{aq})$). $3 \times 1,5 = 4,5$ bodova

Pitanje 3. Napiši jednačbu reakcije iz epruvete E3 tijekom dokapavanja klorovodične kiseline u KORAKU 5.

E3: $\text{Ca(OH)}_2(\text{s}) + 2 \text{HCl(aq)} \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{Cl}^-(\text{aq}) + 2 \text{H}_2\text{O(g)}$ R i P 0,5 bodova; ag. st. 0,5 bodova; izjednačeno 0,5 bodova
Priznati i ako su jednačbe reakcija napisane u molekulskom obliku ($\text{CaCl}_2(\text{aq})$). 1,5 bodova

KORAK 6. Epruvete u kojima nije došlo do reakcije metala i hladne vode jednu po jednu zagrij iznad plamena svijeće otprilike dvije minute (broji u sebi), uz povremeno protresanje sadržaja. Nakon zagrijavanja, u epruvetu dodaj dvije kapi fenolftaleina i promućkaj sadržaj. Zabilježi promjenu boje za sve epruvete. Napomena: Tijekom zagrijavanja epruvetu drži papirnatim drškom. Ako se stijenka epruvete tijekom zagrijavanja začađi, obriši je krpom.

U epruveti E2 dolazi do promjene boje otopine 0,5 bodova, u drugim epruvetama nema promjene. 0,5 bodova

$2 \times 0,5 = 1$ bod

Pitanje 4. Na temelju opažanja iz KORAKA 6 napiši jednačbu reakcije. Osim jednačbe, na predviđeno mjesto upiši i broj epruvete na koju se ona odnosi.

E 2 : $\text{Mg(s)} + 2 \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$ R i P 0,5 bodova; ag. st. 0,5 bodova; izjednačeno 0,5 bodova
Priznati i ako je jednačba reakcija napisana u molekulskom obliku. 1,5 bodova

KORAK 7. Iz epruveta u kojima se u prethodnom koraku nije dogodila vidljiva promjena izlij vodu u čašu za otpad, pazeći pritom da iz epruvete ne ispadne metal. U svaku epruvetu dodaj 45 kapi klorovodične kiseline. Zabilježi opažanja.

U epruvetama E6, E7 i E8 vidljivi su mjehurići.

0,5 bodova

Pitanje 5. Plinoviti produkt reakcija iz KORAKA 7 nastaje reakcijom metala i iona koji se nalaze u vodenim otopinama kiselina. Kako se nazivaju ti ioni?

Vodikovi kationi / hidroni / oksonijevi kationi

0,5 bodova

Pitanje 6. Napiši jednačbe reakcija metala i kiseline iz pojedine epruvete iz KORAKA 7. Osim jednačbe reakcije, na predviđeno mjesto upiši i broj epruvete na koju se ona odnosi.

E 6 : $\text{Fe(s)} + 2 \text{HCl(aq)} \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$ R i P 0,5 bodova; ag. st. 0,5 bodova; izjednačeno 0,5 bodova

E 7 : $\text{Al(s)} + 3 \text{HCl(aq)} \rightarrow \text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{Cl}^-(\text{aq}) + 3/2 \text{H}_2(\text{g})$ R i P 0,5 bodova; ag. st. 0,5 bodova; izjednačeno 0,5 bodova

E 8 : $\text{Zn(s)} + 2 \text{HCl(aq)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$ R i P 0,5 bodova; ag. st. 0,5 bodova; izjednačeno 0,5 bodova
 $3 \times 1,5 = 4,5$ bodova

Ukupno bodova na stranici 2:

ostv.	maks.
	14

Državna razina Natjecanja iz kemije u šk. god. 2024./2025.

Pokus za 1. razred srednje škole

Zaporka: _____

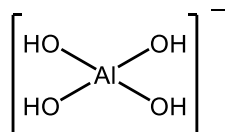
KORAK 8. U epruvetu **E9** koja sadržava komadić aluminija dodaj 40 kapi natrijeve lužine. Promućkaj sadržaj epruvete. Kad reakcija postane burna, na plamenu svijeće zapali vrh drvene treščiće i prinesi je otvoru epruvete. Zabilježi opažanja.

E9: Nastaju mjehurići 0,5 bodova, prinošenjem zapaljene treščiće čuje se prasak 0,5 bodova

2 × 0,5 = 1 bod

Nakon koraka 7 ugasi svijeću!

Pitanje 7. Strukturni dijagram aniona koji uz plinoviti produkt nastaje reakcijom aluminija i natrijeve lužine u vodenom mediju (i voda je reaktant!) prikazan je na donjoj slici. Napiši jednadžbu reakcije.



E9: 2 Al(s) + 6 H₂O(l) + 2 NaOH(aq) → 2 NaAlH₄O₄(aq) + 3 H₂(g) R i P 0,5 bodova; ag. st. 0,5 bodova; izjednačeno 0,5 bodova
Priznati i ako je jednadžba reakcije napisana u ionskom obliku. 1,5 bodova

Dio 2. Aj mi reci, zašto je (ne)volim?

Uvod: Hoće li neki metal reagirati s vodom ili klorovodičnom kiselinom, može se predvidjeti iz standardnog elektrodnog potencijala, veličine za koju (trenutačno) ne trebaš znati više od toga da je označavamo s E° , da se mjeri jedinicom volt (V) te da metal tim burnije reagira s vodom i kiselinom što je E° negativniji. U Tablici 1 dani su standardni elektrodni potencijali svih metala korištenih u pokusima iz prvog dijela te njihove gustoće pri 20 °C, osim za aluminij.

Tablica 1. Gustoće pri 20 °C i standardni elektrodni potencijali za metale korištene u prvom dijelu.

metal	ρ / g cm ⁻³	E° / V
litij	0,53	-3,04
magnezij	1,74	-2,37
kalcij	1,53	-2,87
barij	3,10	-2,91
aluminij	2,70	-1,66
željezo	7,87	-0,44
bakar	8,94	+0,34
cink	7,14	-0,77

Pitanje 8. Aluminij kristalizira u kubičnom sustavu, a jedinična mu je ćelija plošno centrirana kocka duljine brida $a = 404,93$ pm. Izračunaj gustoću aluminija! Rezultat unesi u gornju tablicu.

$$V(\text{ćelija}) = a^3 = (404,93 \cdot 10^{-10} \text{ cm})^3 = 6,6396 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3$$

Izračun volumena ćelije 0,5 bodova

$$\rho(\text{Al}) = m(\text{Al})_{\text{atoma}} / V(\text{ćelija}) = A_r(\text{Al}) \cdot u \cdot Z(\text{Al}) / V(\text{ćelija})$$

Poveznica gustoće sa Z i $V(\text{ćelije})$ 1 bod; točan Z 0,5 bodova

$$\rho(\text{Al}) = 26,982 \cdot 1,66054 \cdot 10^{-24} \text{ g} \cdot 4 / 6,6396 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3$$

Točan rezultat 0,5 bodova i mjerna jedinica 0,5 bodova

$$\rho(\text{Al}) = 2,70 \text{ g cm}^{-3}$$

6 × 0,5 = 3 boda

Pitanje 9. Na milimetarskom papiru koji se nalazi u prilogu na zadnjoj stranici nacrtaj ovisnost gustoće metala o E° i pored svake točke napiši simbol metala kojemu odgovara. Ako nisi uspio riješiti prethodni zadatak, uzmi da je $\rho(\text{Al}) = 2,00 \text{ g cm}^{-3}$. Na grafičkom prikazu obavezno označi osi.

Ispravno označene osi 2 × 0,5 = 1 bod, Uređeni parovi prema tablici 1 bod

Pitanje 10. Na grafičkom prikazu iz pitanja 8: a) zaokruži simbole metala koji reagiraju s vodom pri sobnoj temperaturi, b) omeđi kvadratom one koji reagiraju s vrućom vodom i c) omeđi trokutom one koji reagiraju s klorovodičnom kiselinom.

Ispravno označene skupine metala 3 × 0,5 = 1,5 bodova

Ukupno bodova na stranici 3:

ostv.	maks.
	9

Državna razina Natjecanja iz kemije u šk. god. 2024./2025.

Pokus za 1. razred srednje škole

Zaporka: _____

Pitanje 11. Prema opažanjima iz prvog dijela pokusa, koji je metal najburnije reagirao s vodom?

Najburnije je reagirao litij /barij.

0,5 bodova

Pitanje 12. Je li to u skladu s danim elektrodnim potencijalima? **DA** NE

Ako je odgovor na pitanje 10 "barij", onda priznati i NE.

0,5 bodova

Pitanje 13. Prema opažanjima iz prvog dijela pokusa i grafičkog prikaza (pitanje 8), koje vrijednosti elektrodnih potencijala mora imati metal koji ne reagira s vodom ni s kiselinom?

Odgovor: Pozitivne / veće od 0 V.

0,5 bodova

Dio 3. Ne bih je trebao voljeti... No ipak volim... Reci mi, što mi se to događa?

Na zraku se površina aluminijskog aluminija relativno brzo oksidira čime na površini nastaje tanak sloj aluminijskog oksida. Osim toga, prema njegovu elektrodnom potencijalu ($E^\circ = -1,66 \text{ V}$) slijedi da bi aluminij trebao reagirati s hladnom ili vrućom vodom! S obzirom na neslaganje između teorijskog predviđanja i prikupljenih eksperimentalnih podataka vezanih uz reaktivnost aluminijskog aluminija, rezultatima sljedećih pokusa pokušat ćemo objasniti njegovu različitu reaktivnost u neutralnom, kiselom i lužnatom mediju.

Pitanje 14. U epruvetama **E10** – **E12** nalaze se uzorci aluminijskog oksida. Opiši dane uzorke i napiši formulu aluminijskog oksida.

Opis: Aluminijski oksid jest bijeli prah.

0,5 bodova

Formula aluminijskog oksida: Al_2O_3 .

0,5 bodova

KORAK 9. U epruvetu **E10** dodaj 5 mL destilirane vode. Epruvetu lagano protresi i odloži na stalak s ostalim epruvetama. Zabilježi opažanja.

Opažanja: Nastala je suspenzija / uzorak se nije u potpunosti otopio.

0,5 bodova

KORAK 10. U epruvetu **E11** dodaj 30 kapi klorovodične kiseline. Sadržaj dobro protresi i odloži na stalak s ostalim epruvetama. Zabilježi opažanja (posebno obrati pozornost na razlike u sadržaju epruveta **E10** i **E11**).

Opažanja: Aluminijski oksid se dodatkom kiseline otopio.

0,5 bodova

Pitanje 15. Napiši jednadžbu reakcije koja se dogodila u epruveti **E11**.

E11: $\text{Al}_2\text{O}_3 (\text{s}) + 6 \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{AlCl}_3(\text{aq}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

1,5 bodova

Priznati i ako je jednadžba reakcije napisana u ionskom obliku $\text{Al}_2\text{O}_3 (\text{s}) + 6 \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 6 \text{Cl}^{-}(\text{aq}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$.

KORAK 11. U epruvetu **E12** dodaj 30 kapi natrijeve lužine. Sadržaj dobro protresi i odloži na stalak s ostalim epruvetama. Zabilježi opažanja (posebno obrati pozornost na razlike u sadržaju epruveta **E10** i **E12**).

Opažanja: Aluminijski oksid se dodatkom lužine otopio.

0,5 bodova

Pitanje 16. Reakcijom aluminijskog oksida i natrijeve lužine u vodenom mediju (i voda je reaktant!) nastaje otopina soli čiji je anion prikazan strukturnim dijagramom u zadatku 5. Napiši jednadžbu reakcije između aluminijskog oksida i natrijeve lužine.

E12: $\text{Al}_2\text{O}_3 (\text{s}) + 2 \text{NaOH}(\text{aq}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2 \text{NaAl}(\text{OH})_4(\text{aq})$

1,5 bodova

Priznati i ako je jednadžba reakcije napisana u ionskom obliku $\text{Al}_2\text{O}_3 (\text{s}) + 2 \text{NaOH}(\text{aq}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2 \text{Na}^{+}(\text{aq}) + 2 [\text{Al}(\text{OH})_4]^{-}(\text{aq})$

Ukupno bodova na stranici 4:

ostv.	maks.
	7

— RJEŠENJA —

Državna razina Natjecanja iz kemije u šk. god. 2024./2025.

Pokus za 1. razred srednje škole

Zaporka: _____

Pitanje 17. Kako se nazivaju oksidi koji reagiraju s kiselinama i lužinama?

Odgovor: Amfoterni oksidi.

0,5 bodova

Kao odgovor na pitanje 17. priznati bilo koje druge okside koji zaista jesu primjeri kiselog i bazičnog oksida

Pitanje 18. Na temelju provedenih pokusa s aluminijskim oksidom objasni zašto aluminij ne reagira s vodom unatoč negativnoj vrijednosti elektrodnog potencijala, ali reagira s klorovodičnom kiselinom i natrijevom lužinom.

Odgovor: Pokusima je pokazano da se aluminijski oksid otapa u kiselini i lužini, a u vodi ne. S obzirom na

to da se površina aluminija na zraku presvuče tankim slojem oksida te da u lužnatom i kiselom mediju

dolazi do njegova otapanja, u tim uvjetima površina aluminija dođe u kontakt s tekućinom i dođe do reakcije.

Priznati bilo koje drugo smisljeno rješenje.

1 bod

Pitanje 19. Oksidi koji u reakciji s vodom daju kiseline pripadaju skupini kiselih oksida, dok oni koji u reakciji s vodom daju lužine pripadaju skupini bazičnih oksida. Navedi ime jednog kiselog i jednog bazičnog oksida elementa druge periode periodnog sustava elemenata i napiši njihovu kemijsku formulu.

Kiseli oksid: ugljičkov dioksid

Kemijska formula kiselog oksida: CO₂

Bazični oksid: litijev oksid

Kemijska formula bazičnog oksida: Li₂O

4 × 0,5 bodova = 2 boda

Ukupno bodova na stranici 5:

ostv.	maks.
	3,5

Milimetarski papir vezan uz pitanje 9.

