

Десятый класс

В задание теоретического тура входит 6 задач, каждая из которых максимально оценивается в 20 баллов. При подсчете рейтинга участников в суммарном балле за теоретический тур учитываются баллы только ПЯТИ задач. Баллы за задачу с минимальным числом баллов не суммируются, то есть за теоретический тур можно получить максимум 100 баллов.

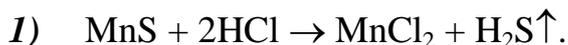
Задача 10-1 (авторы: Ильин М.А., Ельцов И.В.)

1-2. Можно предположить, что газ **В**, имеющий запах тухлых яиц – сероводород. Тогда, поскольку этот газ выделяется при взаимодействии **А** с раствором соляной кислоты, вероятно бинарное соединение **А** сульфид металла **М**. Обозначим формулу **А** в виде MS_x , а атомную массу металла **М** – m а.е.м. Тогда:

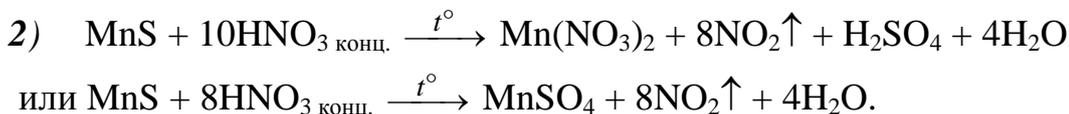
$$\omega(\text{M}) = \frac{m}{m + 32.07n} = 0.6315 \Rightarrow m = 0.6315m + 20.25n \Rightarrow \\ 0.3685m = 20.25n \Rightarrow m = 54.95n.$$

Перебирая целочисленные значения n , приходим к единственному разумному варианту при $n = 1$: **М** - Mn, а **А** – MnS.

При взаимодействии MnS с раствором соляной кислоты образуется практически бесцветный раствор MnCl_2 (**Б**) и выделяется H_2S (**В**):



Если MnS обработать концентрированной азотной кислотой при нагревании будет наблюдаться выделение бурого газа NO_2 (**Г**):

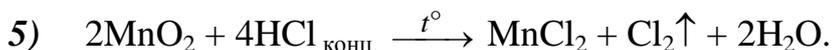


При добавлении водного раствора аммиака к раствору MnCl_2 образуется студнеобразный светло-розовый осадок $\text{Mn}(\text{OH})_2$ (**Д**), который на воздухе постепенно превращается в MnO_2 (**Е**):

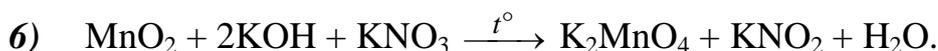


(вначале при окислении образуется $\text{MnO}(\text{OH})$, который затем превращается в оксид MnO_2)

При взаимодействии MnO_2 с концентрированной соляной кислотой при нагревании выделяется желто-зеленый газ Cl_2 (**Ж**):



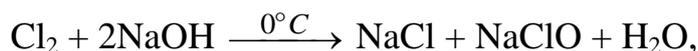
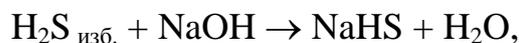
Если твердый MnO_2 сплавить с гидроксидом калия в присутствии нитрата калия (так называемая щелочная окислительная плавка) образуется K_2MnO_4 (**З**), водный раствор которого имеет зеленую окраску:



Манганаты устойчивы только в сильнощелочных растворах, при разбавлении водой они диспропорционируют с образованием MnO_2 и растворов перманганатов, т.е. **И** – KMnO_4 :



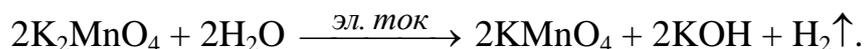
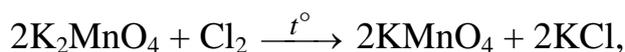
3. При взаимодействии сероводорода, диоксида азота и хлора с растворами щелочей в зависимости от условий проведения реакций (соотношение реагентов и температура) возможно протекание следующих реакций:



4. Уравнение реакции термического разложения твердого перманганата калия:



5. Уравнения реакций, соответствующих описанным способам получения KMnO_4 :



Система оценивания:

- | | |
|--|---------------------|
| 1. Состав соединения А (с расчетами)
(без расчетов ответ оценивается 0,5 балла) | 1 балл |
| 2. Формулы соединений Б – И по 0.5 балла
Уравнения реакций 1 – 7 по 1 баллу | 4 балла
7 баллов |
| 3. Уравнения пяти возможных реакций по 1 баллу | 5 баллов |
| 4. Уравнение реакции термолиза | 1 балл |
| 5. Два уравнения реакций получения KMnO_4 по 1 баллу | 2 балла |
| ИТОГО: 20 баллов | |

Задача 10-2 (автор: Трофимов И.А.)

1. Поскольку дано, что С – двухосновная кислота, запишем, что

$$C_C V_C = \frac{1}{2} C_{\text{NaOH}} V_{\text{NaOH}}$$

$$C_C = \frac{C_{\text{NaOH}} V_{\text{NaOH}}}{2 V_C} = \frac{0,0700 \text{M} \cdot 0,0197 \text{л}}{2 \cdot 0,02 \text{л}} = 0,0345 \text{M}.$$

Теперь рассчитаем молярную массу:

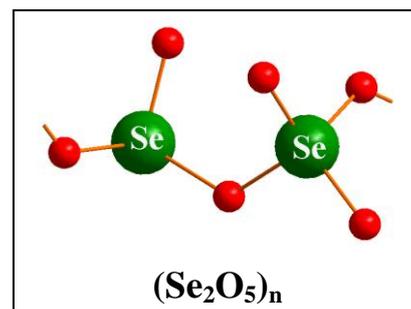
$$M_r = 1 \text{г} \cdot \frac{1 \text{л}}{0,2 \text{л}} \cdot \frac{1}{0,0345 \text{M}} = 145 \frac{\text{г}}{\text{моль}}.$$

Так как кислота двухосновная, молярная масса аниона составляет 143 г/моль. Запишем состав аниона как ЭO_x^{2-} , тогда для различных x :

x	$M(\text{Э})$
2	111
3	95 (Mo)
4	79 (Se)
5	63 (Cu)

Медь не подходит, т.к. для неё степень окисления +8 невозможна. С образуется при окислении перекисью водорода, что также исключает возможность образования Mo^{IV} . Лучше всего подходит Se, значит С – это

H_2SeO_4 . При обработке **C** оксидом фосфора (V), сильным обезвоживающим реагентом, образуется ангидрид селеновой кислоты **F** = SeO_3 .



В реакции **B** → **G** потеря массы составляет 14.42%, если предположить, что **B** и **G** это оксиды,

то потеря массы связана с кислородом, т.е. молярная масса **B** равна $\frac{16 \text{ г/моль}}{0.1442} = 110.96 \text{ г/моль}$, что соответствует составу SeO_2 , тогда **G** – это SeO , а **E** – H_2SeO_3 .

Вычислим молярные отношения, в которых реагируют SeO_2 и SeO_3 :

$$\frac{1 \text{ г}}{110.96 \text{ г/моль}} : \frac{1.144 \text{ г}}{126.96 \text{ г/моль}} = 1 : 1$$

Таким образом, **H** – это $\text{SeO}_2 + \text{SeO}_3 = \text{Se}_2\text{O}_5$. Строение Se_2O_5 изображено на рисунке¹.

Определим состав **D**. В исходных веществах содержатся элементы H, O, Se и Au. Если в формулу **D** входит 1 атом золота, то $M(\text{D}) = \frac{196.966}{0.4981} = 395.43 \text{ г/моль}$, следовательно, число атомов селена равно $\frac{395.43 \cdot 0.2995}{78.96} = 1.5$, значит, состав **D** может быть выражен формулой $\text{Au}_2\text{H}_x\text{Se}_3\text{O}_y$.

Т.к. на формульную единицу приходится 2 атома золота $M(\text{D}) = 790.86 \text{ г/моль}$. Из них на селен и золото приходится: $196.966 \cdot 2 + 78.96 \cdot 3 = 630.82 \text{ г/моль}$, т.е. на остальные элементы приходится $790.86 \text{ г/моль} - 630.82 \text{ г/моль} = 160.05 \text{ г/моль}$, что соответствует 10 атомам кислорода, поэтому **D** – $\text{Au}_2\text{Se}_3\text{O}_{10}$ или $\text{Au}_2(\text{SeO}_3)_2\text{SeO}_4^2$.



¹ Žák, Z. // Z. anorg. allg. Chem., (1980) Bd. 460, pp. 81–85, doi:10.1002/zaac.19804600108

² M.S. Wickleder, O. Büchner, C. Wickleder, Sh. Sheik, G. Brunklaus, H. Eckert // Inorg. Chem., (2004) V.43, Pp. 5860-5864, doi: 10.1021/ic049270z

Вещество **I** состоит из четырех элементов, судя по исходным веществам – это Na, S, Se и O, причем молярная масса $M(I) = 78.96 / 0.3852 = 204.98$, что соответствует формуле Na_2SeSO_3 .

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Se	SeO_2	H_2SeO_4	$\text{Au}_2\text{Se}_3\text{O}_{10}$ или $\text{Au}_2(\text{SeO}_3)_2\text{SeO}_4$	H_2SeO_3	SeO_3	SeO	Se_2O_5	Na_2SeSO_3

2. Уравнения реакций:

- 1) $2\text{Se} + 2\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{SeO}_2$;
- 2) $2\text{SeO}_2 \rightarrow 2\text{SeO} + \text{O}_2\uparrow$;
- 3) $\text{SeO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SeO}_3$;
- 4) $\text{SeO}_2 + 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Se} + 2\text{H}_2\text{SO}_4$;
- 5) $2\text{H}_2\text{SeO}_4 + \text{Se} \rightarrow 3\text{SeO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$;
- 6) $\text{SeO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SeO}_4$;
- 7) $2\text{Au} + 4\text{H}_2\text{SeO}_4 \rightarrow \text{Au}_2\text{Se}_3\text{O}_{10} + \text{H}_2\text{SeO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$;
- 8) $2\text{H}_2\text{SeO}_4 + \text{P}_4\text{O}_{10} \rightarrow 2\text{SeO}_3 + 4\text{HPO}_3$;
- 9) $4\text{SeO}_3 \rightarrow 2\text{Se}_2\text{O}_5 + \text{O}_2\uparrow$;
- 10) $\text{SeO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{H}_2\text{SeO}_3 + \text{Cl}_2\uparrow$;
- 11) $\text{SeO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SeO}_4$
- 12) $\text{Se} + \text{Na}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SeSO}_3$

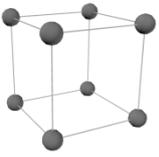
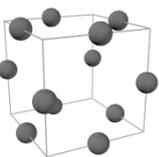
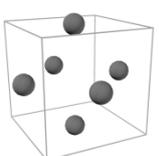
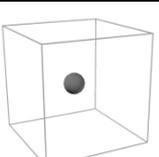
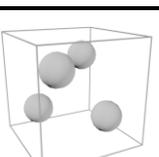
Система оценивания:

- | | |
|---|------------------|
| 1. Элемент X – 0.5 балла | 8 баллов |
| Вещества A – I по 0.5 балла | |
| Расчет состава B, C, D, G, H, I по 0.5 балла | |
| <u>Структуры веществ не оцениваются</u> | |
| 2. Уравнения реакций [1-12] по 1 баллу | 12 баллов |
| <u>ИТОГО:</u> 20 баллов | |

Задача 10-3 (авторы: Кузнецов Д.В., Долженко В.Д.)

Металл **Y** трехвалентный, из состава минерала $X_3Y_2Si_6O_{18}$ следует, что **X** – двухвалентный.

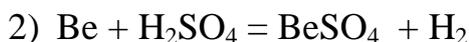
Это также можно заключить из состава карбида **X** в соответствии со структурой, изображенной на рисунке. Действительно в элементарной ячейке присутствует 4 типа атомов **X**, которые расположены а) в вершинах куба; б) в центре рёбер куба; в) в центре граней куба; г) в центре куба. Все они в различной степени принадлежат данной ячейке, так атом, расположенный в центре куба полностью принадлежит данной ячейке, атомы, расположенные на гранях принадлежат двум, на ребрах – четырём, а в вершинах – восьми ячейкам одновременно. При этом атомы углерода находятся внутри ячейки, а значит, принадлежат только ей.

Расположение в ячейке	Описание	Кол-во	Доля в ячейке	Принадлежит ячейке
	В вершинах	8	1/8	1
	В центрах рёбер	12	1/4	3
	В центрах граней	6	1/2	3
	В центре	1	1	1
	Внутри	4	1	4

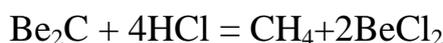
Таким образом, на ячейку приходится $(1+3+3+1=8)$ атомов **X** и 4 атома углерода, что соответствует формуле $\mathbf{X}_2\mathbf{C}$.

Диагональное сходство наиболее характерно для элементов начала первого и второго периода. Валентность **Y** равна трем, а **X** – двум, что соответствует $\mathbf{X} = \text{Be}$ (бериллий), $\mathbf{Y} = \text{Al}$ (алюминий), проявляющим амфотерные свойства.

1. Уравнения реакций Be с H_2SO_4 и NaOH :



2. Уравнения реакций карбида Be с раствором HCl :



3. Первое название – «глиций» от греческого γλυκύς гликос — сладкий, названия вещества *глицерин* и растения *глициния* происходят от того же корня.

4. Минерал $\mathbf{X}_3\mathbf{Y}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ называется бериллом, а драгоценные камни – это изумруд, аквамарин, гелиодор, воробьевит.

5. Белый осадок, образующийся при добавлении аммиака к растворам солей бериллия – это $\text{Be}(\text{OH})_2$ (вещество **A**). **C** образуется при взаимодействии гидроксида бериллия с KHCO_3 , значит, он может содержать в своем составе следующие элементы: **C**, **O**, **K**, **Be**, **H**.

Вещество **C** при 120°C , вероятно, теряет воду. При нагревании до 500°C происходит выделение CO_2 (газ **F**), т.к. получают данное вещество по реакции с гидрокарбонатом калия.

Рассчитаем молярную массу вещества **E**.

$$\nu(\text{CO}_2) = \frac{48.6 \cdot 10^{-3} \text{ л}}{22.4 \text{ л/моль}} = 2.17 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

Если $\nu(\text{CO}_2) = \nu(\mathbf{E})$, то $M(\mathbf{E}) = \frac{0.3 \text{ г}}{2.17 \cdot 10^{-3} \text{ моль}} = 138.25 \text{ г/моль}$, что соответствует K_2CO_3 .

Масса H_2O составляет 16.32%, при составе $\mathbf{C} = \mathbf{B} \cdot x\text{H}_2\text{O}$,

$$M(C) = \frac{x \cdot 18^2 / \text{моль}}{0.1632} = x \cdot$$

$$110.294^2 / \text{моль}.$$

Масса выделившегося при нагревании до 500°C CO₂ составляет 17.08%, предполагая, что на формульную единицу выделяется n молекул CO₂,

$$M(C) = \frac{n \cdot 44^2 / \text{моль}}{0.1708} = n \cdot 257.611^2 / \text{моль}$$

$$x \cdot 110.294 = n \cdot 257.611$$

$$\frac{x}{n} = \frac{257.611}{110.294} = 2.33 = \frac{7}{3}$$

Тогда $M(C) = 7 \cdot 110.294 = 772 \text{ г/моль}$, причем при разложении 1 моль C, образуется смесь D и K₂CO₃ массой 514 г. Доля K₂CO₃ составляет 80.56%, следовательно,

$$m(D) = 514 \cdot (1 - 0.8056) = 99.92 \text{ г}$$

При разложении соединений бериллия образуется оксид состава BeO.

Таким образом, на 1 моль C приходится $\frac{99.92 \text{ г}}{25 \text{ г/моль}} \approx 4$ моль BeO,

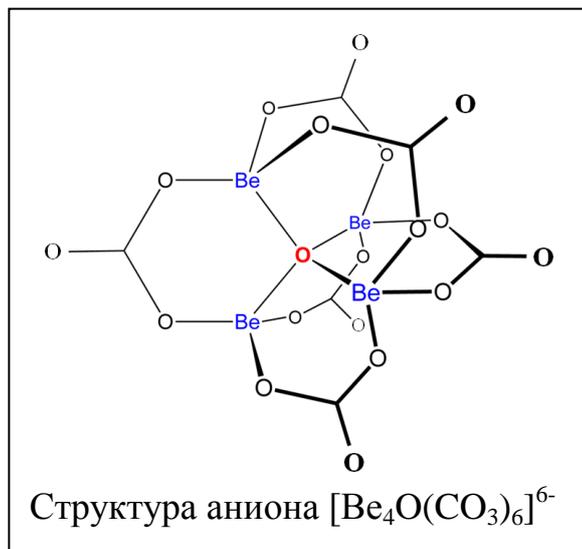
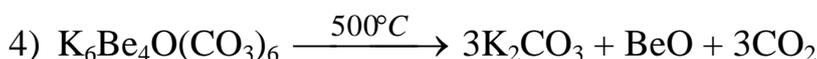
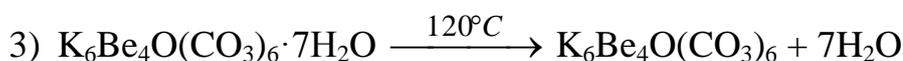
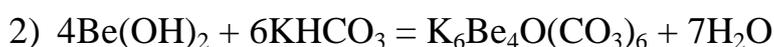
$\frac{0.8056 \cdot 514 \text{ г/моль}}{138.2 \text{ г/моль}} \approx 3$ моль K₂CO₃ и как ранее было установлено 3 моль CO₂ и

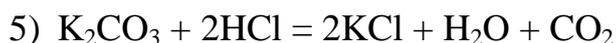
7 моль H₂O.

Состав C может быть выражен следующей формулой: K₆Be₄O(CO₃)₆·7H₂O.

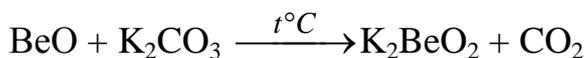
А	В	С	D	E	F
Be(OH) ₂	K ₆ Be ₄ O(CO ₃) ₆	K ₆ Be ₄ O(CO ₃) ₆ ·7H ₂ O	BeO	K ₂ CO ₃	CO ₂

Уравнения реакций:

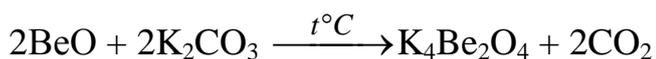




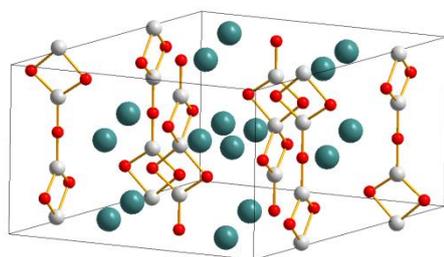
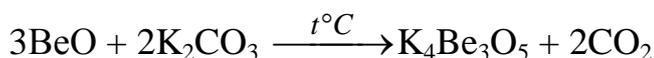
В силу амфотерности бериллия при взаимодействии с карбонатом калия образуется бериллат калия:



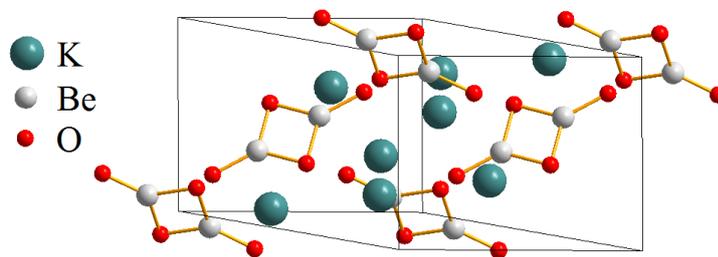
или



или



Структура $\text{K}_4\text{Be}_3\text{O}_5$ ³



Структура $\text{K}_4\text{Be}_2\text{O}_4$ ⁴

Система оценивания:

1	Металлы X и Y по 1 баллу	2 балла
2	Уравнения реакций X с H_2SO_4 и NaOH по 1 баллу	2 балла
3	Уравнение реакции Be_2C с HCl , если состав карбида указан неверно – 0 баллов	1 балл
4	Историческое название бериллия	1 балл
5	Любое верное название драгоценного камня	1 балл
6	Состав веществ A - F по 0.5 балла	3 балла
6	Расчет состава B, C, D, E по 1 баллу	4 балла
7	Уравнения реакций 1 - 5 по 1 баллу	5 баллов
8	Реакция между D и E	1 балл
	ИТОГО:	20 баллов

³ Schuldt, D. and Hoppe, R. *Ein neues Oxoberyllat: $\text{K}_4[\text{Be}_3\text{O}_5]$* // Z. anorg. allg. Chem., (1990) Bd. 591, S. 199–208. doi:10.1002/zaac.19905910124

⁴ Kastner P., Hoppe R.: *Das erste Oxoberyllat mit Inselstruktur: $\text{K}_4[\text{Be}_2\text{O}_4]$* // Naturwissenschaften (1974) Bd. 61, S. 79. doi: 10.1007/BF00596202

Задача 10-4 (авторы: Романов А.С., Сальников О.Г.)

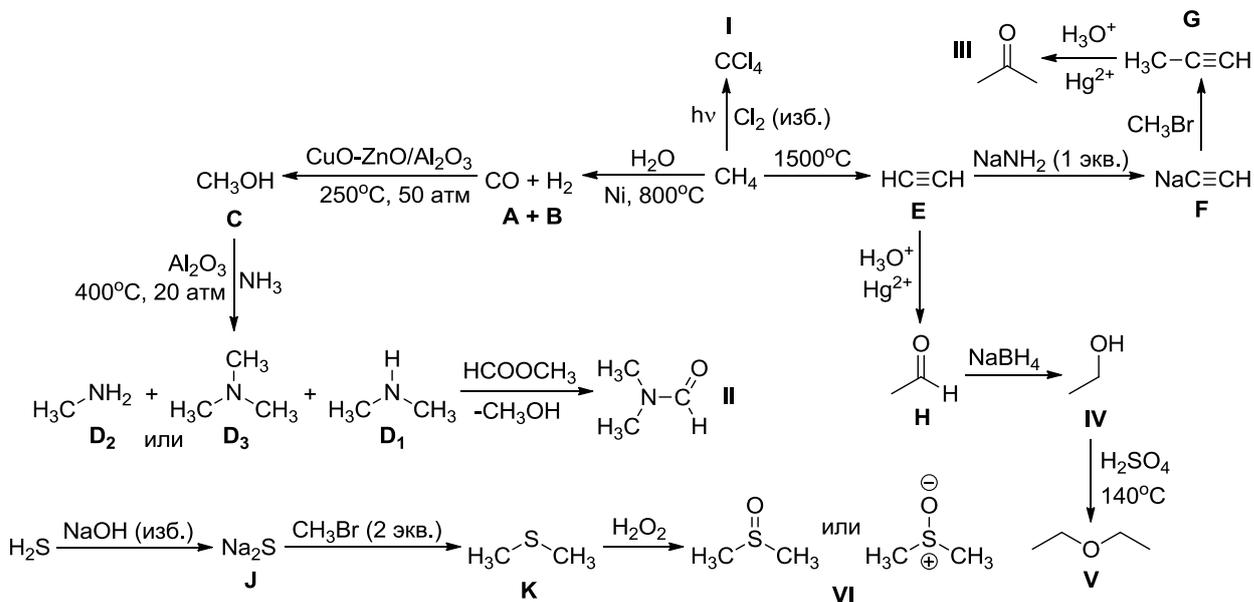
1-2. Получение растворителя **I** – это хлорирование метана при облучении. По содержанию углерода можно рассчитать молярную массу $M(\mathbf{I}) = 12/0,078 = 153,8$ г/моль, что соответствует $\mathbf{I} = \text{CCl}_4$.

Первая реакция в синтезе растворителя **II** представляет собой промышленный процесс получения синтез-газа – смеси CO и H_2 (вещества **A** и **B**; засчитываются оба возможных варианта $\mathbf{A} = \text{CO}$, $\mathbf{B} = \text{H}_2$ и $\mathbf{A} = \text{H}_2$, $\mathbf{B} = \text{CO}$). Далее при пропускании синтез-газа над оксидным катализатором $\text{CuO-ZnO/Al}_2\text{O}_3$ образуется метанол **C**, являющийся одним из основных продуктов, получаемых из синтез-газа. Судя по брутто-формуле **II**, вещество **D₁** должно содержать в своей структуре один атом азота. Тогда его молярная масса $M(\mathbf{D}_1) = 14/0,311 = 45$ г/моль. На остальные возможные элементы, кроме азота, приходится $45 - 14 = 31$ г/моль. Тогда возможные варианты брутто-формулы **D₁** – CH_3NO или $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$, возможные структурные формулы – $\text{CH}_3\text{-N=O}$, $\text{NH}_2\text{-CH=O}$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$ или $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$. Из приведённых вариантов только диметиламин можно получить при взаимодействии метанола с аммиаком. Таким образом, $\mathbf{D}_1 = (\text{CH}_3)_2\text{NH}$. Логично предположить, что другими продуктами этой реакции могут быть метиламин CH_3NH_2 и триметиламин $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ (вещества **D₂** и **D₃**; засчитываются оба возможных варианта $\mathbf{D}_2 = \text{CH}_3\text{NH}_2$, $\mathbf{D}_3 = (\text{CH}_3)_3\text{N}$ и $\mathbf{D}_2 = (\text{CH}_3)_3\text{N}$, $\mathbf{D}_3 = \text{CH}_3\text{NH}_2$), так как алкилирование аммиака крайне сложно провести селективно с образованием диметиламина. Наконец, при взаимодействии диметиламина с метиловым эфиром муравьиной кислоты получают широко используемый в органическом синтезе растворитель **II** – *N,N*-диметилформамид.

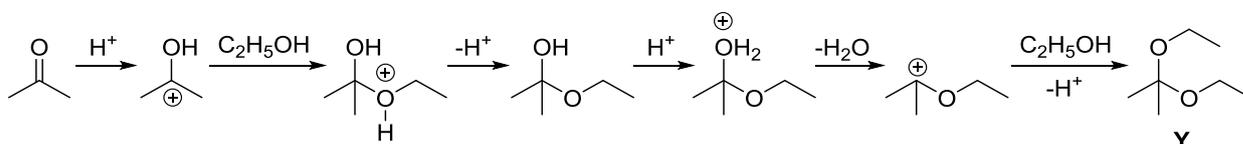
Схема синтеза растворителей **III–V** начинается с получения ацетилена ($\mathbf{E} = \text{C}_2\text{H}_2$) высокотемпературным пиролизом метана. Для синтеза растворителя **III** далее получают монозамещённую соль ацетилена **F** действием одного эквивалента амида натрия NaNH_2 , которую затем алкилируют метилбромидом. Полученный при этом пропин **G** вводят в реакцию Кучерова (гидратация

алкинов в кислой среде в присутствии солей ртути(II)), что приводит к образованию ацетона **III**. Гидратация ацетилена **E** по Кучерову позволяет получить ацетальдегид **H**. Далее **H** восстанавливают до этилового спирта **IV** с помощью боргидрида натрия. Нагревание **IV** с серной кислотой приводит к образованию диэтилового эфира **V** (другие возможные продукты взаимодействия этанола с серной кислотой не используются в качестве растворителей).

Для получения растворителя **VI** сероводород вводят в реакцию с избытком щёлочи, что приводит к образованию сульфида натрия **J** = Na₂S. При его взаимодействии с двумя эквивалентами метилбромида образуется диметилсульфид **K**, который далее окисляют пероксидом водорода до диметилсульфоксида **VI** (структуру продукта можно установить исходя из заданной в условии брутто-формулы).



3. Из представленных в задаче растворителей **I–VI** в присутствии кислотного катализатора реагировать между собой могут только этанол и ацетон с образованием соответствующего кетала **Y**:



Система оценивания:

- 1-2 По 1 баллу за каждое верно определенное вещество **18 баллов**
(в случае органических веществ – в виде структурных формул) 18 в-в × 1 балл
- 3 Правильный выбор пары растворителей – 1 балл. **2 балла**
Структурная формула продукта – 1 балл

ИТОГО: 20 баллов

Задача 10-5 (авторы: Каргов С.И., Ерёмин В.В.)

1. Количество CS_2 в растворе равно

$$v(\text{CS}_2) = \frac{68.4}{76} = 0.90 \text{ моль.}$$

По закону Рауля мольная доля CS_2 в растворе равна

$$x = \frac{P}{P^*} = \frac{345.6}{360} = 0.960,$$

С другой стороны, мольная доля CS_2 в растворе по определению равна

$$x(\text{CS}_2) = \frac{v(\text{CS}_2)}{v(\text{CS}_2) + v(\text{в - ва})},$$

или

$$0.960 = \frac{0.90}{0.90 + v(\text{в - ва})},$$

откуда $v(\text{в-ва}) = 0.0375$ моль. Молярная масса простого вещества:
 $M = 9.60 / 0.0375 = 256$ г/моль. Такой молярной массе соответствует **сера S_8** .

2. а). Обозначим давление пара чистого первого вещества P_1 , а второго – P_2 . Тогда, применяя закон Рауля к двум растворам, получим систему уравнений:

$$\begin{cases} 714.8 = 0.2P_1 + 0.8P_2 \\ 1191.2 = 0.8P_1 + 0.2P_2 \end{cases}.$$

$P_1 = 1350$ Торр, $P_2 = 556$ Торр.

б). Возьмём x моль первого вещества и $(1-x)$ моль – второго. Чтобы раствор закипел, давление паров над ним должно быть равно атмосферному:

$$xP_1 + (1-x)P_2 = P_{\text{атм}},$$

$$1350x + 556(1-x) = 760,$$

откуда $x = 0.257$. Мольное соотношение веществ: $0.257 : (1 - 0.257) = 1 :$

2.89.

3. а). Глюкоза – вещество нелетучее, давления пара над раствором не создаёт. Если бы 20 % было мольной долей глюкозы, то мольная доля воды составила бы 80 % и давление над раствором было бы равно $17.54 \cdot 0.8 = 14.03$ Торр, что не соответствует условию. Следовательно, 20 % – **массовая доля** глюкозы.

б). Рассчитаем мольные доли хлорида натрия и воды в 5%-м растворе соли. Для этого возьмем 100 г раствора:

$$x(\text{NaCl}) = \frac{v(\text{NaCl})}{v(\text{NaCl}) + v(\text{H}_2\text{O})} = \frac{\frac{5}{58.5}}{\frac{5}{58.5} + \frac{95}{18}} = 0.016,$$

откуда $x(\text{H}_2\text{O}) = 1 - 0.016 = 0.984$. Ожидаемое давление над раствором: $0.984 \cdot 17.54 = 17.26$ Торр. Экспериментальное значение меньше, следовательно мольная доля нелетучих частиц в растворе больше, чем 0.016. Это приводит к мысли об электролитической диссоциации NaCl:



Измеряя давление пара, можно определить число нелетучих частиц в растворе и определить степень диссоциации соли. Конкретный расчёт в этой задаче не требуется.

Система оценивания

- | | | |
|----|--|-----------------|
| 1. | Расчёт количества CS_2 – 1 балл | 6 баллов |
| | Расчёт мольной доли CS_2 по закону Рауля – 1 балл | |
| | Расчёт количества простого вещества – 1 балл | |
| | Расчёт молярной массы простого вещества – 1 балл | |
| | Определение формулы вещества – 2 балла | |
| 2. | а). Составление системы уравнений – 2 балла | 8 баллов |
| | Нахождение давлений – 2 балла | |
| | б). Запись закона Рауля – 2 балла | |
| | Расчёт мольной доли – 1 балл | |
| | Расчёт отношения молей – 1 балл | |
| 3. | а). Идея о том, что глюкоза не даёт пара – 1 балл | 6 баллов |
| | Определение массовой доли с обоснованием – 2 балла
(ответ без обоснования – 0 баллов) | |
| | б). Расчёт ожидаемого давления и идея диссоциации – 2 балла | |
| | Указание на возможность определить степень диссоциации –
1 балл | |

ИТОГО: 20 баллов

Задача 10-6 (автор: Курашин Б.К.)

1. Найдём моляльность растворов A_1 и B_1 :

$$m(A_1) = \frac{\Delta T(A_1)}{K_f} = \frac{0,310}{1,86} = 0,167 \text{ моль на кг растворителя}$$

$$m(B_1) = \frac{\Delta T(B_1)}{K_f} = \frac{0,244}{1,86} = 0,131 \text{ моль на кг растворителя}$$

Значит, в 100 г воды (или в 0,1 кг) были растворены порции A_1 и B_1 , количество вещества в которых равно:

$$n(A_1) = 0,167 \cdot 0,1 = 0,0167 \text{ моль}$$

$$n(B_1) = 0,131 \cdot 0,1 = 0,0131 \text{ моль}$$

Найдём молярные массы A_1 и B_1 , исходя из того, что массы взятых веществ были равны 1 г:

$$M(A_1) = \frac{1 \text{ г}}{0,0167 \text{ моль}} = 60 \text{ г/моль}$$

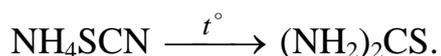
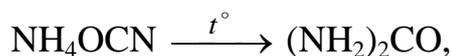
$$M(\text{Б}_1) = \frac{1 \text{ г}}{0,0131 \text{ моль}} = 76 \text{ г/моль}$$

2. Из небольшой молярной массы (60 г/моль и 76 г/моль на 8 атомов) видно, что вещества не содержат тяжёлых элементов. Кроме того, поскольку А_1 и Б_1 образовались при нагревании солей, но в воде при этом не диссоциируют, то вероятно, что А_1 и Б_1 состоят только из атомов неметаллов. Тогда соли А_2 и Б_2 – соли аммония, иначе они бы содержали атомы металла, которые перешли бы и в А_1 и Б_1 . Тогда в А_1 и Б_1 должны содержаться азот и водород, поскольку массы твёрдых фаз в ходе превращений не изменяются.

Разность молярных масс А_1 и Б_1 составляет 16 г/моль, и при этом вещества отличаются лишь одним атомом. Такой разности молярных масс могут соответствовать две пары элементов: С и Si, О и S.

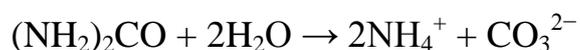
После перебора веществ с подходящими молярными массами и качественным составом, получим: А_1 – это мочевина $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ и Б_1 – это тиомочевина $(\text{NH}_2)_2\text{CS}$.

3. Мочевина, как известно, может быть получена нагреванием цианата аммония, а тиомочевина – аналогично, из тиоцианата аммония:



Значит, А_2 – это NH_4OCN , Б_2 – NH_4SCN .

4. Мочевина в воде медленно гидролизуеться согласно уравнению:



В ходе гидролиза увеличивается число растворенных частиц, а значит суммарная моляльность раствора возрастает. Поэтому понижение температуры плавления раствора мочевины со временем будет увеличиваться. Значит, меньшую температуру плавления имеет раствор, приготовленный за несколько дней до эксперимента.

5. Соль NH_4OCN имеет такую же молярную массу, как и мочевина, но, в отличие от последней, диссоциирует в растворе на 2 иона. Следовательно, моляльность раствора 1 г NH_4OCN в 100 г воды в 2 раза больше моляльности

раствора 1 г мочевины в 100 г воды. Поэтому понижение температуры плавления для раствора NH_4OCN в 2 раза больше, чем для раствора мочевины, то есть для такого раствора $\Delta T = 2 \cdot 0,310 \text{ К} = 0,620 \text{ К}$. Если температура плавления чистой воды равна $0 \text{ }^\circ\text{C}$, то температура плавления раствора цианата аммония равна $-0,620 \text{ }^\circ\text{C}$.

Система оценивания:

- | | | |
|----|--|------------------|
| 1. | Молярность растворов A_1 и B_1 – по 1 баллу | 6 баллов |
| | Количества A_1 и B_1 в растворе – по 1 баллу | |
| | Молярные массы веществ A_1 и B_1 – по 1 баллу. | |
| 2. | Формулы веществ A_1 и B_1 – по 2 балла | 4 балла |
| 3. | Формулы солей A_2 и B_2 – по 2 балла | 4 балла |
| 4. | Верное объяснение (увеличение числа частиц из-за гидролиза) | 2 балла |
| | Выбор раствора с меньшей температурой плавления | 2 балла |
| 5. | Температура плавления раствора цианата аммония | 2 балла |
| | ИТОГО: | 20 баллов |