

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

CILJ: Načiniti pokus, zabilježiti opažanja i izolirati produkt reakcije – spoj **Y**. Na temelju dodatnih informacija odrediti molekulske strukture polaznog spoja **X** i produkta reakcije **Y**.

POKUS ZA POČETAK

POKUS 1

PRIBOR: stalak, 3 epruvete, spatula, stakleni lijevak, filtrirni papir, 4 plastične bočice za dokapavanje (kalijeva lužina, spoj **X**, koncentrirana klorovodična kiselina, destilirana voda), staklena čaša, stakleni štapić, satno staklo, univerzalni indikatorski papir, skala pH-vrijednosti, drvena hvataljka

KEMIJE: vodena otopina kalijeva hidroksida ($c(\text{KOH}) = 0,5 \text{ mol dm}^{-3}$), spoj **X**, kalijev permanganat ($m(\text{KMnO}_4) = 150 \text{ mg}$), koncentrirana klorovodična kiselina

MJERE OPREZA: Tijekom rada koristi se koncentrirana klorovodična kiselina i kalijeva lužina te je potrebno koristiti zaštitne naočale i rukavice.

NAPOMENA: Sva opažanja bilježite u Tablicu 1

KORAK 1. U epruvetu **1** ulijte do oznake vodenu otopinu kalijeva hidroksida. Odredite približnu pH-vrijednost otopine pomoću univerzalnog indikatorskog papira. **Zabilježite opažanja.**

KORAK 2. U epruvetu s otopinom kalijeva hidroksida dodajte 5 kapi spoja **X** i snažno protresite. **Zabilježite opažanja.**

KORAK 3. U priređenu otopinu dodajte spatulom par zrnaca krutog kalijeva permanganata i promatrajte otopinu najprije bez mućkanja, a zatim promućkajte. **Zabilježite opažanja.**

NAPOMENA: Prije koraka 4 zatražite od profesora da vam u staklenu čašu ulije vruću vodu.

KORAK 4. Otopini zatim dodajte ostatak kalijeva permanganata iz epruvete i dobro promućkajte. **Zabilježite opažanja.**

KORAK 5. Uronite epruvetu s reakcijskom smjesom u staklenu čašu s **vrućom vodom**. Epruvetu **1** ostavite 3-4 minute u vrućoj vodi. Sadržaj epruvete povremeno pažljivo promiješajte staklenim štapićem i promućkajte. **Zabilježite opažanja.**

NAPOMENA: Ukoliko nakon koraka 6 ne dobijete bistar filtrat, pozovite u pomoć profesora.

KORAK 6. Pažljivo profiltrirajte vrući sadržaj epruvete **1** preko staklenog lijevka s navlaženim stožastim filtrirnim papirom u epruvetu **2**. Filtrat mora biti bistar. **Zabilježite opažanja.**

KORAK 7. U ohlađeni filtrat u epruveti **2** pažljivo **kap po kap** dodajte nekoliko kapi koncentrirane klorovodične kiseline do pH 2 (2-3 kapi, provjera univerzalnim indikatorskim papirom). Nakon svake dodane kapi koncentrirane klorovodične kiseline sadržaj epruvete promućkajte. **Zabilježite opažanja.**

UKUPNO BODOVA NA 1. STRANICI :

	0
--	---

KORAK 8. Ohlađeni sadržaj epruvete **2** preko očišćenog staklenog lijevka i navlaženog čistog stožastog filtrirnog papira profilirajte u epruvetu **3**. Na filtrirnom papiru nalazi se produkt reakcije, spoj **Y**. **Zabilježite opažanja.**

TABLICA 1

KORAK 1.	boja bezbojna	pH vrijednost 14
KORAK 2.	boja bezbojna	ostala zapažanja tekućina X i otopina kalijeva hidroksida se ne miješaju
KORAK 3.	boja svjetlo zelena (smaragdno) zelena	
KORAK 4.	boja tamno zelena prema smeđoj	
KORAK 5.	boja smeđa	ostala zapažanja nastanak smeđeg taloga
KORAK 6.	MATICNICA boja bezbojna ili blago žuto-smeđa	TALOG boja smeđi talog
KORAK 7.	boja bijela	ostala opažanja nastanak mliječno-bijelog taloga
KORAK 8.	MATICNICA boja bezbojna	TALOG boja bijeli talog

14 × 0,5 bodova = 7 bodova

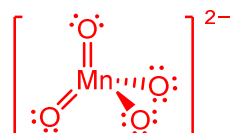
UKUPNO BODOVA NA 2. STRANICI :

	7
--	----------

PITANJA I ZADATCI I. DIO

*Otkrijte kako se mijanjaju oksidacijska stanja mangana***NAPOMENA:** Strukturne formule organskih molekula potrebno je prikazati kondenziranim strukturnim formulama.**PITANJE 1.** Na temelju opažanja u **KORAKU 2** zaključite kakav je sustav nastao dodatkom tvari **X** u vodenu otopinu kalijeva hidroksida._____ **Nastao je koloidni sustav tekuće-tekuće; emulzija.** _____**1 bod****PITANJE 2.** Na temelju promjene u **KORAKU 3** nacrtajte prostornu strukturnu formulu nastalog iona koja uključuje nevezne elektronske parove, napišite njihov naziv te odredite oksidacijsko stanje mangana.

Strukturna formula iona:

Naziv iona: **manganatni ion**Oksidacijsko stanje mangana: **+6****1 bod + 2 × 0,5 boda = 2 boda****ZADATAK 1.** Napišite jednađžbu polureakcije koja opisuje promjenu oksidacijskog stanja mangana u **KORAKU 3**._____ **$MnO_4^- + e^- \rightarrow MnO_4^{2-}$** _____**0,5 boda****ZADATAK 2.** Ion nastao u **KORAKU 3** podložan je procesu disproporcioniranja u lužnatom mediju. Napišite jednađžbe obiju polureakcija koje opisuju ovaj proces._____ **$MnO_4^{2-} \rightarrow MnO_4^- + e^-$** _____**0,5 boda**_____ **$MnO_4^{2-} + 2 e^- + 2 H_2O \rightarrow MnO_2 + 4 OH^-$** _____**1 bod****PITANJE 3.** Na temelju promjene u **KORAKU 5** i opažanja u **KORAKU 6** napišite formulu i naziv nastalog manganovog spoja te konačno oksidacijsko stanje mangana u ovoj reakciji.

Formula spoja:

Naziv spoja:

Oksidacijsko stanje mangana:

 MnO_2 **manganov(IV) oksid +4****3 × 0,5 = 1,5 boda****ZADATAK 3.** Napišite jednađžbu polureakcije koja opisuje ukupnu promjenu oksidacijskog stanja mangana iz permanganatnog iona u spoj nastao u **KORAKU 5**._____ **$MnO_4^- + 3 e^- + 2 H_2O \rightarrow MnO_2 + 4 OH^-$** _____**1 bod**

UKUPNO BODOVA NA 3. STRANICI :

	7,5
--	------------

PITANJA I ZADATCI II. DIO
Otkrijte strukture spojeva X i Y

ZADATAK 4. Promotrite i proučite priložene infracrvene (IR) spektre spojeva **X** i **Y** (Prilog 1) i tablicu s valnim brojevima vibracija istezanja najčešćih funkcijskih skupina organskih spojeva (Prilog 2). Odgovore upišite u Tablicu 2.

4.1. Odredite koje **funkcijske skupine** posjeduju molekule spojeva **X** i **Y** i kojoj **skupini organskih spojeva pripadaju**. U spektru treba promatrati samo najintenzivnije signale koji se javljaju pri valnim brojevima većim od 1500 cm^{-1} , tzv. *područje funkcijskih skupina*.

4.2. Ispišite valne brojeve pri kojima se javljaju odgovarajući signali.

TABLICA 2

	FUNKCIJSKA SKUPINA	VALNI BROJ	SKUPINA ORGANSKIH SPOJEVA
SPOJ X	hidroksilna skupina (OH-skupina) 0,5 boda	3350 cm^{-1} ILI $3200\text{--}3600\text{ cm}^{-1}$ 0,5 boda	alkoholi 0,5 boda
SPOJ Y	karbonilna skupina (C=O skupina) 0,5 boda hidroksilna skupina (OH-skupina) 0,5 boda	$\sim 1700\text{ cm}^{-1}$ 0,5 bod $2500\text{--}3400\text{ cm}^{-1}$ 0,5 boda	karboksilne kiseline 0,5 boda

4 boda

ZADATAK 5. Kvantitativnom analizom spoja **X** utvrđeno je da 50 g spoja sadrži 38,9 g ugljika i 3,7 g vodika; ostatak pripada trećem elementu sadržanom u funkcijskoj skupini spoja **X**.

5.1. Kojem se trećem elementu pripisuje razlika u masi?

_____ **Kisik.** _____

0,5 boda

UKUPNO BODOVA NA 4. STRANICI :

	4,5
--	-----

5.2. Odredite empirijsku formulu spoja X.

$$m(O) = m(\text{spoj X}) - (m(C) + m(H)) = 50,0 \text{ g} - (38,9 + 3,7) \text{ g} = 7,4 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} n(C):n(H):n(O) &= \frac{m(C)}{M(C)} : \frac{m(H)}{M(H)} : \frac{m(O)}{M(O)} \\ &= \frac{38,9}{12,01} : \frac{3,7}{1,01} : \frac{7,4}{16,00} \\ &= 3,24 : 3,66 : 0,46 / : 0,46 \\ &= 7 : 8 : 1 \end{aligned}$$

1 bod

Empirijska formula spoja X: C₇H₈O

0,5 boda

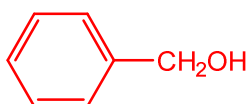
5.3. Odredite molekulsku formulu spoja X ako je u molekuli spoja X prisutan jedan atom trećeg elementa.

Molekulska formula spoja X: C₇H₈O

0,5 boda

ZADATAK 6. Na temelju dobivene molekulske formule, funkcijske skupine određene iz IR spektra spoja X te podatka da spoj X nije obezbojio bromnu vodu nacrtajte strukturnu formulu spoja X, napišite njegov naziv prema pravilima nomenklature IUPAC te njegov trivijalni naziv.

Strukturna formula spoja X:



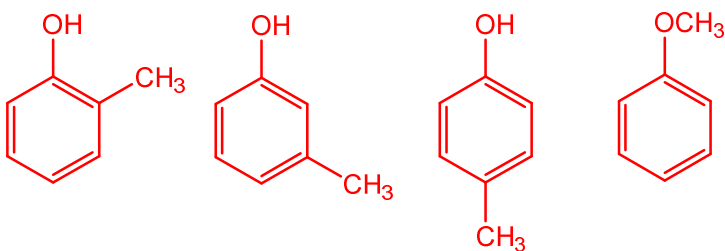
1 bod

IUPAC naziv: fenilmetanol

0,5 boda

Trivijalni naziv: benzilni alkohol

0,5 boda

ZADATAK 7. Nacrtajte aromatske strukturne izomere spoja X.

Točni odgovori su i svi mono- i disupstituirani derivati furana.

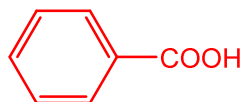
4 × 0,5 = 2 boda

UKUPNO BODOVA NA 5. STRANICI :

	6
--	---

ZADATAK 8. Na temelju funkcijske skupine određene iz IR spektra spoja **Y** te strukturne formule polaznog spoja **X** nacrtajte strukturnu formulu produkta reakcije **Y**, napišite njegov naziv prema pravilima nomenklature IUPAC te njegov trivijalni naziv.

Strukturna formula spoja **Y**:



1 bod

IUPAC naziv: _____ **benzenkarboksilna kiselina** _____

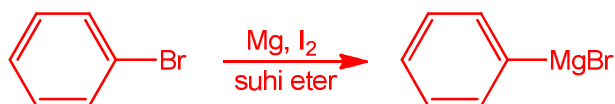
0,5 boda

Trivijalni naziv: _____ **benzojeva kiselina** _____

0,5 boda

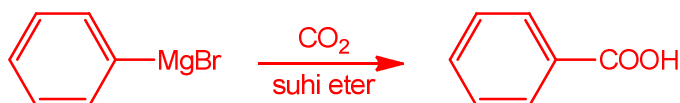
ZADATAK 9. Spoj **Y** može se pripremiti Grignardovom reakcijom.

9.1. Napišite jednadžbu i uvjete u kojima se pripravlja odgovarajući Grignardov reagens.



1 bod

9.2. Napišite jednadžbu i uvjete u kojima se pripravlja spoj **Y** Grignardovom reakcijom.



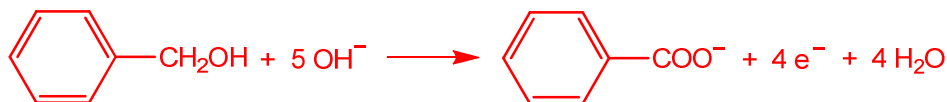
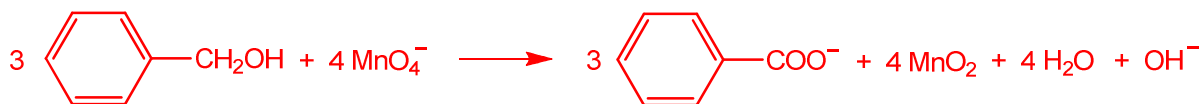
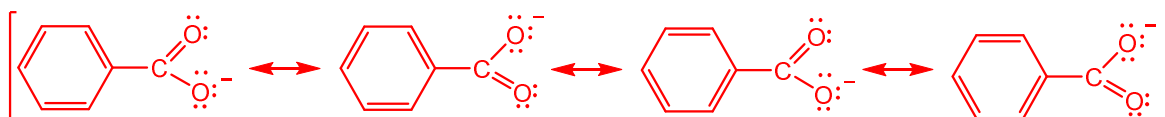
1 bod

UKUPNO BODOVA NA 6. STRANICI :

	4
--	----------

PITANJA I ZADATCI III. DIO

Povežite pokus u jednu priču

ZADATAK 10. Odredite oksidacijska stanja ugljikovih atoma spojeva **X** i **Y** koji sudjeluju u redoks-reakciji.Spoj **X**: _____ **-1** _____**0,5 boda**Spoj **Y**: _____ **+3** _____**0,5 boda****ZADATAK 11.** Napišite jednadžbu polureakcije koja opisuje kemijsku promjenu spoja **X** u oblik spoja **Y** u lužnatom mediju.**1 bod****ZADATAK 12.** Napišite jednadžbu kemijske reakcije kojom ćete opisati ukupnu oksidacijsko-redukcijsku promjenu koja se dogodila u pokusu zaključno s **KORAKOM 6**.**1 bod****ZADATAK 13.** Lewisovim strukturnim formulama prikažite rezonantne strukture spoja **Y** u obliku u kojem je spoj **Y** prisutan u lužnatom mediju. Nacrtajte rezonantne strukture koje najviše doprinose rezonantnom hibridu.**4 × 0,5 = 2 boda****ZADATAK 14.** Zakiseljavanjem reakcijske smjese u **KORAKU 7** nastaje konačni produkt reakcije, spoj **Y**. Napišite odgovarajuću jednadžbu reakcije.**0,5 boda**

UKUPNO BODOVA NA 7. STRANICI :

5,5

POKUS ZA KRAJ
POKUS 2PRIBOR: stalak, 2 epruvete (epruvete **4 i 5**), stakleni štapić, gumeni čepKEMIJE: spoj **Y**, benzen ($V(\text{C}_6\text{H}_6) = 1 \text{ mL}$), destilirana voda**KORAK 1.** Staklenim štapićem u epruvetu **4** u kojoj se već nalazi voda prebacite talog produkta **Y** s filtrirnog papira i promiješajte. Što zaključujete o topljivosti spoja **Y** u vodi pri ovim uvjetima?_____ **Spoj Y se ne otapa (dobro) u vodi.** _____**0,5 boda****KORAK 2.** Ulijte u epruvetu **4** benzen pripremljen u epruveti **5**. **Zabilježite opažanja.**_____ **Benzen se ne miješa s vodom, sloj benzena manje je gustoće od vode i nalazi se iznad vode. Spoj Y je i dalje u vodenom sloju.** _____**1 bod****KORAK 3.** Začepite epruvetu **4** gumenim čepom, promućkajte, pažljivo maknite čep i pričekajte koji trenutak. **Zabilježite opažanja.**_____ **Talog spoja Y više nije u vodenom sloju (otopio se); obje su tekućine bistre.** _____**0,5 boda****ZADATAK 1.** Koja je metoda odvajanja tvari demonstrirana u ova tri koraka?_____ **Ekstrakcija.** _____**0,5 boda****ZADATAK 2.** Ako je 100 mg spoja **Y** otopljeno u 40 mL vode, izračunajte koliko će miligrama spoja **Y** zaostati u vodi nakon jednog izmukćavanja s 25 mL benzena? Koeficijent razdjeljenja spoja **Y** između benzena i vode iznosi 16 ($K = 16$).

$$K = \frac{c_1}{c_2} = \frac{c_{\text{benzen}}}{c_{\text{voda}}} = \frac{n_{\text{Y,benzen}}/V_{\text{benzen}}}{n_{\text{Y,voda}}/V_{\text{voda}}} = \frac{m_{\text{Y,benzen}}/V_{\text{benzen}}}{m_{\text{Y,voda}}/V_{\text{voda}}} = \frac{m_{\text{Y,benzen}} \times V_{\text{voda}}}{m_{\text{Y,voda}} \times V_{\text{benzen}}}$$

1 bod

$$m_{\text{Y,benzen}} = 100 \text{ mg} - m_{\text{Y,voda}}$$

0,5 boda

$$K = \frac{(100 \text{ mg} - m_{\text{Y,voda}}) \times V_{\text{voda}}}{m_{\text{Y,voda}} \times V_{\text{benzen}}}$$

0,5 boda

$$16 = \frac{(100 \text{ mg} - m_{\text{Y,voda}}) \times 40 \text{ mL}}{m_{\text{Y,voda}} \times 25 \text{ mL}} = \frac{800 \text{ mg} - 8m_{\text{Y,voda}}}{5m_{\text{Y,voda}}}$$

0,5 boda

$$88m_{\text{Y,voda}} = 800 \text{ mg}$$

$$m_{\text{Y,voda}} = 9,09 \text{ mg}$$

0,5 boda

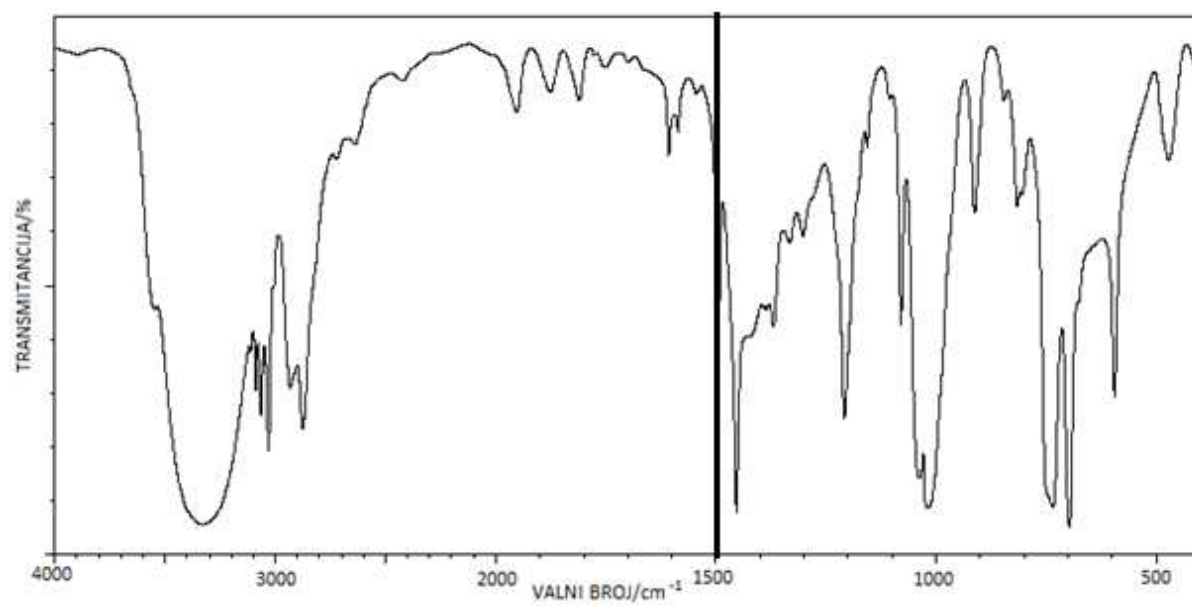
1. stranica	2. stranica	3. stranica	4. stranica	
0				+
5. stranica	6. stranica	7. stranica	8. stranica	
				=
				Ukupni bodovi
				40

UKUPNO BODOVA NA 8. STRANICI :

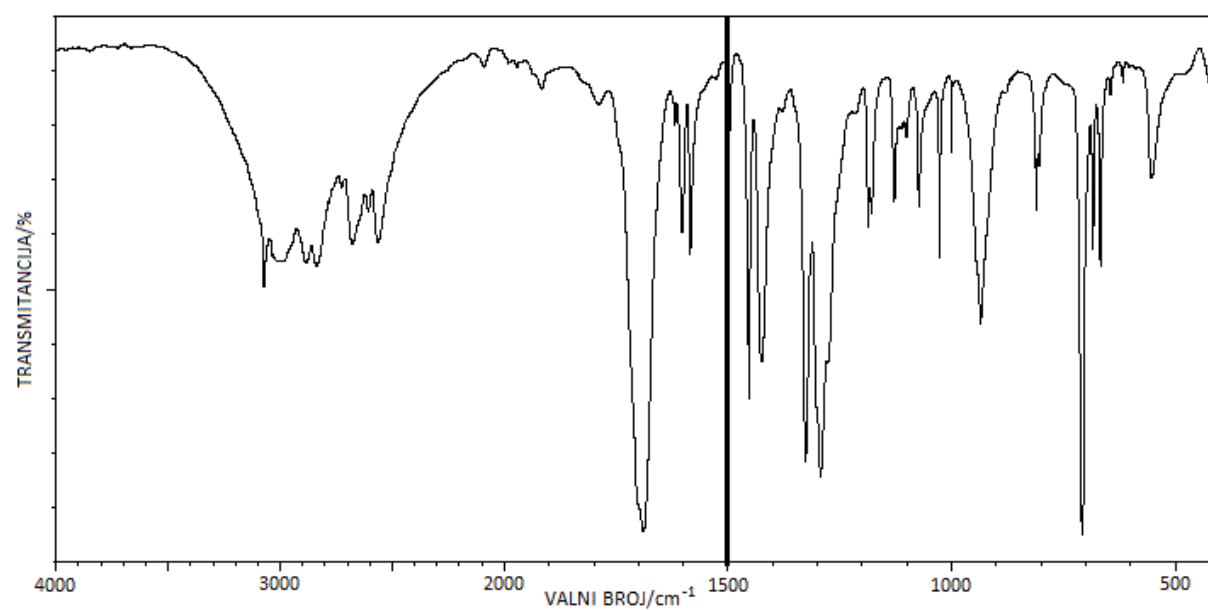
	5,5
--	------------

Prilog 1. INFRACRVENI SPEKTRI SPOJEVA X I Y

IR SPEKTAR SPOJA X



IR SPEKTAR SPOJA Y



PRILOG 2. Apsorpcije u infracrvenom području – područje funkcijskih skupina

1. Veze prema vodikovim atomima

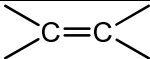
ν/cm^{-1}	kromofor
3200-3600	—O—H alkoholi
3350-3500	>N—H amini, amidi
3310-3320	≡C—H alkini
3000-3100	=C—H alkeni i aromati
2850-2950	>C—H alkani
2500-3600	—O—H karboksilne kiseline
2700-2900	O \parallel —C—H aldehidi

2. Dvostruke veze

a) karbonilne skupine

ν/cm^{-1}	kromofor
1800-1850 1740-1790	>C=O anhidridi
1770-1815	>C=O kiselinski halogenidi
1730-1750	>C=O esteri
1730-1740	>C=O aldehidi
1705-1725	>C=O ketoni
1700-1725	>C=O karboksilne kiseline
1650-1700	>C=O amidi

b) ostale dvostruke veze

ν/cm^{-1}	kromofor
1620-1680	 alkeni

3. Trostruka veza

ν/cm^{-1}	kromofor
2100-2200	 alkini
2240-2280	 nitrili