

ispitni centar
**PRAVA
MJERA
ZNAJJA**

**DRŽAVNO
TAKMIČENJE**

2022.

ŠIFRA UČENIKA

SREDNJA ŠKOLA, III i IV RAZRED

HEMIJA

UKUPAN BROJ OSVOJENIH BODOVA

Test pregledala/pregledao

Podgorica, 20..... godine

Upustva za takmičare:

Za izradu testa planirano je 180 minuta.

U toku izrade testa učenici mogu koristiti plavu ili crnu hemijsku olovku i kalkulator. Ostala sredstva nijesu dozvoljena za upotrebu.

Upotreba Periodnog sistema elemenata nije dozvoljena.

Odgovori i postupci koji nijesu pisani hemijskom olovkom, kao i nepregledno i nečitko ispisani odgovori, neće biti bodovani.

Postupak i rješenje moraju biti jasno označeni brojem zadatka. Neoznačeni odgovori i rješenja neće biti pregledani i bodovani.

Pisanje više odgovora, od kojih je jedan tačan, a drugi netačan, neće se bodovati.

Zadatak (broj)	Bodovi
1.	10
2.	5
3.	3
4.	5
5.	5
6.	7
7.	6
8.	3
9.	10
10.	5
11.	10
12.	8
13.	6
14.	4
15.	6
16.	7
	Ukupno: 100 poena

1. U reakciji *p*-ksilena sa bromom u prisustvu svjetlosti, dobija se organsko jedinjenje **A**. U ovoj reakciji, 10.6 g ksilena reaguje sa ukupno 64.0 g broma. Jedinjenje **A** je simetrično i sadrži isti broj aromatičnih atoma vodonika, kao i *p*-ksilen. Reakcijom jedinjenja **A** sa razblaženim vodenim rastvorom kalijum-hidroksida, dodatim u višku, najprije se formira nestabilni intermedijer **B**, koji odmah prelazi u jedinjenje **C**. Blagom oksidacijom jedinjenja **C** sa viškom kiseonika, dobija se jedinjenje **D**. Na osnovu iznijetih informacija, napisati strukturne formule jedinjenja **A**, **B**, **C** i **D**.

$$M(C) = 12.0 \text{ g/mol}; M(H) = 1.0 \text{ g/mol}; M(\text{Br}) = 80.0 \text{ g/mol}$$

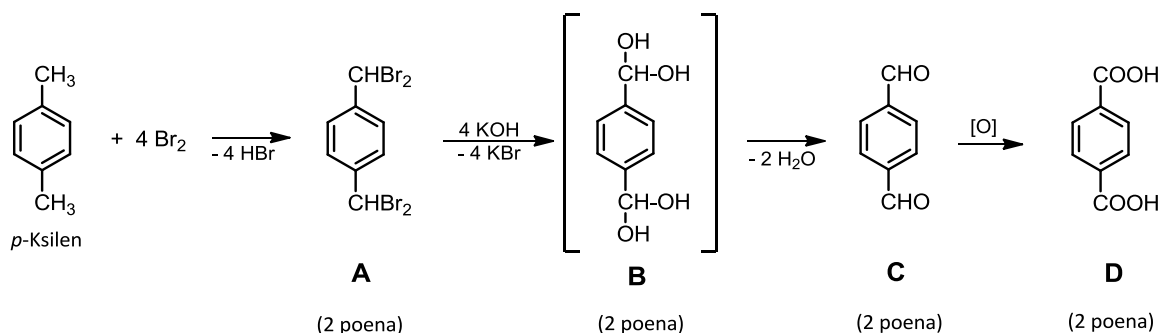
Rješenje:

Najprije je potrebno izračunati količinu broma koja je reagovala sa ksilenom, u cilju pisanja strukturne formule jedinjenja **A**. Stoga prvo računamo količine ksilena i broma:

$$n(\text{C}_8\text{H}_{10}) = \frac{m(\text{C}_8\text{H}_{10})}{M(\text{C}_8\text{H}_{10})} = \frac{10.6 \text{ g}}{106 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol} \quad \dots\dots\dots 1 \text{ poen}$$

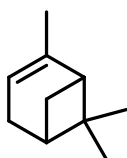
$$n(\text{Br}_2) = \frac{m(\text{Br}_2)}{M(\text{Br}_2)} = \frac{64.0 \text{ g}}{160 \text{ g/mol}} = 0.4 \text{ mol} \quad \dots\dots\dots 1 \text{ poen}$$

Kako je količinski odnos ksilena i broma 1:4, zaključujemo da su u ovoj reakciji proreagovala 4 mol broma, odnosno da su se u molekulu organskog proizvoda vezala 4 atoma broma. Kako se, prema uslovima zadatka, nijesu supstituisali atomi vodonika sa aromatičnog prstena i kako je molekul **A** simetričan, jedina ispravna struktura je data ispod. Na shemi su prikazane i strukture ostalih proizvoda:



Ukupno: 10 poena

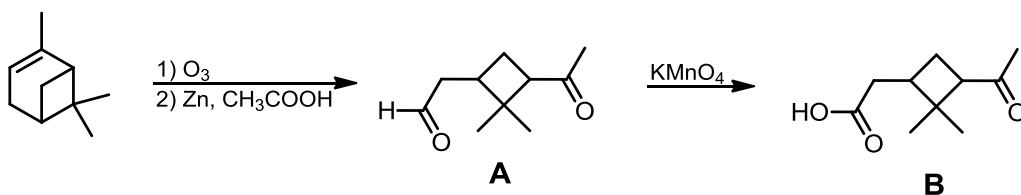
2. α -Pinen je sastojak smole bora i jedan od glavnih sastojaka terpentinskog ulja. Pripada klasi monoterpena i ima sljedeću strukturnu formulu:



α -Pinen

Ozonolizom α -pinena dobija se jedinjenje **A**, koje se lako može oksidovati pomoću hladnog vodenog rastvora kalijum-permanganata u jedinjenje **B**. Napisati strukturne formule jedinjenja **A** i **B**.

Rješenje:



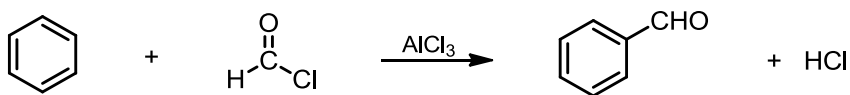
Tačno napisana strukturna formula jedinjenja **A**3 poena

Tačno napisana strukturna formula jedinjenja **B**2 poena

Ukupno: 5 poena

3. Kako biste, polazeći od benzena, u jednom koraku sintetisali benzaldehid? Prikazati tu hemijsku reakciju pisanjem odgovarajuće jednačine.

Rješenje:



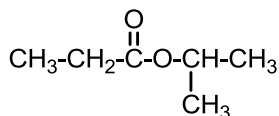
Kompletna tačno napisana jednačina reakcije 3 poena

Djelimično tačno napisana jednačina (bez $AlCl_3$ ili HCl) 2 poena

Ukupno: 3 poena

4. Napisati strukturnu formulu i naziv estera, iz kojeg je odgovarajućim sintetičkim transformacijama (u najviše dva koraka) moguće dobiti jedan primarni i jedan sekundarni alkohol sa po tri ugljenikova atoma.

Rješenje:



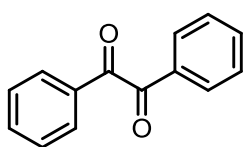
..... 3 poena

Izopropil-propanoat ((1-metiletil)-propanoat) 2 poena

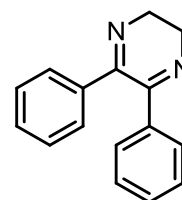
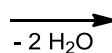
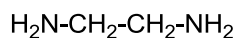
Ukupno: 5 poena

5. Napisati strukturnu i molekulsku formulu organskog jedinjenja, koje nastaje kao krajnji proizvod reakcije ekvimolarnih količina benzila (1,2-difeniletan-1,2-dion) sa etilen-diaminom (1,2-diaminoetan).

Rješenje:



+



Tačno napisana struktura jedinjenja

..... 4 poena

Molekulska formula: C₁₆H₁₄N₂

..... 1 poen

Ukupno: 5 poena

6. Organski proizvod, dobijen vrenjem rastvora glukoze (koji sadrži 72.0 g čiste glukoze) uveden je u 163.2 g vode. Izračunati maseni udio dobijenog rastvora.

M(C) = 12.0 g/mol; M(H) = 1.0 g/mol; M(O) = 16.0 g/mol

Rješenje

Vrenjem rastvora glukoze kao jedini organski proizvod dobija se etanol:



$$n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)}{M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)} = \frac{72.0 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} = 0.4 \text{ mol} \quad \dots\dots\dots 1 \text{ poen}$$

$$\frac{n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)}{n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})} = \frac{1}{2} \Rightarrow n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 2 \cdot 0.4 \text{ mol} = 0.8 \text{ mol} \quad \dots\dots\dots 1 \text{ poen}$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) \cdot M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0.8 \text{ mol} \cdot 46 \text{ g/mol} = 36.8 \text{ g} \quad \dots\dots\dots 1 \text{ poen}$$

Ukupna masa dobijenog rastvora etanola računa se na sljedeći način:

$$m_{\text{rastvora}} = m_{\text{etanol}} + m_{\text{vode}} = (36.8 + 163.2) \text{ g} = 200.0 \text{ g} \quad \dots\dots\dots 1 \text{ poen}$$

$$\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})}{m_{\text{rastvora}}} = \frac{36.8 \text{ g}}{200 \text{ g}} = 0.184 = 18.4\% \quad \dots\dots\dots 1 \text{ poen}$$

Ukupno: 7 poena

7. Na lijevoj strani su data odgovarajuća tvrđenja. Na desnoj strani zaokružiti oznaku **T** za tačnu tvrdnju odnosno oznaku **N** za netačnu tvrdnju:

- | | | |
|---|----------|----------|
| a) Liaze katalizuju stvaranje hemijskih veza. | T | N |
| b) Vitamin B ₁ se drugačije naziva aneurin. | T | N |
| c) Kod endergonih procesa, energiju je potrebno dovoditi. | T | N |
| d) Zimogen je neaktivan oblik enzima. | T | N |
| e) Kalvinov ciklus se drugačije naziva glukoneogeneza. | T | N |
| f) U sastav DNK ulazi baza uracil. | T | N |

Rješenje:

- | | | |
|--|-----------------|-----------------|
| a) Liaze katalizuju stvaranje hemijskih veza. | T | <u>N</u> |
| b) Vitamin B ₁ se drugačije naziva aneurin. | <u>T</u> | N |

- | | | |
|---|----------|----------|
| c) Kod endergonih procesa, energiju je potrebno dovoditi. | <u>I</u> | <u>N</u> |
| d) Zimogen je neaktivan oblik enzima. | <u>I</u> | <u>N</u> |
| e) Kalvinov ciklus se drugačije naziva glukoneogeneza. | <u>T</u> | <u>N</u> |
| f) U sastav DNK ulazi baza uracil. | <u>T</u> | <u>N</u> |

Svaki tačan odgovor vrijedi 1 poen.

Ukupno: 6 poena

8. Jestivo ulje (*zaokružiti tačne odgovore*):

- sadrži ostatke oleinske kiseline.
- zagrijavanjem sa bazom gradi slobodne masne kiseline.
- je glicerol-tripalmitat.
- katalitičkom hidrogenizacijom daje mast.
- kiselom hidrolizom daje sapun.
- obezbojava alkoholni rastvor joda.

Rješenje:

Tačni odgovori su pod a), d) i f)

Ukupno: 3 poena

9. Edvard Dojzi (Edvard Doisy) je 1934. godine ekstrakcijom iz 1 361 kg svinjskih jajnika izolovao svega nekoliko miligrama čistog estradiola, ženskog polnog hormona. Kvantitativnom elementarnom hemijskom analizom, utvrđeno je da je potpunim sagorijevanjem 11.44 mg estradiola u struji čistog kiseonika dobijeno 34.76 mg ugljenik(IV)-oksida i 0.79 mg vode. Takođe, dokazano je da estradiol u svom sastavu, pored ugljenika i vodonika, sadrži i kiseonik. Masenom spektrometrijom je određena molarna masa estradiola, i ona iznosi 272.0 g/mol. Na osnovu dobijenih podataka, napisati empirijsku i molekulsku formulu estradiola.

$M(C) = 12.0 \text{ g/mol}$; $M(H) = 1.0 \text{ g/mol}$; $M(O) = 16.0 \text{ g/mol}$

Rješenje:

Na osnovu datih podataka, najprije ćemo izračunati količine CO₂ i H₂O, a preko njih i ugljenika i vodonika:

$$n(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)} = \frac{34.76 \text{ mg}}{44 \text{ g/mol}} = 0.79 \text{ mmol} \quad \dots\dots\dots 1 \text{ poen}$$

$$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = 0.79 \text{ mmol}$$

$$m(\text{C}) = n(\text{C}) \cdot M(\text{C}) = 0.79 \text{ mmol} \cdot 12 \text{ g/mol} = 9.48 \text{ mg} \quad \dots\dots\dots 1 \text{ poen}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0.79 \text{ mg}}{18 \text{ g/mol}} = 0.044 \text{ mmol} \quad \dots\dots\dots 1 \text{ poen}$$

$$n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) = 0.088 \text{ mmol}$$

$$m(\text{H}) = n(\text{H}) \cdot M(\text{H}) = 0.088 \text{ mmol} \cdot 1 \text{ g/mol} = 0.088 \text{ mg} \quad \dots\dots\dots 1 \text{ poen}$$

Masu i količinu kiseonika, koji se nalazi u uzorku estradiola koji je podvrgnut analizi, nalazimo na sljedeći način:

$$m(\text{O}) = m_{\text{uzorka}} - (m(\text{C}) + m(\text{H})) = 11.44 \text{ mg} - (9.48 \text{ mg} + 0.088 \text{ mg}) = 1.872 \text{ mg} \quad \dots\dots\dots 1 \text{ poen}$$

$$n(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{1.872 \text{ mg}}{16 \text{ g/mol}} = 0.117 \text{ mmol} \quad \dots\dots\dots 1 \text{ poen}$$

Uzmimo da je opšta formula estradiola C_xH_yO_z. Indekse nalazimo na sljedeći način:

$$x : y : z = \frac{n(\text{C})}{M(\text{C})} : \frac{n(\text{H})}{M(\text{H})} : \frac{n(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{0.79 \text{ mmol}}{12 \text{ g/mol}} : \frac{0.088 \text{ mmol}}{1 \text{ g/mol}} : \frac{0.117 \text{ mmol}}{16 \text{ g/mol}} =$$

$$= 0.0658 : 0.088 : 0.0073 = / 0.0073$$

$$= 9 : 12 : 1 \quad \dots\dots\dots 2 \text{ poena}$$

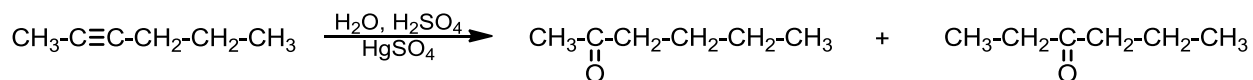
$$\text{Dakle, empirijska formula estradiola je C}_9\text{H}_{12}\text{O}. \quad \dots\dots\dots 1 \text{ poen}$$

Kako je molarna masa hormona 272 g/mol, zaključujemo da je molekulska formula estradiola C₁₈H₂₄O₂.
..... 1 poen

Ukupno: 10 poena

10. Napisati jednačinu reakcije 2-heksina sa vodenim rastvorom sulfatne kiseline, u prisustvu živa(II)-sulfata.

Rješenje:



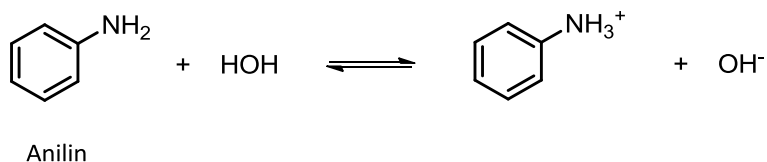
Napisana strukturna formula samo jednog ketona 2 poena
 Napisane strukturne formule oba ketona 5 poena
 Napisana jedna formula u enolnom obliku 1 poen
 Napisane obje formule u enolnom obliku 3 poena

Ukupno: 5 poena

11. Napravljen je vodeni rastvor anilina, količinske koncentracije 0.15 mol/dm³, dok je *pH*-vrijednost dobijenog rastvora iznosila 8.89. Izračunati ravnotežne koncentracije svih vrsta koje su prisutne u ovom rastvoru, kao i konstantu disocijacije anilina.

Rješenje:

Disocijacija anilina u vodenom rastvoru može se predstaviti sljedećom ravnotežnom jednačinom:



ili jednostavnije



Prema tome, vrste koje su zastupljene u vodenom rastvoru anilina su: anilinjum-jon (C₆H₅NH₃⁺), hidroksidni jon (OH⁻) i nedisosovani anilin (C₆H₅NH₂).

Izraz za konstantu disocijacije (K_d) gornje jednačine ima sljedeći oblik:

$$K_d = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2]} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2]} \quad \dots\dots\dots 2 \text{ poena}$$

$pOH = 14 - pH = 14 - 8.89 = 5.11$ 1 poen

$\Rightarrow [OH^-] = 7.76 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$ 1 poen

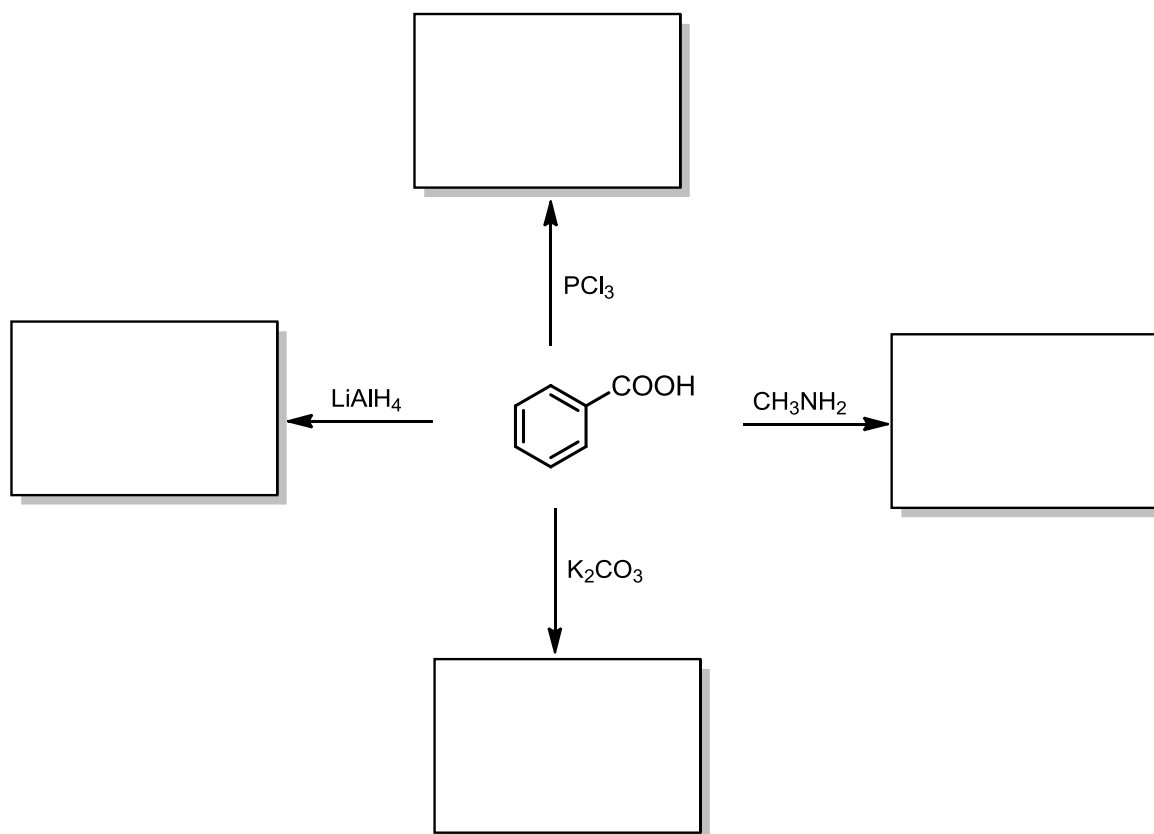
$K_d = \frac{(7.76 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3)^2}{0.15 \text{ mol/dm}^3} = 4 \cdot 10^{-10} \text{ mol/dm}^3$ 1 poen

$[C_6H_5NH_3^+] = [OH^-] = 7.76 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$ 1 poen

$[C_6H_5NH_2] = c_{\text{ukupno}} - ([C_6H_5NH_3^+] + [OH^-]) = 0.15 \text{ mol/dm}^3 - (2 \cdot 7.76 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3) = 0.15 \text{ mol/dm}^3$
..... 2 poena

Ukupno: 10 poena

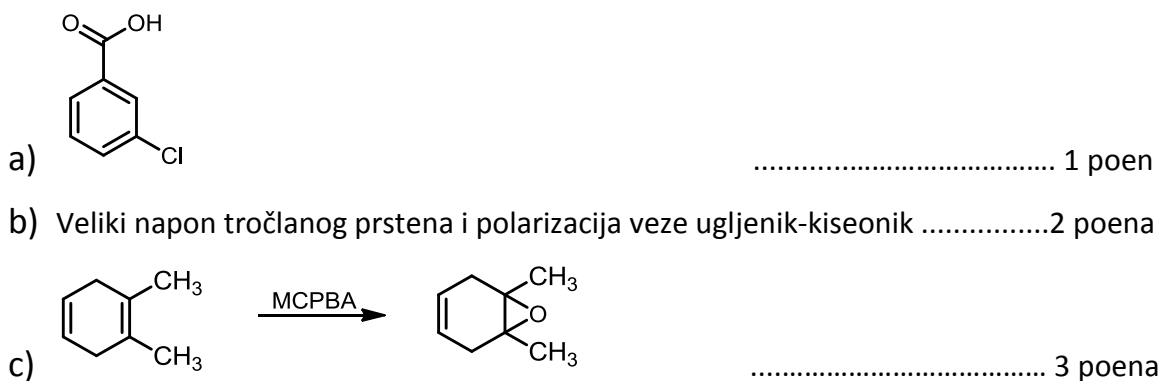
- 12.** U naznačena polja napisati strukturne formule odgovarajućih organskih jedinjenja, koja se dobijaju u reakciji benzojeve kiseline sa reagensima, navedenim na reakcionim strelicama:



Rješenje:

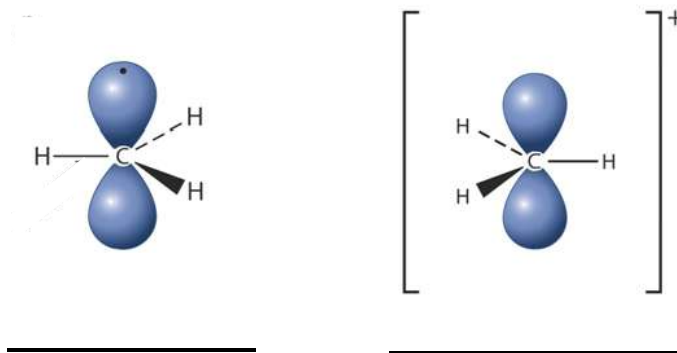
- a) Napisati strukturnu formulu sporednog proizvoda reakcije epoksidacije etena, obilježenog slovom X.
- b) Navesti dva razloga zbog kojih su epoksidi veoma reaktivni.
- c) Napisati proizvod reakcije 1 mol MCPBA sa 1 mol 1,2-dimetil-1,4-cikloheksadiena (ekvimolarne količine).

Rješenje:

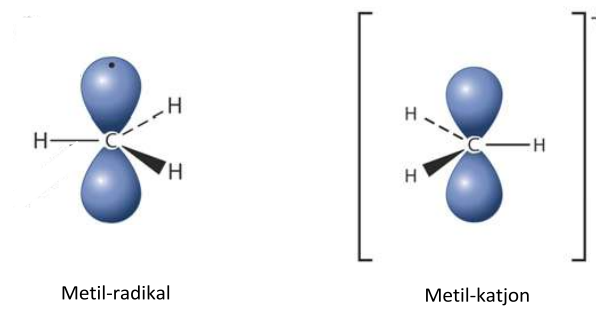


Ukupno: 6 poena

- 14.** Na slici su prikazane dvije reaktivne vrste, koje su dobijene iz metana. Napisati nazive odgovarajućih vrsta ispod prikazanih slika.



Rješenje:



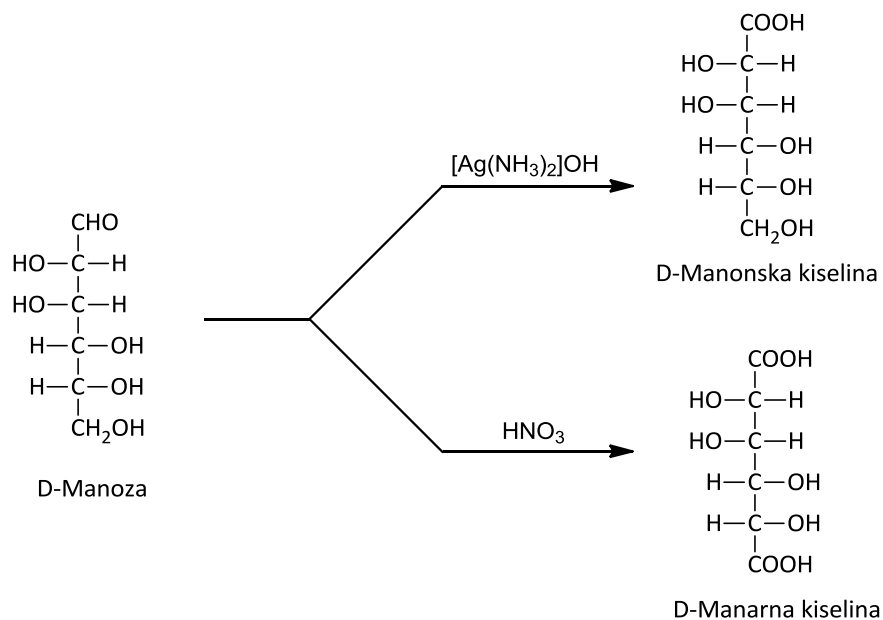
Svako tačno napisano ime reakcione vrste nose po 2 poena

Ukupno: 4 poena

15. Napisati strukturnu formulu proizvoda koji nastaje u reakciji D-manoze sa:

- Tolensovim reagensom;
- koncentrovanom azotnom kiselinom, uz blago zagrijavanje.

Rješenje:

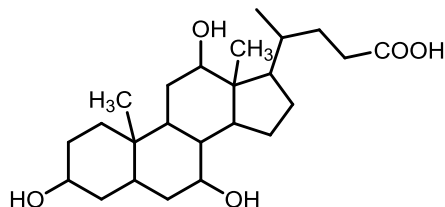


Tačno napisana formula proizvoda 2 poena

Tačno napisan naziv proizvoda 1 poen

Ukupno: 6 poena

- 16.** Data je strukturna formula holne kiseline (bez naznačenih stereocentara), jedinjenja iz grupe žučnih kiselina, čija je osnovna fiziološka uloga emulgovanje masti.



- a) Izračunati molarnu masu holne kiseline.
 $M(C) = 12.0 \text{ g/mol}$; $M(H) = 1.0 \text{ g/mol}$; $M(O) = 16.0 \text{ g/mol}$
- b) Da li holna kiselina reaguje sa rastvorom živa(II)-nitrata? Objasniti.
- c) Da li holna kiselina reaguje sa rastvorom natrijum-hidrogenkarbonata? Objasniti.

Rješenje:

- a) $M(C_{24}H_{40}O_5) = 408.0 \text{ g/mol}$ 3 poena
 Ukoliko nije navedena jedinica za molarnu masu 2 poena
- b) Molekul holne kiseline NE reaguje sa rastvorom $Hg(NO_3)_2$, jer se ovaj reagens koristi za dokazivanje fenolne funkcionalne grupe, koju holna kiselina ne posjeduje.
 2 poena
- c) Molekul holne kiseline reaguje sa rastvorom $NaHCO_3$, jer natrijum-hidrogenkarbonat je po svojim kiselinsko-baznim osobinama slaba baza, koja će reagovati sa karboksilnom grupom, kao sastavnim dijelom holne kiseline.

..... 2 poena

(Odgovor bez odgovarajućeg objašnjenja neće biti bodovan)

Ukupno: 7 poena