

**Таблица с отговори на Първа част
Задачи 1-40**

1	а	б	в	г	д	21	а	б	в	г	д
2	а	б	в	г	д	22	а	б	в	г	д
3	а	б	в	г	д	23	а	б	в	г	д
4	а	б	в	г	д	24	а	б	в	г	д
5	а	б	в	г	д	25	а	б	в	г	д
6	а	б	в	г	д	26	а	б	в	г	д
7	а	б	в	г	д	27	а	б	в	г	д
8	а	б	в	г	д	28	а	б	в	г	д
9	а	б	в	г	д	29	а	б	в	г	д
10	а	б	в	г	д	30	а	б	в	г	д
11	а	б	в	г	д	31	а	б	в	г	д
12	а	б	в	г	д	32	а	б	в	г	д
13	а	б	в	г	д	33	а	б	в	г	д
14	а	б	в	г	д	34	а	б	в	г	д
15	а	б	в	г	д	35	а	б	в	г	д
16	а	б	в	г	д	36	а	б	в	г	д
17	а	б	в	г	д	37	а	б	в	г	д
18	а	б	в	г	д	38	а	б	в	г	д
19	а	б	в	г	д	39	а	б	в	г	д
20	а	б	в	г	д	40	а	б	в	г	д



XXV НАЦИОНАЛНО СЪСТЕЗАНИЕ
„ХИМИЯ И ОПАЗВАНЕ НА ОКОЛНАТА СРЕДА”



Видин– 2024

ВТОРА ЧАСТ

Задачи 41-50

Задача 41 (6 т.) *Огненото куче*

„ ... Да! Това беше куче! Огромно, черно като катран куче... От зиналата му уста излизаше огън, очите му пламтяха и изпускаха искри, а по муцуната му и по козината около главата и врата играеха пламъци ... от огромните му челюсти все още излизаше синкав пламък, а малките хлътнали зли очи бяха заобиколени с огнени кръгове. Докоснах с ръка светещата му муцуна и когато я отдръпнах, видях, че пръстите ми също светнаха, заблестяха в тъмнината.” (откъс от „Баскервилското куче“, Артър Конан Дойл, превод от английски Тодор Вълчев)

Без съмнение кучето е намазано със смес, в която се съдържа простото вещество **A**, което при съприкосновение с въздуха води до появата на огън и искри. Една от разновидностите му – **A1**, която е с молекулна кристална решетка и тетраедрична структура при нагряване може да се превърне в друга разновидност – **A2**, която е с аморфна структура.

а) Коя от двете разновидности се съдържа в сместа, с която е намазано кучето?

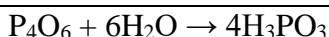
A1 (бял фосфор)

A2 (червен фосфор)

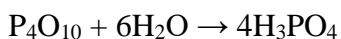
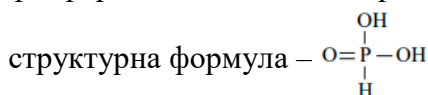
Отговор: A1 – бял фосфор

При горене на веществото **A** около кучето се усеща миризма на чесън и се получава вещество **B**, а при излишък на кислород – веществото **Г**. Димерите на веществата **B** и **Г** взаимодействат с вода, при което се получават съответно веществата **Д** и **Е**.

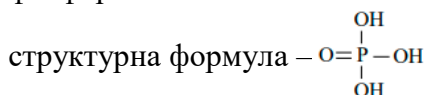
б) Напишете химичните уравнения на тези взаимодействия, наименованията и структурните формули на веществата **Д и **Е**.**



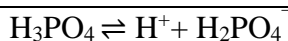
фосфориста киселина или фосфонова киселина



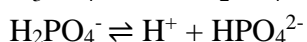
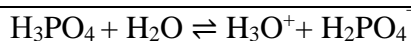
фосфорна киселина



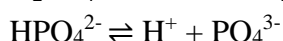
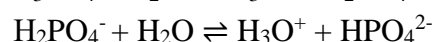
в) Изразете с химични уравнения степенната дисоциация на веществото **Е във воден разтвор.**



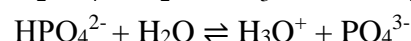
или



или

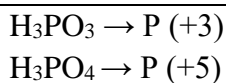


или



Един от химичните елементи проявява различна степен на окисление във веществата Д и Е.

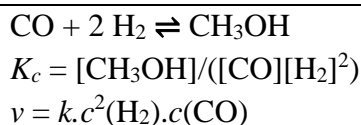
г) Определете степента на окисление на този химичен елемент и в двете вещества.



Задача 42 (6 т.) *Дървесен спирт*

Метанолът има множество приложения – като разтворител, прекурсор за многобройни синтети, добавка към автомобилните горива. Другото си име *дървесен спирт* дължи на метода, по който се е получавал в миналото – при суха дестилация на дърва. Днес той се получава главно чрез каталитично хидрогениране на въглероден оксид.

а) Изразете процеса на каталитично хидрогениране с химично уравнение и запишете израза за равновесната константа K_c и кинетичното уравнение на правата реакция, като приемете, че тя е с прост механизъм.



Реакцията е проведена в реактор с обем 1 m^3 при температура $250 \text{ }^\circ\text{C}$ и при наличие на катализатор. В реактора са въведени 1000 mol въглероден оксид и 2000 mol водород. При достигане на равновесието в реактора са се получили 800 mol метанол.

б) Пресметнете концентрацията на веществата в реактора в началния момент и при равновесното състояние. Запишете данните в таблицата.

	$c(\text{CO})$ [mol/L]	$c(\text{H}_2)$ [mol/L]	$c(\text{метанол})$ [mol/L]	
Начален момент	1	2	0	
Равновесно състояние	0,2	0,4	0,8	

в) Пресметнете равновесната константа при дадените условия.

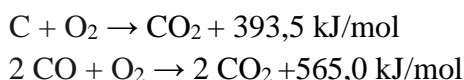
$$K_c = \frac{0,8}{0,4^2 \times 0,2} = 25$$

г) Пресметнете колко пъти е намаляла скоростта на правата реакция от началния момент до равновесното състояние, като приемете, че скоростната константа не се променя.

$$v_0/v_{\text{равн.}} = \frac{k \times 2^2 \times 1}{k \times 0,4^2 \times 0,2} = 125$$

125 пъти е намаляла скоростта

Даден е топлинният ефект на реакцията: $128,1 \text{ kJ/mol}$. Дадени са и топлинните ефекти на още две взаимодействия:



д) Като използвате данните, пресметнете топлината на образуване на метанол.

$$Q_0(\text{CH}_3\text{OH}) = Q_0(\text{CO}) + 128,1$$

$$Q_0(\text{CO}) = (2Q_0(\text{CO}_2) - 565,0)/2 = (2 \times 393,5 - 565,0)/2 = 111,0 \text{ kJ/mol}$$

$$Q_0(\text{CH}_3\text{OH}) = 111,0 + 128,1 = 239,1 \text{ kJ/mol}$$

е) Защо процесът не се провежда при по-ниска температура, например 20 °C?

Скоростта на всички процеси нараства с нарастване на температурата. Процесът ще протича с много ниска скорост при по-ниски температури.

Задача 43 (6 т.) *Тежка вода*

Химичният елемент водород съществува в природата като смес от три изотопа. Най-разпространеният е протият (^1H). Другите два изотопа на водорода са деутерий (^2H) и тритий (^3H), които често се отбелязват и като D и T, съответно. Масовото число на всеки един от изотопите е отбелязано в горния ляв ъгъл на знака на химичния елемент.

а) Запишете броя на протоните и неутроните в ядрата на всеки от описаните изотопи.

$$^1\text{H} - 1 \text{ протон}, 0 \text{ неутрон}; \quad ^2\text{H} - 1 \text{ протон}, 1 \text{ неутрон}; \quad ^3\text{H} - 1 \text{ протон}, 2 \text{ неутрона}$$

Тежката вода е химично съединение, изградено от деутериеви атоми и кислород. Ако само единият от водородните атоми в молекулата на водата е деутерий, водата се нарича *полутежка*. Съществува и *свръхтежка* вода – радиоактивна форма на водата, изградена от тритиеви атоми и кислород.

б) Запишете с химични формули описаните съединения и изчислете относителните им молекулни маси (закръглени до цяло число).

$$\text{тежка вода: } \text{D}_2\text{O}; \quad M_r = 2 \times 2 + 16 = 20$$

$$\text{полутежка вода: } \text{HDO}; \quad M_r = 1 + 2 + 16 = 19$$

$$\text{свръхтежка вода: } \text{T}_2\text{O}; \quad M_r = 2 \times 3 + 16 = 22$$

Тежката вода проявява същите химични свойства като водата, но реакциите с нейно участие протичат с по-ниска скорост.

в) Изразете с химично уравнение взаимодействието между натрий и тежка вода. Изчислете масата на отделения газ, ако масата на натрия е 0,46 g, тежката вода е в излишък и реакцията протича докрай.

$$2\text{Na} + 2\text{D}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOD} + \text{D}_2$$

$$n(\text{Na}) = \frac{m(\text{Na})}{M(\text{Na})} = \frac{0,46 \text{ g}}{23,0 \text{ g/mol}} = 0,020 \text{ mol}$$

$$n(\text{D}_2) = \frac{n(\text{Na})}{2} = \frac{0,020}{2} = 0,010 \text{ mol}$$

$$m(\text{D}_2) = 0,010 \times 4 = 0,040 \text{ g}$$

Задача 44 (6 т.) Дяволско съединение

Алуминиевият сулфат е много разтворимо във вода, бяло прахообразно вещество. От воден разтвор, при обикновена температура изкрystalизира под формата на кристалохидрата $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ – безцветни, иглести кристали със стипчив вкус. Алуминиевият сулфат се употребява като проклеиващо вещество при производство на хартия, за дъбене на кожи, в текстилната промишленост при багрене на тъкани, за избистряне на води и за импрегниране на дървесина.

а) Изчислете масата на кристалохидрат $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, съдържащ 38 g $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Отговора си представете в грамове, закръглени до цяло число.

$$\frac{m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)}{m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O})} = \frac{M(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)}{M(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O})}$$

$$M(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 342,3\text{g/mol}$$

$$M(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}) = 666,3\text{g/mol}$$

$$\frac{38\text{ g}}{m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O})} = \frac{342,3\text{g/mol}}{666,3\text{g/mol}}$$

$$m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}) = \mathbf{74\text{ g}}$$

б) Каква е масовата част, изразена в проценти, на алуминиев сулфат в разтвор, получен при разтварянето на половината от количеството на кристалохидрата от условие а) в 58 g вода?

$$w = \frac{m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)}{m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}) + m(\text{H}_2\text{O})}$$

$$\frac{74\text{g}}{2} = 37\text{g} \text{ (половината от кристалохидрата)}$$

$$\frac{m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)}{m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O})} = \frac{M(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)}{M(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O})}$$

$$\frac{m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)}{37\text{g}} = \frac{342,3\text{g/mol}}{666,3\text{g/mol}}$$

$$m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 19\text{ g}$$

$$w = \frac{19\text{g}}{37\text{g}+58\text{g}} = \mathbf{0,20 = 20\%}$$

в) Колко грама от този разтвор ще използвате, за да получите 150 g 6%-ен разтвор чрез разреждане с вода? Подкрепете отговора си с изчисления.

20% разтвор – 1
 6% разтвор – 2

$$m_1 \times w_1 + m(\text{H}_2\text{O}) \times w(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \text{ в } \text{H}_2\text{O}) = m_2 \times w_2$$

$$m_1 \times 0,2 + 0 = 150\text{ g} \times 0,06$$

$$m_1 = \mathbf{45\text{ g}}$$

Задача 45 (6 т.) *Електрохимични системи*

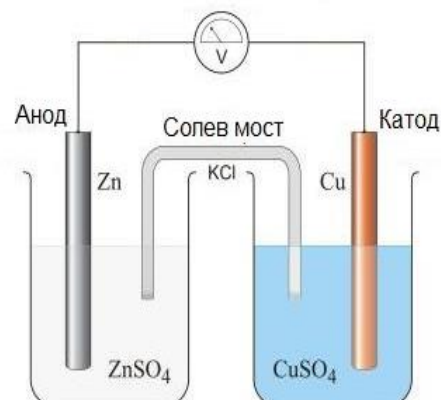
Фиг. 1

Голяма част от уредите, които използваме ежедневно, като смартфони, дистанционни устройства и други, работят с батерии.

Независимо от състава и функциите на батериите, принципът им на действие се основава на устройството, показано на фигура 1.

а) Как се нарича устройството, показано на фиг. 1?

Галваничен елемент (галванична клетка)



б) Изразете с уравнения полуреакциите на двата електрода. Как се нарича процесът, протичащ на всеки от електродите?

Анод (-) $Zn - 2e^- \rightarrow Zn^{2+}$ ($Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$), окисление

Катод (+) $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$, редукция

в) Изразете със сумарно уравнение окислително-редукционния процес.

$Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$

г) В каква посока (от кой към кой електрод) се движат електроните във външната верига?

От анода към катода.

д) От какъв в какъв вид се преобразува енергията в системата?

От химична в електрична енергия.

Задача 46 (6 т.) *Относителна влажност*

Силвия приготвя разтвор на NH_4NO_3 в стъклена чаша. Разбърква добре и изчаква достатъчно време, за да се установи равновесие в системата, а на дъното на чашата остават значително количество кристали от NH_4NO_3 . Силвия измерва температурата на разтвора и отчита $20,0\text{ }^\circ\text{C}$.

а) Какъв е разтворът в чашата – ненаситен, наситен или преситен? Имайки предвид данните за разтворимост в Табл. 1, изчислете молната част на NH_4NO_3 в разтвора.

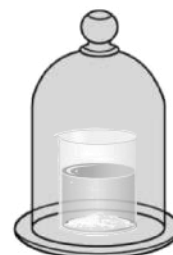
Таблица 1. Масова част на NH_4NO_3 в наситен воден разтвор при различни температури.

Температура, $^\circ\text{C}$	0	10	20	25	30	40	50
w, %	54,0	60,1	65,5	68,0	70,3	74,3	77,7

Разтворът е наситен.

$$x(\text{NH}_4\text{NO}_3) = \frac{n(\text{NH}_4\text{NO}_3)}{n(\text{NH}_4\text{NO}_3) + n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{\frac{65,5 \text{ g}}{80,0 \text{ g/mol}}}{\frac{65,5 \text{ g}}{80,0 \text{ g/mol}} + \frac{34,5 \text{ g}}{18,0 \text{ g/mol}}} = 0,299$$

Над чашата с разтвора на NH_4NO_3 Силвия поставя стъклен звънец, така че системата да е затворена. След няколко часа измерва с хигрометър относителната влажност на въздуха под звънеца и отчита 65%. На другия ден влажността е съвсем същата и Силвия разбира, че може да използва този разтвор за поддържане на постоянна относителна влажност на въздуха в затворената система. Относителната влажност представлява отношението на парното налягане на водните пари при дадена температура към парното налягане на наситени водни пари над чиста вода при същата температура.



б) За всяка от следните две ситуации отговорете каква би била относителната влажност при 20 °C в сравнение с описаната в текста горе. Обосновете отговора си.

- 1) Стъкленият звънец се премахва, изпарява се малко вода от разтвора, и звънецът отново се поставя над чашата;**
- 2) Стъкленият звънец се премахва, разтворът поема малко влага от въздуха, и звънецът отново се поставя над чашата;**

Ако се изпари вода, ще изкристализира част от разтвореното вещество и разтворът отново ще стане наситен и ще поддържа същата влажност.

Ако в разтвора водата се увеличи малко, ще се разтвори още малко от кристалите на дъното и разтворът отново ще стане наситен и ще поддържа същата влажност.

Силвия иска да изчисли при каква температура ще замръзне разтворът. Изчислява фактора на Вант Хоф (изотоничния коефициент) и намира в справочник колко е криоскопската константа на водата. Но после се сеца, че не може да изчисли температурата на замръзване въз основа на наличните данни.

в) Изчислете стойността на фактора на Вант Хоф i .

$$p(\text{H}_2\text{O}) = x(\text{H}_2\text{O}) \times p^0(\text{H}_2\text{O})$$

$$\text{Отн. влажност} = \frac{p(\text{H}_2\text{O})}{p^0(\text{H}_2\text{O})} = x(\text{H}_2\text{O}) = 0,65$$

$$x(\text{H}_2\text{O}) = \frac{n(\text{H}_2\text{O})}{i \times n(\text{NH}_4\text{NO}_3) + n(\text{H}_2\text{O})}$$

$$i = \frac{n(\text{H}_2\text{O}) \times (1 - x(\text{H}_2\text{O}))}{n(\text{NH}_4\text{NO}_3) \times x(\text{H}_2\text{O})} = \frac{n(\text{H}_2\text{O}) \times x(\text{NH}_4\text{NO}_3)}{n(\text{NH}_4\text{NO}_3) \times x(\text{H}_2\text{O})} = \frac{\frac{34,5 \text{ g}}{18,0 \text{ g/mol}} \times 0,35}{\frac{65,5 \text{ g}}{80,0 \text{ g/mol}} \times 0,65} = 1,26$$

г) **Защо не е възможно да се изчисли температурата на замръзване на разтвора въз основа на наличните данни?**

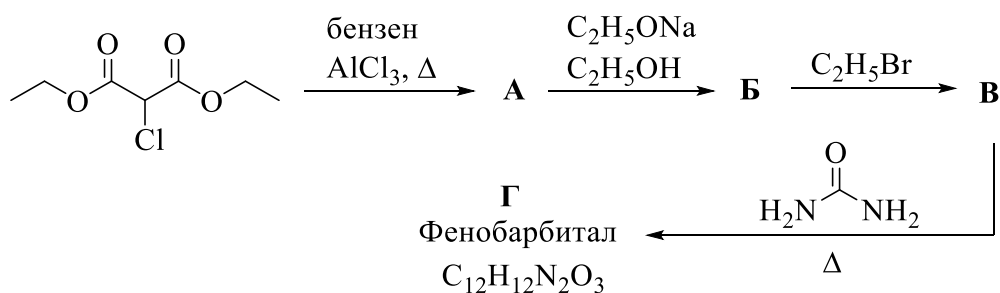
Колкото повече се охлажда разтворът, толкова повече NH_4NO_3 ще изкристализира. В таблицата няма данни за разтворимостта на солта при отрицателни температури.

Не е известно и каква би била стойността на фактора на Вант Хоф при по-ниски молалности.

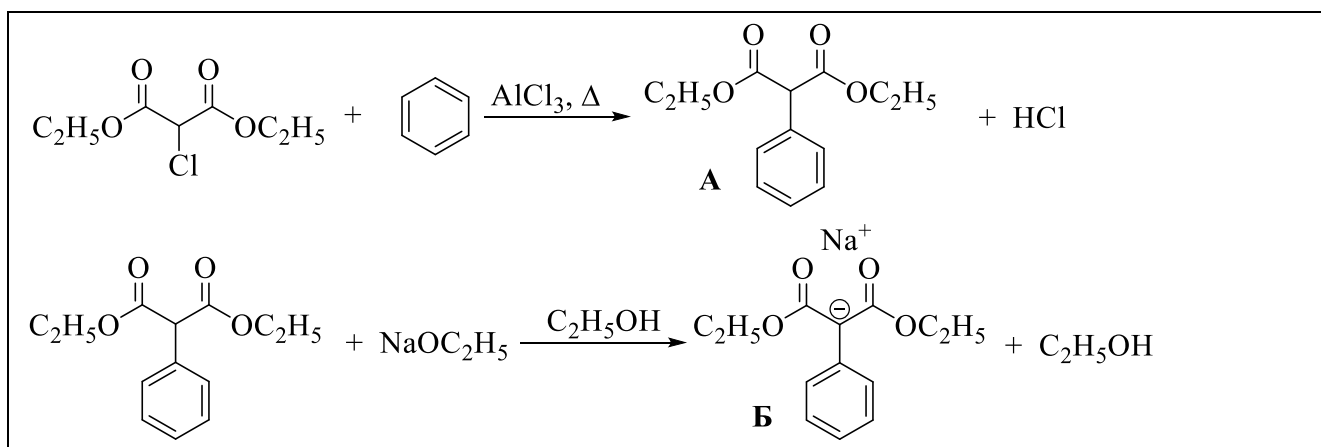
или Зависимостта $\Delta T_3 = K_f \times c_m \times i$ и най-вече самата K_f е в сила за разреждени разтвори.

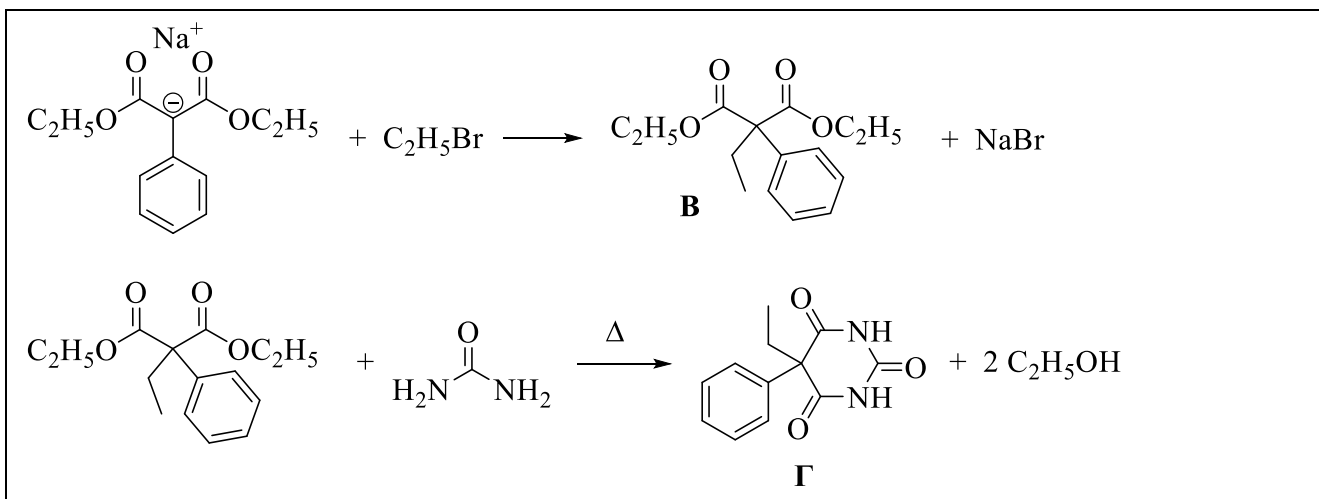
Задача 47 (6 т.) Фенобарбиталът

Фенобарбиталът, известен също като фенобарбитон е медикамент от типа на барбитуратите. Той се препоръчва от Световната здравна организация (СЗО) за лечение на някои видове епилепсия и припадъци при малки деца. Като синтетичен медикамент в индустрията са разработени три метода за синтез със сходна концепция. Предложеният подолу метод включва алкилиране на бензен по Фридел-Крафтс (продукт **А**), последвано от депротониране в α -положение под действие на натриев етоксид (продукт **Б**) и алкилиране с етилбромид (продукт **В**). Полученият междинен продукт **В** се подлага на кондензация с карбамид (урей) при нагряване. При тази кондензация се сформира шестчленен хетероцикъл **Г**, като от един мол **В** се отделя два мола етанол.



Напишете уравненията за всяко от посочените превръщания, като изразите съединенията от А до Г със структурни формули.

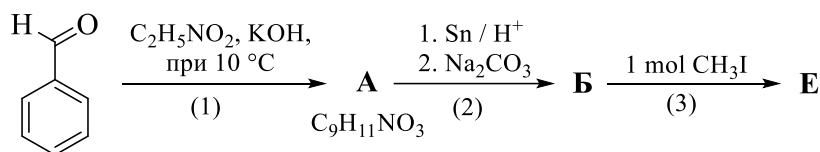




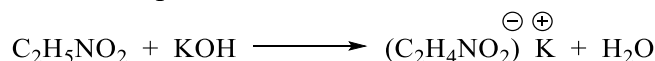
Задача 48 (6 т.) *Ефедринът - стимулант на Централната Нервна Система*

Ефедринът (Е, C₁₀H₁₅NO) е алкалоид, който се извлича растенията от *Ephedra sinica* и *Ephedra equisetina*. Действието му е свързано със стимулиране на нервната и мускулна активност. Използва се в медицината като съставна част от редица лекарствени препарати против кашлица, астма, понижено кръвно налягание и т.н.

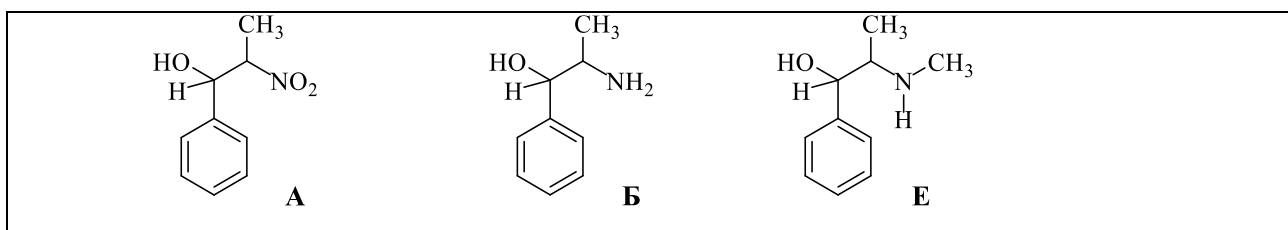
Синтетично Ефедрин може да се получи в три стадия по схемата:



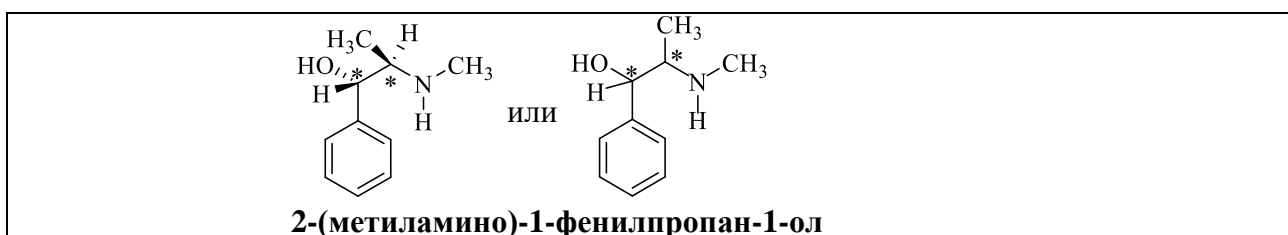
- В структурата на ефедрина (Е) има два стерео центъра (хирални въглеродни атома).
- (1) е процес на нуклеофилно присъединяване. Нуклеофилът се получава при взаимодействието на нитроетан с калиева основа:



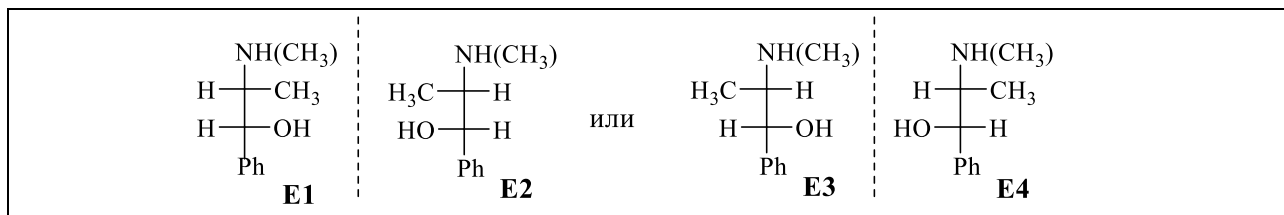
а) Напишете структурните формули на органичните съединения А, Б и Е.



б) Напишете структурната формула на Е, означете със звездички хиралните атоми в молекулата му и го наименувайте по IUPAC.



в) Като използвате фишерови проекционни формули, напишете структурите на възможните пространствени изомери на Е, като всяка от изписаните изомерни структури означите с буквата Е и арабско число (например - E1, E2 и т.н.).



г) Какъв вид пространствени изомери разпознавате сред изписаните от вас структури? Групирайте буквените означения, с които сте маркирали съответните структурни формули, по двойки и до всяка двойка запишете какъв вид изомери са те. (например означени като E1/E2 структури са позиционни изомери)

Изомерните двойки E1/E2 и E3/E4 са енантиомери.

Изомерните двойки E1/E3 и E1/E4 са σ -диастереомери.

Изомерните двойки E2/E3 и E2/E4 са σ -диастереомери.

Точката се присъжда ако е посочена поне една двойка енантиомери и една двойка диастереомери.

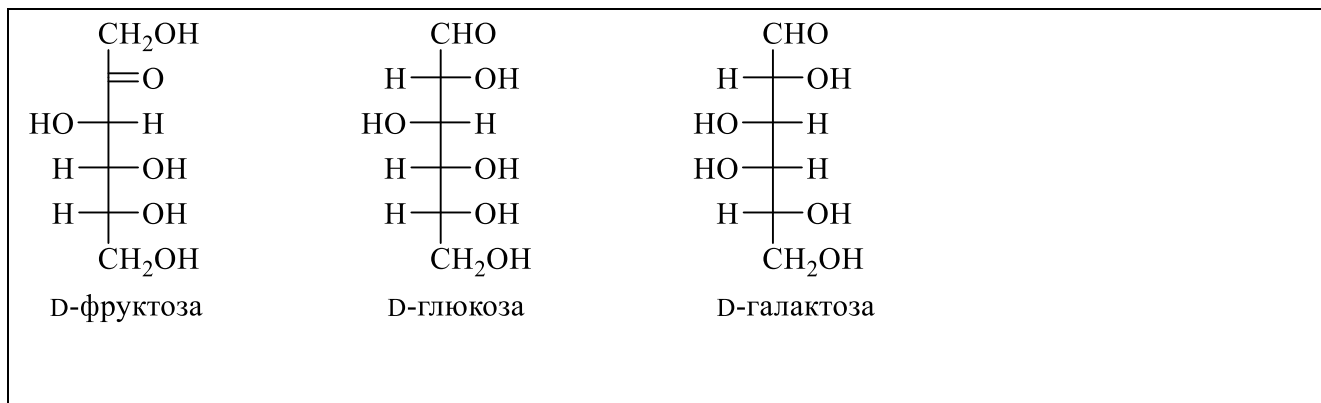
Ако е посочено само, че изомерите са два вида – енантиомери и диастереомери, без конкретен пример се присъжда само половин точка.

Задача 49 (6 т.) Рафинозата – полезен тризахарид

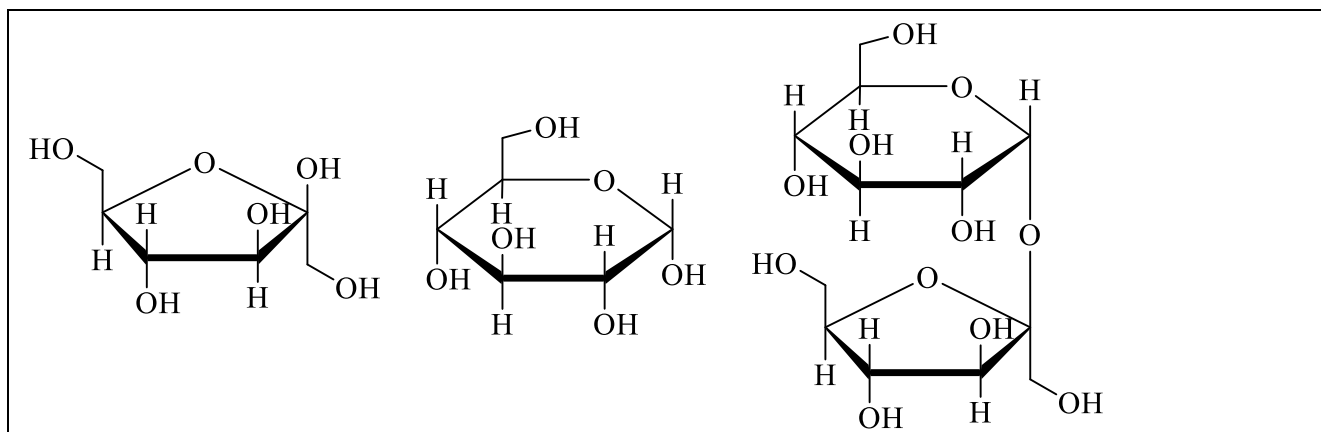
Рафинозата е тризахарид, изграден от D-фруктоза, D-глюкоза и D-галактоза. D-Галактозата е изомер на D-глюкозата, който се различава от нея само по конфигурацията на четвъртия въглероден атом. В структурата на рафинозата D-фруктозата участва със своята петчленна β -форма, а D-глюкозата и D-галактозата – със своите шестчленни α -форми. D-Глюкозата е свързана с D-фруктозата по същия начин, както са свързани в захарозата, а гликозидната група на D-галактозата е свързана за шестия въглероден атом в молекулата на D-глюкозата (1,6-свързване).

Рафинозата се среща в бобовите култури, зелето, аспержите и други зеленчуци. Тя не се усвоява от бозайниците, но се хидролизира до D-галактоза и захароза от микроорганизми в дебелото черво. Използва се за производство на сукралоза (изкуствен подсладител) и като съставка в пробиотици, и в продукти за грижа за кожата.

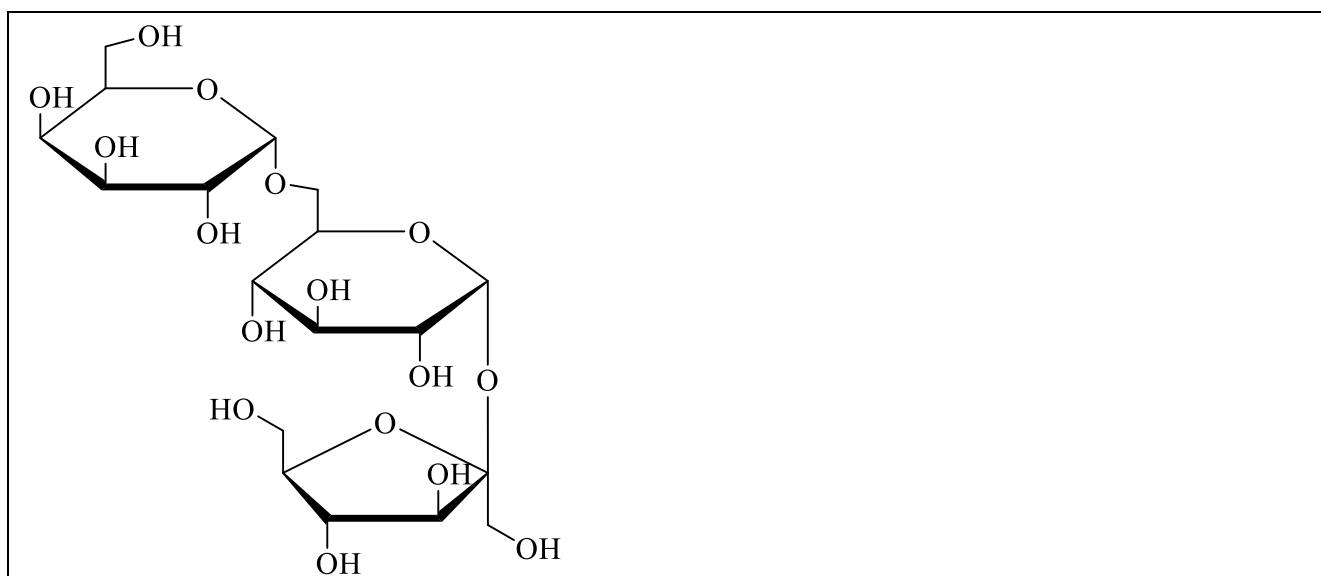
а) Изразете с фишерови проекционни формули D-фруктоза, D-глюкоза и D-галактоза.



б) С помощта на перспективни формули на Хауърд изобразете петчленната β -форма на D-фруктозата, шестчленната α -форма на D-глюкозата и захарозата.

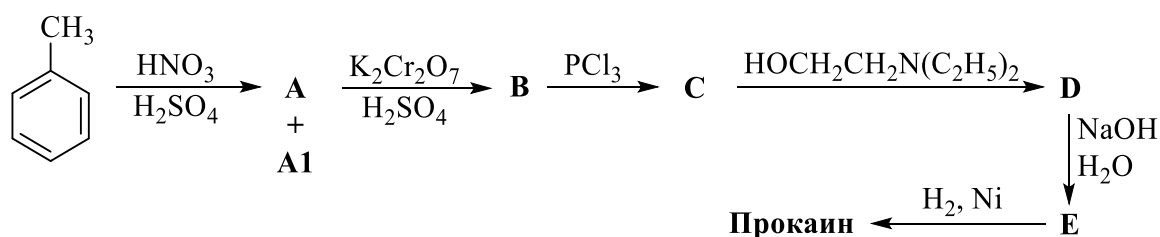


в) С помощта на перспективни формули на Хауърд изобразете рафинозата.



Задача 50 (6 т.) *Безболезнено посещение при стоматолога*

Прокаинът е местен анестетик, действащ главно чрез блокиране на натриевите канали. Той се използва основно в стоматологията, за да осигури изтръпване на областта около зъба. В структурата си прокаинът има дизаместено бензеново ядро, в което заместителите са разположени така, че да осигурят минимално пространствено пречене, и може да се синтезира по следната схема.



Изразете преходите от схемата с химични уравнения.

