

DRŽAVNO NATJECANJE IZ KEMIJE
učeni(ka)ca osnovnih i srednjih škola 2023./24.

ZADANI POKUS, 8. – 10. svibnja 2024.

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!

Zaporka:
(pet brojeva i do sedam velikih slova)

POSTIGNUTI BODOVI :

Vrsta škole: 1. osnovna 5. srednja (Zaokruži 1. ili 5.)

Razred (napisati arapskim brojem):

Nadnevak:

OTKINUTI OVAJ DIO PRIJAVE I STAVITI GA U OMOTNICU S NAPISANOM ZAPORKOM
PRIJAVU ISPUNITI TISKANIM SLOVIMA

Zaporka:
(pet brojeva i do sedam velikih slova)

POSTIGNUTI BODOVI :

Ime i prezime učeni(ka)ce:

OIB:

Puni naziv škole:

Adresa škole:

Grad u kojem je škola:

Županija:

Vrsta škole: 1. osnovna 5. srednja
(Zaokruži 1. ili 5.)

Razred (napisati arapskim brojem):

Ime i prezime mentor(a)ice:

Naputak članovima povjerenstva:

Ovaj dio prijave treba spojiti s pisanom zadaćom svakog učeni(ka)ce nakon bodovanja. Podatci su važni radi računalne obrade podataka o učeni(ku)ci koji će biti pozvani na državno natjecanje.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H vodik 1,008																	2 He helij 4,003
2	3 Li litij 6,940	4 Be berilij 9,012															9 F fluor 19,00	10 Ne neon 20,18
3	11 Na natrij 22,99	12 Mg magnezij 24,31															17 Cl klor 35,45	18 Ar argon 39,95
4	19 K kalij 39,10	20 Ca kalcij 40,08	21 Sc skandij 44,96	22 Ti titanij 47,87	23 V vanadij 50,94	24 Cr krom 52,00	25 Mn mangan 54,94	26 Fe željezo 55,85	27 Co kobalt 58,93	28 Ni nikal 58,69	29 Cu bakar 63,55	30 Zn cink 65,38	31 Ga galij 69,72	32 Ge germanij 72,63	33 As arsen 74,92	34 Se selenij 78,97	35 Br brom 79,90	36 Kr kripton 83,80
5	37 Rb rubidij 85,47	38 Sr stroncij 87,62	39 Y itrij 88,91	40 Zr cirkonij 91,22	41 Nb niobij 92,91	42 Mo molibden 95,95	43 Tc tehnecij [97]	44 Ru rutenij 101,1	45 Rh rodij 102,9	46 Pd paladij 106,4	47 Ag srebro 107,9	48 Cd kadmij 112,4	49 In indij 114,8	50 Sn kositar 118,7	51 Sb antimon 121,8	52 Te telurij 127,6	53 I jod 126,9	54 Xe ksenon 131,3
6	55 Cs cezij 132,9	56 Ba barij 137,3	57-71 lantanoidi	72 Hf hafnij 178,5	73 Ta tantal 181,0	74 W volfram 183,8	75 Re renij 186,2	76 Os osmij 190,2	77 Ir iridij 192,2	78 Pt platina 195,1	79 Au zlatο 197,0	80 Hg živa 200,6	81 Tl talij 204,4	82 Pb olovo 207,2	83 Bi bizmut 209,0	84 Po polonij [209]	85 At astat [210]	86 Rn radon [222]
7	87 Fr francij [223]	88 Ra radij [226]	89-103 aktinoidi	104 Rf raderfordij [267]	105 Db dubnij [268]	106 Sg siborgij [269]	107 Bh borij [270]	108 Hs hasij [269]	109 Mt majtnerij [277]	110 Ds darmštattij [281]	111 Rg rendgenij [282]	112 Cn koperncij [285]	113 Nh nihonij [286]	114 Fl flerovij [290]	115 Mc moskovij [290]	116 Lv livermorij [293]	117 Ts tenes [294]	118 Og oganeson [294]

PERIODNI SUSTAV KEMIJSKIH ELEMENATA

Periodni sustav kemijskih elemenata prema preporukama HDKI i HKD 2022.



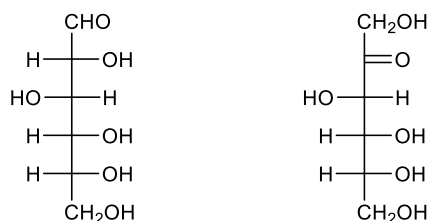
Priredio i uredio:
 izv. prof. dr. sc.
 Tomislav Portada

 Grafičko-likovno
 oblikovanje:
 Zdenko Blažeković, dipl. ing.

 Korektura i kontrola
 podataka:
 Studentska sekcija HKD-a

57 La lantan 138,9	58 Ce cerij 140,1	59 Pr praseodimij 140,9	60 Nd neodimij 144,2	61 Pm prometij [145]	62 Sm samarij 150,4	63 Eu europij 152,0	64 Gd gadolinij 157,3	65 Tb terbij 159,0	66 Dy disprozij 162,5	67 Ho holmij 164,9	68 Er erbij 167,3	69 Tm tulij 168,9	70 Yb iterbij 173,1	71 Lu lutecij 175,0
89 Ac aktinij [227]	90 Th torij 232,0	91 Pa protaktinij 231,0	92 U uranij 238,0	93 Np neptunij [237]	94 Pu plutonij [244]	95 Am americij [243]	96 Cm kirij [247]	97 Bk berkelij [247]	98 Cf kalifornij [251]	99 Es ajštajnij [252]	100 Fm fermij [257]	101 Md mendelevij [258]	102 No nobelij [259]	103 Lr lorenzij [262]

- 1.** Prikazane su Fischerove projekcijske formule molekula D-glukoze (D-Glu) i D-fruktoze (D-Fru), dva od četiriju karbonilnih spojeva koje ćete koristiti u pokusu.

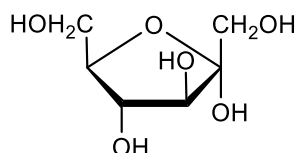


- 1.a)** Odredi apsolutne konfiguracije na svim kiralnim ugljikovim atomima molekule D-Glu.

- 1.b)** Imenuj D-Glu prema pravilima nomenklature IUPAC.

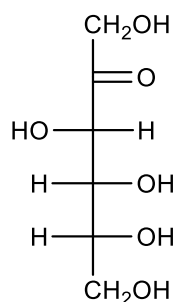
- 1.c)** Kojoj vrsti izomera pripadaju D-Glu i D-Fru?

- 1.d)** Prikazana je Haworthova projekcijska formula molekule D-Fru.



- i)** Na temelju Haworthova prikaza molekule D-Fru odredi najveći mogući broj stereoizomera.

- ii)** Na Fischerovoj projekcijskoj formuli molekule D-Fru zaokruži one funkcijske skupine čijom kemijskom reakcijom nastaje ciklički oblik molekule prikazan Haworthovom projekcijskom formulom.



ostv.	maks.
	5,5

OPIS POKUSA

U epruvetama s oznakama **A1-A4, B1-B4, C1-C4 i D1-D4** nalaze se vodene otopine glukoze, fruktoze, odabranoga aldehida i odabranoga ketona.

CILJ POKUSA: Nakon provedenoga pokusa, zabilježenih opažanja te na temelju dodatnih pitanja i zadataka otkriti u kojoj se od epruveta, **A, B, C** ili **D**, nalaze karbonilni spojevi korišteni u pokusu.

PRIBOR: stalak, 17 epruveta (epruvete s oznakama **A1-A4, B1-B4, C1-C4, D1-D4, L**), staklena čaša, 7 plastičnih bočica za dokapavanje, 1 plastična bočica, spatula

KEMIKA LIJE: razrijeđene otopine glukoze, fruktoze, odabranoga aldehida i odabranoga ketona, otopina naft-1-ola u etanolu, konc. sumporna kiselina, rezorcinol, konc. klorovodična kiselina, otopina Fehling I, otopina Fehling II, Lugolova otopina, natrijeva lužina

MJERE OPREZA: Tijekom pokusa potrebno je koristiti se zaštitnim naočalama i rukavicama.

NAPOMENA 1: U Tablicu 1. upiši oznaku + za one epruvete u kojima dolazi do vidljive promjene sadržaja (boja, taloženje), odnosno – za one u kojima nema promjene, kako je dodatno pojašnjeno u pojedinim koracima pokusa.

NAPOMENA 2: Prije 2. koraka pokusa zamoli profesora da donese vruću vodu.

Korak 1. U epruvete s oznakama **A1, B1, C1 i D1** dodaj 2 kapi otopine naft-1-ola u etanolu i protresi sadržaj epruveta. Zatim pažljivo u svaku epruvetu uz stijenku dodaj 20 kapi sumporne kiseline i bez miješanja sadržaja odloži epruvete u stalak. Pričekaj 3 – 4 minute, promotri sadržaj epruveta (ne protresati epruvete!) i upiši u Tablicu 1 oznaku + za one epruvete u kojima dolazi do promjene na dnu epruvete ili – za one epruvete u kojima promjena izostaje (napomena 1).

Korak 2. U epruvete s oznakama **A2, B2, C2 i D2** dodaj na vrh spatule rezorcinol te 5 kapi klorovodične kiseline. Protresi sadržaj epruveta, uroni ih u čašu s vrućom vodom i ostavi stajati 5 minuta. Promotri sadržaj epruveta i upiši u Tablicu 1 oznake + ili – prema napomeni 1. Vрати epruvete na stalak na mjesto na kojem su prethodno bile.

Korak 3.

3a) U bočicu s otopinom Fehling I prelij otopinu označenu kao Fehling II (ukupni sadržaj bočice). Začepi bočicu i lagano promiješaj sadržaj. Tako pripremljena otopina naziva se Fehlingov reagens i karakteristično je obojena. Upiši boju otopine u Tablicu 1.

3b) U svaku od epruveta s oznakama **A3, B3, C3 i D3** dodaj do oznake na epruveti (donja linija) pripremljeni Fehlingov reagens. Protresi sadržaj epruveta, uroni ih u čašu s vrućom vodom i ostavi stajati 5 minuta. Promotri sadržaj epruveta i upiši u Tablicu 1 oznaku + za one epruvete u kojima se izgubila karakteristična boja Fehlingova reagensa ili – za one epruvete u kojima se boja Fehlingovog reagensa zadržala (napomena 1). Vрати epruvete na stalak na mjesto na kojemu su prethodno bile.

Korak 4.

4a) U epruvetu s oznakom **L** u kojoj se nalazi Lugolova otopina dodaj 5 kapi natrijeve lužine. Protresi sadržaj epruvete, uroni je u čašu s vrućom vodom i ostavi stajati 5 minuta. Uoči promjenu boje Lugolove otopine i upiši boju otopine u Tablicu 1.

4b) U epruvete s oznakama **A4, B4, C4 i D4** dodaj Lugolovu otopinu do oznake na epruveti (donja linija) i lagano protresi sadržaj epruveta. Nakon toga u svaku epruvetu dodaj 5 kapi natrijeve lužine. Protresi sadržaj epruveta, uroni ih u čašu s vrućom vodom i ostavi stajati 5 minuta. Promotri sadržaj epruveta i upiši u Tablicu 1 oznaku + za one epruvete u kojima je promjena različita od promjene dobivene u epruveti s oznakom **L** nakon provedenog koraka 4a) ili – za one epruvete čiji je sadržaj jednako obojen kao sadržaj epruvete **L** nakon provedenog koraka 4a) (napomena 1). Vрати epruvete na stalak na mjesto na kojemu su prethodno bile.

Tablica 1.

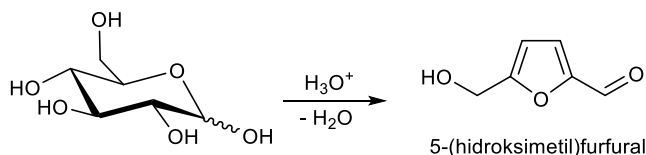
	A1-A4	B1-B4	C1-C4	D1-D4
Korak 1				
Korak 2				
Korak 3a)				
Korak 3b)				
Korak 4a)				
Korak 4b)				

ostv.	maks.
	5

2. U 1. koraku pokusa proveden je Molishev test koji služi za dokazivanje prisutnosti ugljikohidrata u uzorku.

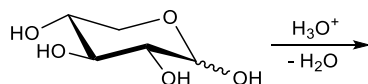
2.a) Opiši riječima promjenu (boja, talog) uočenu na dnu odgovarajuće epruvete / odgovarajućih epruveta nakon provedenoga 1. koraka pokusa.

2.b) U opisanoj reakciji dolazi do dehidratiranja D-Glu i D-Fru u kiselim uvjetima nakon čega produkt dehidratiranja reagira s naft-1-olom, pri čemu nastaje obojeni produkt. Dehidratiranje je shematski prikazano na primjeru molekule D-Glu.



Koliko se molekula vode izdvoji dehidratiranjem jedne molekule D-Glu?

2.c) Strukturnom formulom prikaži molekulu produkta koji bi nastao dehidratiranjem prikazanoga monosaharida D-ksiloze u kiselim uvjetima.



2.d) Pažljivim odabirom oksidansa i kontroliranjem reakcijskih uvjeta moguće je nastajanje različitih produkata oksidacije 5-(hidroksimetil)furfurala, čija je strukturna formula prikazana u zadatku **2.b)**. Strukturnim formulama prikaži molekule svih mogućih produkata oksidacije 5-(hidroksimetil)furfurala s istim brojem atoma ugljika kao i 5-(hidroksimetil)furfural.

ostv.	maks.
	4

3.

U 2. koraku provedena je reakcija po Selivanovu, koja služi za dokazivanje prisutnosti ketoza u uzorku.

3.a) Opiši riječima promjenu boje uočenu u odgovarajućoj epruveti / odgovarajućim epruvetama nakon provedenoga 2. koraka pokusa.

3.b) Prikaži Fischerovom projekcijskom formulom molekulu L-izomera ketoze korištene u pokusu.

ostv.	maks.
	1,5

4.

U 3. koraku proveden je Fehlingova reakcija koja služi za dokazivanje prisutnosti aldehida / reducirajućih šećera u uzorku.

4.a) Opiši riječima promjenu (boja, talog) uočenu na dnu odgovarajuće epruvete / odgovarajućih epruveta nakon provedenoga 3. koraka pokusa.

4.b) Fehlingova je reakcija oksidacijsko-redukcijska promjena. Napiši jednadžbe polureakcija oksidacije i redukcije te ukupnu jednadžbu reakcije koristeći se općenitim zapisom molekule aldehida, RCHO.

redukcija: _____

oksidacija: _____

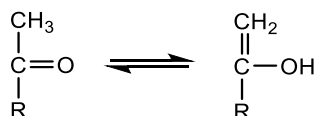
ukupna jednadžba: _____

4.c) Napiši sustavno ime spoja čijim je otapanjem u vodi dobivena otopina označena kao Fehling I, a od kojega potječe karakteristično obojenje otopine.

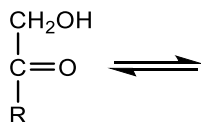
4.d) Otopina označena kao Fehling II sadržava kalijev natrijev L-(+)-tartarat, sol L-(+)-vinske kiseline (2,3-dihidroksibutanske dikiseline), otopljen u vodenoj otopini natrijeva hidroksida. Prikaži Fischerovim projekcijskom formulom molekulu L-(+)-vinske kiseline.

- 4.e)** Kalijev natrijev L-(+)-tartarat prisutan u otopini Fehling II sprječava neželjenu kemijsku reakciju koja bi nastala miješanjem otopina Fehling I i Fehling II bez dodatka navedene soli. Jednadžbom kemijske reakcije opiši promjenu koja bi se odvijala miješanjem navedenih otopina u odsutnosti kalijeva natrijeva L-(+)-tartarata. Navedi agregacijska stanja reaktanata i produkata.

- 4.f)** Pozitivnu reakciju s Fehlingovim reagensom mogu dati ne samo aldoze nego i ketoze koje se mogu izomerizirati u aldoze. Prvi korak pri izomerizaciji prikazan je na odabranome primjeru.



Prikaži strukturnom formulom oblik molekule fruktoze nastao u prvome koraku pri njezinoj izomerizaciji. (Fruktoza je prikazana u pojednostavnjenome zapisu.)



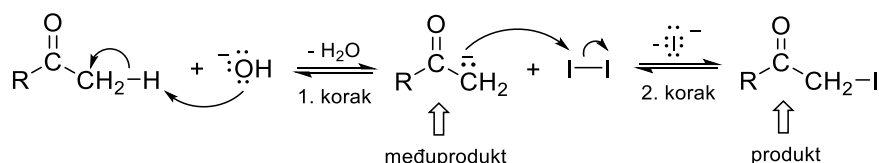
- 4.g)** U baznim uvjetima Fehlingove reakcije fruktoza je u ravnoteži s odgovarajućim aldozama koje daju pozitivan test s Fehlingovim reagensom. Navedi ime jedne od aldoza koristeći se nomenklaturom uobičajenom za monosaharide.

ostv.	maks.
	8

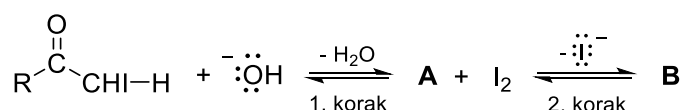
5. U 4. koraku provedena je haloformna reakcija koja služi za dokazivanje prisutnosti ketona kod kojih je na karbonilnu skupinu najmanje s jedne strane vezana metilna skupina (metil-keton) u uzorku.

5.a) Opiši riječima promjenu (boja, talog) uočenu u odgovarajućoj epruveti / odgovarajućim epruvetama nakon provedenoga 4. koraka pokusa.

5.b) Prikazana su dva koraka 1. stupnja haloformne reakcije na općenito zapisanome metil-ketonu u lužnatim uvjetima.



Prikaži strukturnim formulama međuprodukt **A** i produkt **B** koji nastaju u 2. stupnju haloformne reakcije u lužnatim uvjetima.

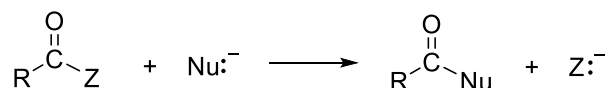


A =

B =

5.c) Prikaži strukturnom formulom molekulu organskoga produkta nakon 3. stupnja haloformne reakcije.

5.d) Posljednji 4. stupanj haloformne reakcije može se prikazati na sljedeći način, pri čemu Nu predstavlja nukleofil, vrstu bogatu elektronima, a Z izlaznu skupinu:



U ovoj reakciji nukleofil je OH^- , a jedan od organskih produkata jodoform (trijodmetan) nastao protoniranjem izlazne skupine. Prikaži klinastim prikazom strukturnu formulu molekule jodoforma (**I**) i općenitom formulom strukturu drugoga organskog produkta haloformne reakcije u lužnatim uvjetima (**II**).

I

II

ostv.	maks.
	6

- 6.** Na temelju rezultata provedenih pokusa i odgovora na postavljena pitanja upiši pored oznaka **A, B, C i D** imena odgovarajućih kemijskih vrsta korištenih u ovome pokusu: glukoza, fruktoza, aldehid i metil-keon.

A: _____

B: _____

C: _____

D: _____

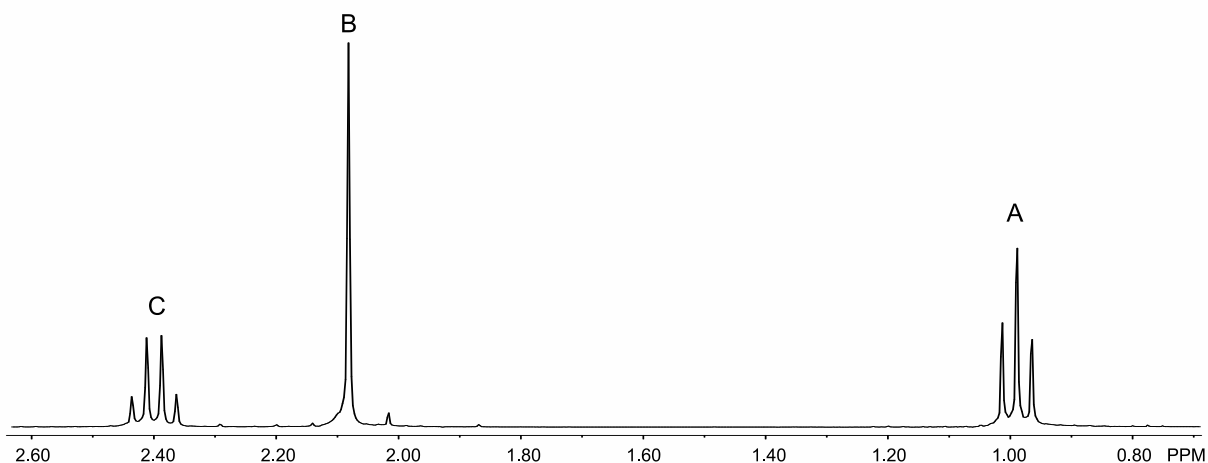
ostv.	maks.
	2

- 7.** Za rješavanje struktura molekula metil-keona i aldehida poslužit će nam spektroskopija nuklearne magnetske rezonancije (NMR), točnije protonska NMR spektroskopija (^1H NMR) koja nam daje podatke o vodikovim atomima (protonima) u nekoj organskoj molekuli. Organski je uzorak tijekom snimanja izložen djelovanju radiovalnoga zračenja i magnetskoga polja. Nakon snimanja dobivamo spektre u kojima se pojavljuju signali koji se, između ostaloga, razlikuju svojim položajem u spektru (nalaze se na različitim kemijskim pomacima koji se navode kao δ -vrijednosti). Signali na višim δ -vrijednostima u ^1H NMR spektru odgovaraju tzv. „otkrivenim” vodikovim atomima, a efekt otkrivanja, koji opada s udaljenošću, izazivaju elektronegativni atomi ili skupine, višestruke veze i sl. u susjedstvu promatranih vodikovih atoma (Tablica 2a). Signali vodikovih atoma mogu biti jednostavni, nazivamo ih singletima (s), no signali vodikovih atoma na susjednim atomima, uobičajno ugljikovim, međusobno se cijepaju u složenije signale, kako je prikazano u Tablici 2b). Kažemo da se razlikuju prema multipletnosti.

Tablica 2. a) Približne vrijednosti kemijskih pomaka (δ) odabranih atoma vodika i b) multipletnost signala

<p>a)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \\ -\text{C}-\text{CH}_3 \\ \end{array}$ <p>0,9</p> </div> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$ <p>2,1</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> $\text{Br}-\text{CH}_3$ <p>2,7</p> </div> <div style="text-align: center;"> $-\text{O}-\text{CH}_3$ <p>3,3</p> </div> </div>	<p>b)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \\ -\text{C}-\text{CH} \\ \end{array}$ <p>singlet</p> </div> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH} \\ \end{array}$ <p>triplet</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH} \\ \end{array}$ <p>dublet</p> </div> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH} \\ \\ \text{H} \end{array}$ <p>kvartet</p> </div> </div>
---	--

Promotri protonski NMR (^1H NMR) spektar metil-keona i odgovori na pitanja.



- 7.a)** Koliko vrsta vodikovih atoma sadržava molekula metil-keona?

Državno natjecanje iz kemije u šk. god. 2023./2024.

Pokus za 4. razred srednje škole

Zaporka: _____

7.b) Za svaki od signala iz ^1H NMR spektra upiši njegovu multipletnost.

A: _____

B: _____

C: _____

7.c) Upiši slovo koje odgovara signalu metilne skupine metil-ketona.

7.d) Signal **A** odgovara trima ekvivalentnim vodikovim atomima (protonima) vezanima za isti atom ugljika. Na temelju multipletnosti toga signala navedi broj vodikovih atoma na susjednome atomu ugljika.

7.e) Signal vodikovih atoma označen slovom **C** na većem je kemijskom pomaku (veća δ -vrijednost), tj. otkriveniji od signala vodikovih atoma označenih slovom **A**. Kratko obrazloži razliku u kemijskom pomaku navedenih dviju vrsta vodikovih atoma.

7.f) Na temelju analize ^1H NMR spektra metil-ketona i molekulske formule metil-ketona $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ prikaži njegovu strukturnu formulu.

ostv. maks.

5**8.** Aldehid korišten u pokusu konstitucijski je izomer metil-ketona. U njegovom ^1H NMR spektru pojavljuju se tri signala. Navedeni su kemijski pomaci (δ -vrijednosti) i multipletnost pojedinih signala te broj atoma vodika kojima pojedini signal odgovara. Spektar je snimljen na instrumentu niže rezolucije pri kojoj nije vidljivo cijepanje s vodikovim atomom aldehidne (formilne) skupine, CHO. δ -vrijednosti: 1,06 (d, 6H)

2,39 (septet, 1H)

9,57 (s, 1H).

8.a) Po uzoru na podatak naveden za aldehidnu (formilnu) skupinu, pored ostala dva podatka iz ^1H NMR spektra navedi dijelove strukture molekule aldehida.

1,06 (d, 6H) _____

2,39 (septet, 1H) _____

9,57 (s, 1H) CHO**8.b)** Prikaži strukturnu formulu molekule aldehida korištenoga u pokusu.

ostv. maks.

3

Ukupno bodova na stranici 8:

ostv. maks.

7,5

Državno natjecanje iz kemije u šk. god. 2023./2024.

Pokus za 4. razred srednje škole

Zaporka: _____

1. stranica

+

2. stranica

+

3. stranica

+

4. stranica

+

5. stranica

+

6. stranica

+

7. stranica

+

8. stranica

=

Ukupni bodovi

<input type="text"/>	40
----------------------	-----------