

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

**DRŽAVNO NATJECANJE IZ KEMIJE**

učenika osnovnih i srednjih škola 2021./22.

5.-8. travnja 2022.

**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 I. dio natjecanja: zadaća o pokusu**

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 I. dio natjecanja: zadaća o pokusu**

Razred:

Zaporka: (pet brojeva i do sedam velikih slova)

Ime i prezime učeni(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:

Periodni sustav elemenata IUPAC 2013.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
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	5 B 10,81														
11	Na 22,99	12 Mg 24,31	13 Al 26,98														
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
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
55	Cs 132,9	56 Ba 137,3	57-71 lanthanoidi	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]
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]
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]		

**NAPOMENA:** Strukture organskih molekula potrebno je prikazivati kondenziranim strukturnim formulama ili prikazom s pomoću veznih crtica.

### **POKUS 1.**

#### ***Izolacija $\beta$ -karotena iz listića špinata***

Namirnice biljnog podrijetla (mrkva, špinat, bundeva, marelica i dr.) bogate su  $\beta$ -karotenom iz kojeg u organizmu nastaje vitamin A.  $\beta$ -karoten moguće je jednostavno izolirati iz listića špinata i odvojiti ga od ostalih pigmentata prisutnih u špinatu.

**CILJ:** Izolirati  $\beta$ -karoten iz listića špinata te na temelju opisa postupka i opažanja tijekom izvođenja pokusa odgovoriti na postavljena pitanja i riješiti zadatke.

**KEMIKA LIJE:** listići špinata, magnezijev sulfat, aceton, heksan, etil-acetat, silika-gel.

**OPIS POSTUPKA I OPAŽANJA:**

**KORAK 1.** U tarionik su stavljeni listići špinata i magnezijev sulfat te usitnjeni tučkom u homogenu smjesu (slika 1.a).

**KORAK 2.** Na homogenu smjesu listića špinata i magnezijeva sulfata u tarioniku dodan je aceton tako da pokrije smjesu (slika 1.b). Sadržaj je promiješan tučkom i ostavljen stajati nekoliko minuta uz povremeno miješanje.

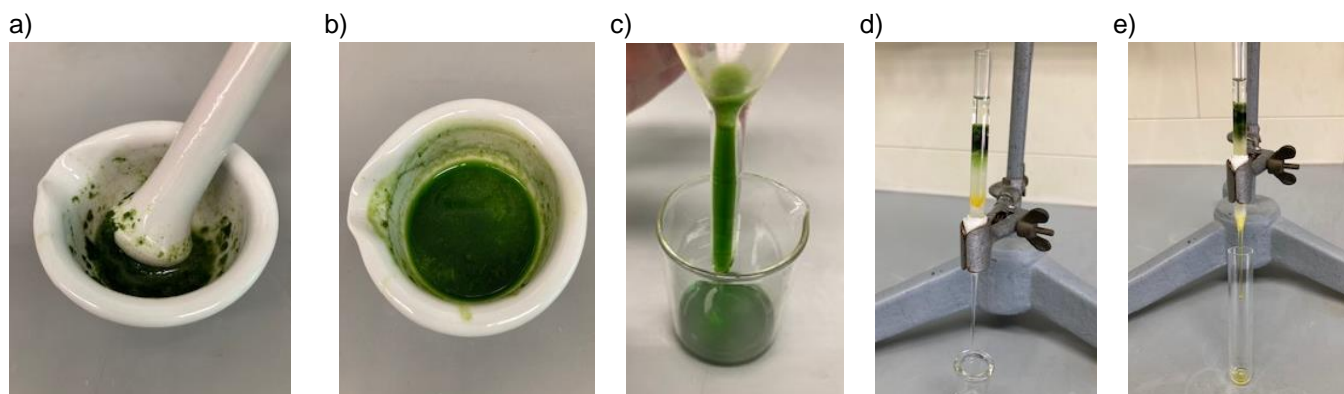
**KORAK 3.** Sloj acetona iz tarionika (acetonski ekstrakt pigmentata iz listića špinata) prebačen je kapalicom preko lijevka s malo vate u staklenu čašu (slika 1.c), a nekoliko kapi u praznu epruvetu. Filtrat u čaši je zagrijan pri čemu je aceton ispario do suha, a ostatak u čaši je otopljen u malo heksana.

**KORAK 4.** Na dno staklene kapalice stavljeno je malo vate i usut silika-gel (2/3 visine kapalice).

**KORAK 5.** Silika-gel u kapalici ispran je nekoliko puta heksanom pazeći da razina otapala uvijek bude iznad razine silika-gela.

**KORAK 6.** Heksanska otopina pigmentata iz listića špinata nanescena je na silika-gel u kapalici nakon što je prethodno otapalo ispušteno do same razine silika-gela.

**KORAK 7.** Ispiranje sadržaja u kapalici zatim je nastavljeno smjesom otapala heksan: etil-acetat = 9 : 1 (slika 1.d). Kad je s dna kapalice počela izlaziti obojena otopina, sadržaj je skupljen u jednu epruvetu (slika 1.e).



**Slika 1.** Prikaz odabranih koraka iz pokusa 1.

**PITANJA I ZADATCI KOJI SE ODNOSU NA POKUS 1.**

**PITANJE 1.** Koja je uloga magnezijeva sulfata pri usitnjavanju listića špinata u tarioniku?

---

**PITANJE 2.** Što na temelju promjene boje bezbojnog acetona dodanog u tarionik s usitnjenim listićima špinata (korak 2.) zaključuješ o topljivosti pigmenata prisutnih u listićima špinata u acetonu?

---

**PITANJE 3.** Nakon uparavanja filtrata – acetonskog ekstrakta pigmenata iz listića špinata (korak 3.) sadržaj zaostao u čaši otopljen je u heksanu. Što na temelju topljivosti pigmenata iz listića špinata u heksanu zaključuješ o njihovoj polarnosti?

---

**PITANJE 4.** Kako se naziva postupak odvajanja tvari koji je opisan u koracima 3. – 7. pokusa 1.?

---

**ZADATAK 1.** Napiši naziv nepokretne (stacionarne) faze upotrijebljen u ovome postupku odvajanja.

---

**ZADATAK 2.** Napiši naziv pokretne (mobilne) faze upotrebom koje je  $\beta$ -karoten uspješno odvojen od ostalih pigmenata prisutnih u ekstraktu dobivenom iz listića špinata.

---

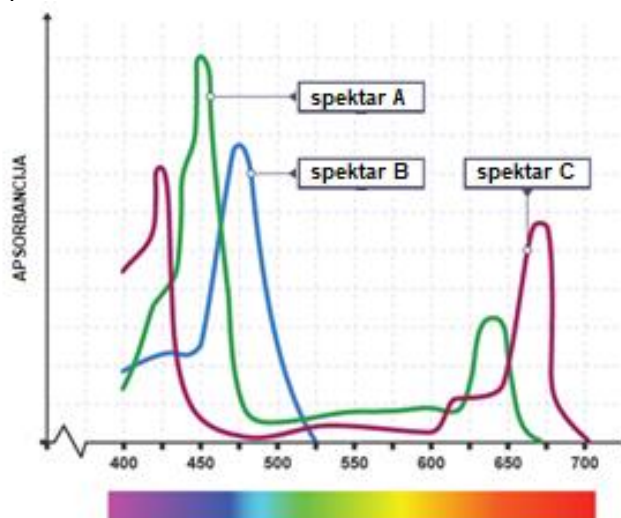
**PITANJE 5.** U kojem dijelu spektra elektromagnetskog zračenja apsorbira otopina  $\beta$ -karotena dobivena u koraku 7. pokusa 1.?

---

**PITANJE 6.** Kakve je boje svjetlost koju apsorbira otopina  $\beta$ -karotena?

---

**PITANJE 7.** Na slici 2. prikazani su apsorpcijski spektri triju pigmenata prisutnih u listićima špinata. Koji spektar predstavlja apsorpcijski spektar  $\beta$ -karotena?



**Slika 2.** Apсорpcijski spektri odabranih pigmenata prisutnih u listićima špinata

**PITANJE 8.** Pri kojoj je valnoj duljini maksimum apsorpcije  $\beta$ -karotena?

**PITANJE 9.** Zračenje kojih valnih duljina propušta otopina  $\beta$ -karotena?

**ZADATAK 3.** Transmittancija je mjera količine neapsorbiranog (propuštenog) zračenja koje je prošlo otopinom uzorka. Napiši izraz za transmittanciju ( $T$ ) i objasni značenje veličina u izrazu.

**ZADATAK 4.** Apsorbancija je veličina koja opisuje količinu apsorbiranog zračenja. Napiši izraz koji povezuje apsorbciju ( $A$ ) i transmittanciju ( $T$ ).

**ZADATAK 5.** Izračunaj apsorbciju ako intenzitet izlaznog zračenja iznosi 55 % intenziteta ulaznog zračenja.

**POKUS 2.**

***Je li u pokusu 1. izoliran  $\beta$ -karoten?***

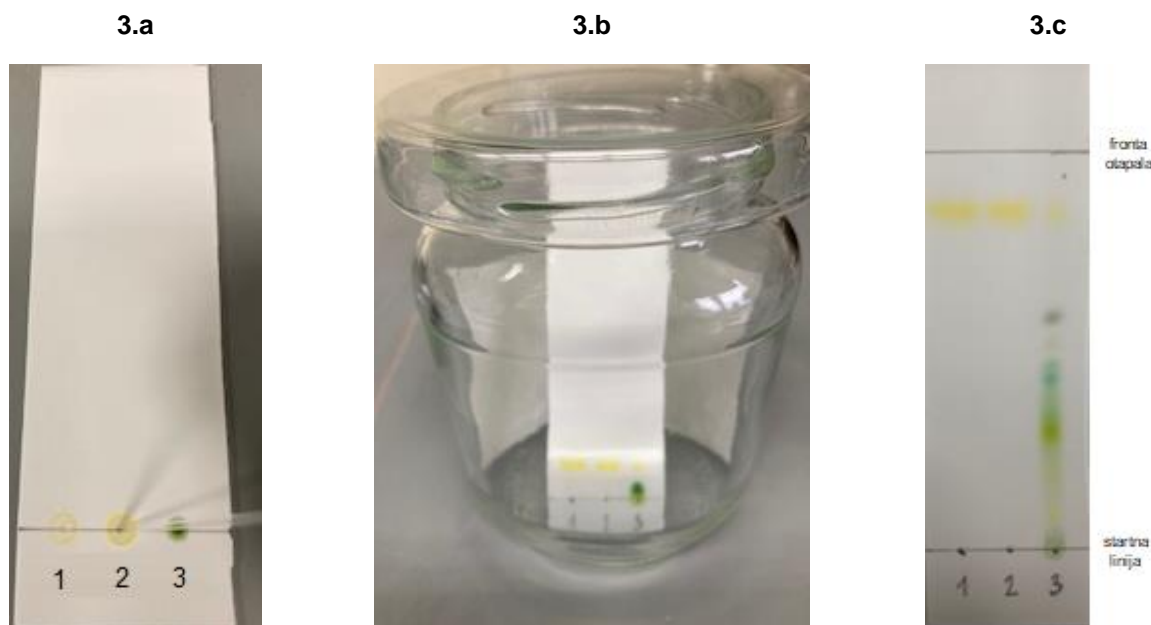
**CILJ:** Utvrditi je li pokusom 1. izoliran  $\beta$ -karoten iz listića špinata te na temelju opisa pokusa i opažanja odgovoriti na postavljena pitanja i riješiti zadatke.

**KEMIKA LIJE:** otopina uzorka  $\beta$ -karotena dobivenog u pokusu 1., komercijalno dostupni  $\beta$ -karoten, smjesa otapala heksan: aceton = 9 : 4.

**KORAK 1.** Na staklenu pločicu sa slojem silika-gela (slika 3.a) na prikazani način kapilarnom su u tri točke na startnoj liniji (točke 1, 2 i 3) nanese otopina komercijalno dostupnog  $\beta$ -karotena kao standardna otopina (točka 1), otopina  $\beta$ -karotena dobivena u koraku 7. pokusa 1. (točka 2) i acetonski ekstrakt (točka 3) dobiven iz listića špinata u koraku 3. pokusa 1.

**KORAK 2.** Pločica pripremljena u koraku 1. stavljena je u poklopljenu staklenu posudu (slika 3.b) u kojoj se na dnu nalazi smjesa otapala heksan: aceton = 9 : 4.

**KORAK 3.** Pločica je izvađena iz posude sa smjesom otapala kada je otapalo došlo gotovo do vrha pločice (fronta otapala). Konačni je izgled pločice prikazan na slici 3.c.



**Slika 3.** Prikaz koraka 1. (3.a), koraka 2. (3.b) i koraka 3. (3.c) u pokusu 2.

**PITANJA I ZADATCI KOJI SE ODOSE NA POKUS 2.**

**PITANJE 10.** Kako se naziva postupak opisan u pokusu 2.?

**ZADATAK 6.** Svaku tvar ispitivanu postupkom opisanim u pokusu 2. karakterizira  $R_f$  vrijednost. Ona se definira kao omjer odgovarajućih udaljenosti od startne linije. Označi oznakama x i y na slici 3.c te dvije udaljenosti na primjeru komercijalno dostupnog  $\beta$ -karotena (točka 1).

**UKUPNO BODOVA NA 4. STRANICI:**

1

**ZADATAK 7.** Napiši izraz za  $R_f$  vrijednost  $\beta$ -karotena.

---

**ZADATAK 8.** Izračunaj  $R_f$  vrijednost  $\beta$ -karotena u navedenom sustavu otapala.

---

**ZADATAK 9.** Na sljedeća pitanja ili zadatke odgovori jednom rečenicom na temelju slike 3.c.

**ZADATAK 9.a)** Objasni na koji je način pokusom 2. dokazano da otopina dobivena u koraku .7 pokusa 1. zaista sadrži  $\beta$ -karoten.

---

---

**ZADATAK 9.b)** Objasni na temelju čega možeš zaključiti da je  $\beta$ -karoten uspješno odvojen od ostalih pigmenata prisutnih u listićima špinata.

---

---

**ZADATAK 9.c)** Kakva je polarnost  $\beta$ -karotena u usporedbi s polarnošću drugih pigmenata prisutnih u ekstraktu dobivenom iz listića špinata?

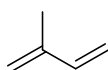
---

---

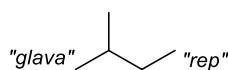
### PITANJA I ZADATCI

#### *Kako biosintezom nastaje $\beta$ -karoten*

**ZADATAK 10.**  $\beta$ -karoten je spoj iz skupine terpena, prirodnih spojeva koji nastaju povezivanjem C-5 izoprenskih strukturnih jedinica, koje su naziv dobile prema ugljikovodiku trivijalnog imena izopren.



izopren

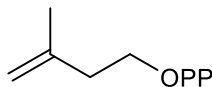


izoprenska  
strukturna jedinica

Napiši naziv izoprena prema pravilima nomenklature IUPAC.

---

**ZADATAK 11.** Prekursor za biosintezu terpena nije izopren, nego strukturno srodan spoj izopentenil-difosfat (pirofosfat, PP).

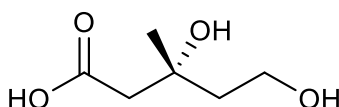


izopentenil-difosfat  
(izopentenil-pirofosfat)

**ZADATAK 11.a)** Nacrtaj strukturnu formulu molekule difosforne kiseline (pirofosforne kiseline).

**ZADATAK 11.b)** Kojoj skupini derivata difosforne kiseline pripada izopentenil-difosfat?

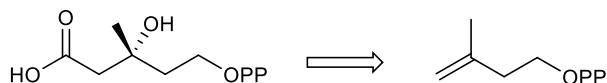
**ZADATAK 12.** U biološkim je sustavima preteča izopentenil-difosfata mevalonska kiselina. Odredi apsolutnu konfiguraciju na kiralnom ugljikovu atomu molekule mevalonske kiseline.



**ZADATAK 13.** Napiši naziv mevalonske kiseline prema pravilima nomenklature IUPAC.

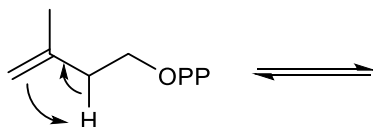
**ZADATAK 14.** Mevalonska kiselina u ravnoteži je sa svojim laktonom (cikličkim esterom). Prikazom s pomoću veznih crtica nacrtaj strukturnu formulu molekule laktona mevalonske kiseline.

**PITANJE 11.** Izopentenil-difosfat nastaje iz fosforilirane mevalonske kiseline. Eliminacijom kojih se molekula iz fosforilirane mevalonske kiseline dobiva izopentenil-difosfat?

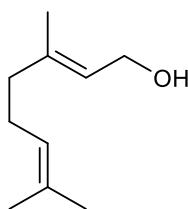




**ZADATAK 15.** Izopentenil-difosfat u ravnoteži je s dimetilalil-difosfatom koji nastaje alilnim pomakom protona (naznačeno na slici). Nacrtaj strukturnu formulu (prikaz s pomoću veznih crtica) molekule dimetilalil-difosfata.



**ZADATAK 16.** Povezivanjem dviju bioloških izoprenskih strukturnih jedinica, izopentenil-difosfata i dimetilalil-difosfata, po principu „glava-rep“ nastaje geranil-difosfat, a iz njega, između ostalog, i monoterpen geraniol. Na strukturnoj formuli molekule geraniola označi (zaokruži) izoprenske jedinice.



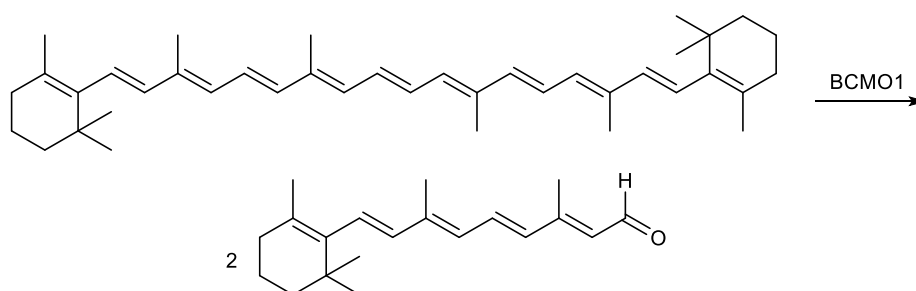
### PITANJA I ZADATCI

#### Od $\beta$ -karotena do vitamina A

**ZADATAK 17.**  $\beta$ -karoten, često nazvan i provitamin A, služi nam kao izvor vitamina A u organizmu. Premda se u strukturnom smislu naziv vitamin A često izjednačuje s retinolom, vitamin A čini skupina spojeva strukturno sličnih retinolu. Uz retinol najvažniji su retinal i retinoična kiselina. Tako se oksidativnim simetričnim cijepanjem uz djelovanje enzima  $\beta$ -karoten-15,15'-monooksigenaze 1 (BCMO1) iz  $\beta$ -karotena dobiju dvije molekule retinala. Na strukturnoj formuli molekule  $\beta$ -karotena:

**ZADATAK 17.a)** označi strelicom ugljik-ugljik vezu koja se cijepa djelovanjem navedenog enzima

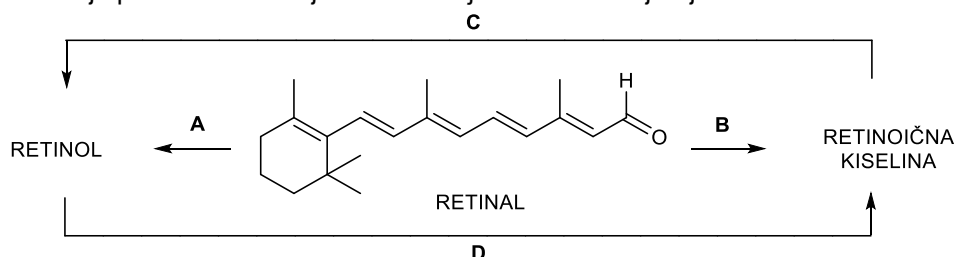
**ZADATAK 17.b)** upiši numeričke oznake 7 i 7' uz odgovarajuće ugljikove atome.



**PITANJE 12.** Po kojem su principu (koristi se terminima „glava“ i „rep“) povezane izoprenske strukturne jedinice koje tvore ugljik-ugljik vezu čijim cijepanjem iz  $\beta$ -karotena nastaje retinal?

**ZADATAK 18.**  $\beta$ -karoten je tetraterpen. Koliko izoprenskih jedinica sadrži molekula  $\beta$ -karotena?

**ZADATAK 19.** Na temelju prikazane reakcijske sheme riješi zadatke koji slijede.



**ZADATAK 19.a)** Prikazom s pomoću veznih crtica nacrtaj strukturne formule molekula retinola i retinoične kiseline.

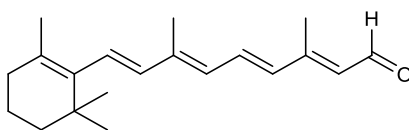
**ZADATAK 19.b)** Koje kemijske promjene označene slovima **A – D** predstavljaju oksidaciju, a koje redukciju?

OKSIDACIJA: \_\_\_\_\_ REDUKCIJA: \_\_\_\_\_

**ZADATAK 19.c)** U kojem je od reakcijskih koraka **A – D** kao reagens moguće upotrijebiti lužnatu amonijakalnu otopinu srebrova nitrata?

**ZADATAK 19.d)** Koji od reakcijskih koraka **A – D** predstavlja reakciju nukleofilne adicije?

**ZADATAK 19.e)** Odredi konfiguraciju oko svih C=C veza u molekuli retinala koje su izvan prstena.



**ZADATAK 20.** Retinal sudjeluje u procesu vida. Prikazom s pomoću veznih crtica nacrtaj strukturne formule odabranih kemijskih vrsta koje nastaju u tom složenom procesu:

**ZADATAK 20.a)** 11-*cis*-retinala dobivenog iz 11-*trans*-retinala djelovanjem enzima retinal-izomeraze

**ZADATAK 20.b)** rodopsina – pigmenta osjetljivog na svjetlo nastalog reakcijom 11-*cis*-retinala s amino-skupinom proteina opsina koja se nalazi u aktivnom mjestu ovog proteina (za prikaz proteina opsina koristi se pojednostavljenim zapisom opsin-NH<sub>2</sub>).

**PITANJE 13.** U koju skupinu organskih spojeva pripada produkt reakcije 11-*cis*-retinala i amino-skupine proteina opsina?

**ZADATAK 21.** Prirodni izvori vitamina A potrebnog našem organizmu, osim namirnica biljnog podrijetla, mogu biti i one životinjskog podrijetla. U njima je vitamin A obično prisutan u obliku retinil-palmitata. Prikazom s pomoću veznih crtica prikaži strukturnu formulu molekule retinil-palmitata.

**ZADATAK 22.** Retinol se iz retinil-palmitata u organizmu oslobađa djelovanjem hidrolitičkih enzima. Navedi ime spoja koji uz retinol nastaje u ovom procesu.

**ZADATAK 23.** Laboratorijska se hidroliza retinil-palmitata može događati u prisutnosti kiseline, H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>(aq), ili u prisutnosti baze, OH<sup>-</sup>(aq).

**ZADATAK 23.a)** Navedi uloge kiseline i baze u reakciji hidrolize retinil-palmitata.

KISELINA: \_\_\_\_\_ BAZA: \_\_\_\_\_

**ZADATAK 23.b)** Prikazom s pomoću veznih crtica napiši prvi korak mehanizma reakcije hidrolize retinil-palmitata u prisutnosti baze, OH<sup>-</sup>(aq).

**ZADATAK 23.c)** Prema kojem se mehanizmu događa reakcija hidrolize retinil-palmitata?

**PITANJA I ZADATCI**

***Kvantitativno dokazivanje i industrijska priprava retinola***

**ZADATAK 24.** Jedan od reagensa za kvantitativno dokazivanje retinola je Carr-Princeov regens, otopina antimonova(III) klorida u kloroformu. Prikaži Lewisovu strukturu molekule antimonova(III) klorida.

**PITANJE 14.** Kakvog je prostornog oblika molekula antimonova(III) klorida?

---

**ZADATAK 25.** Retinol (vitamina A) tijekom ovog testa prisutan je kao anhidrovitamin A. Prikazom s pomoću veznih crtica nacrtaj strukturne formule kemijskih vrsta prisutnih pri nastajanju anhidrovitamina A iz retinola:

**ZADATAK 25.a)** molekule retinola u kojoj je protonirana funkcijska skupina

**ZADATAK 25.b)** primarnog karbokationa nastalog iz protoniranog oblika molekule retinola iz zadatka 25.a) izlaskom vode

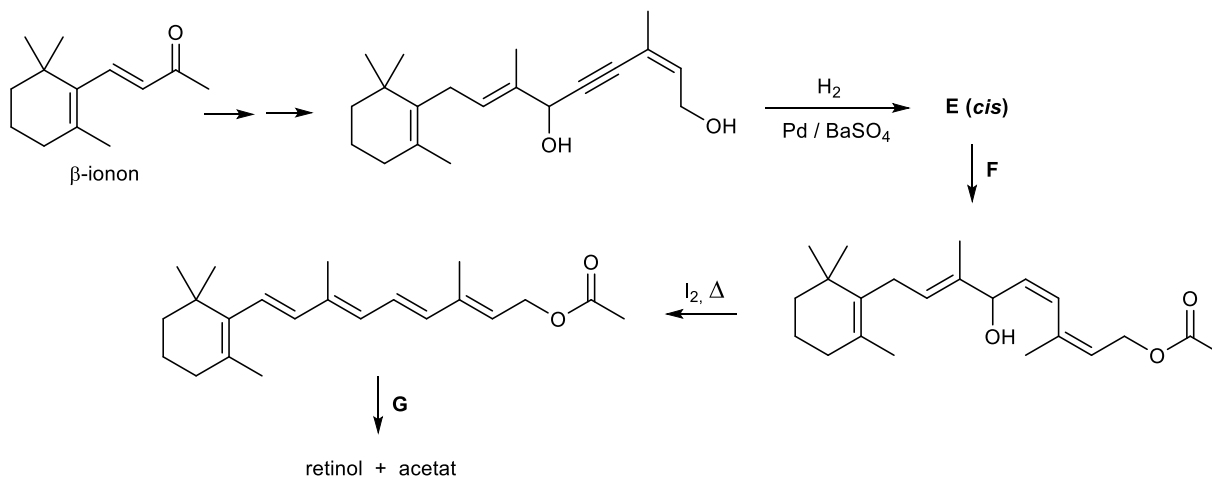
**ZADATAK 25.c)** rezonancijske strukture primarnog karbokationa iz zadatka 25.b) koji sadrži pozitivni naboj na tercijarnom atomu ugljika u prstenu, a posljedica je premještanja elektrona duž konjugiranog sustava dvostrukih veza

**ZADATAK 25.d)** anhidrovitamina A ( $C_{20}H_{28}$ ) nastalog deprotoniranjem ( $-H^+$ ) kemijske vrste iz zadatka 25.c)

**ZADATAK 26.** Dokazivanje retinola Carr-Princeovim reagensom uključuje nastajanje složenih kemijskih vrsta reakcijom anhidrovitamina A i antimonova(III) klorida koje apsorbiraju elektromagnetsko zračenje valnih duljina 589 nm i 619 nm. Izračunaj energiju fotona zračenja valne duljine 589 nm.

---

**ZADATAK 27.** Zbog velikih potreba za vitaminom A (retinolom) danas se većina ovog vitamina ne dobiva izolacijom iz prirodnih izvora, već se pripravlja industrijski. Promotri shemu jednog od postupaka pripreve retinola iz polaznog  $\beta$ -ionona i slova **E** – **G** sa sheme zamijeni formulama odgovarajućih spojeva (produkata, reagensa). Organske vrste prikaži prikazom s pomoću veznih crtica.


**PITANJE ZA KRAJ...**

**PITANJE 16.** Pripada li vitamin A vitaminima topljivim u vodi? Kratko obrazloži svoj odgovor.

---



---

1. stranica	2. stranica	3. stranica	4. stranica	5. stranica	6. stranica	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	+
7. stranica	8. stranica	9. stranica	10. stranica	11. stranica	Ukupni bodovi	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
						40

**UKUPNO BODOVA NA 11. STRANICI:**

	4
--	---