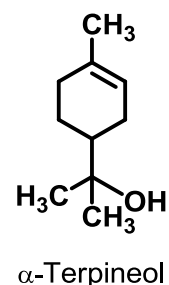


**Prirodno-matematički fakultet
Društvo matematičara i fizičara Crne Gore
OLIMPIJADA ZNANJA 2015.**

**Rešenja zadataka iz Hemije
za III razred srednje škole**

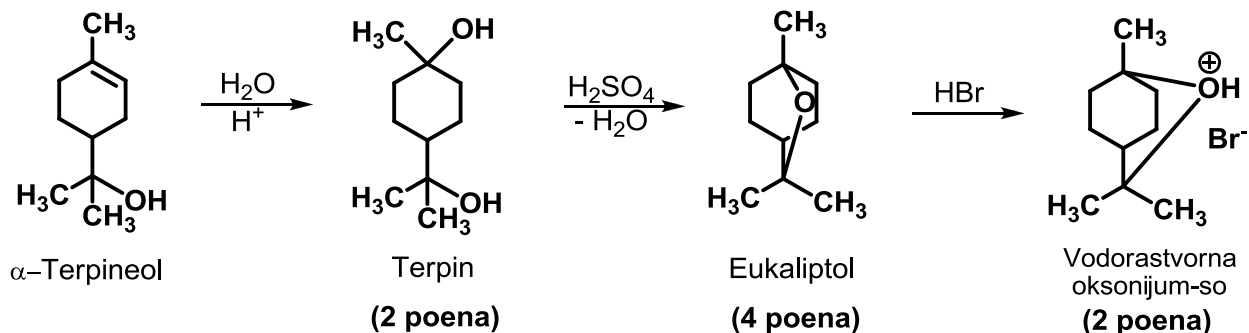
1. Kiselo-katalizovanom hidratacijom α -terpineola dobija se diol terpin, molekulske formule $C_{10}H_{20}O_2$. Dejstvom koncentrovane sulfatne kiseline pod kontrolisanim uslovima vrši se dehidratacija terpina i nastaje eukaliptol, jedinjenje koje je glavni sastojak etarskog ulja eukaliptusa i koje ima molekulska formulu $C_{10}H_{18}O$. Eukaliptol ne obezbojava rastvor bromne vode. Sam nije rastvoran u vodi, ali nakon dodatka bromidne kiseline dolazi do rastvaranja. Na osnovu iznijetih podataka, napisati strukturne formule terpina i eukaliptola, kao i proizvoda koji nastaje dejstvom HBr na eukaliptol.



(8)

Rješenje:

Na osnovu datih molekulskih formula lako se dolazi do strukturne formule terpina. Eliminacijom molekula vode iz njega dobija se etar. Da je eukaliptol zaista etar, zaključuje se iz podataka da ne adira bromnu vodu (dakle, ne sadrži dvostruku vezu) dok u reakciji sa jakom kiselinom gradi oksonijum-so, koja je rastvorna u vodi, za razliku od samog eukaliptola:



2. U reakciji 1-butanola i akrilne kiseline gradi se jedinjenje koje se naziva _____ i pripada klasi _____ (na linijama napisati naziv i klasu dobijenog jedinjenja). Nastalo jedinjenje može/ne može da obezboji bromnu vodu (podvući tačan odgovor).

(4)

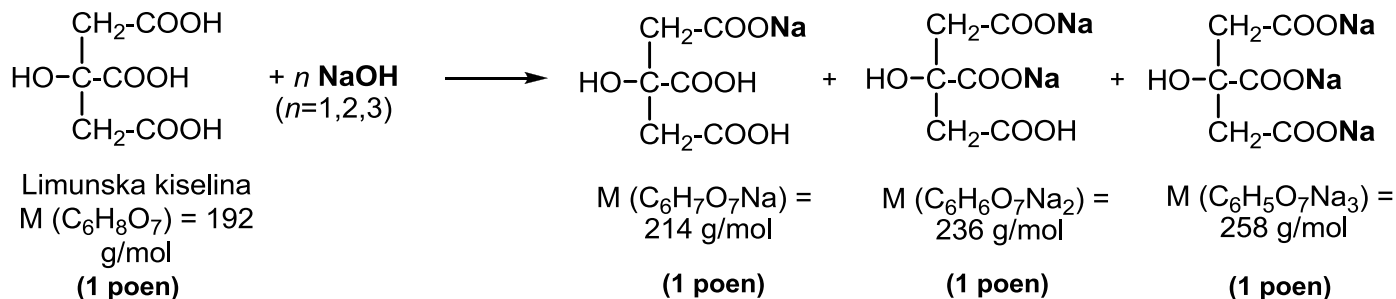
Rješenje: butil-akrilat (2 poena), estara (1 poen), može da obezboji bromnu vodu (1 poen).

3. U reakciji 5.0 g limunske kiseline sa određenom količinom rastvora natrijum-hidroksida dobija se 6.14 g soli. Napisati moguće strukturne formule nastale soli.
 $\text{Ar}(\text{C})=12$; $\text{Ar}(\text{O})=16$; $\text{Ar}(\text{H})=1$; $\text{Ar}(\text{Na})=23$

(10)

Rješenje:

Pošto je limunska kiselina trokarboksilna kiselina, u reakciji sa NaOH mogu nastati tri vrste soli:



Prema uslovima zadatka, pronaći ćemo količinu limunske kiseline:

$$n(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7) = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7)}{M(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7)} = \frac{5.0\text{g}}{192\text{g/mol}} = 0.026\text{mol} \quad \dots\dots\dots (1 \text{ poen})$$

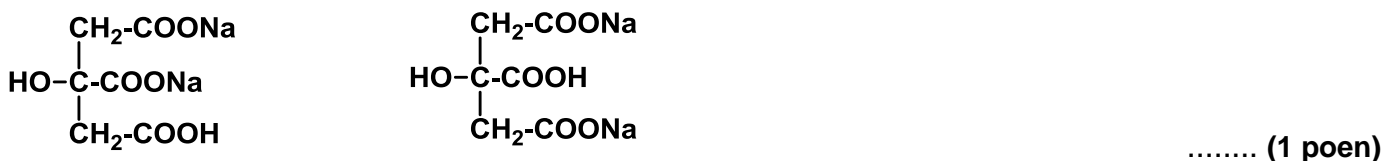
Na osnovu stehiometrijske jednačine, vidimo da su količine limunske kiseline i bilo koje od tri vrste soli jednake:

$$\Rightarrow n(\text{limunske kiseline}) = n(\text{soli}) = 0.026 \text{ mol} \quad \dots\dots\dots (1 \text{ poen})$$

Sada na osnovu dobijene količine soli i uslova zadatka da u reakciji nastaje 6,14 g soli možemo doći do zaključka koja so zapravo nastaje:

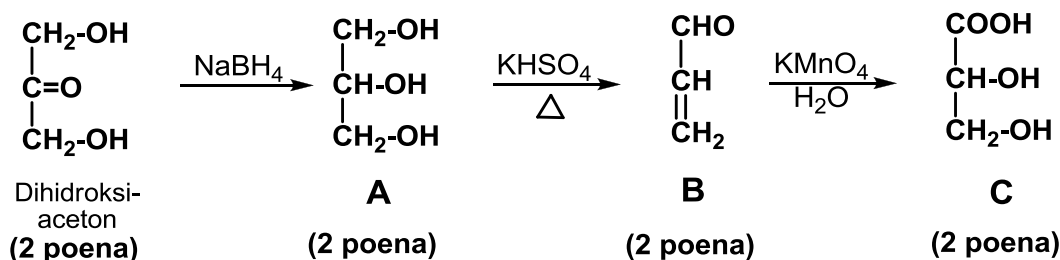
$m(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_7\text{Na}) = n(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_7\text{Na}) \cdot M(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_7\text{Na}) = 0.026 \text{ mol} \cdot 214 \text{ g/mol} = 5.56 \text{ g}$	(1 poen)
$m(\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_7\text{Na}_2) = n(\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_7\text{Na}_2) \cdot M(\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_7\text{Na}_2) = 0.026 \text{ mol} \cdot 236 \text{ g/mol} = \mathbf{6.14 \text{ g}}$	(1 poen)
$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Na}_3) = n(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Na}_3) \cdot M(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Na}_3) = 0.026 \text{ mol} \cdot 258 \text{ g/mol} = 6.71 \text{ g}$	(1 poen)

Dakle, na osnovu stehiometrijskog proračuna zaključujemo da je u pitanju dinatrijum-citrat. Prema tome, moguće su dvije strukturne formule ove soli:



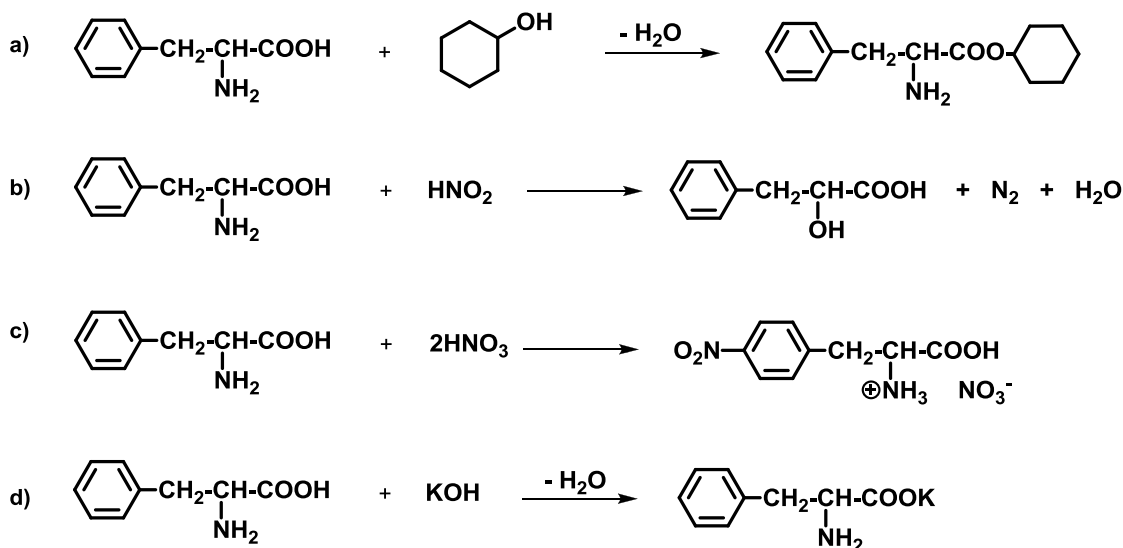
4. Dihidroksi-aceton je trivijalni naziv za 1,3-dihidroksi-2-propanon. U reakciji dihidroksi-acetona sa NaBH_4 gradi se uljasta viskozna tečnost **A**, koja zagrijavanjem sa čvrstim KHSO_4 gradi isparljivu tečnost **B**, veoma neprijatnog mirisa. U reakciji jedinjenja **B** sa rastvorom KMnO_4 nastaje jedinjenje **C**. Napisati strukturne formule jedinjenja **A**, **B** i **C**. **(8)**

Rješenje:



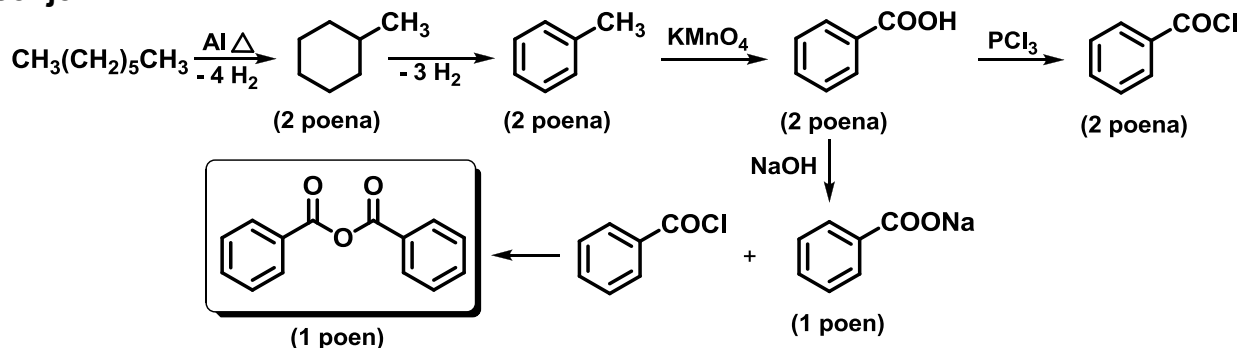
5. Napisati jednačine hemijskih reakcija fenil-alanina sa:
 a) cikloheksanolom; b) nitritnom kiselinom; c) nitratnom kiselinom; d) kalijum-hidroksidom.
 Svaka potpuno tačno napisana jednačina nosi po 2 poena. (8)

Rješenje:



6. Kako je moguće iz heptana sintetisati anhidrid benzoeve kiseline, ukoliko postoji mogućnost korišćenja samo neorganskih reagenasa? (10)

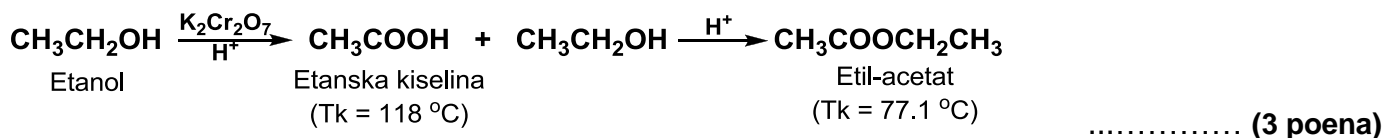
Rješenje:



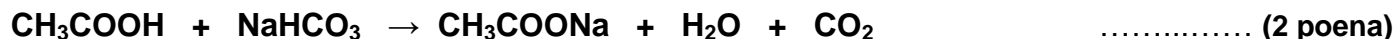
7. U cilju dobijanja sirćetne kiseline, etanol je zagrijavao sa smjesom vodenog rastvora kalijum-dihromata i sulfatne kiseline. Nakon završene reakcije, u cilju prečišćavanja i izolovanja kiseline urađena je destilacija. Na iznenađenje eksperimentatora, umjesto jednog proizvoda (sirćetne kiseline), u eksperimentu su izdvojena dva: jedinjenje **A**, koje ključa na 77.1 °C i jedinjenje **B**, koje ključa na 118 °C. Iz obje frakcije su uzeti alikvoti i u oba je dodat vodeni rastvor NaHCO₃. Dok jedinjenje **A** nije reagovalo sa bikarbonatom, jedinjenje **B** jeste. Znajući da je cjelokupna količina etanola izreagovala, ponuditi objašnjenje za ovakav eksperimentalni ishod reakcije, napisati racionalne formule jedinjenja **A** i **B** i njihove tačke ključanja, kao i jednačinu reakcije jedinjenja **B** sa rastvorom NaHCO₃. (7)

Rješenje:

Etanol se pomoću vodenog rastvora kalijum-dihromata oksiduje do sirćetne kiseline, a ona u prisustvu mineralne kiseline može reagovati sa ostatkom etanola i dati estar – etil-acetat:



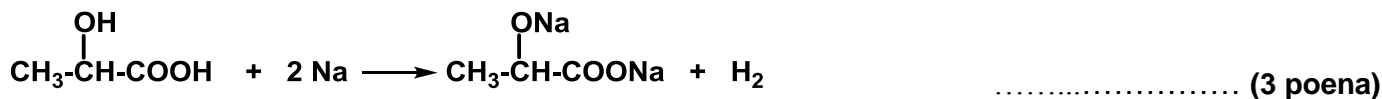
Tačke ključanja estara su niže od tački ključanja kiselina zbog nemogućnosti građenja vodoničnih veza, pa je lako zaključiti da je jedinjenje **A** etil-acetat, a jedinjenje **B** sirćetna kiselina. (2 poena)



8. U erlenmajeru se nalazi 10.0 g mliječne kiseline. U sud se dodaje natrijum u sitnim komadićima sve do momenta prestanka izdvajanja gasa. Kolika zapremina i kog gasa se dobija ovom reakcijom, ako je mjerenje izvršeno pri normalnim uslovima?
Ar(C)=12; Ar(O)=16; Ar(H)=1; Ar(Na)=23 (10)

Rješenje:

Mliječna kiselina sadrži i hidroksilnu i karboksilnu grupu, pri čemu obje reaguju sa natrijumom. Pošto se natrijum dodaje sve dok se izdvaja gas, jednačina opisanog procesa je:



Kao što se vidi iz jednačine, gas koji se oslobađa je vodonik. (1 poen)

Iz uslova zadatka ćemo najprije pronaći količinu mliječne kiseline koja je izreagovala:

$$n(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3) = \frac{m(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3)}{M(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3)} = \frac{10.0\text{g}}{90\text{g/mol}} = 0.11\text{mol} \quad \text{..... (2 poena)}$$

Iz stehiometrijske jednačine se vidi da su količine vodonika i kiseline jednake, pa je količina vodonika:

$$n(\text{H}_2) = n(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3) = 0.11 \text{ mol} \quad \dots\dots\dots (1 \text{ poen})$$

Sada se zapremina vodonika lako nalazi množenjem količine i molarne zapremine:

$$V(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) \cdot V_m = 0.11 \text{ mol} \cdot 22.4 \text{ dm}^3/\text{mol} = 2.49 \text{ dm}^3 \quad \dots\dots\dots (1 \text{ poen})$$

Rezultat je potrebno izraziti u cm^3 , pa je to $2\,490 \text{ cm}^3$ (2 poena)

9. Rastvor, nastao rastvaranjem 88.6 cm^3 benzena u inertnom organskom rastvaraču, bromovan je u prisustvu gvožđa. Reakcija bromovanja je prekinuta prije kraja i dobijeno je 78.0 g brombenzena. Koliko je to procenata od one mase brombenzena koja bi se dobila da je reakciji dopušteno da se odigra do kraja? Gustina benzena je 0.88 g/cm^3 .
 $\text{Ar}(\text{C})=12$; $\text{Ar}(\text{H})=1$; $\text{Ar}(\text{Br})=80$. (7)

Rješenje:

Jednačina reakcije bromovanja benzena je:



Masa benzena koji je stavljen u reakciju može se dobiti iz zapremine i gustine:

$$m(\text{C}_6\text{H}_6) = \rho(\text{C}_6\text{H}_6) \cdot V(\text{C}_6\text{H}_6) = 0.88 \text{ g/cm}^3 \cdot 88.6 \text{ cm}^3 = 78.0 \text{ g} \quad \dots\dots\dots (1 \text{ poen})$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_6) = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_6)}{M(\text{C}_6\text{H}_6)} = \frac{78.0 \text{ g}}{78 \text{ g/mol}} = 1.0 \text{ mol} \quad \dots\dots\dots (1 \text{ poen})$$

Na osnovu jednakosti količina benzena i brombenzena prema jednačini, teorijska masa brombenzena (tj. ona koja bi nastala da reakcija nije prekinuta) bi iznosila:

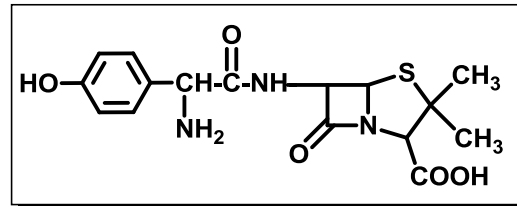
$$m_{\text{teorijska}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}) = n(\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}) \cdot M(\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}) = 1 \text{ mol} \cdot 157 \text{ g/mol} = 157 \text{ g} \quad \dots\dots\dots (2 \text{ poena})$$

Prema tome, traženi procenat jednostavno se dobija dijeljenjem praktične i teorijske mase:

$$\frac{m_{\text{praktična}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{Br})}{m_{\text{teorijska}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{Br})} = \frac{78.0 \text{ g}}{157 \text{ g}} = 0.4968 = 49.68\% \quad \dots\dots\dots (1 \text{ poen})$$

10. Na slici je data strukturna formula amoksicilina, antibiotika iz penicilinske grupe sa širokim spektrom dejstva.

- Napisati molekulsku formulu amoksicilina.
- Obilježiti sve stereocentre i odgovoriti koliko optičkih izomera posjeduje amoksicilin.
- Da li amoksicilin reaguje sa rastvorom FeCl_3 ? Objasniti.
- Napisati strukturu proizvoda koji nastaje dejstvom rastvora NaOH na amoksicilin.
- Napisati strukturu proizvoda koji nastaje dejstvom rastvora HCl na amoksicilin.

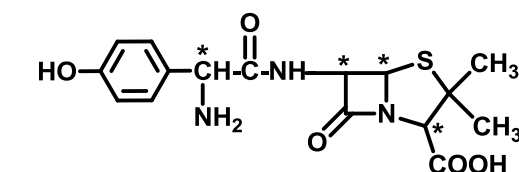
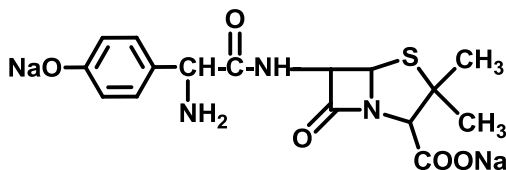


(priznaju se samo kompletno tačni odgovori).

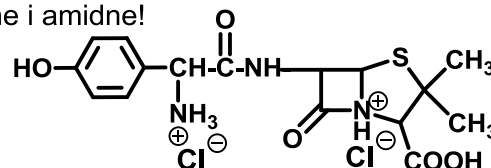
(10)

Rješenje:

- Molekulska formula amoksicilina je: $\text{C}_{16}\text{H}_{19}\text{N}_3\text{SO}_5$.
- Stereocentri su obilježeni zvjezdicom na slici. Ima ih 4, pa amoksicilin posjeduje $2^4 = 16$ optičkih izomera.
- Amoksicilin reaguje sa FeCl_3 jer sadrži fenolnu OH-grupu.
- Sa rastvorom NaOH reaguju fenolna i karboksilna grupa:

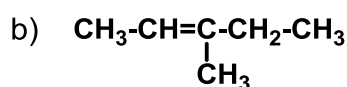
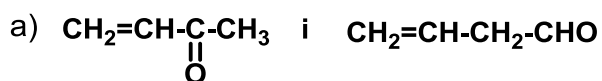


- Sa rastvorom HCl reaguju samo amino-grupe, ali ne i amidne!



(a – 2 poena; b – 2 poena; c – 2 poena; d – 2 poena; e – 2 poena)

11. Detaljno opisati laboratorijsku metodu pomoću koje biste mogli efikasno razlikovati sledeće parove izomernih jedinjenja:



(6)

Rješenje:

- Ova dva jedinjenja spadaju u grupu nezasićenih karbonylnih jedinjenja. Pošto je jedno jedinjenje aldehid, a drugo keton, oni bi se najefikasnije mogli razlikovati Felingovom ili Tolenšovom reakcijom – aldehid reaguje sa oba reagensa, dok keton ne reaguje ni sa jednim.(3 poena)
- Ova dva jedinjenja su izomeri heksena. Najbolje se mogu razlikovati reakcijom ozonolize i analizom nastalih proizvoda – prvi će ozonolizom dati smjesu etanala i 2-butanona, dok će drugi kao jedini proizvod nakon ozonolize nagraditi aceton. Kada smjesu prva dva karbonila tretiramo Tolenšovim ili Felingovim rastvorom, doći će do reakcije, jer je u njoj prisutan aldehid. U drugom slučaju, do reakcije acetona sa ova dva reagensa neće doći.(3 poena)

- 12.** U četiri epruvete se nalaze sledeća organska jedinjenja: heksanska kiselina, 1-heksanol, dipropil-etar i heksanal. Sva četiri jedinjenja su u tečnom agregatnom stanju. U cilju identifikacije jedinjenja, određene su njihove tačke ključanja, čije su vrijednosti prikazane u tabeli. U odgovarajuće kolone tabele navesti nazive i napisati racionalne formule datih jedinjenja:

Tačka ključanja	Naziv jedinjenja	Strukturna formula
90 °C		
131 °C		
159 °C		
205 °C		

(8)

Rješenje:

Tačka ključanja	Naziv jedinjenja	Strukturna formula
90 °C	Dipropil-etar	$(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2)_2\text{O}$
131 °C	Heksanal	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$
159 °C	1-Heksanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
205 °C	Heksanska kiselina	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$

Svako tačno pridruživanje naziva odgovarajućoj vrijednosti tačke ključanja (4x1 poen)
 Svaka tačno napisana strukturna formula (4x1 poen)

13. Dovršiti sledeće tvrdnje:

- a) U reakciji aldehida sa amonijakom dobijaju se jedinjenja koja pripadaju klasi _____.
- b) Katalitičkom trimerizacijom etina (acetilena) na povišenoj temperaturi nastaje _____.
- c) Oksidacijom tiola pomoću slabih oksidacionih sredstava dobijaju se _____.
- d) Oksidacijom glukoze pomoću Felingovog rastvora dobija se _____.

(4)

Rješenje:

- a) Imina.
 b) Benzen
 c) Disulfidi
 d) Glukonska kiselina.

Svaki tačan odgovor vrijedi 1 poen.