

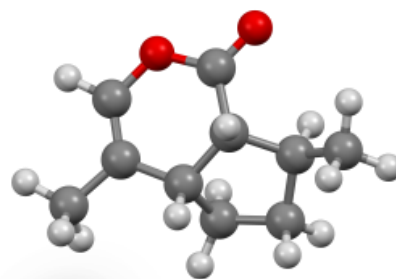
# Једанаеста Српска хемијска олимпијада



**NIS**

GAZPROM NEFT

*Quantum mechanics  
has explained all of chemistry  
and most of physics.*



P.A.M. Dirac

$$i\hbar \frac{d}{dt} |\Psi\rangle = \hat{H} |\Psi\rangle$$

Београд, 29–31. мај 2026.

# Физичке константе

Авогадрова константа,  $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Болцманова константа,  $k_B = 1,3807 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$

Универзална гасна константа,  $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

Фарадејева константа,  $F = 96500 \text{ C mol}^{-1}$

Брзина светлости,  $c = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Планкова константа,  $h = 6,6261 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

Маса електрона,  $m_e = 9,10938215 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

Наелектрисање електрона,  $1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Нормални услови: притисак,  $P = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ , температура,  $T = 273,15 \text{ K}$

Стандардни услови: притисак,  $P = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ , температура,  $T = 298,15 \text{ K}$

Атмосферски притисак,  $P_{\text{atm}} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ Torr}$

Нула Целзијусове скале,  $273,15 \text{ K}$

Интегрални облик кинетичке једначине за реакције првог реда:

$$\ln \frac{[A]}{[A]_0} = -kt$$

$[A]$  – концентрација реактанта А после времена  $t$ ,

$[A]_0$  – почетна концентрација реактанта А,

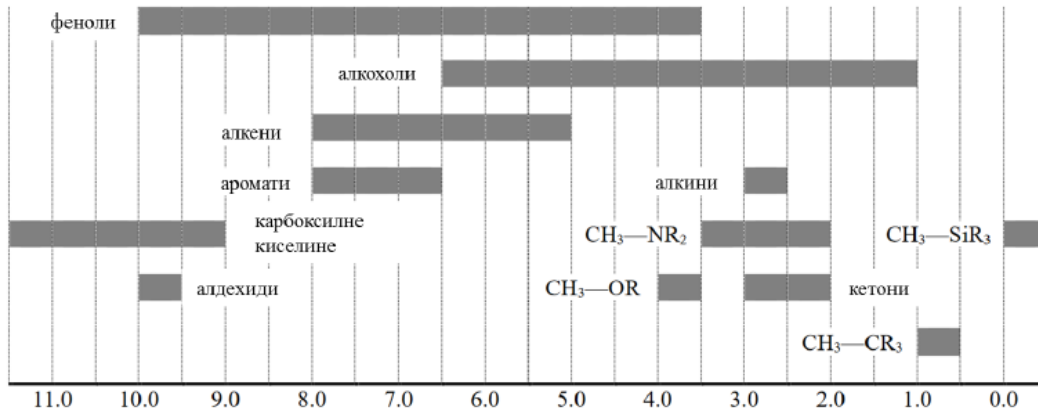
$k$  – константа брзине реакције.

Промена ентропије:  $\Delta S = \frac{q_{\text{rev}}}{T}$ , где је  $q_{\text{rev}}$  топлота реверзибилног процеса.

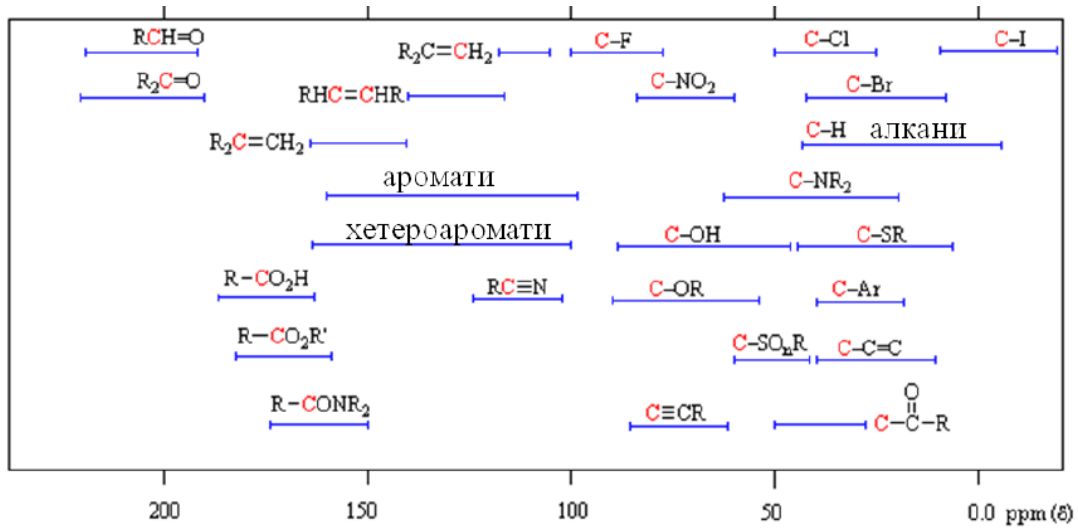
Аренијусова једначина:  $k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$

Клаузијус-Клапејронова једначина:  $\frac{\Delta p}{\Delta T} = \frac{\Delta H}{T \Delta V}$

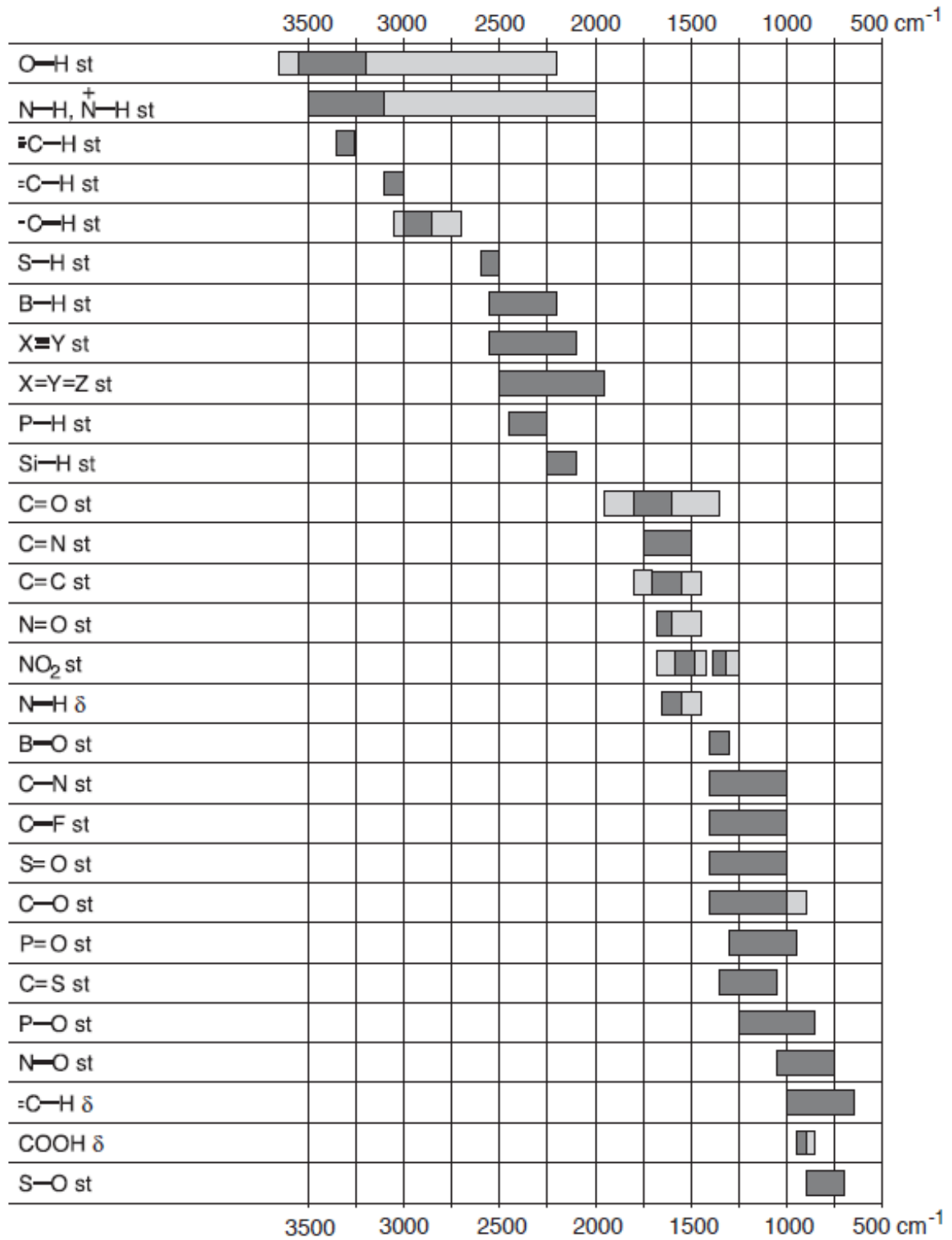
Типични опсези хемијских померања протона у  $^1\text{H}$  NMR спектрима

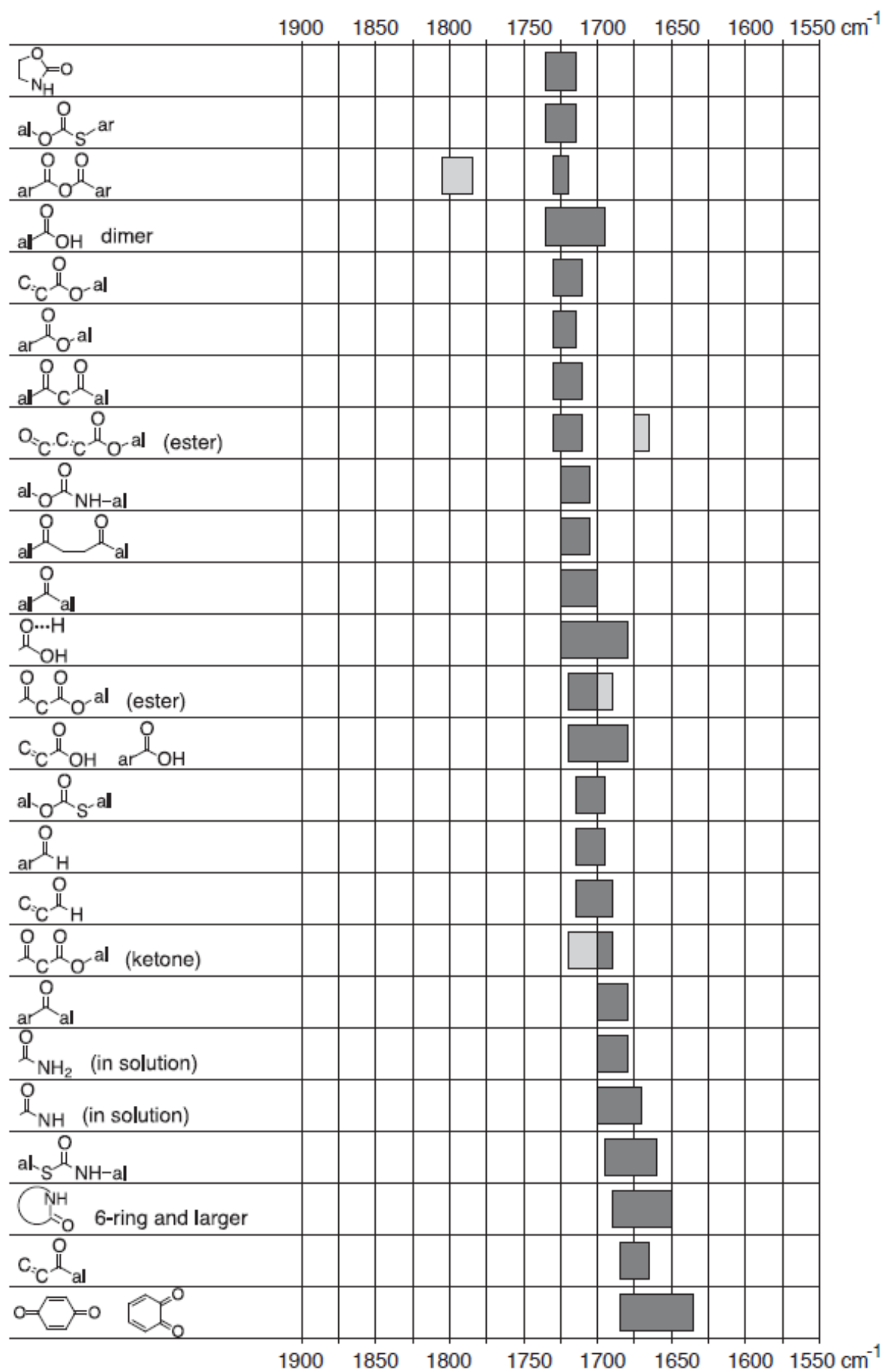


Типични опсези хемијских померања угљеникових језгара у  $^{13}\text{C}$  NMR спектрима



Типични опсеги ИЦ апсорпционих фреквенција





1	18																2	
1	1,00794 <b>H</b> 0,28															4,00260 <b>He</b> 1,40		
2	3 6,941 <b>Li</b>	4 9,01218 <b>Be</b>											5 10,811 <b>B</b> 0,89	6 12,011 <b>C</b> 0,77	7 14,0067 <b>N</b> 0,70	8 15,9994 <b>O</b> 0,66	9 18,9984 <b>F</b> 0,64	10 20,1797 <b>Ne</b> 1,50
3	11 22,9898 <b>Na</b>	12 24,3050 <b>Mg</b>											13 26,9815 <b>Al</b>	14 28,0855 <b>Si</b> 1,17	15 30,9738 <b>P</b> 1,10	16 32,066 <b>S</b> 1,04	17 35,4527 <b>Cl</b> 0,99	18 39,948 <b>Ar</b> 1,80
4	19 39,0983 <b>K</b>	20 40,078 <b>Ca</b>	21 44,9559 <b>Sc</b>	22 47,867 <b>Ti</b> 1,46	23 50,9415 <b>V</b> 1,33	24 51,9961 <b>Cr</b> 1,25	25 54,9381 <b>Mn</b> 1,37	26 55,845 <b>Fe</b> 1,24	27 58,9332 <b>Co</b> 1,25	28 58,6934 <b>Ni</b> 1,24	29 63,546 <b>Cu</b> 1,28	30 65,39 <b>Zn</b> 1,33	31 69,723 <b>Ga</b> 1,35	32 72,61 <b>Ge</b> 1,22	33 74,9216 <b>As</b> 1,20	34 78,96 <b>Se</b> 1,18	35 79,904 <b>Br</b> 1,14	36 83,80 <b>Kr</b> 1,90
5	37 85,4678 <b>Rb</b>	38 87,62 <b>Sr</b>	39 88,9059 <b>Y</b>	40 91,224 <b>Zr</b> 1,60	41 92,9064 <b>Nb</b> 1,43	42 95,94 <b>Mo</b> 1,37	43 (97,905) <b>Tc</b> 1,36	44 101,07 <b>Ru</b> 1,34	45 102,906 <b>Rh</b> 1,34	46 106,42 <b>Pd</b> 1,37	47 107,868 <b>Ag</b> 1,44	48 112,41 <b>Cd</b> 1,49	49 114,818 <b>In</b> 1,67	50 118,710 <b>Sn</b> 1,40	51 121,760 <b>Sb</b> 1,45	52 127,60 <b>Te</b> 1,37	53 126,904 <b>I</b> 1,33	54 131,29 <b>Xe</b> 2,10
6	55 132,905 <b>Cs</b>	56 137,327 <b>Ba</b>	57-71 <b>La-Lu</b>	72 178,49 <b>Hf</b> 1,59	73 180,948 <b>Ta</b> 1,43	74 183,84 <b>W</b> 1,37	75 186,207 <b>Re</b> 1,37	76 190,23 <b>Os</b> 1,35	77 192,217 <b>Ir</b> 1,36	78 195,08 <b>Pt</b> 1,38	79 196,967 <b>Au</b> 1,44	80 200,59 <b>Hg</b> 1,50	81 204,383 <b>Tl</b> 1,70	82 207,2 <b>Pb</b> 1,76	83 208,980 <b>Bi</b> 1,55	84 (208,98) <b>Po</b> 1,67	85 (209,99) <b>At</b>	86 (222,02) <b>Rn</b> 2,20
7	87 (223,02) <b>Fr</b>	88 (226,03) <b>Ra</b> 2,25	89-103 <b>Ac-Lr</b>	104 (261,11) <b>Rf</b>	105 (262,11) <b>Db</b>	106 (263,12) <b>Sg</b>	107 (262,12) <b>Bh</b>	108 (265) <b>Hs</b>	109 (266) <b>Mt</b>	110 (271) <b>Ds</b>	111 (272) <b>Rg</b>	112 (285) <b>Cn</b>	113 (284) <b>Nh</b>	114 (289) <b>Fl</b>	115 (288) <b>Mc</b>	116 (292) <b>Lv</b>	117 (294) <b>Ts</b>	118 (294) <b>Og</b>

Атомски број →

1 1,00794 <b>H</b> 0,28
----------------------------------

← Атомска маса  
← Символ елемента  
← Ковалентни полупречник, Å

57 138,906 <b>La</b> 1,87	58 140,115 <b>Ce</b> 1,83	59 140,908 <b>Pr</b> 1,82	60 144,24 <b>Nd</b> 1,81	61 (144,91) <b>Pm</b> 1,83	62 150,36 <b>Sm</b> 1,80	63 151,965 <b>Eu</b> 2,04	64 157,25 <b>Gd</b> 1,79	65 158,925 <b>Tb</b> 1,76	66 162,50 <b>Dy</b> 1,75	67 164,930 <b>Ho</b> 1,74	68 167,26 <b>Er</b> 1,73	69 168,934 <b>Tm</b> 1,72	70 173,04 <b>Yb</b> 1,94	71 174,04 <b>Lu</b> 1,72
89 (227,03) <b>Ac</b> 1,88	90 232,038 <b>Th</b> 1,80	91 231,036 <b>Pa</b> 1,56	92 238,029 <b>U</b> 1,38	93 (237,05) <b>Np</b> 1,55	94 (244,06) <b>Pu</b> 1,59	95 (243,06) <b>Am</b> 1,73	96 (247,07) <b>Cm</b> 1,74	97 (247,07) <b>Bk</b> 1,72	98 (251,08) <b>Cf</b> 1,99	99 (252,08) <b>Es</b> 2,03	100 (257,10) <b>Fm</b>	101 (258,10) <b>Md</b>	102 (259,1) <b>No</b>	103 (260,1) <b>Lr</b>

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	7,5 %
12	10	8	14	9	5	5	10	6	4	18	16	117

### Задатак 1

#### Varietas delectat (разноликост весели)

Када би се Универзум покоравао само законима класичне физике, атоми не би требало да постоје. Не само што би Кулонова сила својим привланим дејством довела до „пропадања“ електрона у атомско језгро, већ би и (скоро) сва језгра била нестабилна због електростатичких интеракција одбијања између протона. Језгра, међутим, нису (увек) нестабилна зато што јака нуклеарна сила држи нуклеоне на окупу. Дефект масе је мера енергије интеракција између нуклеона и представља разлику масе појединачних протона и неутрона који чине неко језгро и самог тог језгра:

$$\Delta m = m(\text{протони}) + m(\text{неутрони}) - m(\text{језгро})$$

Разлика у масама је са енергијом повезана чувеном Ајнштајновом једнакошћу,  $E = \Delta mc^2$ .

- Унифицирана атомска јединица масе је егзактно једнака дванаестини масе угљениковог изотопа  $^{12}\text{C}$  и одговара јој вредност  $u = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ . Израчунајте дефект масе у једном молу атома овог угљениковог изотопа и изразите га као умножак  $n$  енталпије сагоревања једног килограма графита. Моларна енталпија сагоревања графита је  $393,5 \text{ kJ/mol}$ , а можете користити следеће вредности маса неутрона и протона:  $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ,  $m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .

$n = \underline{\hspace{2cm}}$

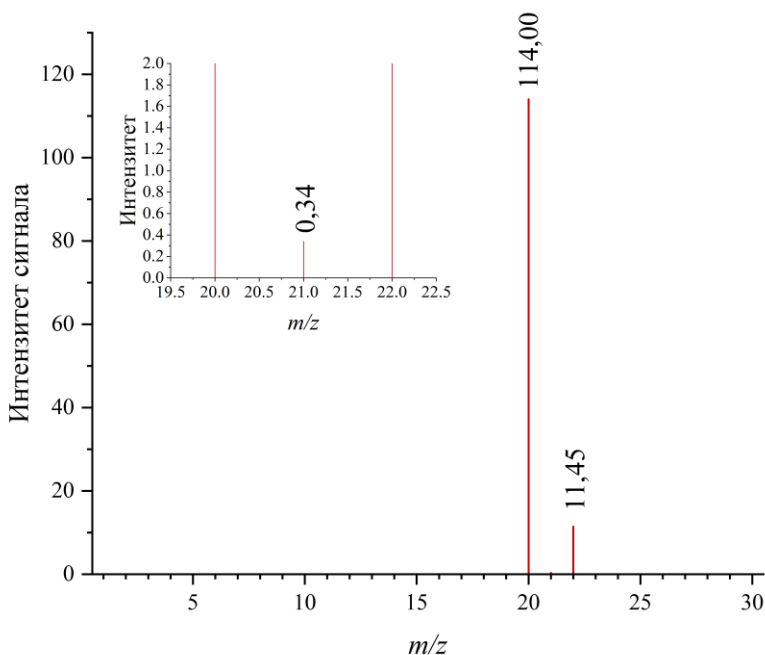
Укупна енергија везивања расте са повећањем броја нуклеона, тако да не може да се користи за поређење стабилности различитих језгара – због тога је уведена енергија везивања по нуклеону.

- Упоредите стабилност језгара три стабилна изотопа кисеоника који су присутни у природи. Масе језгара  $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$  и  $^{18}\text{O}$  су, редом,  $15,9949 \text{ u}$ ,  $16,9991 \text{ u}$  и  $17,9992 \text{ u}$ .

Иако се енергија везивања по нуклеону често може довести у везу са заступљеношћу различитих изотопа у природи, треба бити пажљив при извођењу закључака јер на заступљеност неког нуклида (атома са одређеним саставом једра) утиче и вероватноћа да дође до његовог настанка у процесима нуклеосинтезе елемената. Тако, на пример  $^{62}\text{Ni}$ , нуклид са највећом вредношћу енергије везивања, чини само око 3,6% атома никла на Земљи.

Удели стабилних елемената у узорцима се најчешће одређују масеном спектрометријом (MS). Ову методу је развио Џ. Џ. Томсон 1906. године за потребе истраживања у области електричних пражњења и (суб)атомских наелектрисаних честица, а тек њеним увођењем је постало јасно да су узорци хемијски чистих елемената заправо сачињени од већег броја атома који се разликују по маси, тако да су на овај начин откривени прво изотопи неона, а касније и других елемената. MS раздваја наелектрисане честице према њиховом специфичном наелектрису,  $m/z$ , и као резултат даје масени спектар – приказ интензитета сигнала у зависности од  $m/z$ , при чему је интензитет директно пропорционалан броју јона датог специфичног наелектрису који су стигли до детектора.

3. На основу масеног спектра узорка неона процените средњу атомску релативну масу неона. Јединица масе у којој су изражене вредности на x-оси је унифицирана



атомска јединица масе, а наелектрисање је изражено као умножак елементарног наелектрисања,  $e$ . Тачни интензитети сваког пика су назначени на спектру. Занемарите дефект масе.

$A_r(\text{Ne}) = \underline{\hspace{2cm}}$

Иако би се могло помислити да је природни изотопски састав неког елемента исти у свим узорцима, то није случај јер разлике у масама различитих изотополога (молекула који имају исте структурне формуле, али садрже различите изотопе једног или више елемената) доводе до малих разлика у реактивности и испарљивости, што за последицу има обогаћивање узорака неким изотопима. Овај ефекат је изражен и у живим организмима код којих долази до преференцијалног нагомилавања одређених изотопа – идентитет изотопа зависи од физичкохемијских својстава елемента, његове метаболичке улоге, али и од спољашњих фактора попут климе и састава земљишта. Често је могуће и из односа изотопа присутних у биолошком узорку закључити где је јединка живела. Обогаћење (или осиромашење) узорка неким изотопом се назива изотопским потписом, изражава се у промилима и дефинише се релативно, у односу на изотопски састав неког стандарда:

$$\delta^{AX} = \left( \frac{\left( \frac{A_X}{B_X} \right)_{\text{узорак}}}{\left( \frac{A_X}{B_X} \right)_{\text{стандард}}} - 1 \right) \cdot 10^3 [\text{‰}],$$

где  $A_X$  и  $B_X$  означавају бројеве изотопа елемента X са масеним бројевима A и B.

Тако је, на пример, утврђено да је однос броја изотопа сумпора  $^{34}\text{S}$  и  $^{32}\text{S}$  у вуни оваца из Ирске у доброј корелацији са тиме колико далеко од атлантске обале Ирске се налазе фарме на којима су овце узгајане. На атлантској обали типичан изотопски потпис  $\delta^{34}\text{S}$  има вредности око 16 ‰, док вуна са источне обале има значајно мање овог изотопа, па је  $\delta^{34}\text{S} \approx 5 \text{ ‰}$ .

4. Узорак вуне узет на непознатој локацији подвргнут је уклањању липида помоћу серије органских растварача у ултразвучном купатилу, а након тога је вуна спрашена, помешана са изотопски чистим  $\text{V}_2^{16}\text{O}_5$  и загревана у пећи на 1000 °C. Гас из пећи је увођен у масени спектрометар, и вредности интензитета неколико пикова су представљене у табели ниже. Израчунајте изотопски потпис овог узорка вуне,

уколико се као стандард користи минерал троилит (FeS) из метеорита *Кањон Дијабло*, у коме је однос  $^{34}\text{S}/^{32}\text{S} = 0,0450$ .

<i>m/z</i>	44	46	48	50	64	66
интензитет	1124,80	579,12	1,54	0,07	40,49	1,84

$\delta^{34}\text{S} = \underline{\hspace{2cm}}$  ‰

Изотополози воде су од велике важности, како у индустрији, тако и у истраживачкој пракси, а њихове примене су разнолике, од идентификације протона везаних за хетероатоме у  $^1\text{H-NMR}$  спектроскопији, па до модератора неутрона у нуклеарним реакторима.

5. Наведите све изотопологе воде који се могу наћи у природи. Од изотопа водоника узмите у разматрање само стабилне - прототијум и деутеријум.

6. Масена спектрометрија ниске резолуције (LR-MS) може да раздвоји само сигнале који потичу од јона чија се специфична наелектрисања разликују, на пример, за више од  $\Delta m/z = \pm 1$  (то значи да се сви фрагменти за чије  $m/z$  важи да је  $55,5 < m/z < 56,5$  бележе као један сигнал на  $m/z = 56$ ). Колико сигнала се највише може забележити у LR-MS спектру ултрачисте воде која не садржи трицијум?

Максимални број пикова је \_\_\_\_\_.

7. Колики број пикова би био присутан у спектру уколико бисмо снимили масени спектар високе резолуције, тако да је могуће раздвојити пикове чији се  $m/z$  разликују за само 0,0005?

Максимални број пикова је \_\_\_\_\_.

8. Процените колико молекула изотополога воде највеће могуће масе се налази у једном милилитру воде на 25 °C ? Природна заступљеност протијума је 99,9885%, а  $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$  и  $^{18}\text{O}$  редом 99,757%, 0,038% и 0,205%. Густина воде на овој температури је 0,997 g/cm<sup>3</sup>.

$N =$  \_\_\_\_\_

Све до сада, овај задатак је био посвећен искључиво стабилним изотопима – онима који не подлежу радиоактивном распаду. Број радиоактивних изотопа (радиоизотопа) далеко

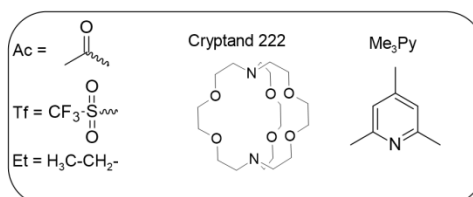
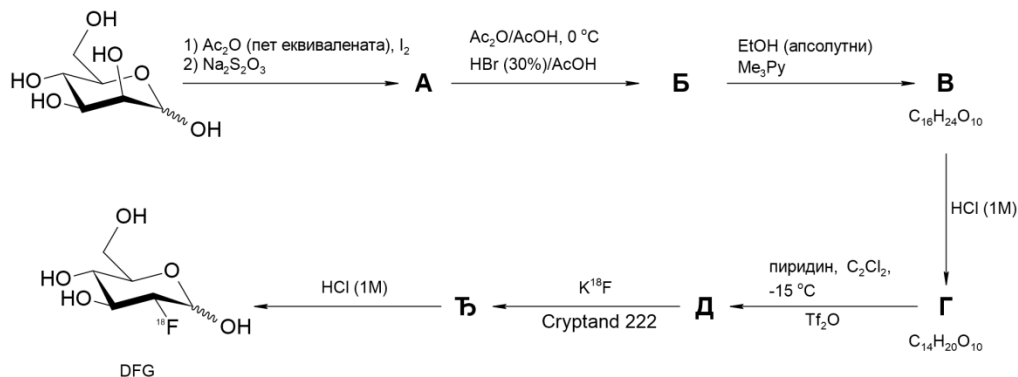
надмашује број стабилних, а многи радиоизотопи су нашли велику примену у медицинским истраживањима и дијагностици зато што су им хемијска својства (скоро) идентична својствима стабилних изотопа, па се промишљеном синтезом могу уградити у низ молекула чија се метаболичка судбина онда може пратити релативно једноставно. На пример, језгра која подлежу  $\beta^+$ -распаду емитују позитрон (античестицу електрона), који онда интерагује са електронима из околине, при чему долази до анихилације електрона и позитрона и до емисије  $\gamma$ -фотона на основу чије детекције је могуће закључити где се у организму налази позитронски емитер. Како би атом настао на овај начин био електронеутралан, долази и до емисије једног електрона. У нуклеарним реакцијама укупан број нуклеона увек остаје очуван. Изотоп флуора  $^{18}\text{F}$  је најчешће коришћен позитронски емитер у позитронској емисионој томографији, а у организам се уноси интравенозно, у облику 2-деокси-2-флуор-D-глукозе (DFG). Овај изотоп флуора се најчешће синтетише у синхротронским постројењима (убрзивачима честица), бомбардовањем узорка течности **X** протонима.

9. Одредите идентитет једињења **X** уколико знате да се у његовом масеном спектру најинтензивнији сигнал јавља при  $m/z = 20$ . Обавезно експлицитно назначите који изотопи улазе у састав **X**.

10. Напишите нуклеарну реакцију  $\beta^+$ -распада флуора-18. Због закона о одржању угаоног момента, један од производа овог процеса је и неутрино,  $\nu$ , ненаелектрисана честица веома мале масе.

Како би се анјон  $^{18}\text{F}^-$  изоловао из смеше која заостаје након бомбардовања протонима, раствор је прошущтан кроз катјонску јоноизмењивачку смолу која задржава анјоне, а из ње је испиран раствором калијум-карбоната. Коначно, упаравањем се добија чврсти  $\text{K}^{18}\text{F}$ .

2-деокси-2-флуор-D-глукоза се може синтетисати почевши од D-манозе на начин који је



приказан на шеми ниже. Вишак анхидрида сирћетне киселине је у сваком кораку након кога је то било неопходно неутрализован воденим раствором  $\text{NaHCO}_3$  и између свака два корака су вршене екстракција производа и његово пречишћавање. У првом кораку је водени раствор натријум-тиосулфата искоришћен за редукцију неизреаговалог јода. Масени удео брома у молекулу **Б** је 19,5 %. Молекул **В** је бицикличан. Стереохемија другог угљениковог атома остаје очувана у свим корацима осим једног.

11. Идентификујте молекуле **А–Ђ** и напишите њихове структурне формуле.

<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>
<b>Г</b>	<b>Д</b>	<b>Ђ</b>

Активност неког узорка,  $A$ , се дефинише као производ броја присутних радионуклида,  $N$ , и његове константе радиоактивног распада,  $\lambda$ , дакле  $A(t) = \lambda N(t)$ , а изражава се у бекерелима ( $1 \text{ Bq} = 1$  распад у секунди). Управо је активност величина која се мери инструментима попут Гајгер-Милеровог бројача који детектују број  $\alpha$  или  $\beta$  честица које доспеју до детектора у неком временском интервалу. Како је активност директно пропорционална броју радионуклида, њена временска зависност је такође описана кинетиком првог реда.

Узорак изотопски обележеног калијум-флуорида непосредно пре додавања у раствор једињења **Д** је имао активност од  $1,408 \cdot 10^{18} \text{ Bq}$ , а чист DFG добијен у овој синтези  $9,654 \cdot 10^{15} \text{ Bq}$ . Мерење активности DFG је изведено тачно дванаест сати након мерења активности калијум-флуорида.

12. Израчунајте принос конверзије  $D \rightarrow DFG$ . Време полураспада изотопа  $^{18}F$  је 1,829 h. Време полураспада је једнако временском интервалу у коме се распадне половина радионуклида (одређене врсте) присутна у систему.

Принос = \_\_\_\_\_ %

## Задатак 2

<b>1.</b>	<b>2.</b>	<b>3.</b>	<b>4.</b>	<b>5.</b>	<b>6.</b>	<b>7,5%</b>
4	2	2	5	2	2	17

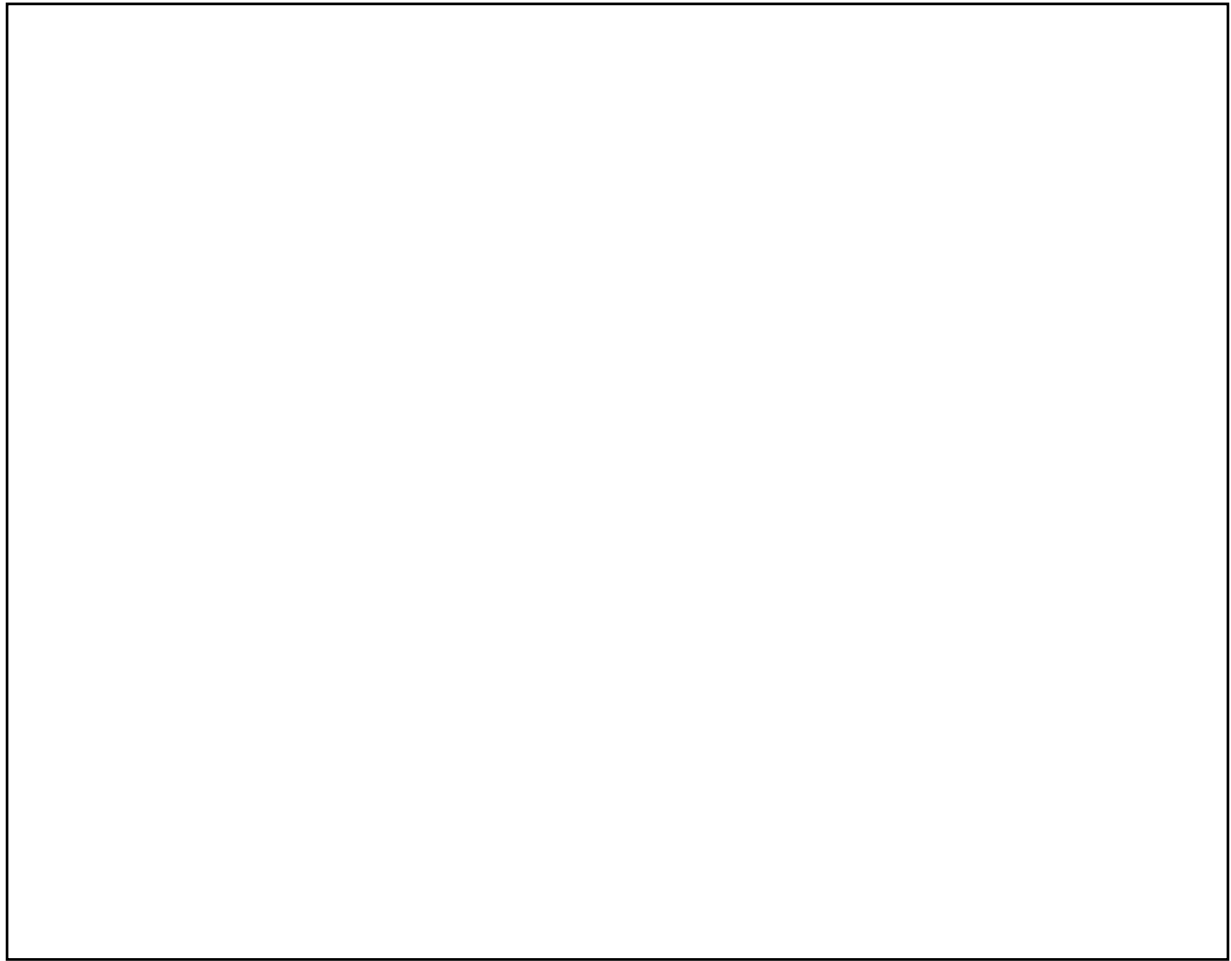
### Анализа воде

Анализом подземне воде на југу Малезије добијени су следећи подаци:

Јон	Концентрација [mg/L]
Ca <sup>2+</sup>	
Mg <sup>2+</sup>	1,6
Na <sup>+</sup>	12,8
K <sup>+</sup>	1,1
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,8
Cl <sup>-</sup>	
F <sup>-</sup>	0,5
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	83,0
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,32

Тврдоћа воде представља укупну концентрацију металних јона који су наелектрисани 2+ или више. Један од начина изражавања тврдоће воде је помоћу немачких степена тврдоће (°dh). Код овог начина, количинска концентрација свих металних јона који су наелектрисани 2+ или више посматра се као количинска концентрација калцијум-оксида, при чему је 10 mg CaO/L један немачки степен тврдоће.

1. Уколико је познато да тврдоћа подземне воде чији су подаци наведени у табели изражена у немачким степенима износи 2,46 °dh, попунити табелу.



Тврдоћа воде (или „укупна тврдоћа воде“) представља заправо збир пролазне и трајне тврдоће воде. Пролазна тврдоћа воде потиче од бикарбонатних соли металних јона који су наелектрисани  $2+$  или више, а трајна тврдоћа потиче од осталих соли ових металних јона. Назив потиче од тога што се пролазна тврдоћа може уклонити загревањем (при чему се растворни бикарбонати трансформишу у нерастворне карбонате), а трајна не може.

2. Одредити немачке степене пролазне и трајне тврдоће воде за узорак подземне воде из Малезије.

пролазна тврдоћа = \_\_\_\_\_ °dh

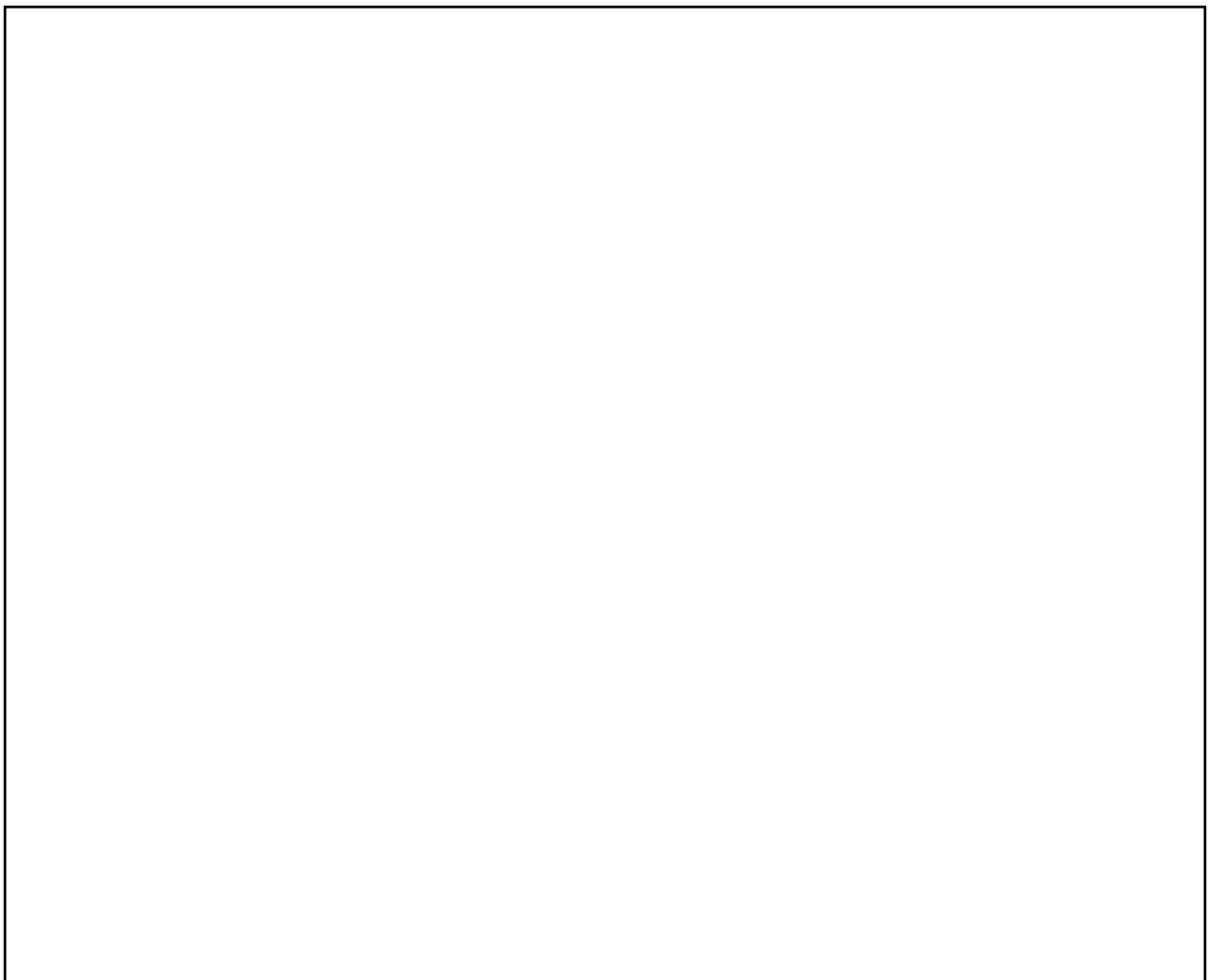
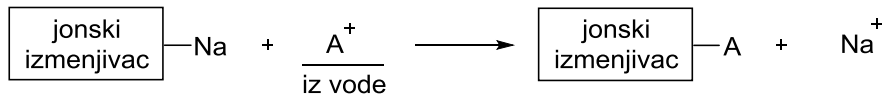
трајна тврдоћа = \_\_\_\_\_ °dh

3. Одредити количинску концентрацију свих јона у раствору који се добија када се малезијска вода загреје до кључања па затим охлади. Занемарити испаравање и настајање воде током процеса омекшавања. Уколико нисте решили 1. задатак, искористите вредности  $[\text{Ca}^{2+}] = 20 \text{ mg/L}$ ,  $[\text{Cl}^-] = 10,95 \text{ mg/L}$ .

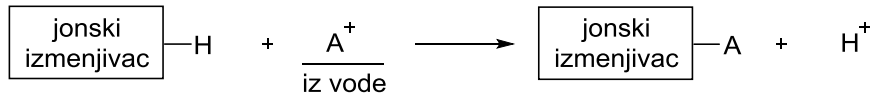
Један од начина пречишћавања воде је уз помоћ јонских измењивача. То су чврсте супстанце, нерастворне у води, које измењују анјоне (анјонски измењивачи) или катјоне (катјонски измењивачи) са водом са којом дођу у контакт. Приликом измене јона, укупно наелектрисање воде и измењивача мора остати нула.

4. Одредити количинске концентрације свих јона који би се налазили у раствору уколико бисмо узорак подземне воде из Малезије пропустили кроз:

а) натријумов катјонски измењивач, који везује позитивне јоне ( $A^+$ ) из воде и отпушта натријумове јоне. Уколико нисте решили 1. задатак, искористите вредности  $[Ca^{2+}] = 20 \text{ mg/L}$ ,  $[Cl^-] = 10,95 \text{ mg/L}$ .

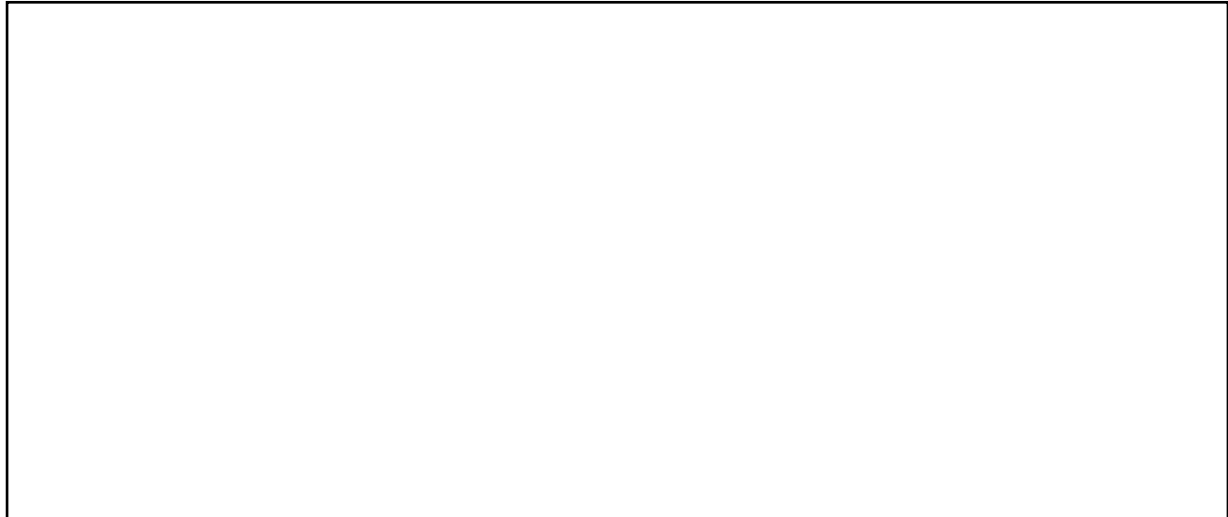


б) водонични катјонски измењивач, који везује позитивне јоне из воде ( $A^+$ ) и отпушта хидронијум јоне. Уколико нисте решили 1. задатак, искористите вредности  $[Ca^{2+}] = 20 \text{ mg/L}$ ,  $[Cl^-] = 10,95 \text{ mg/L}$ .



Иако су примарни „носиоци“ тврдоће воде калцијумови и магнезијумови јони, могу се понекад у значајнијој количини јавити и јони гвожђа и мангана. Метода за уклањање пролазне тврдоће воде која потиче од гвожђе(II)-хидрогенкарбоната и манган(II)-хидрогенкарбоната се заснива на продувавању ваздуха кроз воду.

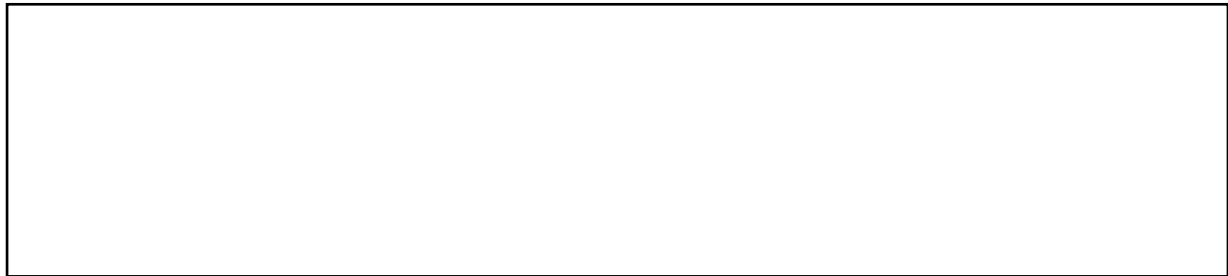
5. Написати хемијске реакције које се током овог процеса одвијају, ако је познато да се у оба случаја ослобађа иста гасовита супстанца као један од производа.



Суспендоване примесе се приликом пречишћавања воде одвајају цеђењем. У једном од поступака за цеђење се најпре додају хемијски агенси, који формирају талог у води, који адсорбује и оклудује примесе и на тај начин убрзава њихово таложење.

6. Један од оваквих хемијских агенаса је алуминијум-сулфат.

а) Написати хемијску реакцију којом дејствује овај агенс, ако је познато да се у овом процесу ослобађа исти гас као у задатку 5.



б) Заокружити тако да се добије тачна тврдња:

Након додатка алуминијум-сулфата,

пролазна тврдоћа се повећава / смањује / не мења се,

а трајна тврдоћа се повећава / смањује / не мења се.

### Задатак 3

1	2	3	4	5	6	7	8	7,5%
3	6	12	3	3	3	6	8	44

#### Хантавирус и заштита од њега

Недавно је пажњу јавности изазвало избијање епидемије хантавирусног пулмонарног синдрома на холандском крузеру „Хондијус“. Ову тешку болест је изазвао хантавирус андес. Хантавирусне инфекције су зоонозе, тј. преносе се са животиња, у овом случају глодара, на човека. Међутим, вирус андес је преносив и са човека на човека. Срећом за то је потребан врло близак контакт.

При праћењу вирусних инфекција врло је битна дијагностика. Један од метода за рану детекцију вируса заснива се на коришћењу наночестица злата. Површина честице се модификује фрагментима једноланчане рибонуклеинске киселине комплементарним различитим деловима секвенције вирусне РНК. Због тога, у присуству вирусне РНК долази до агрегирања наночестица злата. Док су дисперговане честице злата црвенкасте боје, агрегати су плаве боје. Према томе, мерењем апсорбанције у наранцастој области (600 nm), може се одредити количина вирусне РНК у узорку.

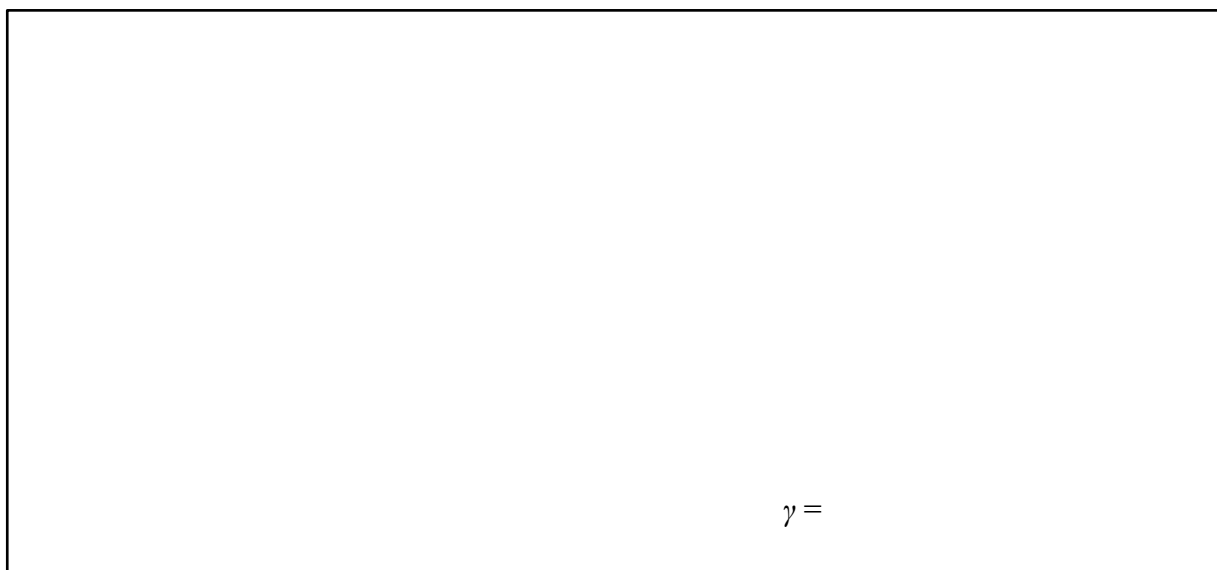
Наночестице злата се састоје од густо пакованих атома злата. Густина злата износи  $19,3 \text{ g/cm}^3$ .

1. Колико атома злата се налази у лоптастој наночестици злата пречника 50,0 nm?

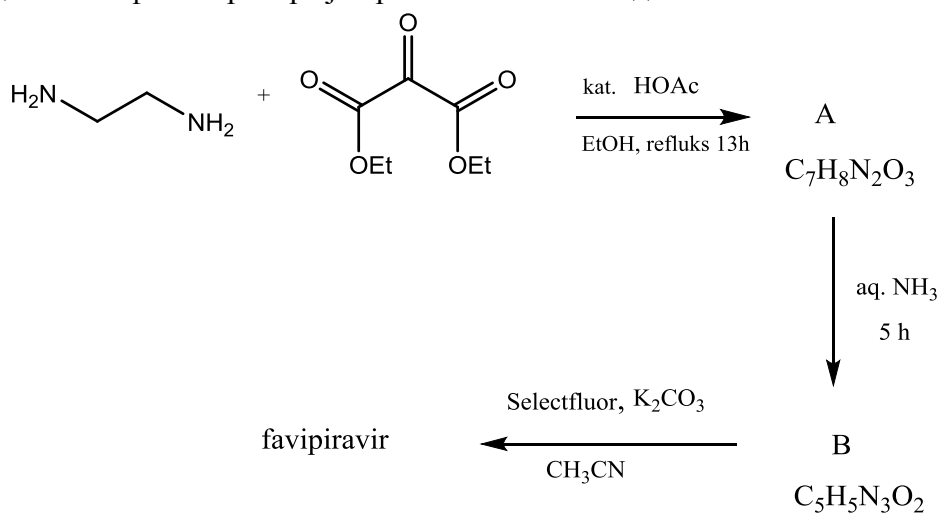
$N =$

За колориметријско одређивање вирусне РНК примењена је метода стандардног додатка. Узет је брис грла и од њега су направљена два идентична узорка запреминне 0,10 ml. У први узорак је додато 0,80 ml раствора наночестица злата модификованих фрагментима РНК и 0,10 ml воде. Апсорбанција је износила 0,420. У други узорак је додато 0,80 ml раствора наночестица злата модификованих фрагментима РНК и 0,10 ml стандардног раствора вирусне РНК концентрације 2,0  $\mu\text{g/ml}$ . Измерена вредност апсорбанције је била 0,920.

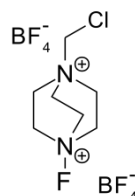
2. Израчунајте концентрацију вирусне РНК у узорку бриса грла.



За хантавирусни пулмонарни синдром не постоји вакцина. Антивирусни лекови имају релативно слаб ефекат. Најбоље ефекте показује антивирусни лек фавипиравир. Једна од синтеза фавипиравира је приказана на схеми доле.



Ac = CH<sub>3</sub>CO; Et = C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>; Selectfluor =



*Selectfluor* је дозор катјона флуора F<sup>+</sup>. Последња реакција у секвенцији представља електрофилну ароматичну супституцију. Једињења А и В, као и фавипиравир садрже киселу групу чија рК<sub>а</sub> износи приближно 8 код једињења А и В, док је код фавипиравира знатно нижа.

3. Нацртајте структуре једињења А, В и фавипиравира.

А =

В =

Фавипиравир =

Један од начина борбе против хантавирусних инфекција јесте сузбијање глодара. Једну групу родентицида (средстава за сузбијање глодара) чине метални фосфиди (алуминијум-фосфид, цинк-фосфид). Метални фосфиди у реакцији са водом граде токсичан гас фосфин. Фосфин није токсичан само за глодаре већ је токсичан и за људе. Концентрација од 50 ppm (запреминских) у ваздуху већ је летална за човека.

Неки комерцијални родентицид садржи 56% алуминијум-фосфида. Из једне куглице тог производа издваја се 1,0 g фосфина.

4. Колика је маса једне куглице?

$m =$  \_\_\_\_\_

5. Израчунајте запремину ваздуха која је потребна на 25 °C и 101,3 kPa да би се гас који се издваја из једне куглице разблажио на запреминских 50 ppm.

$V =$  \_\_\_\_\_

При раду са алуминијум-фосфидом и фосфидима уопште постоји још једна опасност, а то је запаљивост фосфина. При сагоревању 1,000 g фосфина троше се 1,882 g кисеоника, и добија се само један производ.

6. Напишите једначину реакције сагоревања фосфина.

Посебно опасно је самопаљење, које може довести до експлозије. За ову појаву одговорно је једињење које настаје из примеса у алуминијум-фосфиду. То једињење садржи 93,9 % фосфора. Узорак те течности масе 10,0 g који садржи 10,0% фосфина као примесе растворен је у 1 l бензена. Тачка мржњења добијеног раствора износи 4,56 °C.

Густина бензена је 0,874 g/cm<sup>3</sup>; тачка мржњења чистог бензена је 5,51 °C; криоскопска константа бензена је 5,12 K kg mol<sup>-1</sup>.

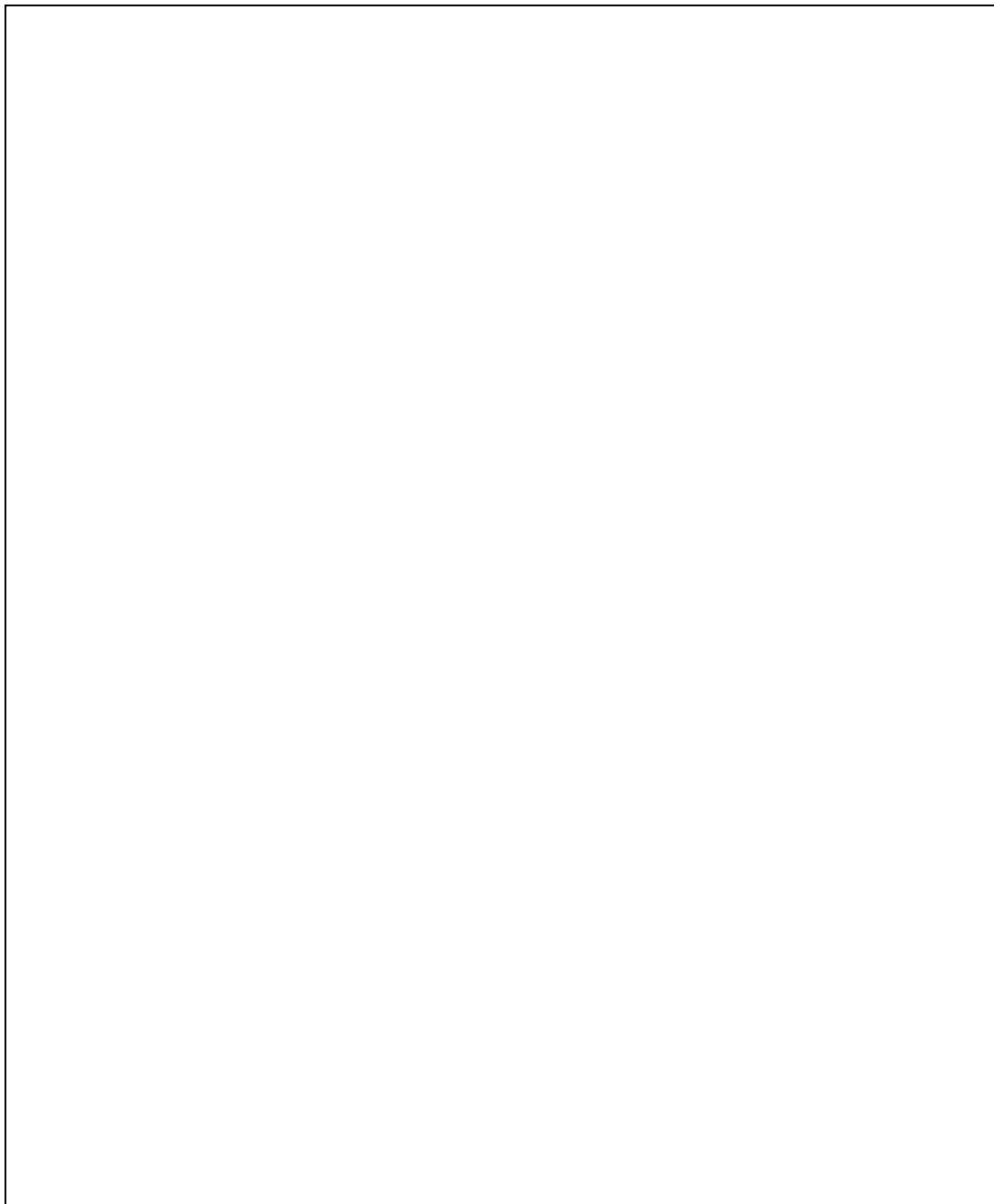
7. Прикажите структурну формулу тог једињења.



При коришћењу металних фосфида јавља се и проблем како спречити тровање других животиња. Стога се у мамце за глодаре понекад додаје један еметик на бази антимоноа. Еметици су супстанце које изазивају повраћање. Ово антимоново једињење је такође токсично, али омогућује да се избаци фосфид који је животиња прогутала. Код глодара нема еметичко дејство.

То једињење, које ћемо означити са Ц, добија се на следећи начин. Загреје се до кључања смеша 5,0 g калијум-хидрогентагтарата (кисела калијумова са 2,3-дихидроксипутан-дикиселине), 5,0 g антимоно(III)-оксида и 30 ml воде, и остави да кључа уз рефлукс 15 минута. Врућ раствор се процеди и остави да се охлади. Притом искристалише жељени производ. Добија се, после цеђења и сушења 5,0 g производа, који је трихидрат. Принос реакције је 56,3%.

8. Представите структуру производа.

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for drawing the chemical structure of the product. The box is oriented vertically and occupies most of the page below the question.

**Задатак 4 ХАЛОГЕНИДИ КАЛЦИЈУМА**

1			2	3			4		5	6	7	укупно
а	б	в		а	б	в	а	б				7,5%
2	9	6	8	2	6	3	4	6	9	9	27	91

1) а) Калцијум-флуорид је тешко растворно једињење чији производ растворљивости износи  $3,9 \cdot 10^{-11}$ . Колико износи растворљивост калцијум-флуорида у води у g/L?

б) Да ли се калцијум-флуорид боље раствара у засићеном раствору калцијум-бромида или у засићеном раствору натријум-флуорида и колико пута? Растворљивост калцијум-бромида износи 143, а натријум-флуорида 4,1. Густина засићеног раствора калцијум-бромида износи  $1,70 \text{ g cm}^{-3}$ , а засићеног раствора натријум-флуорида  $1,04 \text{ g cm}^{-3}$ .

в) Иако у води тешко растворан, калцијум-флуорид се релативно лако раствара додатком минералних киселина, као што је хлороводонична. Написати једначину сложене равнотеже која се том приликом успоставља и израчунати њену константу при стандардним условима.  $K_a(\text{HF}) = 1,1 \cdot 10^{-3}$ .

2) Калцијум-хлорид је со која се веома добро раствара у води. На 20 °C њена растворљивост износи 74,5, док на 60 °C износи 129. Хлађењем раствора калцијум-хлорида могу настати кристалохидрати са различитим садржајем воде. Хлађењем 200 g zasiћеног раствора калцијум-хлорида настало је 151,8 g неког његовог кристалохидрата. Одредити који је кристалохидрат калцијум-хлорида настао овим хлађењем.

Формула кристалохидрата: \_\_\_\_\_

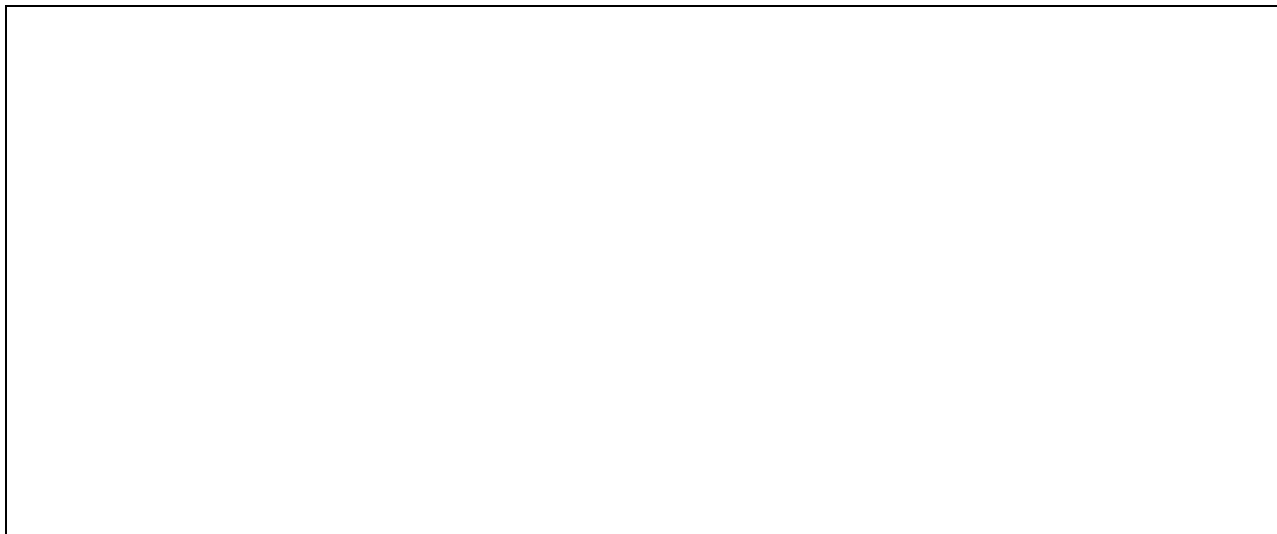
3) Раствор калцијум-хлорида може се употребити за електролитичко добијање хлороводоника.

а) Написати једначине полуреакција које се дешавају на инертним електродама у току ове електролизе.

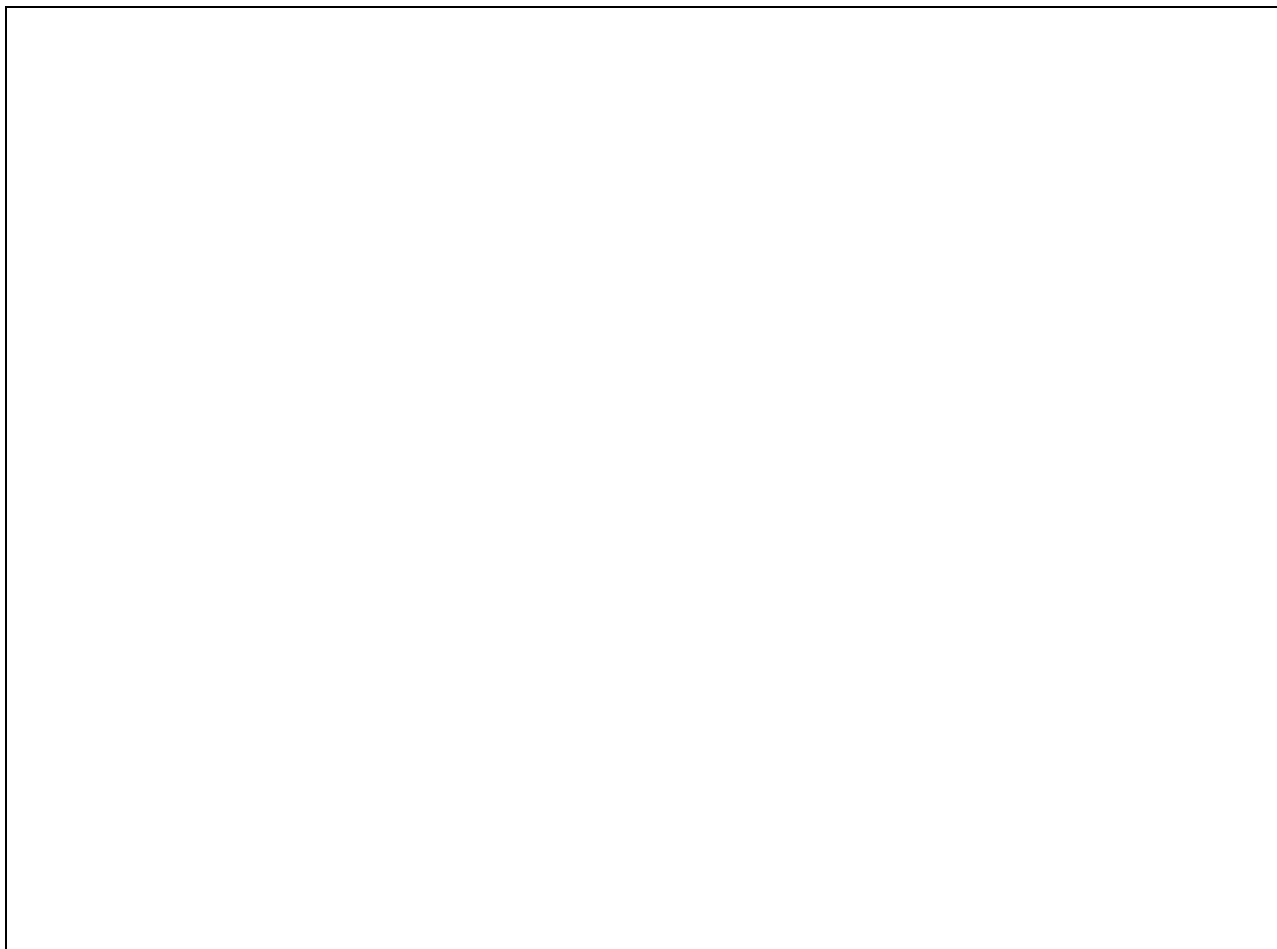
б) Колико дуго треба вршити електролизу 1 L раствора калцијум-хлорида концентрације  $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$  струјом јачине 2,0 А да би дошло до таложења калцијум-хидроксида у простору око катоде?  $K_{sp}(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 7,9 \cdot 10^{-6}$ ,  $F = 96485 \text{ C mol}^{-1}$

в) Колико ће се за то време створити  $\text{cm}^3$  хлороводоника, мерено на температури од  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  и притиску од 101,3 kPa?

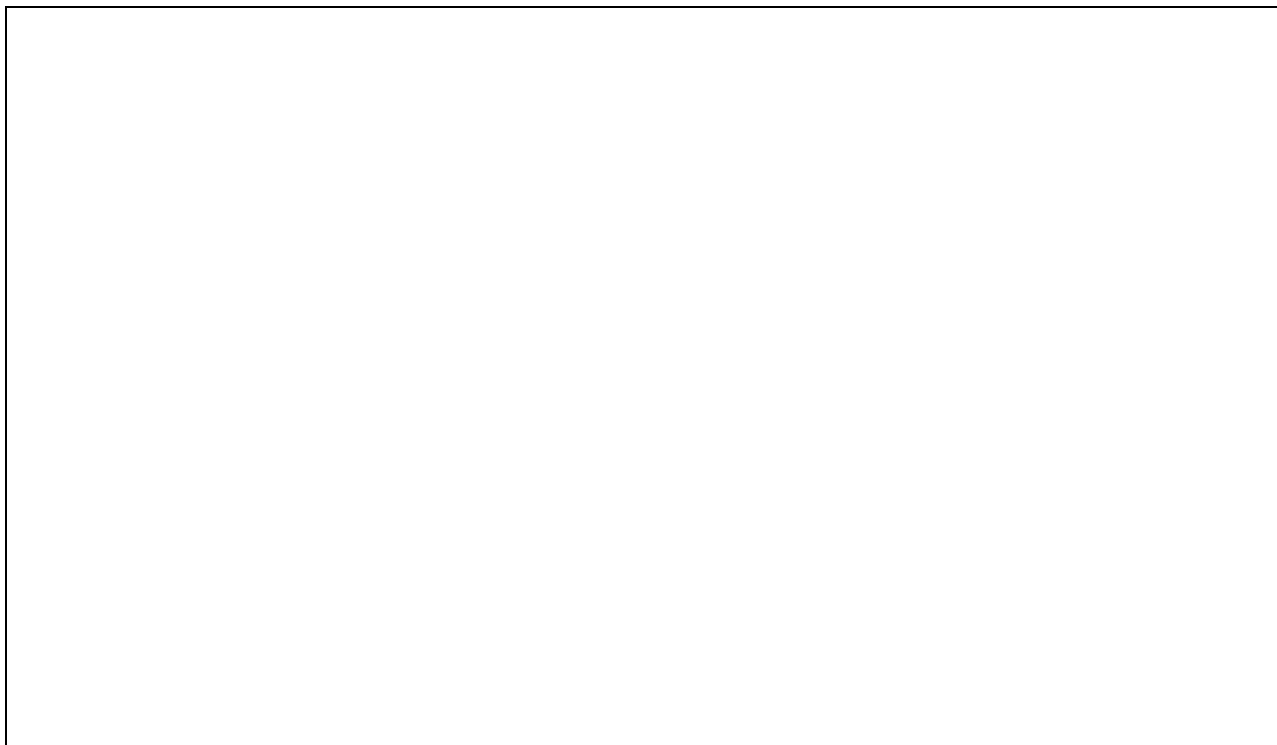
- 4) а) Калцијум-бромид се уобичајено добија у реакцији калцијум-оксида или калцијум-карбоната са бромом у присуству редукујућег агенса као што је мравља киселина или формалдехид. Написати ове једначине хемијских реакција.



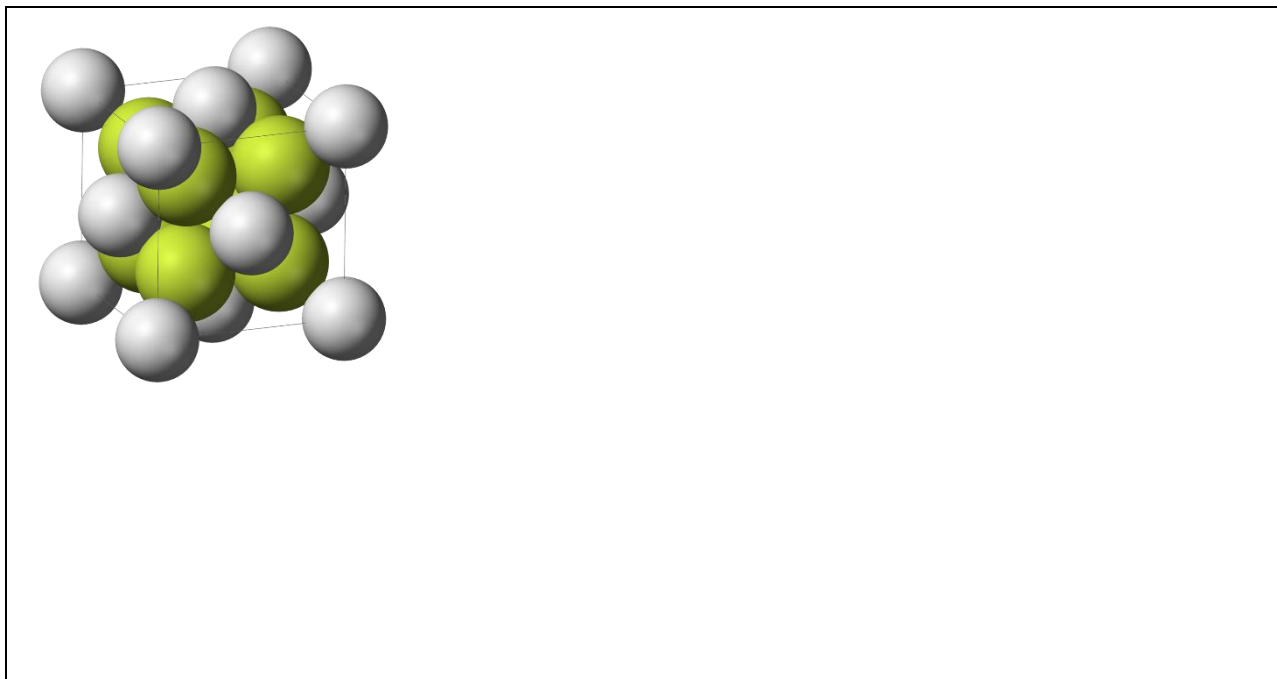
- б) Калцијум-бромид је со која се изузетно добро раствара у води. На 20 °С његова растворљивост износи 143, док је на 40 °С растворљивост чак 213. Хлађењем раствора калцијум-бромида најчешће настаје хексахидрат ове соли. Ипак, у неким случајевима може уместо њега настати дихидрат. Израчунати масу дихидрата ове соли која може настати ако се 200 g засићеног раствора калцијум-бромида на 40 °С охлади до температуре од 20 °С.



- 5) Калцијум-јодид је бела хигроскопна со која стајањем на ваздуху поприма жућкасту боју. Узорак чистог калцијум-јодида тетраhidрата масе 10,0450 g остављен је да стоји на ваздуху и након неког времена попримио је бледожуту боју, а измерена му је маса од 10,2045 g. Растварањем овог жућкастог узорка у разблаженој хлороводоничној киселини издвојено је  $64,8 \text{ cm}^3$  гаса на  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  и притиску од 1 bar. Израчунати удео калцијум-јодида у жућкастом узорку.



- 6) Један халогенид калцијума у чврстом стању формира кубну јединичну ћелију димензије  $5,451 \text{ \AA}$ , која је приказана на слици испод. Одредити о ком халогениду је реч ако је његова густина  $3,18 \text{ g cm}^{-3}$ .



7) Узорак халогенида калцијума **A** третиран је концентрованом сумпорном киселином. Добијени гасовити производ **B** потом је уведен у воду. Након додатка раствора сребро(I)-нитрата у раствор супстанце **B**, издвојило се тешко растворно једињење **B**, које није жуте боје. Ово једињење растворено је додатком концентроване азотне киселине, али је у реакцији настала друга тешко растворна супстанца **Г**, која има жуту боју. Након одвајања од раствора, супстанца **Г** је растворена додатком концентроване сумпорне киселине, при чему је једини производ ове реакције (поред воде) била гасовита супстанца **Д**, која мења боју плавог навлаженог лакмус-папира. Написати молекулске формуле супстанци **A-Д** и једначине свих описаних хемијских реакција.

A \_\_\_\_\_

B \_\_\_\_\_

B \_\_\_\_\_

Г \_\_\_\_\_

Д \_\_\_\_\_

Једначине реакција:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	7,5 %
2	4	6	6	6	4	6	4	22	6	4	70

### Задатак 5

#### Атомска спектроскопија у пракси

Таласне дужине електромагнетног зрачења које се користи у уобичајеној лабораторијској пракси обухватају најмање десет редова величине – од неколико пикометара у рендгенској анализи структуре кристала, па до неколико дециметара у нуклеарној магнетно-резонантној спектроскопији. Људско око је, међутим, еволуирало тако да може да региструје само електромагнетно зрачење таласних дужина од 380 nm до 780 nm. Спектар је реч која ће се често појављивати у овом задатку, а представља приказ интензитета зрачења у функцији таласне дужине, таласног броја, фреквенције или енергије зрачења. У овом задатку ће бити речи о апсорпцији и емисији зрачења у ултраљубичастом и видљивом делу спектра (тзв. UV-Vis спектроскопија).

1. Израчунајте минималну и максималну енергију фотона које може регистровати људско око.

$E_{min} = \text{_____ J}$	$E_{max} = \text{_____ J}$
----------------------------	----------------------------

2. Изразите вредности добијене у претходном задатку преко таласног броја зрачења и у електронволтима. Таласни број је једнак реципрочној вредности таласне дужине, а један електронволт (eV) је једнак кинетичкој енергији коју добије електрон након што се из мировања убрза напоном од једног волта.

$E_{min} = \text{_____ eV}$	$E_{max} = \text{_____ eV}$
$E_{min} = \text{_____ cm}^{-1}$	$E_{max} = \text{_____ cm}^{-1}$

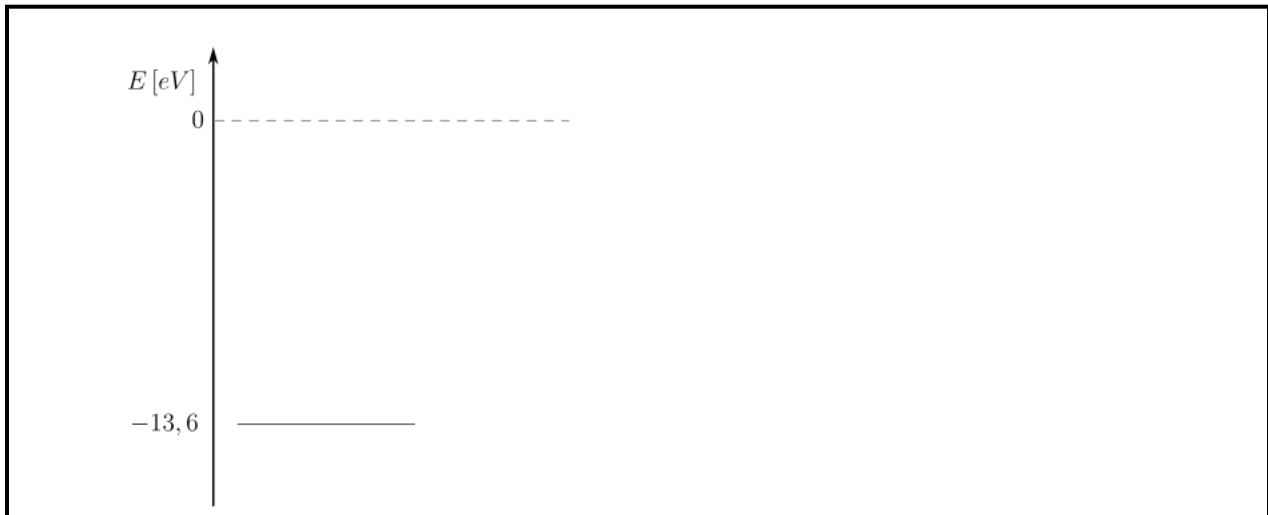
Интеракцију атома и молекула са електромагнетним зрачењем је у општем случају веома компликовано описати, али је за поједине (једноставне) случајеве могуће доћи до егзактних израза, при чему су неки квалитативни закључци заправо примењиви на велики број различитих система. Апсорпција и емисија зрачења се дешавају при преласку система из једног стања у друго, при чему та стања код атома могу бити само електронска, а код молекула и електронска и вибрациона и ротациона. Енергија зрачења које се емитује/апсорбује одговара разлици између енергија нивоа између којих се прелаз одиграва.

Код атома водоника и код водониконидних јона (садрже само један електрон) енергија електрона на нивоу који је описан главним квантним бројем  $n$  је једнака

$$E_n = -\frac{e^4 m_e^2}{2(4\pi\epsilon_0)^2 \hbar^2} \frac{Z^2}{n^2} = -13,6 \frac{Z^2}{n^2} \text{ [eV]},$$

где је  $e$  елементарно наелектрисање,  $m_e$  маса електрона,  $\epsilon_0$  диелектрична пермеабилност вакуума,  $\hbar$  редукована Планкова константа ( $\hbar = h/2\pi$ ), а  $Z$  наелектрисање језгра.

3. На шеми која је дата ниже учртајте енергијске нивое (као хоризонталне линије) прва три побуђена стања атома водоника и назначите вредност њихових енергија.



Атомски спектри су линијски јер су енергијски нивои атома јасно раздвојени, па се апсорпцијом зрачења електрони могу побудити само са једног дискретног нивоа на други дискретни ниво, а зрачење неодговарајућих таласних дужина једноставно не интерагује са атомима. Балмерова  $\alpha$ -линија,  $\lambda_{Ba-\alpha}$ , је најинтензивнија линија водоника у видљивом делу спектра, појављује се на 656,3 nm и управо је она та која звезданим маглинама даје црвену боју.

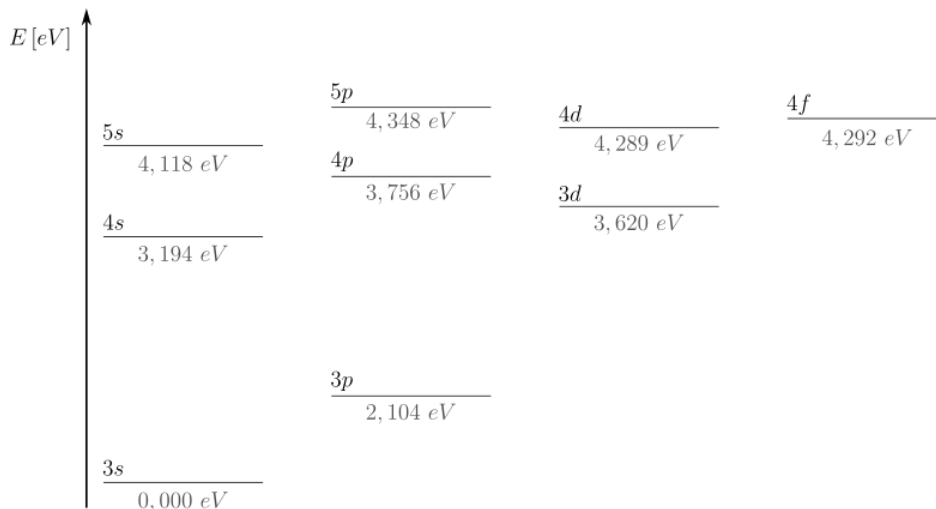
4. Одредите између којих енергијских нивоа у атому водоника се дешава прелаз који одговара Балмеровој алфа-линији.

$$n_{\text{почетно}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$n_{\text{крајње}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

За вишеелектронске атоме није могуће решити Шредингерову једначину и извести егзактан израз за енергије различитих нивоа. Међутим, за атоме алкалних метала су добијене апроксимативне формуле, а енергије стања израчунате помоћу њих се најчешће представљају Гротријановим дијаграмима. Гротријанов дијаграм натријума је приказан ниже – енергије су изражене релативно у односу на енергију валентне орбитале. Очигледно је да је услед интеракције између електрона у атому дошло до такозваног „цепања“ енергијских нивоа, тако да сада енергија зависи од квантних бројева  $n$  и  $l$ , што значајно усложњава дијаграм, па последично и спектар. Мешутим, број прелаза до којих заправо долази је ограничен изборним правилима која прописују између којих стања (тј. комбинација  $n$  и  $l$ ) може да дође до прелаза. Изборно правило од интереса у овом случају је  $\Delta l = \pm 1$  – сви остали прелази су забрањени.

5. Паре натријума се користе у сијалицама за уличну расвету, као и у лабораторијским изворима светлости, на пример, за полариметрију, због тога што побуђени атоми натријума емитују интензивно зрачење таласне дужине 589,0 nm – у питању је такозвана натријумова D-линија. Из истог разлога присуство натријума у узорку отежава уочавање других катјона пламеном анализом. На Гротријановом дијаграму стрелицом означите између којих нивоа долази до прелаза који је одговоран за појављивање натријумове D-линије. Уколико нисте закључили колико цула износи један електронволт, узмите да је  $1 \text{ eV} = 1,65 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .



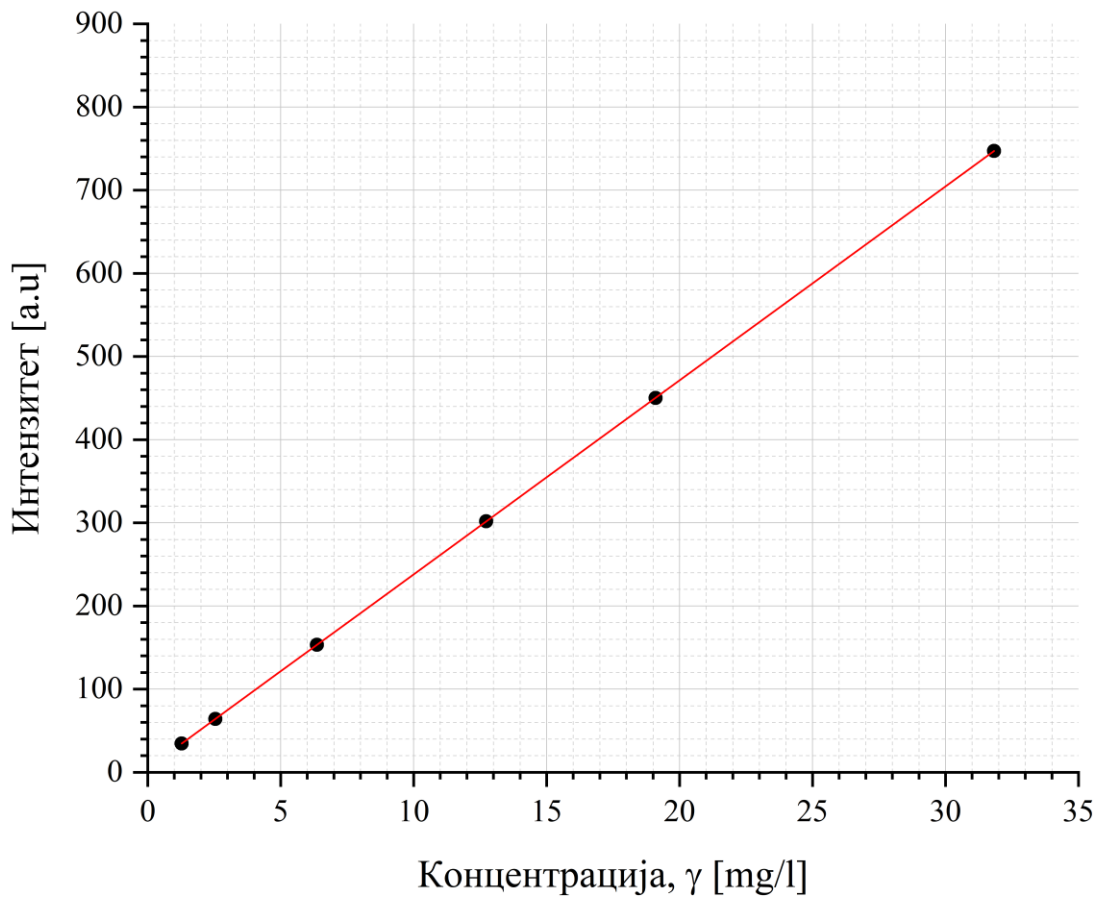
D-линију заправо чине две одвојене линије које настају због спин-орбитног спрезања, али се тиме нећемо бавити сада, већ ћемо прећи на примену атомске емисије у аналитици пијаћих вода.

Захваљујући чињеници да сваки атом емитује светлост одређених, и за њега карактеристичних, таласних дужина, интензитет зрачења конкретне таласне дужине се може повезати са концентрацијом атома у узорку. Пламена фотометрија је једноставна метода која функционише на овом принципу, а рутински се користи за утврђивање садржаја алкалних метала у води. Пре почетка рада неопходно је направити калибрациони дијаграм који повезује интензитет зрачења са познатом концентрацијом анализата. У ту сврху је растварањем натријум-хлорида у разблаженој хлороводоничној киселини припремљено 0,5 l стандардног раствора који садржи 127,3 mg натријума по литру, а укупна концентрација хлорида износи 0,5 mol/l.

6. Израчунајте масу NaCl и запремину концентроване HCl (густине 1,180 g/cm<sup>3</sup> и масеног удела 0,38) које су употребљене за припремање овог раствора.

$m(\text{NaCl}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g}$	$V(\text{HCl}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}^3$
---	---

Раствори за калибрацију су направљени преношењем 1, 2, 5, 10, 15 и 25 ml основног раствора у нормалне судове запремине 100 ml и додавањем воде до црте. Сваки од раствора је унет у пламени фотометар и заведежен је интензитет сигнала на 589 nm, након чега је конструисан калибрациони дијаграм приказан ниже. Интензитет је изражен у произвољним јединицама, а.у. (од енглеског *arbitrary unit*).



7. Одредите колики ће бити интензитети сигнала који потичу од раствора у коме је натријум присутан у концентрацији 10,0 mg/l и 13,6 mg/l.

$I(10,0 \text{ mg/l}) = \underline{\hspace{2cm}}$

$I(13,6 \text{ mg/l}) = \underline{\hspace{2cm}}$

Концентрација хемијских врста које су присутне у малим количинама у узорцима се често изражавају у јединицама ppm (од енг. *Parts Per Million* – делова по милиону). Концентрација од једног ppm одговара, на пример, милионитом делу масе узорка.

8. Одредите концентрацију раствора који садржи натријумове јоне и на детектору пламеног фотометра за који је направљена калибрациона крива из претходног задатка и који је подешен за снимање на таласној дужини од 589,0 nm, даје сигнал интензитета  $I=101$  а.и. Концентрацију изразити у јединицама ppm.

$$\gamma(\text{Na}^+) = \text{_____ ppm}$$

Треба извршити рутинску анализу флаширане воде са кречњачког водоизворишта и утврдити масене концентрације натријума, калијума, калцијума и магнезијума, као и присутних анјона. Узето је пет аликвота од по 1000 ml и запремина сваког је упаравањем редукована до 100 ml. У први аликвот је додата сирћетна киселина, након чега је укапаван раствор амонијум-оксалата до престанка издвајања талога. Раствор је тада профилиран, а сакупљени талог је прво сушен на температури од 130 °C, до престанка промене масе, након чега је жарен на 500 °C, до поновног устаљивања масе. Ниједан производ сушења није садржао кристалну воду. Маса талога на крају поступка је износила 0,3533 g. Из другог аликвота су узете три пробе од по 20 ml и титроване су стандардним воденим раствором динатријумове соли EDTA (етилендиаминтетрасирћетне киселине) концентрације 0,0967 mol/dm<sup>3</sup> уз претходно подешавање вредности рН на 10 и ериохром Т црно као индикатор (промена боје из бордо у плаву у завршној тачки титрације). Средња вредност утрошене запремине раствора EDTA је 9,04 ml. Да је рН пре титрације износила 12, запремина искоришћеног раствора EDTA би била мања због издвајања талога који садржи 55% (масених) кисеоника.

Трећи аликвот је третиран амонијум-карбонатом у вишку, профилиран, филтрат потпуно упарен, суви остатак након тога растворен у води и овако добијени раствор третиран амонијум-оксалатом. Мала количина талога која се појавила је уклоњена филтрацијом, филтрат је поново упарен до сува и овог пута загреван на 500 °C како би се уклонили амонијум-јони. Суви остатак је растворен у малој запремини дестиловане воде, овај раствор је пренет у нормални суд од 100 ml, додата су 2 ml концентроване хлороводоничне киселине и дестилованом водом је суд допуњен до црте. У раствор добијен на овај начин је додато 20 ml раствора натријум-тетрафенилбората концентрације 10,25 mM. Издвојени талог који садржи 3,0% бора је профилиран, испран неколико пута раствором тетрафенилбората, осушен и одмерен на аналитичкој ваги. Његова маса је износила 0,0284 g.

Узето је 75 ml четвртог аликвота и пренето у нормални суд од 100 ml. У њега је додато 0,5 ml концентроване хлороводоничне киселине и допуњен је дестилованом водом до црте. Овако припремљен раствор је унет у пламени фотометар и на таласној дужини 589,0 nm је измерен сигнал интензитета 591 а.и.

У пети аликвот је додаван раствор баријум-хлорида до престанка издвајања талога, након чега је талог профилиран, испран неколико пута малим количинама разблажене хлороводоничне киселине и након тога сушен на 250 °C. По завршетку сушења, маса талога је износила 0,0216 g.

Из шестог, непрокуваног, узорка воде чији је рН износио 7,58 узета су три аликвота од по 100 ml. Они су титровани стандардним раствором хлороводоничне киселине концентрације 0,0947 mol/dm<sup>3</sup> уз метил-оранж као индикатор. Утрошене запремине титрационог средства су редом износиле 6,02 ml, 6,03 ml и 6,03 ml.

9. Израчунајте вредности масених концентрација сваке од анализираних врста у овом узорку воде. Претпоставите да су у води од анјона присутни само хлориди, сулфати и бикарбонати, а од катјона само Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> и Ca<sup>2+</sup>.

Следећи подаци могу бити од користи:

$$pK_{a,1}(H_2CO_3)=6,351$$

$$pK_{a,2}(H_2CO_3)=10,329$$

$$pK_{sp}(BaCO_3)=8,30$$

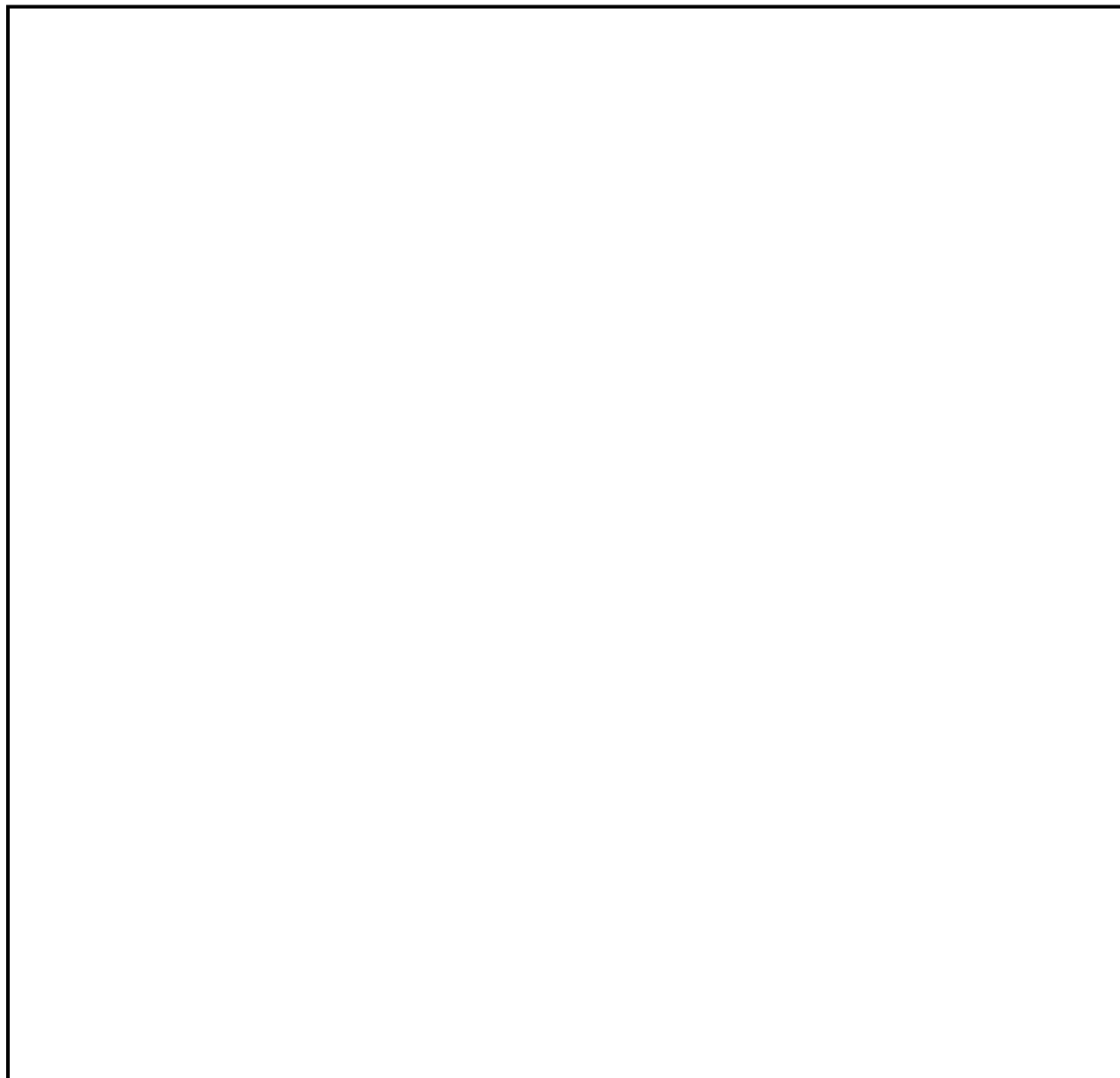
$$pK_{sp}(Ba(OH)_2)=3,60$$

$$pK_{sp}(CaCO_3)=8,32$$

$$pK_{sp}(MgCO_3)=7,46$$

$$\log \beta([Mg(EDTA)]^{2-})=8,79$$

$$\log \beta([Ca(EDTA)]^{2-})=10,65$$



$\gamma(\text{Na}^+) =$  \_\_\_\_\_ mg/l     $\gamma(\text{K}^+) =$  \_\_\_\_\_ mg/l

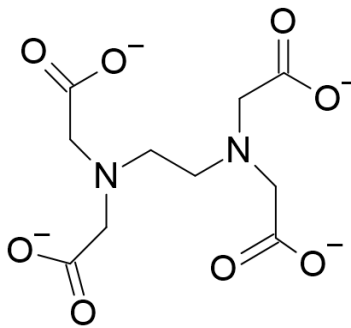
$\gamma(\text{Ca}^{2+}) =$  \_\_\_\_\_ mg/l     $\gamma(\text{Mg}^{2+}) =$  \_\_\_\_\_ mg/l

$\gamma(\text{Cl}^-) =$  \_\_\_\_\_ mg/l     $\gamma(\text{SO}_4^{2-}) =$  \_\_\_\_\_ mg/l

$\gamma(\text{HCO}_3^-) =$  \_\_\_\_\_ mg/l

10. Прорачуном образложите због чега се у анализираном узорку воде занемарује присуство карбонатног јона.

11. EDTA, чији је тетраанјон приказан ниже, веома се често користи у комплекометријским титрацијама јер може да награди стабилне комплексе са већим бројем металних јона. Уколико знате да овај лиганд увек комплексира металне јоне у односу 1:1, одредите колико износи максимални координациони број јона у овим комплексима, под условом да се молекули растварача не понашају као додатни лиганди.



а) 1

б) 2

в) 3

г) 4

д) 5

ђ) 6

е) 7

ж) 8

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9a</b>	<b>9b</b>	<b>9ц</b>	<b>7,5%</b>
2	4	6	4	4	4	6	2	4	4	1	41

**Задатак 6**

**Корозија – (електро)хемијски процес који мења свет**

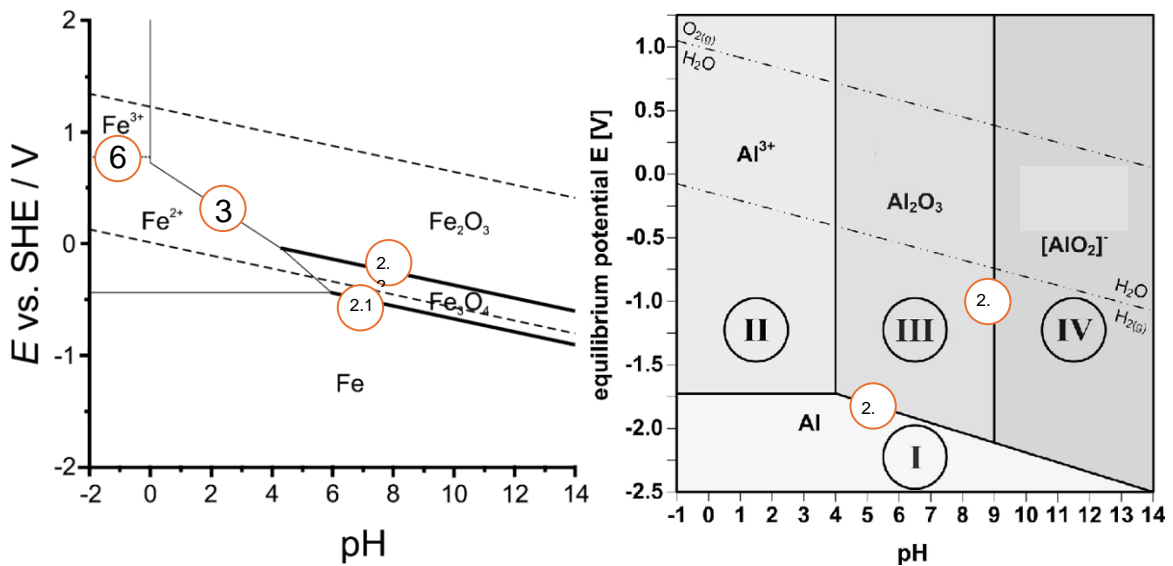


Постоје процеси који не праве буку, а ипак мењају свет, невидљиви, тихи и упорни, делују на границама материјала. Корозија је један од њих.

Корозија представља спонтани процес који се одвија између материјала и његове средине, при чему долази до постепене деградације материјала. Овај феномен се најчешће везује за металне материјале, али корозији подлежу и бетон, дрво, и други материјали. У ширем смислу, свака деградација материјала настала услед интеракције са околином може се сматрати видом корозије, па чак и процес старења. Корозија је свеприсутна и практично неизбежна. Сусрећемо је свуда око нас, од пуцања цеви у зградама, пропадања аутомобила и мостова, до оштећења бродова у морским водама и корозије цевовода. Последице овог процеса могу бити веома озбиљне и довести до различитих акцидента, хаварија и катастрофа. Економски губици изазвани корозијом мере се милијардама долара годишње. Процењује се да се чак око 3% светског бруто друштвеног производа изгуби услед корозије материјала. Иако се корозија не може у потпуности зауставити, постоје бројне мере заштите којима се овај процес може значајно ублажити и успорити. Разумевање механизма корозије и примена адекватних метода заштите имају велики значај у очувању материјала, безбедности конструкција и смањењу економских губитака.

Термодинамика електрохемијске корозије материјала испитује се конструисањем Пурбеовог дијаграма, који приказује области имуности материјала, пасивизације оксидним или хидроксидним слојем и области активне корозије. Овај дијаграм конструира се на основу водоничне и кисеоничне електродне реакције, као и специфичних електрохемијских реакција посматраног метала. Пурбеови дијаграми омогућавају предвиђање стабилности метала у зависности од рН вредности средине и

електродног потенцијала. Пурбеови дијаграми за гвожђе и алуминијум приказани су на слици 1.

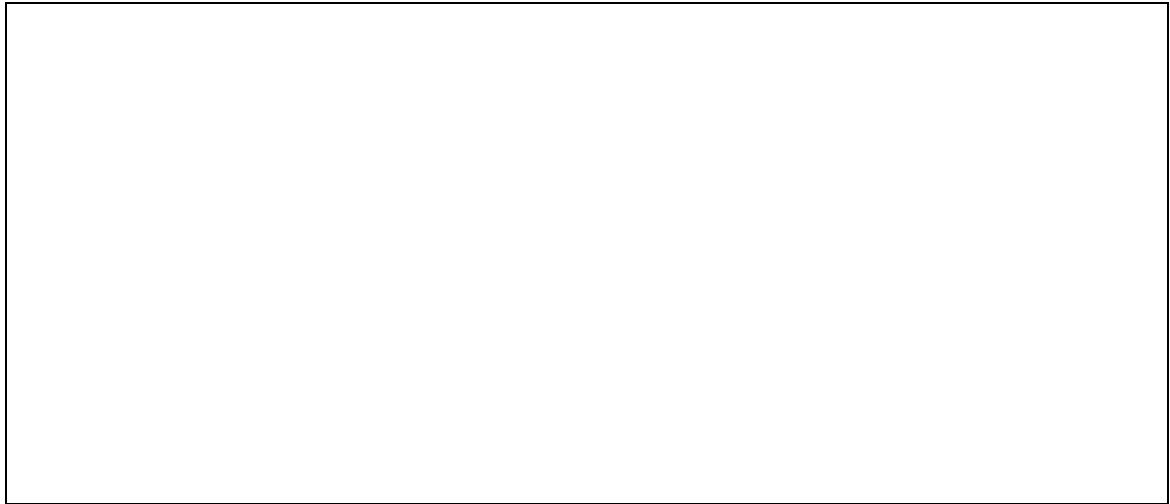


1. Заокружи слово испред тачног (тачних) одговора

- a) Корозија алуминијума се дешава у области I
- б) Корозија алуминијума се дешава само у области II
- в) Корозија алуминијума се дешава у области II и IV
- г) Зона III представља зону имуности алуминијума
- д) Зона I представља зону имуности метала
- ђ) Зона III представља формирање пасивног филма на површини метала

2. Једначинама представити процесе који су на Пурбеовим дијаграмима означени са 2.1, 2.2, 2.3. и 2.4.

- 2.1.
- 2.2.
- 2.3.
- 2.4.

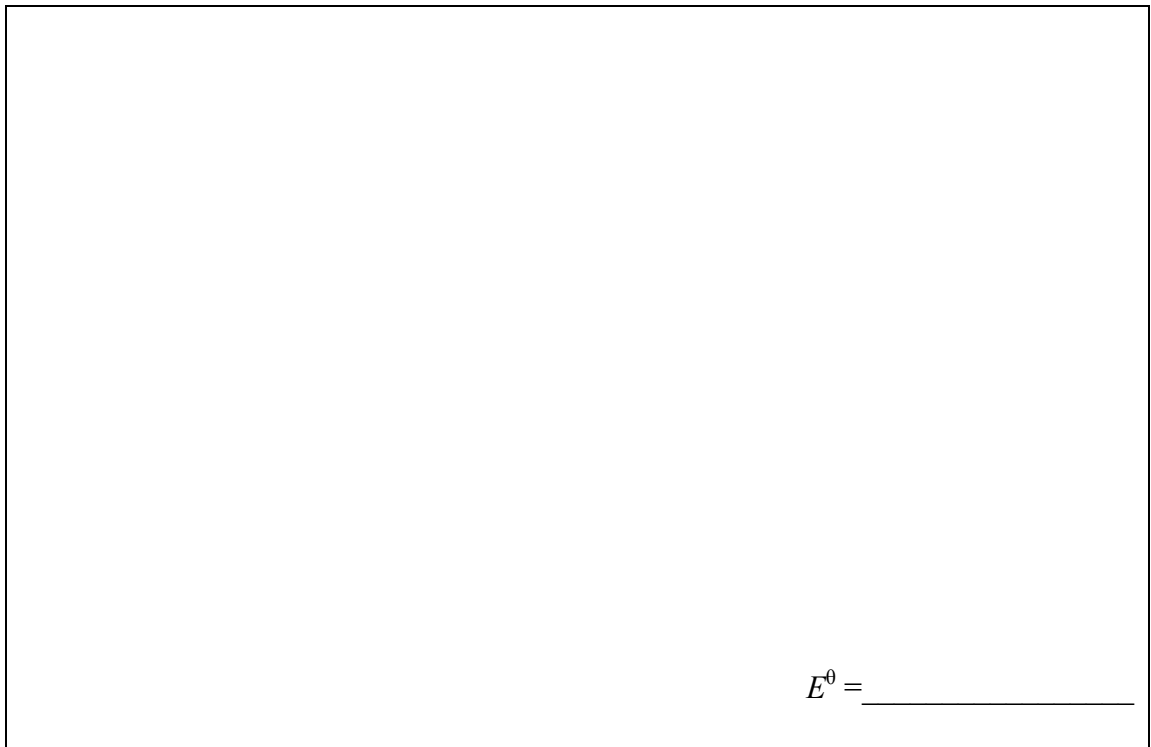


3. На основу познатих вредности Гибсових енергија настајања појединих учесника у реакцији, на примеру реакције означене бројем 3 (Пурбеов дијаграм), одредити вредност стандардног електродног потенцијала реакције.

$$\Delta_f G^\theta (\text{H}_2\text{O}) = - 237,19 \text{ kJmol}^{-1}$$

$$\Delta_f G^\theta (\text{Fe}^{2+}) = - 84,93 \text{ kJmol}^{-1}$$

$$\Delta_f G^\theta (\text{Fe}_2\text{O}_3) = - 741,0 \text{ kJmol}^{-1}$$



$$E^\theta = \underline{\hspace{2cm}}$$

4. Израчунати вредност електродног потенцијала реакције, из задатка 3, уколико концентрација јона  $\text{Fe}^{2+}$  износи  $0,01 \text{ mol/dm}^3$ , а рН износи 3,3.

Уколико нисте решили задатак 3. узети да је  $E^\theta = 0,800 \text{ V}$

$$E^{\theta} = \underline{\hspace{2cm}}$$

5. Концентрација јона алуминијума у граничном слоју (слој између материјала и електролита) износи  $10^{-6} \text{ mol/dm}^3$ . Израчунати колико износи минимална рН вредност при којој долази до формирања  $\text{Al}(\text{OH})_3$  на површини метала.

Производ растворљивости  $\text{Al}(\text{OH})_3$  износи  $1,9 \cdot 10^{-33}$

$$\text{pH} = \underline{\hspace{2cm}}$$

6. Одредити константу равнотеже реакције означене бројем 6. на Пурбеовом дијаграму уколико је  $E^{\theta} = 0,771 \text{ V}$ , при стандардним условима.

$K =$  \_\_\_\_\_

7. Испитивање корозионе стабилности гвожђа извршено је следећим експериментом. У  $250 \text{ cm}^3$  раствора NaCl концентрације 3,5% уроњена је метална плочица масе 10,5873 g. Након седам дана издвојено је  $50 \text{ cm}^3$  раствора ради одређивања концентрације јона гвожђа. Испитивање је вршено стандардном гравиметријском методом, таложењем присутних јона  $\text{Fe}^{3+}$  у облику  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , и накнадним жарењем до  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Уколико је маса талога након жарења износила 0,8603 g, колико износи маса плочице након седам дана.

$m =$  \_\_\_\_\_ g

8. Уколико случајном грешком дође до заваривања два метала са различитим потенцијалима, може доћи до контактне корозије. У овом случају племенитији метал има улогу катоде, док мање племенити метал има улогу аноде. Представити електрохемијским реакцијама овај процес на примеру бакра и гвожђа, у киселој средини.

Реакција на катоди:

Реакција на аноди:

9. Један од видова заштите материјала од корозије је и заштита са жртвујућом анодом – протекторска заштита. Ова метода се најчешће користи за заштиту цевовода од корозионих особина земљишта, и сматра се да је систем заштићен уколико је извршена катодна поларизација минимално 0,85 V (катодна поларизација је померање потенцијала заштићеног метала у негативном смеру -  $E_K$ ). Као жртвујућа анода најчешће се користе метали попут магнезијума, цинка и алуминијума, због њиховог негативног редокс-потенцијала. Основне једначине које се користе за пројектовање система заштите од корозије су:

$$I_z = S \cdot \frac{j_z \cdot (1 - \eta)}{1000} \quad (\text{A})$$

$$t = \frac{N \cdot m_A \cdot C_t \cdot \xi}{8670 \cdot I_z} \quad (\text{god.})$$

$$E_K = E_A + I_z \cdot \frac{\rho_z}{2\pi l} \left( \ln \left( \frac{8l}{d} \right) - 1 \right)$$

Где  $I_z$  представља заштитну струју,  $S$  површину цевовода у контакту са земљиштем,  $j_z$  густину заштитне струје (препоручена вредност 20 mA/m<sup>2</sup>),  $\eta$  квалитет заштитне превлаке,  $N$  број потребних анода  $I_z/I_A$ ,  $m_A$  маса аноде,  $C_t$  електрохемијски капацитет аноде (за магнезијум износи 2205 Ah/kg),  $\xi$  искоришћеност аноде (0,4 у реалним условима),  $l$  и  $d$  су димензије цилиндричног паковања електрода од магнезијума. Непознати параметри често се добијају из инжењерских табела.

Табела 1. Вредности радних струја анода, магнезијумових електрода

$m_A, \text{kg}$	4,1		7,7	
$E_{Mg}, \text{V}$	-1,55 V	-1,75 V	-1,55 V	-1,75 V
$\rho_z, \Omega \text{ m}$	<b>Вредности радних струја анода, <math>I_A, \text{mA}</math></b>			
5	130	170	150	200
10	65	85	75	100
50	15	20	15	20
100	5	10	8	10

Табела 2. Стандардне вредности магнезијумових електрода

$m, \text{kg}$	$d, \text{mm}$	$l, \text{mm}$
3,6	150	425
4,1	150	480
5,0	150	535
7,7	150	580
10	165	660
14,5	190	840
22,7	255	760
27,3	255	915

Потребно је извршити заштиту цевовода дужине 100 m и пречника 10 cm током одређеног временског периода. Квалитет превлаке процењује се на 98%, а отпорност земљишта на коме се планира  $\rho_z = 50 \Omega \text{ m}$ . Уколико се користи једна анода од магнезијума, потенцијала -1,55 V и масе 4,1 kg, израчунати

- а) Колико износи време трајања протекторске заштите овом анодом?
- б) Колико износи катодна поларизација система?
- ц) да ли овај систем може да изврши заштиту цевовода током 35 година?

$t =$  \_\_\_\_\_ god

$E_k =$  \_\_\_\_\_ V

Може

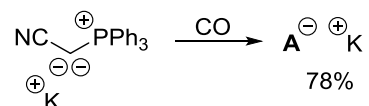
Не може

## Задатак 7

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	7,5%
3	4	4	3	4	4	4	6	6	38

### Нови реагенси у органској хемији

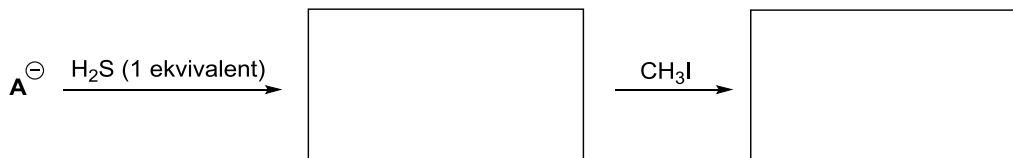
Недавно је пронађен први начин за ефикасну синтезу анјона  $A^-$ .



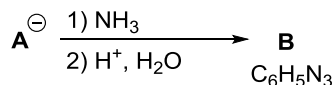
$A^-$  садржи три атома угљеника и не садржи фосфор. Када  $A^-$  прореагује са метанолом, добије се исти производ као у реакцији метил-2-бромацетата са натријум-цијанидом.

- Предложити структуру  $A^-$ . Представити је као резонанциони хибрид три најважније резонанционе структуре.

- У реакцији  $A^-$  са водом, након киселе обраде настаје 2-цијаносирћетна киселина. На основу тога, предложити производе реакција у следећој секвенци

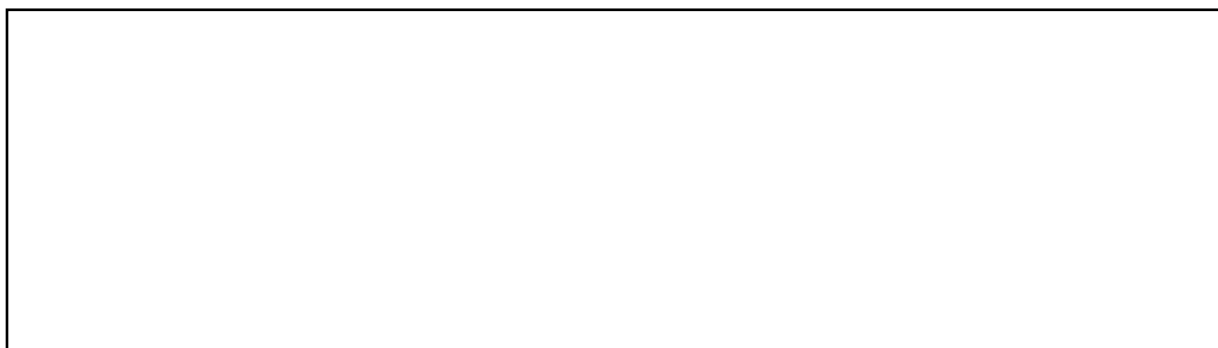
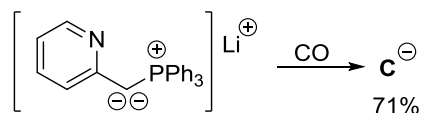


- $A^-$  у реакцији са чистим амонијаком, након киселе обраде формира једињење **B** формуле  $\text{C}_6\text{H}_5\text{N}_3$ . Уколико је познато да у току ове реакције није дошло до раскидања ниједне сигма везе, као и то да потпуном хидролизом једињења **B** настаје трикиселина, предложити структуру **B**.



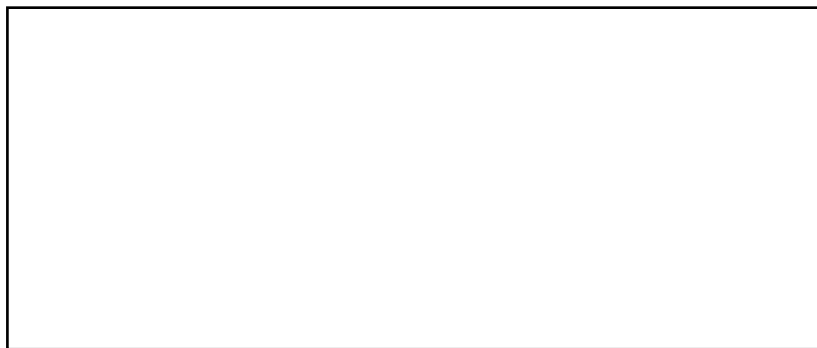
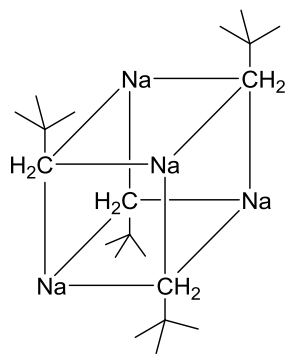


4. Једињење **C** је слично једињењу **A** и може се добити на аналоган начин из пиридинског супстрата. Предложити његову структуру и представити је као резонанциони хибрид три најважније резонанционе структуре.



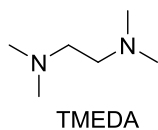
Још један користан мали молекул **D** је синтетисан и карактерисан недавно. Утврђено је да се у раствору налази као агрегат, тј. као група сачињена од истих молекула који су повезани интермолекулским електростатичким интеракцијама („плус на минус“).

5. Испод је дата структура агрегата молекула **D**. Предложити структуру основног молекула и именовати га.



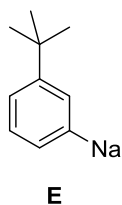
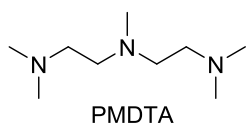
У облику агрегата је **D** слабо реактиван али су научници открили да додавање  $N,N,N',N'$ -тетраметилетилендиамина (TMEDA) повећава његову реактивност. Узрок томе је што се TMEDA координује за натријум и трансформише структуру агрегата приказаног изнад у димер (скупину од два молекула **D**), који је реактивнији. У димеру се налазе два TMEDA лиганда, који су преко оба азота координовани за натријуме. При томе је један TMEDA координован за један атом натријума, тј. оба азотова атома из молекула лиганда су у координационој сфери истог натријумовог атома.

6. Уколико је познато да је у димеру координациони број натријума 4, предложити његову структуру.



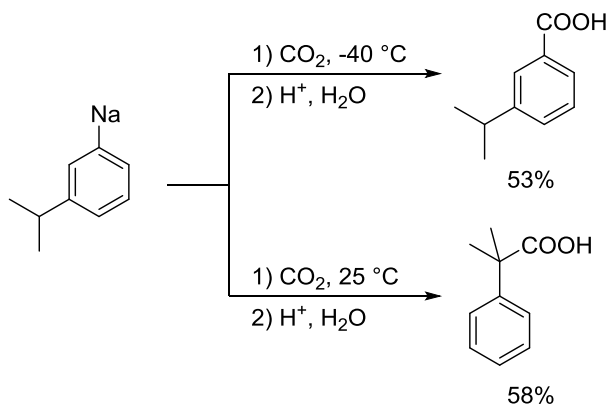
У једној другој студији је синтетисан сличан димер органонатријумовог једињења другачијом методом. Арил-натријумово једињење **E** је третирано *N,N,N',N'',N''*-пентаметилдиетилентриамином (PMDTA) и добијен је димер молекула у коме натријум има координациони број 5, два PMDTA лиганда су присутна у молекулу и сваки је координован са по три азотова атома за натријуме. При томе је један PMDTA координован за један атом натријума, тј. сва три азотова атома из лиганда су у координационој сфери истог натријумовог атома.

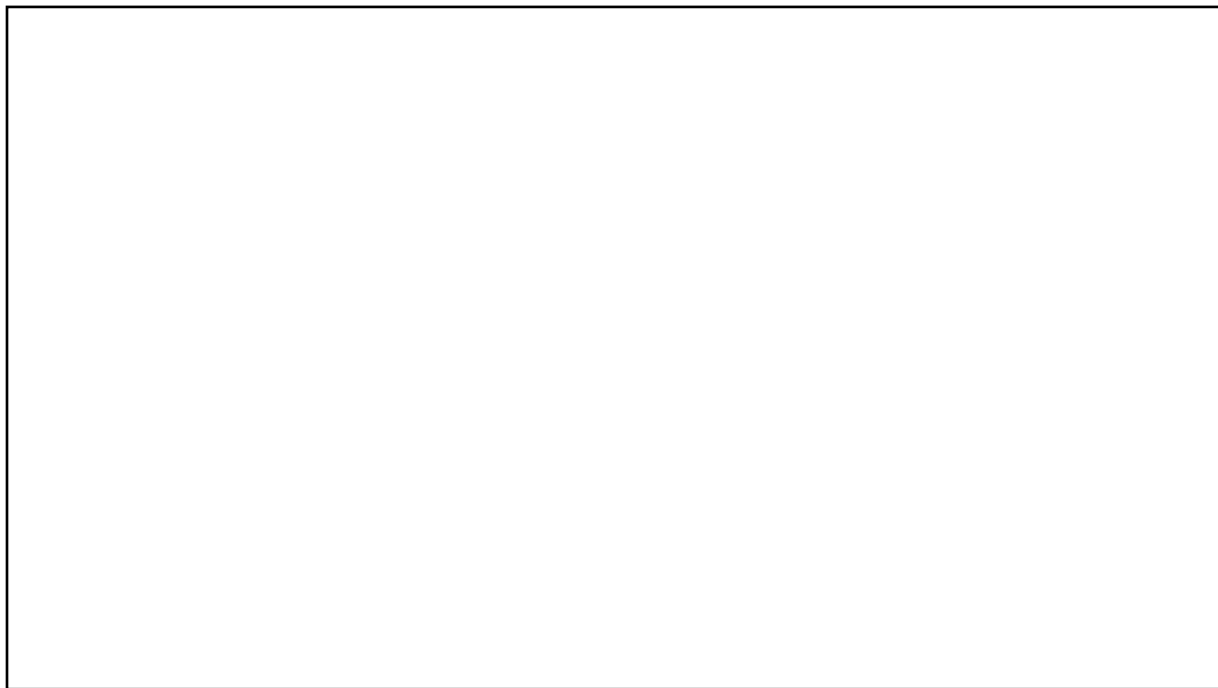
7. Предложити структуру овог димера.



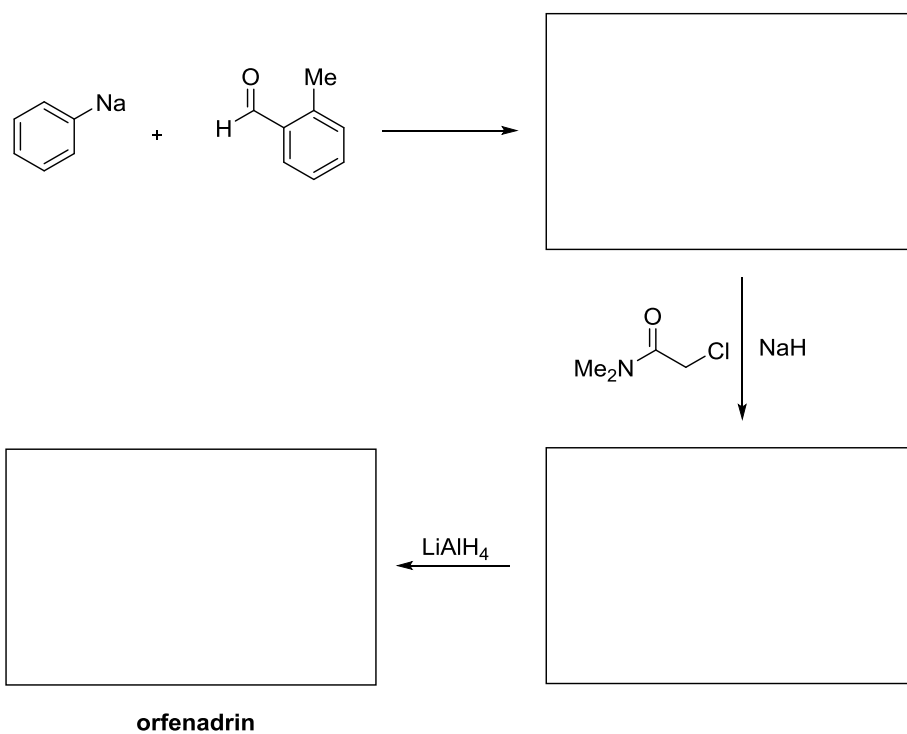
Органонатријумова једињења су јаке базе и јаки угљенични нуклеофили, и углавном се на тим својствима заснива њихова примена.

8. У следећој реакцији објаснити различити исход реакција на собној температури и на  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  представљањем механизма обе реакције.





9. Синтетичка примена органонатријумових једињења је у једној студији демонстрирана синтезом лека орфенадрина. Допунити схему структурама које недостају:



## Задатак 8

1	2	3	4	5	7,5%
8	9	3	8	14	42

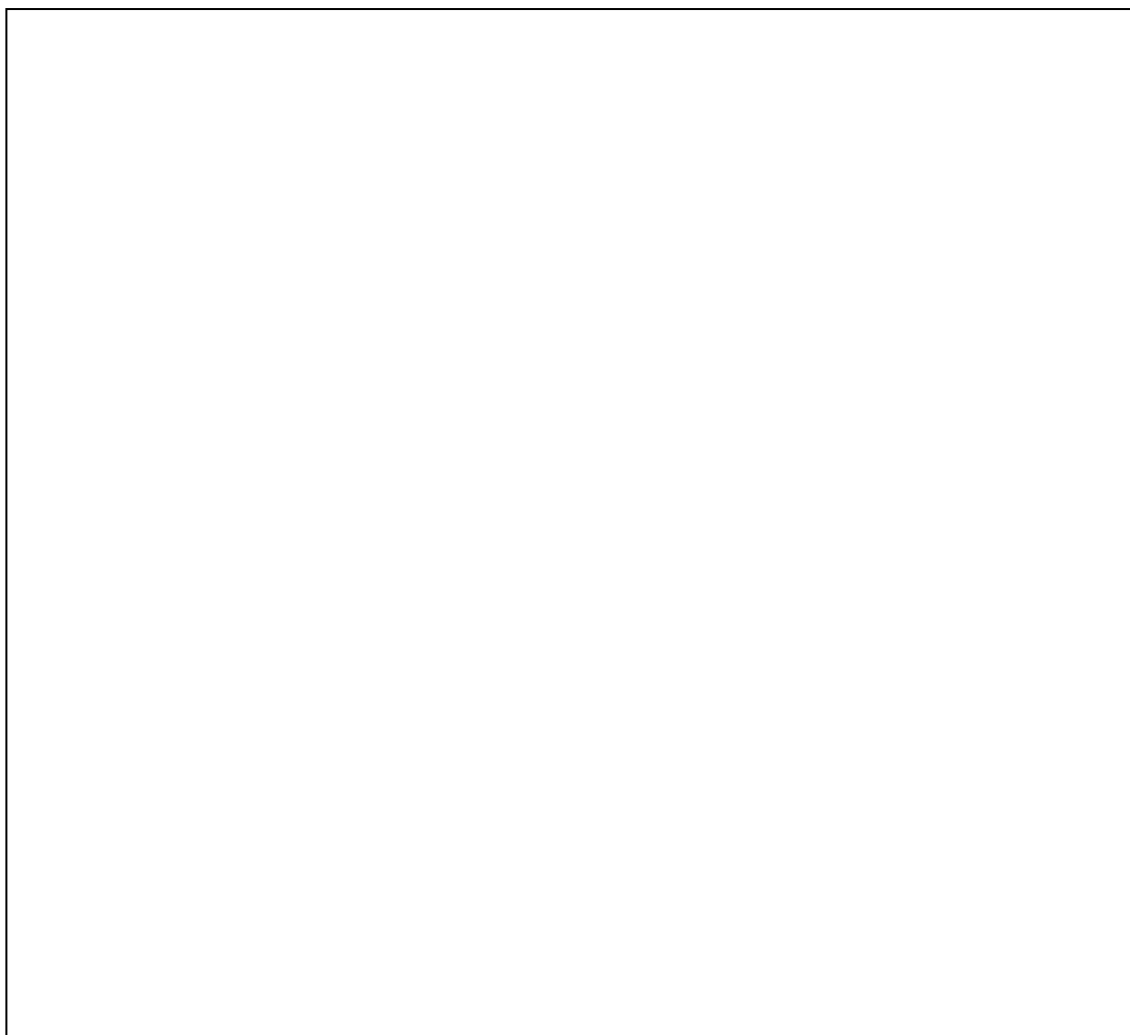
### *Од вишка глава не боли*

Полихидроксилни алкохоли имају врло широку примену. Користе се као заслађивачи, пре свега у производима намењеним дијабетичарима, као лаксативи, за снижавање интракранијалног притиска (притиска унутар лобање), за третирање акутног глаукома, у козметици, а и као реагенси у аналитичкој хемији.

1. Нацртајте структуре свих 1,2,3,4,5,6-хексанхексола, укључујући и енантиомерне парове.



2. Нацртајте најстабилније конформације за сваки стереоизомер 2,6-диметилциклохексан-1,4-диола. Уколико се ради о пару енантиомера, довољно је нацртати најстабилнију конформацију за један од њих.



За трансформације и одређивање структуре полихидроксиалних алкохола и њима сродних полифункционалних једињења ( $\alpha$ -диоли,  $\alpha$ -диони,  $\alpha$ -хидрокси-карбонилна једињења,  $\alpha$ -амино-алкохоли) користи се Малапрадова реакција. Раскида се C–C веза, а угљеникови атоми на њеним крајевима прелазе у следеће више оксидационо стање. На пример, при оксидацији 1-(3,4,5-триметилфенил)бутан-2,3-диола вишком натријум-перјодата настаје 2-(3,4,5-триметилфенил)етанал и ацеталдехид. Карбоксилне групе, естарске групе и изоловане алдехидне групе не подлежу овој реакцији.

Смеса непознатих количина глицерола и бутан-2,3-диола (смеса А) подвргнута је Малапрадовој реакцији. Укупна маса смесе је била 0,164 g.

3. Напишите структуре свих органских састојака смесе после реакције.



Смеса добијена после реакције разблажена је до 200,00 ml. Одмерено је 20,00 ml тог раствора и титровано 0,0200 M раствором калијум-перманганата у киселој средини. Утрошено је 14,00 ml титрационог средства. Неорганска једињења из смесе не реагују са перманганатом под условима титрације.

4. Одредите молски састав смесе А?

Одмерено је 105,0 mg једињења Б, које садржи амино-групу, а не садржи етарску, естарску ни примарну алкохолну групу. Узорак је растворен у води, закисељен, па је додат натријум-перјодат у вишку. По завршетку реакције, раствор је разблажен до 100,0 ml, па су одмерена три аликвота од 20,00 ml. Први аликвот је анализиран потенциометријском титрацијом 0,0185 М раствором натријум-хидроксида, мерењем потенцијала индикаторске стаклене електроде осетљиве на водоникове јоне. Са титрационе криве се види да је утрошено 10,81 ml титрационог средства за титрацију слабе киселине чија  $pK_a$  вредност износи 3,3. Ради оријентације,  $pK_a$  сирћетне киселине је 4,75, а мравље киселине 3,75. У

други аликвот је додат натријум-хидроксид у вишку, раствор разблажен до 100,00 ml, па је анализиран применом електроде осетљиве на амонијак, која је показала да је у том крајњем раствору концентрација амонијака  $2,0 \times 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$ . Трећи аликвот је титрован 0,0200 M раствором калијум-перманганата у киселој средини, и утрошено је  $16,00 \text{ cm}^3$  титрационог средства.

5. Напишите структуру једињења Б.

