

МОН, ЛП НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО ХИМИЯ И ОПАЗВАНЕ НА ОКОЛНАТА СРЕДА

Областен кръг, 16 февруари 2020 г.
Учебно съдържание XI - XII клас

Задача 1

Човек при покой вдишва около 7-8 литра въздух за минута и толкова издишва. Въздухът, който се вдишва, съдържа около 21% (об.) кислород. В издишания въздух кислородът е 16 % (об.), като е заменен с въглероден диоксид, обменен с кислорода в алвеолите на белите дробове.

1 Ако приемем, че $1/3$ от денонощието човек вдишва (и издишва) по 7 L въздух на минута, а през останалото време – по 8 L/min:

- Колко литра въздух е необходим на един човек за едно денонощие?
- Колко кислород консумира той за това време?

Химичен кислороден генератор е устройство, което отделя кислород в резултат на химична реакция. Такива устройства се използват в авиацията, в дихателни апарати за пожарникари и минни спасители, в подводници и др. Източникът на кислород в тези устройства обикновено е метален хлорат, пероксид или перхлорат, които след активиране (с подходяща запалка) се разлагат термично.

В пътническите авиолинии спешен кислород на пътниците се доставя от кислороден генератор, при аварийно понижаване на налягането в салона. За екипажа в пилотската кабина кислородът обикновено се подава от бутилки със сгъстен газ-кислород.

Бутилка за сгъстен газ с обем 10,0 L е напълнена с кислород при 15,0 °C до 187 bar налягане на газа в нея.

2 Колко литра кислород ще се освободят от нея при 15,0 °C и външно налягане 1,0 bar?

Активното ядро в генератора за пътниците е натриев хлорат (NaClO_3), смесен с 5% (мас.) бариев пероксид (BaO_2) и 1% (мас.) калиев перхлорат (KClO_4). След активиране на процеса контейнерът с реакционната смес се загрява достатъчно за термичното разлагане на всички компоненти на сместа.

- 3
- Изразете с химични уравнения процесите, които протичат при термичното разлагане на компонентите на сместа.
 - Контейнер съдържа 1,00 kg от сместа и кислородът от него се подава към 3 кислородни маски – предназначен е за трима души в пътническия салон.
 - Колко литра кислород (при 15,0 °C и 1 bar) ще се получат от един контейнер смес?
 - За колко време ще се осигурява по 5,0 L/min кислород на всеки от тримата?

4 Ще се получи ли повече кислород, ако вместо тази трикомпонентна смес се използва чист натриев хлорат? Обосновете отговора си.

Кислородните генератори обикновено съдържат и абсорбер на въглероден диоксид, като често това е филтър с литиев хидроксид.

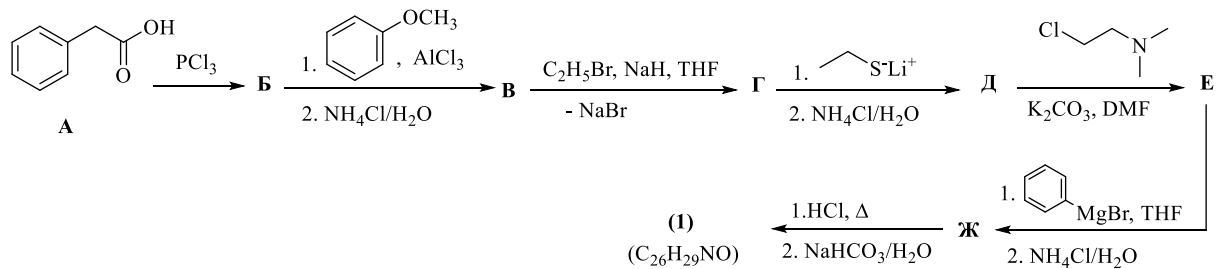
- 5 Изразете с химично уравнение химичния процес, който протича в абсорбер с литиев хидроксид.
- 6 Ако такъв абсорбер е зареден с 0,600 g литиев хидроксид, колко часа той може да очисти въздуха, издишан от един човек, от въглероден диоксид?

$$R = 0,08314 \text{ L bar K}^{-1} \text{ mol}^{-1}, 0 \text{ }^\circ\text{C} = 273,0 \text{ K}$$

Задача 2

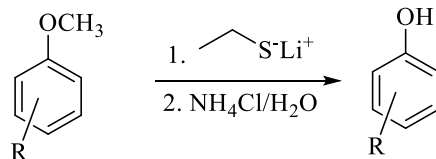
Съединението (1) се използва при лечението на рак на гърдата.

На схемата е представен метод за синтез на съединението (1):



За реагентите и реакциите от схемата е известно:

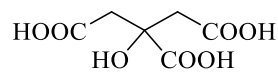
- Съединенията А – Ж и продуктът (1) са органични.
- В прехода (Б) → (В) се получава само по-малко запреченият продукт.
- В прехода (В) → (Г) NaH е база и съединенията В и етилбромид взаимодействат в молно отношение 1:1. При реакцията се създава σ-връзка въглерод-въглерод.
- Реагентът $C_2H_5S^-Li^+$ се използва за превръщане на метилфенилови етери във феноли по реакцията:



- DMF – N,N-диметилформаид и THF – тетраhydroфуран са разтворители.

1. Напишете химичните уравнения от схемата.
2. По схемата съединението (1) се получава като смес от стереоизомери. Напишете стереоизомерите на (1). Какъв вид стереоизомери са те?
3. Могат ли стереоизомерите на съединението (1) да се разделят посредством тънкослойна хроматография? Обосновете отговора си.

Търговският продукт на 1 се продава като цитрат (производно на лимонената киселина).



лимонена киселина

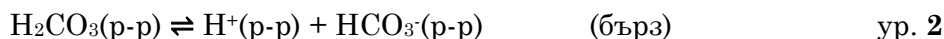
4. Напишете структурната формула на цитрата на (1) (молното отношение (1) : лимонена киселина е 1:1).

Задача 3

През 2019 г. концентрацията на въглеродния диоксид в атмосферата достига 415 ppm*, което означава, че парциалното налягане на газа ($p(\text{CO}_2(\text{г}))$) е 415×10^{-6} atm. Подобна концентрация на въглероден диоксид в атмосферата е имало в епохата на плиоцена – преди около 3 милиона години. След това нивото на CO_2 се е понижило и е останало под 300 ppm до настъпването на индустриалната революция.

1. Като приложите закона на Хенри, изчислете концентрацията (в mol/L) на разтворения в дестилирана вода въглероден диоксид ($[\text{CO}_2(\text{p-p})]$), ако приемете, че водата е съхранявана в отворен съд (при 1 atm) достатъчно дълго време през 2019 година при температура 25 °C. Константата на Хенри (K_{H}) за CO_2 и разтворител вода при 298 K е 0,0343 mol/(L atm).

Малка част от разтворения въглероден диоксид взаимодейства с вода и се образува въглеродна киселина. Взаимодействието е бавно, двустепенно и се установяват равновесия с участието на молекули и йони (втората дисоциационна степен на въглеродната киселина е пренебрегната):



Горните равновесия биха могли да се обединят:



Равновесната константа (K_{c}) на процеса, изразен с ур. 3, е $4,25 \times 10^{-7}$. Стандартните топлини на образуване ($Q_{\text{обр}}^0$) при 298 K на веществата/йоните, участващи в ур. 3, са дадени в таблицата по-долу:

Вещество/йон	$\text{CO}_2(\text{p-p})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{т})$	$\text{HCO}_3^-(\text{p-p})$	$\text{H}^+(\text{p-p})$
$Q_{\text{обр}}^0, \text{ kJ/mol}$	412,9	285,8	691,2	0,00

2. Изчислете равновесната концентрация на водородните йони и стойността на рН на разтвора от въпрос 1.
3. Изчислете топлинния ефект Q^0 на реакцията между разтворения въглероден диоксид $\text{CO}_2(\text{p-p})$ и водата $\text{H}_2\text{O}(\text{т})$ при 25 °C (ур. 3). Ендо- или екзотермична е реакцията?
4. Ако температурата, за която е достигнато равновесие 3, се повиши, докато концентрацията на разтворения въглероден диоксид се поддържа постоянна, рН на разтвора може да се промени. Направете оценка в каква посока ще се променят стойностите на K_{c} и равновесната концентрация на $\text{H}^+(\text{p-p})$, и обяснете дали рН ще се повиши или понижи.

*1 ppm (1 част CO_2 на един милион части въздух)

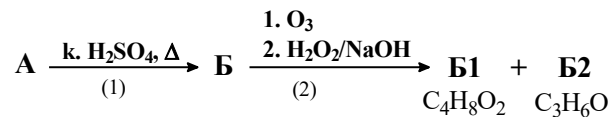
Задача 4

При разработване на растителен екстракт е изолирано съединението **A**, което няма пространствени изомери, не взаимодейства с NaOH и взаимодейства с Na.

За определяне молекулната формула на съединението са използвани данни от елементарен анализ и маспектрометрия. За целта 50,0 mg от **A** са изгорени в кислородна атмосфера, при което са отделени 0,1325 g CO₂ и 0,0620 g H₂O. Молната маса на съединението, определена чрез маспектрометрия, е 116,20 g/mol.

- Определете молекулната формула на **A**, като обосновайте отговора си със съответните пресмятания. Запишете към кой клас органични съединения принадлежи **A**, като за целта запишете и формулата на хомоложния ред на този клас съединения.

За определяне на структурната формула на **A** се използва следната последователност от превръщания:

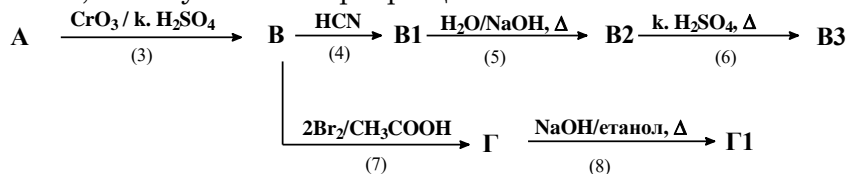


- Съединението **B** е единствен органичен продукт на преход (1) и взаимодейства с Br₂ в тетрахлорометан.

- Напишете структурните формули на съединенията **B**, **B₁** и **B₂**. Наименувайте органичното съединение **B** по IUPAC.

- Напишете структурната формула на съединението **A** и го наименувайте по IUPAC.

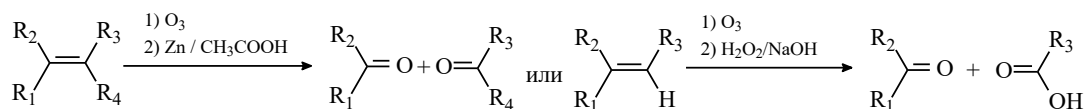
Съединението **A** се окислява от хромен (VI) оксид в присъствие на конц. сярна киселина до съединението **V**, което участва в превръщанията от схемата:



- Напишете уравненията на взаимодействията от схемата. Наименувайте органичното съединение **V** по IUPAC.

- Напишете структурните формули на всички изомери на съединението **B** (без пространствените), които **имат в структурата си един четвъртичен въглероден атом**.

За да решите задачата, използвайте информацията: взаимодействието на **B** с озон се нарича озонлиза и се прилага за „контролирано“ разцепване на двойна C=C връзка, като в зависимост от следващата обработка, се получават карбонилни съединения или карбоксилни киселини.



R₁, R₂, R₃ и R₄ = H, Alkyl:

ПЕРИОДИЧНА ТАБЛИЦА НА ХИМИЧНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ

Период	1	← Група →										13	14	15	16	17	18	
	IA											IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA	
1	1 H 1.008	2 IIA											5 B 10.811	6 C 12.011	7 N 14.001	8 O 15.999	9 F 18.998	10 Ne 20.18
2	3 Li 6.941	4 Be 9.012											13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.066	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
3	11 Na 23.000	12 Mg 24.305	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 ←	9 VIII B	10 →	11 IB	12 IIB	13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.066	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
4	19 K 39.098	20 Ca 40.078	21 Sc 44.956	22 Ti 47.88	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	26 Fe 55.847	27 Co 58.933	28 Ni 58.693	29 Cu 63.546	30 Zn 65.409	31 Ga 69.723	32 Ge 72.64	33 As 74.922	34 Se 78.96	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 95.94	43 Tc (99)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.906	46 Pd 106.42	47 Ag 107.868	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 132.905	56 Ba 137.33	57 La 138.906	72 Hf 178.49	73 Ta 180.948	74 W 183.85	75 Re 186.207	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.967	80 Hg 200.59	81 Tl 204.383	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
7	87 Fr (223)	88 Ra 226.025	89 Ac (227)	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og

лантаноиди	57 La 138.906	58 Ce 140.12	59 Pr 140.908	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 173.04	71 Lu 174.97
	актиноиди	89 Ac (227)	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238	93 Np 237	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (254)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (255)

РЕД НА ЕЛЕКТРООТРИЦАТЕЛНОСТ

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

РЕД НА ОТНОСИТЕЛНА АКТИВНОСТ

Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Fe, Ni, Pb, H², Cu, Hg, Ag, Au
 Li⁺, K⁺, Ba²⁺, Ca²⁺, Na⁺, Mg²⁺, Al³⁺, Zn²⁺, Fe²⁺, Ni²⁺, Pb²⁺, 2H⁺, Cu²⁺, Hg²⁺, Ag⁺, Au³⁺

Разтворимост във вода на соли, хидроксида 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 ⁻	X	Г			MP		CP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP
Cl ⁻					MP						MP			
Br ⁻					MP						MP			
I ⁻					MP					MP	MP			
S ²⁻	Г				MP				MP	MP	MP	MP	MP	BB
SO ₃ ²⁻	Г				CP	CP	CP	CP	CP		MP	CP		
SO ₄ ²⁻					CP	MP	CP				MP			
NO ₃ ⁻														
PO ₄ ³⁻					MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP
CO ₃ ²⁻	Г				MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	BB	
CrO ₄ ²⁻					MP	MP			MP	MP	MP	MP		

MP – Малко разтворимо вещество

CP – Средно разтворимо вещество

Г – Газ

BB – Взаимодействия с вода