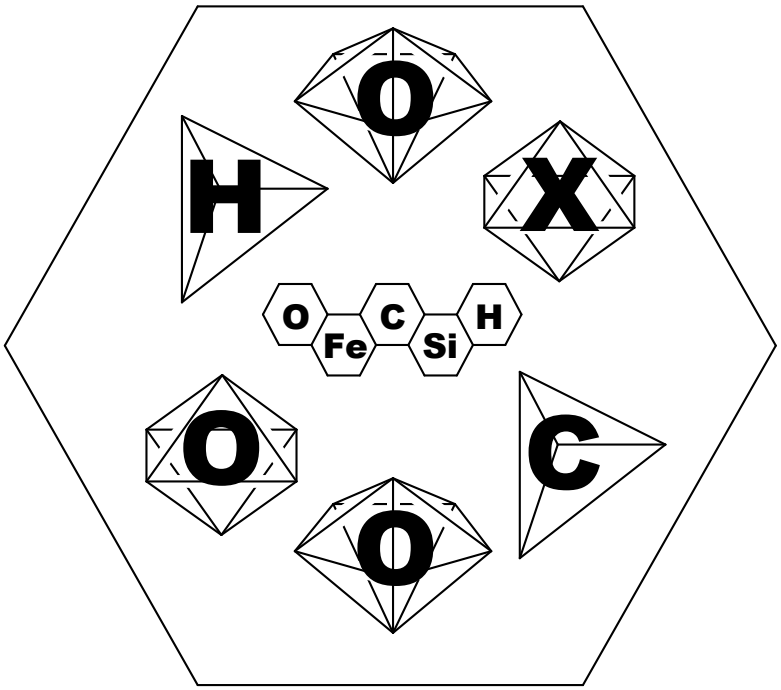


МОН, LVIII НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО ХИМИЯ

И ОПАЗВАНЕ НА ОКОЛНАТА СРЕДА

Областен кръг, 01 февруари 2026 год.

Група V

ВЪПРОСИ И ЗАДАЧИ

V Група

Задача 1

Фосфор (**Р**) с маса 6,19 g е поставен в затворен съд с обем 300 mL. Съдът е запълнен с 5,04 g газ (просто вещество на елемента **А**) и е загрят до температура 350°C. Протича химична реакция с образуване на газа **Б** (с химична формула $\mathbf{PA_n}$) в такова количество, което би взаимодействало напълно с 40,0 mL йодоводородна киселина с молна концентрация на разтвореното вещество 0,100 mol/L. В състава на газа **Б** се съдържат 91,1 мас. % фосфор.

1. Кои са газовете в реакционната смес? Запишете химичните им формули, като обосновете отговора си с изчисления.
2. Запишете с изравнени уравнения описаните химични процеси. Изчислете равновесното количество вещество (в mol) на фосфор и на газовете в реакционната смес.
3. Изчислете съдържанието (в молни %) на **Б** в реакционната газова смес при равновесие и общото налягане на равновесната газова смес в съда (в bar). Изчислете стойността на равновесната константа K_p на химичното взаимодействие при 350°C. Приемете, че газовете са идеални.
4. Изчислете добива α (в %) на газа **Б**.
5. Практично ли е получаването на **Б** чрез описаното химично взаимодействие? Обосновете се.

Валентният ъгъл в съединението **Б** е 93,5°.

6. Определете в хибридно състояние ли са валентните атомни орбитали на централния атом в **Б** и каква е геометричната форма на молекулата.

Необходими данни:

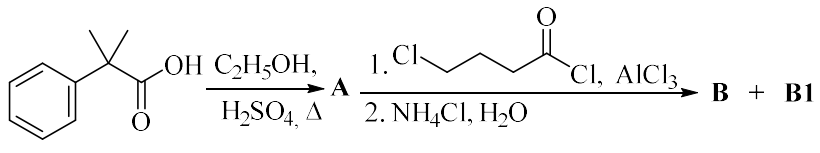
Универсална газова константа: 8,314 J mol^{-1} K^{-1}

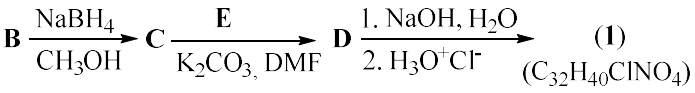
0°C = 273,15 K

Задача 2

Съединението (**1**) с молекулна формула $C_{32}H_{40}ClNO_4$ е неседативен антихистаминов лекарствен препарат, използван при алергични ринити. На **схеми 1** и **2** са представени два метода за синтез на съединение (**1**):

Схема 1





- Съединението **E** се получава по реакцията:

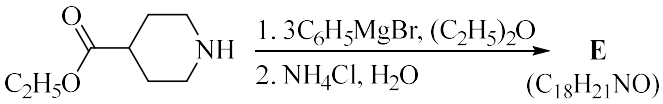
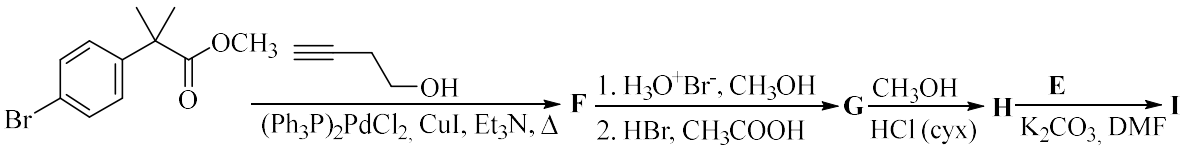
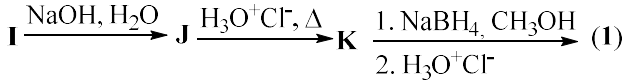


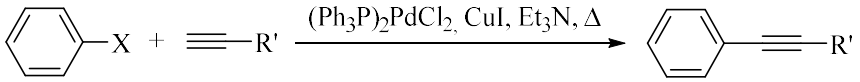
Схема 2



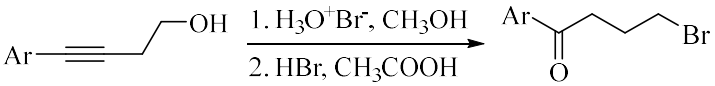


За веществата и реакциите от схемите е известно:

- Съединенията, означени с букви от схеми **1** и **2**, и продуктът (**1**) са органични.
- Съединенията **B** и **B1** са съответно *p*- и *m*-изомери.
- По реакцията на Sonogashira се изгражда връзка въглерод-въглерод чрез взаимодействие между алкин с крайна тройна връзка и арил- или винилхалогенид.



- 4-арилбут-3-ин-1-оли се превръщат в бромокетони при дадените условия:



- Преходът **G** → **H** се извършва в метанол, наситен със сух HCl.

1. Напишете структурните формули на органичните съединения от **схеми 1** и **2**.
2. Като използвате Фишерови проекционни формули, напишете стереоизомерите на (**1**). Означете какъв вид стереоизомери са един спрямо друг.

Задача 3

Натриев тетрахидридоборат (борхидрид; $NaBH_4$) се използва като изходно съединение в редица неорганични и органични синтези, като често $NaBH_4$ се превръща в H_3BO_3.

1. Напишете електронните формули за валентния слой на атом B в основно и във възбудено състояние. Каква е типичната валентност на B в неговите съединения?
2. Каква е структурата на BH_4^- и H_3BO_3 и каква е хибридизацията на валентните атомни орбитали на B в тях?

При синтез на сребърни наночастици във водна среда са смесени сребърна сол и алкален разтвор на $NaBH_4$. Протича следната реакция:

$$Ag^+ + BH_4^- + OH^- \rightarrow Ag + H_3BO_3 + H_2$$

3. Изравнете химичното уравнение с метода на електронния баланс и определете редуктора и окислителя.

4. Какви свойства (киселинни или основни) има H_3BO_3?

По горната реакция и в присъствие на тринатриев цитрат (стабилизатор) са получени сребърни наночастици със сферична форма и с радиус R_p равен на 10,0 nm.

5. Пресметнете колко сребърни атома (N) има в една такава наночастица. Имайте предвид, че атомният радиус на среброто R_{Ag} е 0,144 nm и сребърните атоми запълват 74,0 % от обема на наночастицата.

6. Изчислете плътността ρ (в g/cm^3) на метала сребро, като използвате данните от т. 5.

7. Пресметнете колко сребърни атома (N_S) има на повърхността на една такава наночастица, знаейки че сребърните атоми запълват 90,7 % от повърхността ѝ.

8. Каква част (N_S/N) от всички атоми са тези на повърхността на наночастицата? Как се изменя частта на повърхностните атоми с размера на наночастицата R_p?

9. Кое е термодинамично по-стабилното състояние на среброто: като обемен метал или във вид на наночастици? Отчетете, че атомите на повърхността са с по-висока енергия от тези изцяло в обема.

10. Как цитратните йони стабилизират сребърните наночастици? Вземете предвид, че цитратните йони се адсорбират на металната повърхност, и отчетете техния заряд.

Необходима информация: $N_A = 6{,}022\times10^{23}$ mol^{-1} $\quad S_{кръг} = \pi R^2$

$S_{сфера} = 4\pi R^2$ $\quad V_{кълбо} = 4\pi R^3/3$

Задача 4

Монотерпеновите въглеводороди, основна съставна част на етеричните масла, имат обща молекулна формула и са конституционни изомери помежду си.

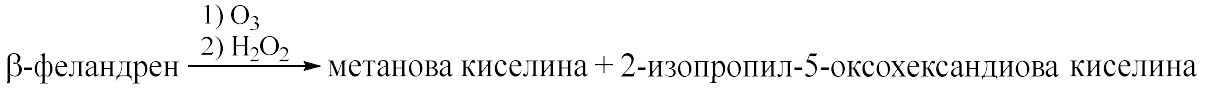
Представител на цикличните монотерпени е феландренът (**Ф**), който е разпространен в природата като две изомерни съединения, α-феландрен и β-феландрен.

За определяне на елементния му състав, 37,50 mg **Ф** са изгорени в кислородна атмосфера, при което са получени 121,1 mg CO_2 и 39,70 mg H_2O. Молната маса на съединението, определена чрез масспектрометрия, е 136,24 g/mol.

1. Определете молекулната формула на **Ф** чрез съответните пресмятания.

При каталитично хидрогениране (взаимодействие с водород в присъствие на катализатор Ni) на **Ф** се получава 1-изопропил-4-метилциклохексан (*n*-ментан). За установяване структурата на двата изомера на феландрена е използвана озонолиза*, която протича по следните схеми:

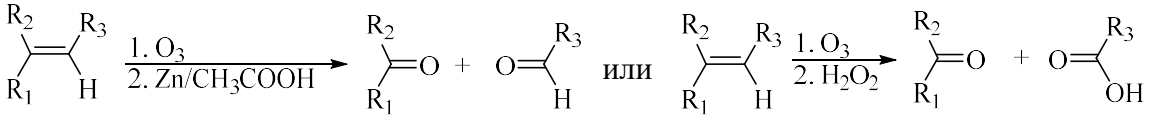
$$\alpha\text{-феландрен} \xrightarrow[2)\ H_2O_2]{1)\ O_3} \text{2-оксопропанова киселина} + \text{2-изопропилбутандиова киселина}$$



2. Запишете със структурни формули продуктите на озонолиза на α- и β-феландрен.
3. Запишете структурните формули на α- и β-феландрен. Върху всяка от формулите означете хиралния център. Като използвате клиновидни формули напишете енантиомерите на α-феландрен и на β-феландрен.
4. Напишете уравнението на реакцията на пълното хидрогениране на α-феландрен.
5. Какъв обем водород (в L) при 0°C и 1 atm е необходим за пълното хидрогениране на 7,50 g α-феландрен?

Допълнителна информация:

** Взаимодействието на алкени с озон се нарича озонолиза и се използва за „контролирано“ разкъсване на сложна връзка въглерод-въглерод.*



R_1, R_2, R_3 = Alkyl

V_m(0°C, 1 atm) = 22,4 L/mol

ПЕРИОДИЧНА ТАБЛИЦА НА ХИМИЧНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ

Период	1 IA												13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
	← Група →																	
1	1 H 1,0080	2 IIA																2 He 4,0026
2	3 Li 6,94	4 Be 9,0122											5 B 10,81	6 C 12,011	7 N 14,007	8 O 15,999	9 F 18,998	10 Ne 20,180
3	11 Na 22,990	12 Mg 24,305	3 IIIБ	4 IVБ	5 VБ	6 VIБ	7 VIIБ	8	9 ← VIIIБ →	10	11 IБ	12 IIБ	13 Al 26,982	14 Si 28,085	15 P 30,974	16 S 32,06	17 Cl 35,45	18 Ar 39,95
4	19 K 39,098	20 Ca 40,078	21 Sc 44,956	22 Ti 47,867	23 V 50,942	24 Cr 51,996	25 Mn 54,938	26 Fe 55,845	27 Co 58,933	28 Ni 58,693	29 Cu 63,546	30 Zn 65,38	31 Ga 69,723	32 Ge 72,630	33 As 74,922	34 Se 78,971	35 Br 79,904	36 Kr 83,798
5	37 Rb 85,468	38 Sr 87,62	39 Y 88,906	40 Zr 91,224	41 Nb 92,906	42 Mo 95,95	43 Tc (97)	44 Ru 101,07	45 Rh 102,91	46 Pd 106,42	47 Ag 107,87	48 Cd 112,41	49 In 114,82	50 Sn 118,71	51 Sb 121,76	52 Te 127,60	53 I 126,90	54 Xe 131,29
6	55 Cs 132,91	56 Ba 137,33	57 La 138,91	72 Hf 178,49	73 Ta 180,95	74 W 183,84	75 Re 186,21	76 Os 190,23	77 Ir 192,22	78 Pt 195,08	79 Au 196,97	80 Hg 200,59	81 Tl 204,38	82 Pb 207,2	83 Bi 208,98	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
7	87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 Ac (227)	104 Rf (267)	105 Db (268)	106 Sg (269)	107 Bh (270)	108 Hs (269)	109 Mt (277)	110 Ds (281)	111 Rg (282)	112 Cn (285)	113 Nh (286)	114 Fl (290)	115 Mc (290)	116 Lv (293)	117 Ts (294)	118 Og (294)

лантаноиди	57 La 138,906	58 Ce 140,12	59 Pr 140,91	60 Nd 144,24	61 Pm (145)	62 Sm 150,36	63 Eu 151,96	64 Gd 157,25	65 Tb 158,93	66 Dy 162,50	67 Ho 164,93	68 Er 167,26	69 Tm 168,93	70 Yb 173,05	71 Lu 174,97
актиноиди	89 Ac (227)	90 Th 232,04	91 Pa 231,04	92 U 238,03	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)

РЕД НА ЕЛЕКТРООТРИЦАТЕЛНОСТ

Cs < K< Na < Ba < Li < Ca < Mg < Zn < Al < Fe < Cu < Ag < Ni < Si < P < H < I < C < S < Br < Cl < N < O < F

РЕД НА ОТНОСИТЕЛНА АКТИВНОСТ

Li	K	Ba	Ca	Na	Mg	Al	H_2+2OH^-	Zn	Fe	Ni	Pb	**H_2**	Cu	$4OH^-$	Ag	Hg	$2H_2O$	$2Cl^-$	Au
Li^+	K^+	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Na^+	Mg^{2+}	Al^{3+}	$2H_2O$	Zn^{2+}	Fe^{2+}	Ni^{2+}	Pb^{2+}	**$2H^+$**	Cu^{2+}	O_2+2H_2O	Ag^+	Hg^{2+}	O_2+4H^+	Cl_2	Au^{3+}

Разтворимост във вода на соли, хидроксиди и киселини

катиони / аниони	H^+	NH_4^+	K^+	Na^+	Ag^+	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Zn^{2+}	Cu^{2+}	Pb^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Al^{3+}
OH^-		**Г**			**МР**		**СР**	**МР**	**МР**	**МР**	**МР**	**МР**	**МР**	**МР**
Cl^-					**МР**						**СР**			
Br^-					**МР**						**СР**			
I^-					**МР**					**МР***	**МР**		*	
S^{2-}	**Г**				**МР**				**МР**	**МР**	**МР**	**МР**	**МР**	**ВВ**
SO_3^{2-}	**Г**				**СР**	**МР**	**МР**	**СР**	**СР**		**МР**	**СР**		
SO_4^{2-}					**СР**	**МР**	**СР**				**МР**			
NO_3^-														
PO_4^{3-}					**МР**	**МР**	**МР**	**МР**	**МР**	**МР**	**МР**	**МР**	**МР**	**МР**
CO_3^{2-}	**Г**				**МР**	**МР**	**МР**	**МР**	**МР**	**МР**	**МР**	**МР**	**ВВ**	**ВВ**
CrO_4^{2-}					**МР**	**МР**			**МР**	**МР**	**МР**	**МР**	**МР**	

Г – Газ

МР – Малко разтворимо вещество

***** – Протича редокс реакция

СР – Средно разтворимо вещество

ВВ – Взаимодейства с вода

МР* – Малко разтворимо вещество, образувано след редокс реакция

Задача 1

1. Означаваме молната маса на елемента **А** с ***M*(А).**
   0,911 = 30,974/(30,974 + n×*M*(А))
   M(А) = 3,026/n и *M*(А) > 1
   Ако елементът **А** е едновалентен и n = 3, *M*(А) = 1,009 g/mol
   A_2 ≡ H_2; Б ≡ PH_3

2. $2P + 3H_2 \rightleftharpoons 2PH_3$ ур. (1)
   $PH_3 + HI \rightarrow PH_4I$ ур. (2)
   Равновесното количество фосфин в реакционния съд изчисляваме от данните за взаимодействието му с йодоводород по уравнение (2):
   $n(PH_3) = n(HI) = 40{,}0\times10^{-3}\times0{,}100 = 4{,}00\times10^{-3}$ mol
   Равновесното количество фосфор и водород в реакционния съд изчисляваме по уравнение (1):

	2P	+	$3H_2$	⇌	$2PH_3$
начало	6,19/30,974 = 0,200 mol		5,04/2,016 = 2,50 mol		0 mol
в хода на реакц.	– 0,004 mol		– 0,004×3/2 mol		+ 0,004 mol
при равновесие	0,200 – 0,004 = **0,196** mol		2,50 – 0,004×3/2 = **2,494** mol		**0,004** mol

3. Реакционната газова смес се състои от нереагиралия H_2 и получения PH_3 (равновесни количества).
   Общият брой молове на газовете при равновесие:
   $n_{total} = 2{,}494 + 0{,}004 = 2{,}498$ mol
   Молната част на PH_3 в реакционната смес при равновесие е:
   $\chi(PH_3) = (n(PH_3)/n_{total})\times100 = (4{,}00\times10^{-3}/2{,}498)\times100 =$ **0,160 %**
   $P_{total}V = n_{total}RT$
   $P_{total} = (n_{total}RT)/V = (2{,}498\times8{,}314\times623{,}15)/(3\times10^{-4}) = 431\times10^5$ Pa = 431 bar

$$K_p = \frac{\chi^2(PH_3)P_{total}^2}{\chi^3(H_2)P_{total}^3} = \frac{\chi^2(PH_3)}{\chi^3(H_2)P_{total}} = \frac{0{,}00160^2}{0{,}99840^3\times431} = 5{,}97\times10^{-9}$$

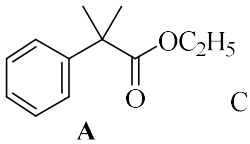
4. Добивът на фосфин α е:
   $\alpha(PH_3)$, % = (4,00×10^{-3}/0,200)×100 = **2,00 %**

5. Добивът на фосфин е изключително нисък даже при високи налягания.
   Използването на тази реакция за получаване на фосфин е **непрактично**.

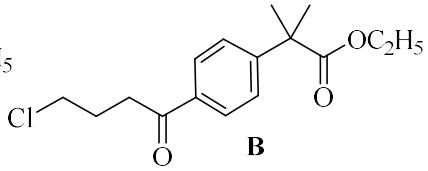
6. Валентните атомни орбитали на фосфорния атом във фосфин **не са в хибридно състояние.**
   Геометричната форма на молекулата на фосфина е **триъгълна пирамида**.

Задача 2 (25 точки)

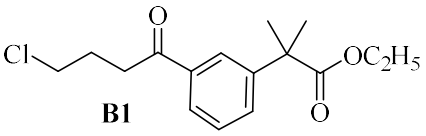
1. **Схема 1**:



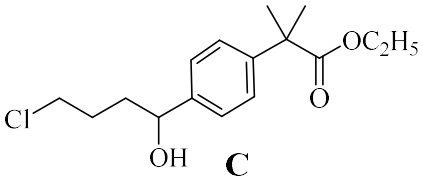
A



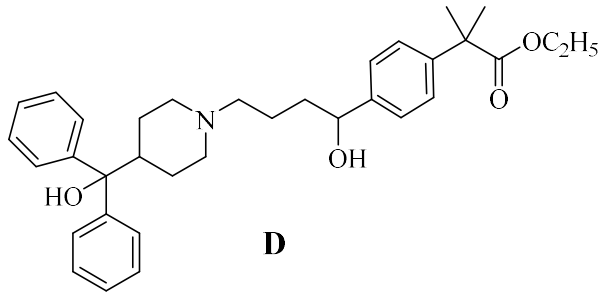
B



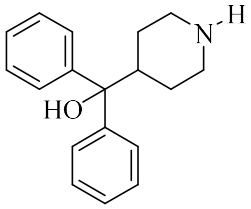
B1



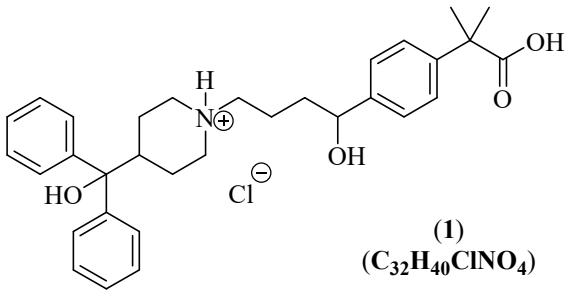
C



D

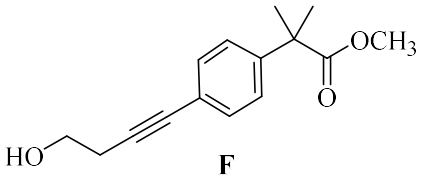


E
($C_{18}H_{21}NO$)

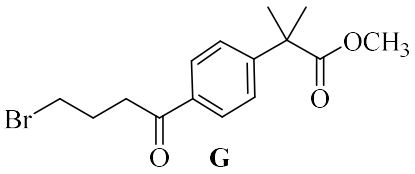


(1)
($C_{32}H_{40}ClNO_4$)

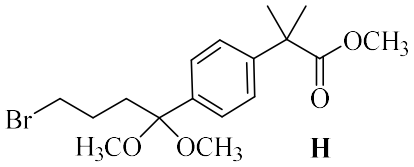
Схема 2:



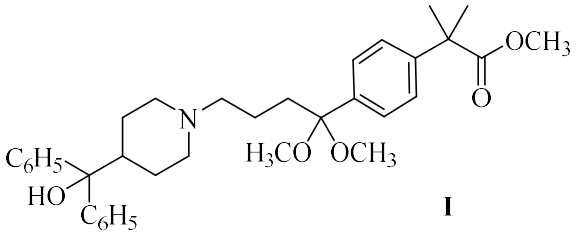
F



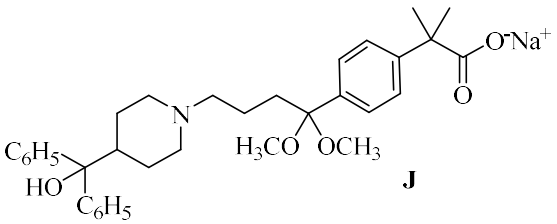
G



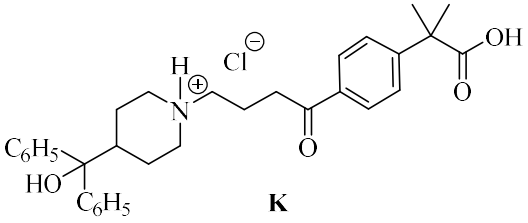
H



I

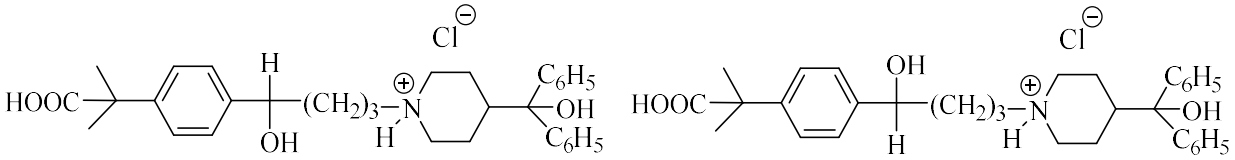


J



K

2. Стереоизомери на (**1**). Съединенията са енантиомери.



Задача 3

1. $2s^2 2p^1$ (в основно състояние) и $2s^1 2p^2$ (във възбудено състояние)

   Бор (B) проявява трета валентност в неговите съединения.

2. BH_4^- има тетраедрична структура; sp^3 хибридизация.

   H_3BO_3 има триъгълна (равнинна) структура; sp^2 хибридизация.

3. $4Ag^+ + BH_4^- + 3OH^- \rightarrow 4Ag + H_3BO_3 + 2H_2$

$$\begin{array}{l|c|l} \overset{+1}{\mathrm{Ag}} - \text{окислител}; \quad \overset{+1}{\mathrm{Ag}} + 1e^- \rightarrow \overset{0}{\mathrm{Ag}} & 4 & 4 \\ \overset{-1}{\mathrm{H}} - \text{редуктор}; \quad 4\overset{-1}{\mathrm{H}} - 4\times 1e^- \rightarrow 2\overset{0}{\mathrm{H}_2} & & 1 \end{array}$$

4. H_3BO_3 има киселинни свойства.

5. $$N = \frac{0,740 \times \frac{4}{3}\pi R_\mathrm{p}^3}{\frac{4}{3}\pi R_\mathrm{Ag}^3} = 0,740\left(\frac{R_\mathrm{p}}{R_\mathrm{Ag}}\right)^3 = 2,48\times 10^5$$

   Приемат се за верни всички отговори между $2,37\times 10^5$ и $2,59\times 10^5$.

6. $$\rho = \frac{M(\mathrm{Ag})}{V_\mathrm{m}(\mathrm{Ag})} = \frac{M(\mathrm{Ag})}{N_\mathrm{A}\frac{1}{0,740}\frac{4}{3}\pi R_\mathrm{Ag}^3} = 10,6\ \mathrm{g/cm^3}$$

7. $$N_\mathrm{S} = \frac{0,907\times 4\pi\left(R_\mathrm{p}-R_\mathrm{Ag}\right)^2}{\pi R_\mathrm{Ag}^2} = 4\times 0,907\left(\frac{R_\mathrm{p}-R_\mathrm{Ag}}{R_\mathrm{Ag}}\right)^2 = 1,70\times 10^4$$

   Приемат се за верни всички отговори между $1,65\times 10^4$ и $1,75\times 10^4$.

8. $$\frac{N_\mathrm{S}}{N} = \frac{4\times 0,907}{0,740}\left(\frac{R_\mathrm{p}-R_\mathrm{Ag}}{R_\mathrm{Ag}}\right)^2\left(\frac{R_\mathrm{Ag}}{R_\mathrm{p}}\right)^3 = 4,90\frac{R_\mathrm{Ag}}{R_\mathrm{p}}\left(1-\frac{R_\mathrm{Ag}}{R_\mathrm{p}}\right)^2 = 6,9\ \%$$

   Приемат се за верни всички отговори между 6,7 % и 7,1 %.

   Частта на повърхностните атоми намалява с увеличаване на R_p.

9. Термодинамично по-стабилното състояние на среброто е като обемен метал, тъй като при него незначителен процент от сребърните атоми са на повърхността.

10. Цитратните йони стабилизират наночастиците, като се адсорбират на тяхната повърхност и им придават отрицателен заряд. Едноименно заредените частици се отблъскват помежду си, *създавайки активационна бариера за тяхното превръщане (агрегиране) в обемен метал*.

Задача 4 (25 точки)

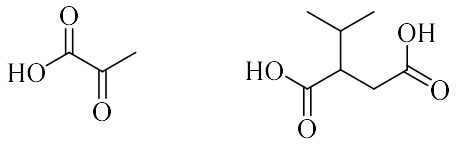
1. $$w(\mathrm{C}) = \frac{0{,}1211 \times 12{,}011}{44{,}009 \times 0{,}03750} \times 100 = 88{,}135\ \%$$

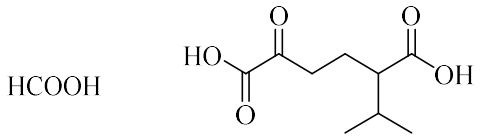
$$w(\mathrm{H}) = \frac{0{,}03970 \times 2 \times 1{,}008}{18{,}015 \times 0{,}03750} \times 100 = 11{,}847\ \%$$

$$n(\mathrm{C}) : n(\mathrm{H}) = \frac{88{,}135}{12{,}011} : \frac{11{,}847}{1{,}008} = 7{,}338 : 11{,}75 = 1 : 1{,}6 = 5 : 8$$

Емпиричната формула на **Ф** е: **C_5H_8.**
Молекулната формула на **Ф**, която отговаря на зададената молна маса е: **$C_{10}H_{16}$**

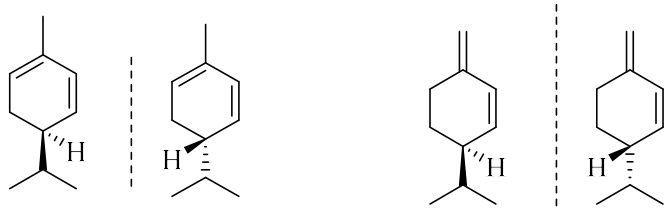
(M (**Ф**) = 10×12,011+16×1,008 = 136,24 g/mol)

2. 

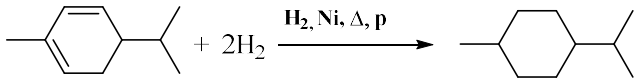


3. 

α-феландрен β-феландрен



α-феландрен β-феландрен

4. 

5.

n(α-Ф) = 7,50/136,24 = 0,0550 mol

$n(\mathrm{H_2}) = 2n$(α-Ф) = 2 × 0,0550 mol = 0,110 mol

Полученият H_2 при температура 0°C и налягане 1 atm заема:

$V(\mathrm{H_2}) = n(\mathrm{H_2}) \times V_\mathrm{m}$ = 0,110 mol × 22,4 L/mol = 2,46 L