

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

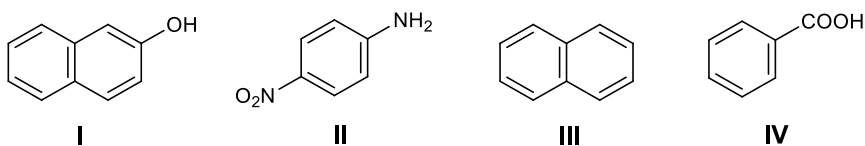
CILJ: Načiniti pokus, zabilježiti opažanja i izolirati dva od četiri spoja iz smjese (otopine u organskom otapalu). Na temelju dodatnih informacija i tankoslojne kromatografije zaključiti koja su dva spoja iz smjese izolirana.

PITANJA I ZADATCI PRIJE POKUSA

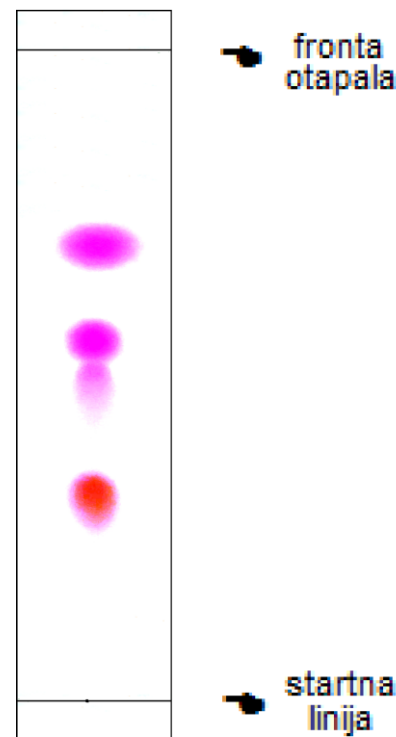
I. DIO

NAPOMENA: Organske molekule potrebno je prikazivati kondenziranim strukturnim formulama.

Na slici 1 prikazan je kromatogram smjese četiriju spojeva (I-IV) koji su prisutni u kloroformskoj otopini koja se nalazi u epruveti 1. Za kromatografiju je korištena staklena pločica s nanesenim slojem silika-gela koja je razvijena (eluirana) u smjesi otapala etil-acetat : heksan = 1:1, a komponente smjese detektirane su apsorpcijom UV zračenja određene valne duljine ($\lambda = 256$ nm). Strukturne formule spojeva prisutnih u smjesi prikazane su na slici 2.



Slika 2. Strukturne formule spojeva I-IV prisutnih u kloroformskoj otopini



Slika 1. Kromatogram smjese spojeva I-IV

ZADATAK 1. Nazovite spojeve prisutne u smjesi prema pravilima nomenklature IUPAC.

I _____
naftalen-2-ol (2-naftol, β -naftol)

II _____
4-nitroanilin, *p*-nitroanilin

III _____
naftalen

IV _____
benzenkarboksilna kiselina, benzojeva kiselina

4 × 0,5 = 2 boda

ZADATAK 2. Svrstajte spojeve I-IV u kisele, bazične i neutralne.

Kiselo: _____
I i IV, 2-naftol i benzojeva kiselina

Bazično: _____
II, 4-nitroanilin

Neutralno: _____
III, naftalen

4 × 0,5 = 2 boda

PITANJE 1. Koji je spoj u smjesi najmanje polaran?

III, naftalen

0,5 boda

ZADATAK 3. Označite strelicom na kromatogramu (sl. 1) mrlju koja odgovara **najmanje polarnoj** komponenti smjese.

0,5 boda

PITANJE 2. Što je korišteno kao mobilna faza u ovoj kromatografiji?

UKUPNO BODOVA NA 1. STRANICI:

5

Smjesa organskih otapala etil-acetat : heksan = 1 : 1.

0,5 boda

PITANJE 3. Što je po kemijskom sastavu silika-gel?

Silicijev(IV) oksid, silicijev dioksid, SiO_2

0,5 boda

PITANJE 4. Kakav je po kiselo-baznim svojstvima silika-gel?

Kiseo

0,5 boda

PITANJE 5. Kojem će spoju iz smjese odgovarati mrlja koja je najbliža startnoj liniji? Kratko obrazložite.

4-nitroanilinu, II. On je baza (amin) te će se najjače vezati na kiseli silika-gel.

$2 \times 0,5 = 1$ bod

UKUPNO BODOVA NA 2. STRANICI:

	2,5
--	-----

POKUS 1***Odvajanje tvari A i B iz smjese***

PRIBOR: stalak, visoka epruveta sa staklenim čepom (epruveta **1**), 6 epruveta (epruvete **A1**, **A2**, **A3**, **B1**, **B2** i **B3**), 2 pastične kapalice, 4 plastične bočice za dokapavanje (klorovodična kiselina, vodene otopine natrijeva hidrogenkarbonata – 10 % i zasićena, vodena otopina natrijeva hidroksida), 2 plastične kapalice (oznake **A** i **B**), spatula, 2 staklena lijevka, 2 filtrirna papira, stakleni štapić, satno staklo

KEMIKA LIJE: otopina nepoznatih tvari u kloroformu (epruveta **1**), klorovodična kiselina ($w(\text{HCl}) = 20\%$), vodena otopina natrijeva hidrogenkarbonata ($w(\text{NaHCO}_3) = 10\%$), vodena otopina natrijeva hidroksida ($w(\text{NaOH}) = 10\%$), zasićena vodena otopina natrijeva hidrogenkarbonata

MJERE OPREZA: Tijekom pokusa radite s klorovodičnom kiselinom i natrijevom lužinom te je potrebno koristiti zaštitne naočale i rukavice.

NAPOMENA: Sva opažanja bilježite u Tablicu 1. Promjenu boje bilježite samo tamo gdje vas se za nju pita.

KORAK 1. Promotrite sadržaj epruvete **1**. **Zabilježite opažanja.**

KORAK 2. U epruvetu **1** do gornjeg ruba plave oznake dodajte otopinu natrijeva hidrogenkarbonata ($w(\text{NaHCO}_3) = 10\%$). Začepite epruvetu **1** i snažno promućkajte sadržaj epruvete nekoliko puta. Između dva mućkanja morate vaditi čep da biste izjednačavali tlak u epruveti **1** s vanjskim tlakom. Po završetku mućkanja maknite čep, odložite epruvetu **1** u stalak i pričekajte par sekundi. **Zabilježite opažanja.**

KORAK 3. Plastičnom kapalicom (oznaka **A**) prebacite što preciznije gornji sloj iz epruvete **1** u epruvetu s oznakom **A1**. Pazite da ne prebacujete donji sloj!

KORAK 4. U epruvetu **1** ponovno do gornjeg ruba plave oznake dodajte otopinu natrijeva hidrogenkarbonata ($w(\text{NaHCO}_3) = 10\%$) i ponovite postupak mućkanja iz koraka **2**. Plastičnom kapalicom (oznaka **A**) prebacite gornji sloj iz epruvete **1** u epruvetu s oznakom **A1** gdje se već nalazi gornji sloj iz prethodnog mućkanja. Odložite epruvetu **A1** na stalak i nastavite s pokusom.

KORAK 5. U epruvetu **1** do gornjeg ruba plave oznake dodajte otopinu natrijeva hidroksida ($w(\text{NaOH}) = 10\%$). Začepite epruvetu **1** i snažno promućkajte sadržaj epruvete nekoliko puta. Između dva mućkanja morate vaditi čep da biste izjednačavali tlak u epruveti **1** s vanjskim tlakom. Odložite epruvetu **1** u stalak i pričekajte par sekundi. **Zabilježite opažanja.**

KORAK 6. Plastičnom kapalicom (oznaka **B**) prebacite što preciznije gornji sloj iz epruvete **1** u epruvetu s oznakom **B1**. Pazite da ne prebacujete donji sloj!

KORAK 7. U epruvetu **1** ponovno dodajte do gornjeg ruba plave oznake otopinu natrijeva hidroksida ($w(\text{NaOH}) = 10\%$) i ponovite postupak mućkanja iz koraka **5**. Plastičnom kapalicom (oznaka **B**) prebacite gornji sloj iz epruvete **1** u epruvetu s oznakom **B1** gdje se već nalazi gornji sloj iz prethodnog mućkanja. Odložite epruvetu **B1** na stalak i nastavite s pokusom.

KORAK 8. Plastičnom kapalicom (oznaka **A**) prebacite 2 mL otopine iz epruvete **A1** u epruvetu **A2**. U epruvetu **A2** dodajte kap po kap 5 kapi otopine klorovodične kiseline ($w(\text{HCl}) = 20\%$) uz protresanje epruvete. **Zabilježite opažanja.**

KORAK 9. Nastavite dodavati otopinu klorovodične kiseline u epruvetu **A2** kap po kap uz protresanje do vidljive promjene. **Zabilježite opažanja.**

KORAK 10. Protresite sadržaj epruvete **A2** i filtrirajte preko staklenog štapića i lijevka s filtrirnim papirom u epruvetu **A3**. Odložite epruvetu **A3** zajedno s lijevkom na stalak i sačekajte da filtrat iscuri.

UKUPNO BODOVA NA 3. STRANICI:

	0
--	---

KORAK 11. Plastičnom kapalicom (oznaka **B**) prebacite 2 mL otopine iz epruvete **B1** u epruvetu **B2**. U epruvetu **B2** dodajte 5 kapi otopine klorovodične kiseline bez mućkanja, a zatim protresite sadržaj epruvete. **Zabilježite opažanja prije i poslije mućkanja.**

KORAK 12. Nastavite dodavati otopinu klorovodične kiseline po 3 kapi uz protresanje do vidljive promjene. Opipajte epruvetu izvana. **Zabilježite opažanja.**

KORAK 13. Protresite sadržaj epruvete **B2** i filtrirajte preko staklenog štapića i lijevka s filtrirnim papirom u epruvetu **B3**. Odložite epruvetu **B3** zajedno s lijevkom na stalak i sačekajte da filtrat iscuri.

KORAK 14. Spatulom prenesite malo taloga (vrh spatule) spoja **A** i spoja **B** s filtrirnih papira na satno staklo. Neka budu 1,5-2 cm razmaknuti jedan od drugoga. Na svaki talog nakapajte 2 kapi zasićene otopine natrijeva hidrogenkarbonata i ostavite da djeluje par sekundi. **Zabilježite opažanja.**

TABLICA 1

KORAK 1.	opažanje (boja) Prozirna tekućina.	
KORAK 2.	opažanje (položaj slojeva u epruveti) Otopina NaHCO_3 je gornji sloj u epruveti.	opažanje (boja donjeg sloja) Donji sloj je bjelkast, mutan.
KORAK 5.	opažanje (položaj slojeva u epruveti) Otopina NaOH je gornji sloj u epruveti.	opažanje (boja gornjeg sloja) Gornji sloj je zelenkaste boje.
KORAK 8.	opažanje Razvija se plin.	
KORAK 9.	opažanje (boja) Nastajanje bijelog taloga.	
KORAK 11.	opažanje prije mućkanja Nastajanje ružičastog taloga na površini tekućine.	opažanje poslije mućkanja Ružičasti talog se otopio.
KORAK 12.	opažanja (boja, opip) Nastajanje ružičastog taloga. Sadržaj epruvete se zagrijao.	
KORAK 14.	opažanje spoj A Razvija se plin.	opažanje spoj B Nema promjene.

12 × 0,5 = 6 bodova

UKUPNO BODOVA NA 4. STRANICI:

6

PITANJA I ZADATCI

II. DIO

ZADATAK 1. Navedite ime metode odvajanja čistih tvari iz smjese kojom ste iz kloroformske otopine izolirali spojeve **A** i **B**.

Ekstrakcija.

0,5 boda

PITANJE 1. Za izolaciju spojeva **A** i **B** iz kloroformske otopine korištene su vodene otopine NaHCO_3 (10 %) i NaOH (10 %). Kakvih su kiselo-baznih svojstava spojevi **A** i **B**?

Spojevi **A** i **B** su kiselih svojstava.

0,5 boda

PITANJE 2. Koja dva od četiri spoja prisutna u kloroformskoj otopini nije moguće izolirati korištenjem vodenih otopina navedenih u prethodnom pitanju?

p-nitroanilin, II i naftalen, III

2 × 0,5 boda = 1 bod

ZADATAK 2. Jednadžbom kemijske reakcije opišite promjenu koja se dogodila u koraku **14** pokusa. Navedite agregacijska stanja svih sudionika reakcije.



2 × 1 bod = 2 boda

ZADATAK 3. Na temelju pokusa opisanog u koraku **14** i odgovora na prethodna pitanja zaključite što je spoj **A**, a što spoj **B**.

SPOJ **A**: _____benzojeva kiselina, **IV**SPOJ **B**: _____naftalen-2-ol; **I**

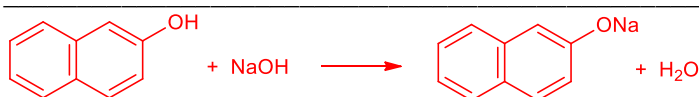
2 × 0,5 boda = 1 bod

PITANJE 3. U kojim se ranijim koracima pokusa **1** dogodila ista kemijska promjena sa spojem **A** kao i promjena u koraku **14**?

U koracima 2 i 4.

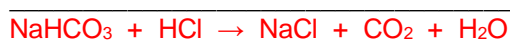
0,5 boda

ZADATAK 4. Jednadžbom kemijske reakcije opišite promjenu koja se dogodila u koracima **5** i **7** pokusa.



1 bod

ZADATAK 5. Jednadžbom kemijske reakcije opišite promjenu koja se događa u koraku **8** pokusa nakon dodatka nekoliko kapi otopine HCl .

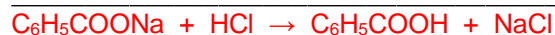


1 bod

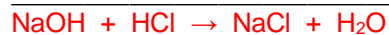
UKUPNO BODOVA NA 5. STRANICI:

	7,5
--	-----

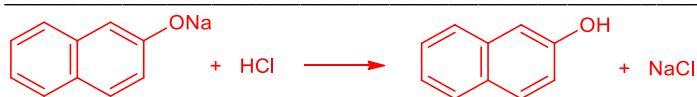
ZADATAK 6. Jednadžbom kemijske reakcije opišite promjenu koja se dogodila sa spojem **A** nakon dodavanja otopine HCl u koraku **9** pokusa.

**1 bod**

ZADATAK 7. Jednadžbom kemijske reakcije opišite promjenu koja se događa u koraku **11** pokusa nakon dodatka nekoliko kapi otopine HCl.

**1 bod**

ZADATAK 8. Jednadžbom kemijske reakcije opišite promjenu koja se dogodila sa spojem **B** nakon dodavanja otopine HCl u koraku **12** pokusa.

**1 bod**

PITANJE 4. Što bi se dogodilo da ste u koracima **2** i **4** umjesto vodene otopine NaHCO_3 (10 %) koristili vodenu otopinu NaOH (10 %)?

Djelovanjem jače baze spojevi **A** i **B** bi se istodobno preveli u soli, odnosno prešli u vodeni sloj, i ne bi došlo do njihovog međusobnog odvajanja.

1 bod

UKUPNO BODOVA NA 6. STRANICI:

	4
--	---

POKUS 2***Tankoslojna kromatografija kao metoda identifikacije tvari***

PRIBOR: kadica s poklopcem za tankoslojnu kromatografiju, pločica za tankoslojnu kromatografiju (silika-gel na staklu), spatula, epruvete **A4** i **B4**, staklene kapilare, pinceta, UV lampa

KEMIJE: uzorak tvari **A** i **B**, kloroform, smjesa otapala za tankoslojnu kromatografiju (etil-acetat : heksan = 1 : 1)

NAPOMENA: U gornji desni ugao na kromatografskoj pločici grafitnom olovkom upišite svoje inicijale.

KORAK 1. Spatulom prenesite malo taloga (vrh spatule) spoja **A**, a zatim i spoja **B** s filtrirnih papira u epruvete **A4** i **B4**.

KORAK 2. U epruvete **A4** i **B4** dodajte po 5 kapi kloroforma. Promućkajte sadržaje epruveta da se talozi otope.

KORAK 3. Staklenom kapilarom nanesite uzorak spoja **A** i spoja **B** u točke A i B označene na startnoj liniji. U točku s oznakom **S** na pločici već je nanesena smjesa svih četiriju spojeva **I-IV**.

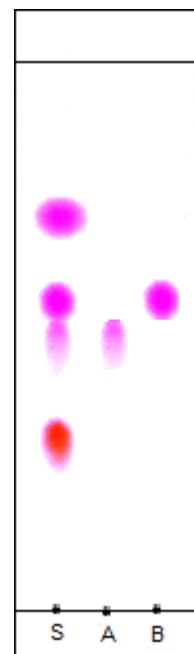
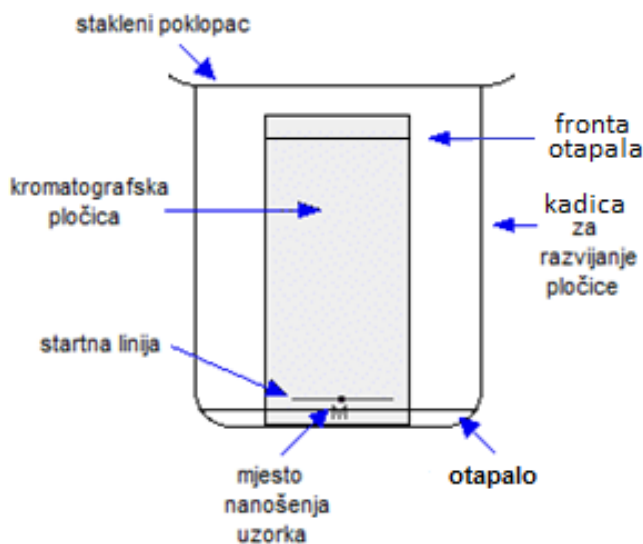
KORAK 4. Uronite pločicu u kadicu i pustite da se otapalo „popne“ do označen linije 1 cm od gornjeg ruba pločice (fronta otapala) (sl. 3).

KORAK 5. Pincetom izvadite pločicu iz kadice, odložite na papir i ostavite da se pločica malo osuši na zraku.

KORAK 6. Držeći pločicu pincetom stavite je ispod UV lampe ($\lambda = 256 \text{ nm}$) i označite (zaokružite) grafitnom olovkom ono što vidite.

PITANJA I ZADATCI**III. DIO**

ZADATAK 1. Skicirajte izgled dobivenog kromatograma na predviđenome mjestu (sl. 4).



Slika 3. Shematski prikaz razvijanja kromatografske pločice u postupku tankoslojne kromatografije

Slika 4. Skica kromatograma čistih tvari **A** i **B**

Za skicu kromatograma

1 bod

Za uspješnu kromatografiju

1 bod

UKUPNO BODOVA NA 7. STRANICI:

	2
--	----------

ZADATAK 2. Na temelju skice kromatograma izračunajte R_f vrijednosti tvari **A** i **B** u danom sustavu otapala. NAPOMENA: R_f vrijednost se računa kao omjer udaljenosti koju je prošao neki spoj od starta do sredine mrlje i udaljenosti koju je prošao otapalo od starta do označene linije pri vrhu pločice (fronta otapala).

$$R_f(\mathbf{A}) = \frac{\text{udaljenost spoja A od starta}}{\text{udaljenost fronte otapala od starta}} = \frac{\quad}{\quad}$$

$$R_f(\mathbf{B}) = \frac{\text{udaljenost spoja B od starta}}{\text{udaljenost fronte otapala od starta}} = \frac{\quad}{\quad}$$

$$R_f(\mathbf{A}) = 0,38 \pm 0,02$$

$$R_f(\mathbf{B}) = 0,57 \pm 0,02$$

$$2 \times 1 = 2 \text{ boda}$$

PITANJA I ZADATCI IV. DIO

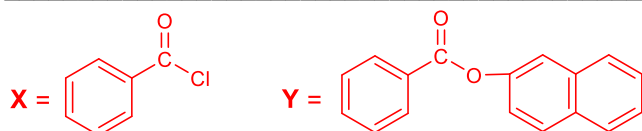
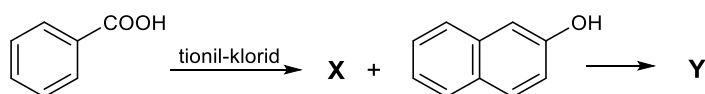
ZADATAK 1. Od dvije ponuđene pK_a vrijednosti (4,2 i 9,7,) koja će odgovarati spoju **A**, a koja spoju **B**? Kratko komentirajte svoj odabir.

Spoj **A** ima pK_a vrijednost 4,2 jer je kiseliiji. Niža pK_a vrijednost znači da je spoj jača kiselina.

1 bod

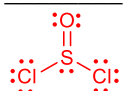
ZADATAK 3. Spojevi **I** i **IV** stajanjem u smjesi neće reagirati. Međutim, ako se spoj **IV** tretira dodatkom tionil-klorida (tionilova diklorida), reagirat će sa spojem **I**.

2.1. Oznake **X** i **Y** na reakcijskoj shemi zamijenite odgovarajućim strukturnim formulama.



2 × 1 = 2 boda

2.2. Prikažite Lewisovu strukturu molekule tionil-klorida.



1 bod

2.3. Kakav je prostorna građa molekule tionil-klorida prema teoriji VSEPR?

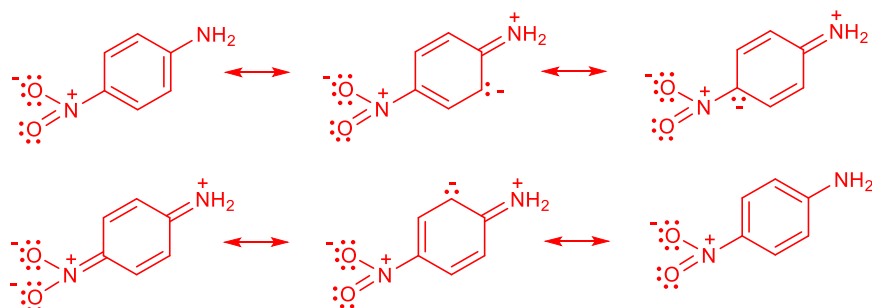
Trigonska piramida

1 bod

ZADATAK 3. Nacrtajte rezonantne strukture spoja **II**.

UKUPNO BODOVA NA 8. STRANICI:

	7
--	---

 $6 \times 0,5 = 3$ boda**ZADATAK ZA KRAJ.....**

ZADATAK 1. Predložite načine na koje biste iz kloroformske otopine izolirali preostala dva spoja. Oba su spoja pri sobnoj temperaturi i atmosferskome tlaku čvrste tvari.

SPOJ _____ (upisati ime ili oznaku spoja):

***p*-nitroanilin, II**

p-nitroanilin je amin (baza), pa se dodatkom kiseline, primjerice HCl, protonira na dušikovom atomu i u obliku soli postaje topljiv u vodi. Iz vode se istaloži dodatkom neke baze, primjerice KOH.

 $2 \times 1 = 2$ boda

SPOJ _____ (upisati ime ili oznaku spoja):

Naftalen, III

Nakon izdvajanja kiselih i bazne komponente (benzojeve kiseline (IV), naftalen-1-ola (I) i *p*-nitroanilina (II)) iz kloroformske otopine, uparavanjem kloroforma dobije se naftalen.

1 bod

1. stranica	2. stranica	3. stranica	4. stranica	5. stranica
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
6. stranica	7. stranica	8. stranica	9. stranica	Ukupni bodovi
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
				40

UKUPNO BODOVA NA 9. STRANICI:

	6
--	----------