

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

DRŽAVNO NATJECANJE IZ KEMIJE

učenici(ka) osnovnih i srednjih škola 2019.

Split, 14–17. travnja 2019.

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. Ispravljani odgovori se ne vrjednuju.

Prijavu ispuniti tiskanim slovima!

Prijava za: **pisana zadaća**

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: **pisana zadaća**

Razred:

Zaporka: (pet brojeva i do sedam velikih slova)

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

Datum rođenja:

Mjesto rođenja:

Spol: 1. muški 2. ženski (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:

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	$22,41 \text{ L mol}^{-1}$

3. Francuski fizičari Dulong i Petit ustanovili su da su molarni toplinski kapaciteti elementarnih tvari u čvrstom stanju, čija je relativna atomska masa veća od 35, približno jednaki i iznose $25 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$. Načinjen je pokus u kojem je uzorak metala mase $43,1 \text{ g}$ zagrijan u kipućoj vodi, temperature 100°C , a zatim je brzo prenesen u kalorimetar u kojem se nalazi 200 g vode pri 20°C . Temperatura vode u kalorimetru mjerena je tijekom 5 minuta i ustanovljeno je da se povisila na $21,8^\circ\text{C}$. Na temelju danih podataka odredite o kojem se metalu radi. Specifični toplinski kapacitet vode iznosi $4,18 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1}$.

$$-Q(\text{metal}) = Q(\text{H}_2\text{O})$$

/1

$$m(\text{metala}) \cdot c_p(\text{metala}) \cdot (T_1 - T_3) = m(\text{H}_2\text{O}) \cdot c_p(\text{H}_2\text{O}) \cdot (T_3 - T_2)$$

$$43,1 \text{ g} \cdot c_p(\text{metala}) \cdot 78,2 \text{ K} = 200 \text{ g} \cdot 4,18 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1} \cdot 1,8 \text{ K}$$

$$c_p(\text{metala}) = 0,446 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1}$$

/1

$$C_m = \frac{C}{n} = \frac{\frac{Q}{\Delta T}}{\frac{m}{M}} = \frac{\frac{mc_p \Delta T}{\Delta T}}{\frac{m}{M}} = c_p \cdot M$$

$$M(\text{metala}) = \frac{25 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}}{0,446 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1}} = 56 \text{ g mol}^{-1}$$

željezo

/1

3

4. Amonijeve soli pri sobnoj su temperaturi stabilni, čvrsti spojevi, ali se zagrijavanjem raspadaju. Načinjen je pokus u kojem je u uspravno postavljenu epruvetu stavljeno oko 1 g čvrstog amonijeva klorida i u gornju trećinu epruvete postavljen je čep od smotuljka vate. Sadržaj epruvete lagano je zagrijavao.

a) Napišite jednadžbu kemijske reakcije (uz naznaku agregacijskih stanja) koja opisuje termičku disocijaciju amonijeva klorida.



/1

b) Predložite na koji biste način dokazali produkte termičke disocijacije amonijeva klorida. Opišite i obrazložite očekivana opažanja tijekom tog postupka.

Dokazivanje produkata:

Postaviti navlaženi univerzalni indikatorski papir s unutarnje strane epruvete - najprije promjena boje u zeleno, a zatim u crveno; ili navlaženi crveni lakmus papir koji poplavi a zatim navlaženi plavi lakmus papir koji pocrveni.

/1

Obrazloženje:

Pri istoj temperaturi prosječna brzina gibanja molekula amonijaka veća je od prosječne brzine gibanja molekula klorovodika, pa zato papir najprije pozeleni pa onda pocrveni. (Molekule amonijaka se kreću brže od molekula klorovodika—Grahamov zakon.)

/1

3

UKUPNO BODOVA NA 2. STRANICI :

6

5. Otapanjem bakrova(II) sulfata pentahidrata u vodi nastaje otopina plave boje. Ako se nastaloj otopini polako dokapava vodena otopina amonijaka najprije se stvara svjetloplavi talog.

a) Jednadžbom kemijske reakcije prikažite opisanu promjenu u kojoj nastaje svjetloplavi talog (uz obaveznu naznaku agregacijskih stanja).



/1

b) Ako se u reakcijsku smjesu nastavi dokapavati vodena otopina amonijaka u suvišku svjetloplavi se talog otapa i otopina poprima tamnomodro obojenje koje potječe od nastalog kompleksnog iona bakra. Da bi se mogao izolirati kristalni produkt u reakcijsku se smjesu dodaje etanol.

Elementarnom kemijskom analizom kompleksnog spoja bakra određen je sljedeći sastav: maseni udio bakra iznosi 25,85 %, dušika 22,80 %, vodika 5,74 %, sumpora 13,05 % i kisika 32,54 %. Relativna molekulska masa kompleksnog spoja iznosi 245,82.

Odredite molekulsku formulu nastalog kompleksa.

$$N(X) = \frac{w \cdot M_r(\text{spoj})}{A_r(X)}$$

/1

1 bod za izraz za brojnost atoma

$$N(\text{Cu}) = \frac{w \cdot M_r(\text{spoj})}{A_r(\text{Cu})} = \frac{0,2585 \times 245,82}{63,55} = 1$$

$$N(\text{N}) = \frac{w \cdot M_r(\text{spoj})}{A_r(\text{N})} = \frac{0,2280 \times 245,82}{14,01} = 4$$

$$N(\text{H}) = \frac{w \cdot M_r(\text{spoj})}{A_r(\text{H})} = \frac{0,0574 \times 245,82}{1,008} = 14$$

$$N(\text{S}) = \frac{w \cdot M_r(\text{spoj})}{A_r(\text{S})} = \frac{0,1305 \times 245,82}{32,07} = 1$$

$$N(\text{O}) = \frac{w \cdot M_r(\text{spoj})}{A_r(\text{O})} = \frac{0,3254 \times 245,82}{16,00} = 5$$

/1

1 bod za izračun molekulske formule

Molekulska formula: $\text{CuN}_4\text{H}_{14}\text{SO}_5$

/0,5

0,5 boda za napisanu molekulsku formulu

c) Napišite točnu kemijsku formulu nastalog spoja ako je poznato da se radi o amonijevom kompleksu bakra i da kristalizira kao monohidrat.

Kemijska formula: $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

/0,5

0,5 boda za napisanu kemijsku formulu

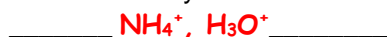
4

UKUPNO BODOVA NA 3. STRANICI :

4

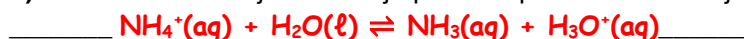
6. Pripremljena je vodena otopina amonijeva klorida množinske koncentracije $0,20 \text{ mol dm}^{-3}$ pri 25°C .

a) Napišite kemijske formule jedinki prisutnih u vodenoj otopini amonijeva klorida koje su Brønsted-Lowryeve kiseline.



/1

b) Jednadžbom kemijske reakcije prikažite protolitičku reakciju u otopini amonijeva klorida.



/1

c) Izračunajte pH-vrijednost priređene otopine.

$$K_b(\text{NH}_3, \text{aq}, 25^\circ\text{C}) = 1,78 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$K_w(\text{H}_2\text{O}, 25^\circ\text{C}) = 1 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$$

$$K_{\text{hidrolize}} = \frac{K_w}{K_b} = \frac{1 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}}{1,78 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}} = 5,6 \times 10^{-10} \text{ mol dm}^{-3}$$

/1

$$K_{\text{hidrolize}} = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} = 5,6 \times 10^{-10} \text{ mol dm}^{-3}$$

/1

$$[\text{NH}_3, \text{aq}] = [\text{H}_3\text{O}^+, \text{aq}] = x \quad [\text{NH}_4^+, \text{aq}] = 0,20 - x$$

/0,5

$$5,6 \times 10^{-10} = \frac{x^2}{0,20 - x} \quad x = 1,1 \times 10^{-5}$$

/1

$$[\text{NH}_3, \text{aq}] = [\text{H}_3\text{O}^+, \text{aq}] = 1,1 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] / \text{mol dm}^{-3} = -\log 1,1 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3} = 4,96 = 5$$

/0,5

6

7. Elektroliza vodene otopine natrijeva klorida provedena je u uređaju za elektrolizu u obliku U-cijevi uz grafitne elektrode. U oba kraka cijevi dodane su 2-3 kapi otopine fenolftaleina. Tijekom elektrolize uočeno je izlučivanje mjehurića plina na katodi i anodi, te crveno-ljubičasto obojenje otopine u okolini katode.

a) Jednadžbama polureakcija opišite uočene promjene na obje elektrode (uz naznaku agregacijskih stanja).



/1



/1

b) Nakon završetka elektrolize u anodni je prostor dodano nekoliko kapi vodene otopine kalijeva jodida pri čemu se javlja žutosmeđe obojenje otopine elektrolita. Obrazložite uočenu promjenu i odgovor potkrijepite jednadžbom kemijske reakcije (uz naznaku agregacijskih stanja).

Obrazloženje:

_____ Elementarni klor je jače oksidacijsko sredstvo (jači oksidans) od joda pa ga može istisnuti iz otopina njegovih soli što za posljedicu ima pojavu žutog obojenja otopine oko anode. _____

/1

Jednadžba kemijske reakcije:



/1

4

UKUPNO BODOVA NA 4. STRANICI :

10

8. Kalcijevi ioni (Ca^{2+}) važni su za zgrušavanje krvi i odvijanje mnogih procesa u stanicama organizma. Za određivanje koncentracije iona kalcija u krvi, 1 mL krvi tretiran je vodenom otopinom natrijeva oksalata ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$). Nastali talog kalcijeva oksalata je profiltriran i otopljen u razrijeđenoj sumpornoj kiselini. Dobivena otopina titrirana je vodenom otopinom kalijeva permanganata množinske koncentracije $4,88 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$ do vidljive promjene. Za titraciju je utrošeno 2,05 mL navedene otopine.

a) Jednadžbom kemijske reakcije u ionskom obliku (uz naznaku agregacijskih stanja) opišite promjenu koja se dogodila tijekom titracije otopine kalcijeva oksalata i jednadžbu izjednačite ion-naboj metodom.



/1



/1



/1

(priznati ako se rješavalo sa H^+ ionima)

b) Odredite masu kalcijevih iona u 1 mL krvi i izrazite je u miligramima.

$$\frac{n(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})}{n(\text{MnO}_4^-)} = \frac{5}{2}$$

/0,5

$$n(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = \frac{5}{2} n(\text{MnO}_4^-) = \frac{5}{2} \cdot c(\text{MnO}_4^-) \cdot V(\text{MnO}_4^-) = \frac{5}{2} \cdot 4,88 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3} \cdot$$

$$2,05 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 = 2,50 \times 10^{-6} \text{ mol}$$

/1

$$n(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = n(\text{Ca}^{2+})$$

/0,5

$$m(\text{Ca}^{2+}) = 2,50 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot 40,08 \text{ g mol}^{-1} = 1,00 \times 10^{-4} \text{ g} = 0,1 \text{ mg}$$

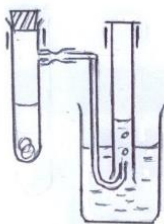
/1

6

UKUPNO BODOVA NA 5. STRANICI :

6

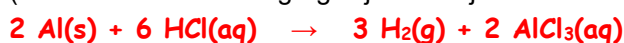
9. Na slici je prikazana aparatura za određivanje debljine aluminijske folije za domaćinstvo.



Izrezan je pravokutan komadić aluminijske folije dimenzija 4 cm × 5 cm, te načinjen mali smotuljak. Smotuljak aluminijske folije ubačen je u epruvetu za odsisavanje u kojoj se nalazi 10 %-tna vodena otopina klorovodične kiseline i koja je odmah potom začepljena. Nakon što je sav uzorak metala izreagirao prikupljeni su sljedeći podaci:

Atmosferski tlak	$p(\text{atm}) = 1010 \text{ hPa}$
Temperatura vode u čaši	$t = 22 \text{ }^\circ\text{C}$
Volumen vlažnog plina	$V(\text{plina}) = 76,0 \text{ mL}$
Tlak vodene pare pri temperaturi pokusa	$p(\text{H}_2\text{O}, g) = 2643,4 \text{ Pa}$
Gustoća vode pri 22 °C	$\rho(\text{H}_2\text{O}, l) = 0,9978 \text{ g cm}^{-3}$
Razina vode u čaši	$h_1 = 12,4 \text{ cm}$
Razina vode u menzuru	$h_2 = 9,2 \text{ cm}$
Gustoća aluminija	$\rho(\text{Al}) = 2,7 \text{ g cm}^{-3}$

a) Jednadžbom kemijske reakcije opišite promjenu koja se dogodila u epruveti za odsisavanje (obavezno naznačite agregacijska stanja reaktanata i produkata).



/1

b) Na temelju podataka u tablici odredite debljinu aluminijske folije za domaćinstvo. U računu pretpostavite da je temperatura prikupljenog plina jednaka temperaturi vode.

$$p(\text{H}_2) \cdot V(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) \cdot R \cdot T(\text{H}_2)$$

$$p(\text{H}_2) = p(\text{atm}) - p(\text{H}_2\text{O}, g) - \rho(\text{H}_2\text{O}, l) \cdot g \cdot \Delta h$$

$$p(\text{H}_2) = 1010 \times 10^2 \text{ Pa} - 2643,4 \text{ Pa} - (0,9978 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3} \cdot 9,81 \text{ m s}^{-2} \cdot 3,2 \times 10^{-2} \text{ m}) = 98043,4 \text{ Pa}$$

/2

$$n(\text{H}_2) = \frac{98043,4 \text{ Pa} \cdot 76,0 \times 10^{-6} \text{ m}^3}{8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 295,15 \text{ K}} = 3,04 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

/1

$$n(\text{Al}) = 2/3 n(\text{H}_2) = 2,03 \times 10^{-3} \text{ mol} \quad m(\text{Al}) = 2,03 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 26,98 \text{ g mol}^{-1} = 5,48 \times 10^{-2} \text{ g}$$

/1

$$\delta = \frac{V(\text{Al})}{A(\text{Al})} = \frac{m(\text{Al})}{\rho(\text{Al}) \cdot A(\text{Al})} = \frac{54,8 \times 10^{-3} \text{ g}}{2,7 \text{ g cm}^{-3} \cdot 20 \text{ cm}^2} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

/1

Ako je pogrešno izračunati $p(\text{H}_2)$: oduzeti 2 boda ali priznati dalje točan postupak i rezultat s pogrešnim parcijalnim tlakom vodika.

c) Predložite reaktant koji će u reakciji s aluminijskom folijom dati isti plinoviti produkt kao u prethodno opisanom pokusu, a da niti po jednoj teoriji kiselina i baza ne pripada kiselinama. Odgovor potkrijepite jednadžbom kemijske reakcije u ionskom obliku, uz obaveznu naznaku agregacijskih stanja reaktanata i produkata.



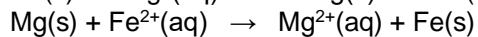
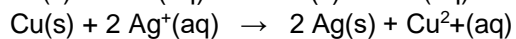
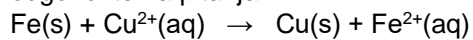
/1

7

UKUPNO BODOVA NA 6. STRANICI :

7

- 10.** Promotrite jednadžbe kemijskih reakcija koje opisuju reakcije metala i vodenih otopina soli i odgovorite na pitanja.



- a)** Poredajte četiri navedena metala u niz prema porastu redukcijskog svojstva (od **najslabijeg** prema **najjačem**).

_____ **Ag, Cu, Fe, Mg** _____

/1

- b)** Srebrni novčić uronjen je u vodenu otopinu magnezijeva sulfata. Zaključite hoće li doći do promjene i obrazložite svoj odgovor.

_____ **Na srebrnom novčiću neće biti vidljiva nikakva promjena budući da srebro ima pozitivniji elektrodni potencijal od magnezija i ne može ga istisnuti iz otopina njegovih soli.** _____

/1

2

1. stranica

2. stranica

3. stranica

4. stranica

5. stranica

6. stranica

7. stranica

Ukupni bodovi

=	<input type="text"/>	40
---	----------------------	----

UKUPNO BODOVA NA 7. STRANICI :

2