

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН
ГБОУ РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ ЛИЦЕЙ-ИНТЕРНАТ

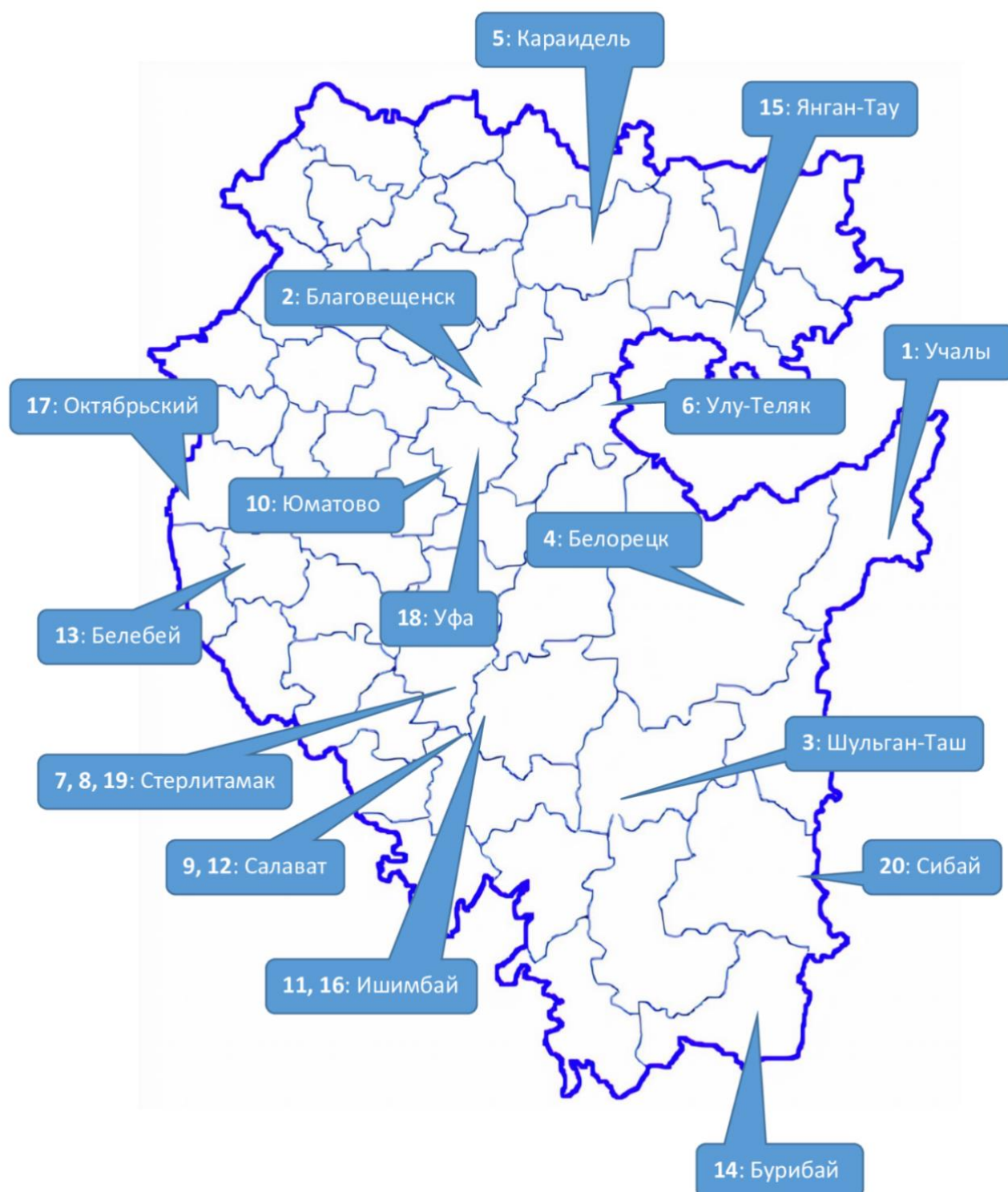
*Материалы заключительного этапа
Республиканской олимпиады юниоров
по химии
Сезон 2019-2020*

Уфа

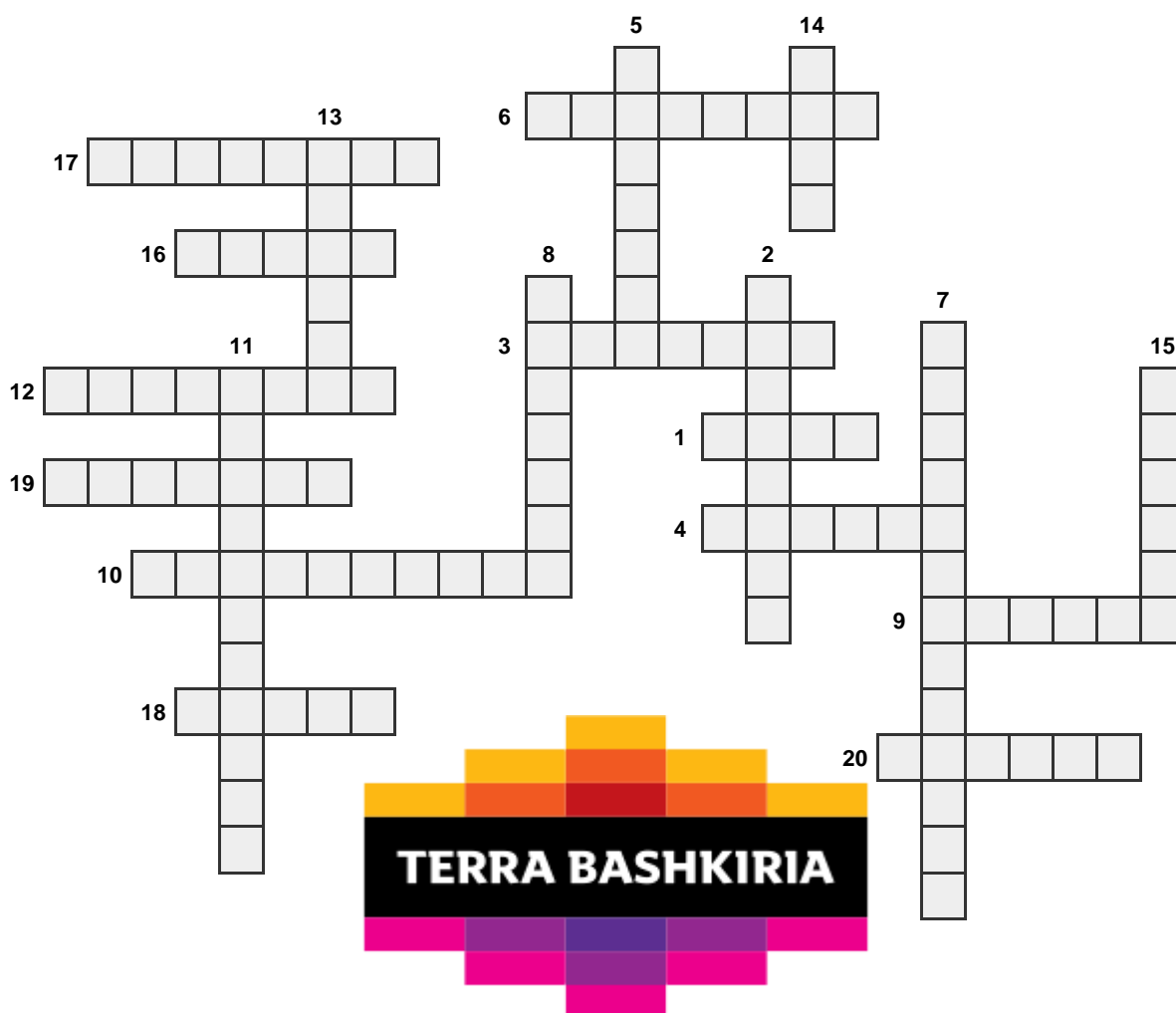
2020

Задания теоретического тура заключительного этапа Республиканской олимпиады юниоров по химии

Задача 1. Кроссворд



В предложенном кроссворде каждый вопрос имеет соответствующую ему точку на карте, которая также является подсказкой. Перечерчивать кроссворд не нужно, просто укажите ответ в формате «номер» - «слово».



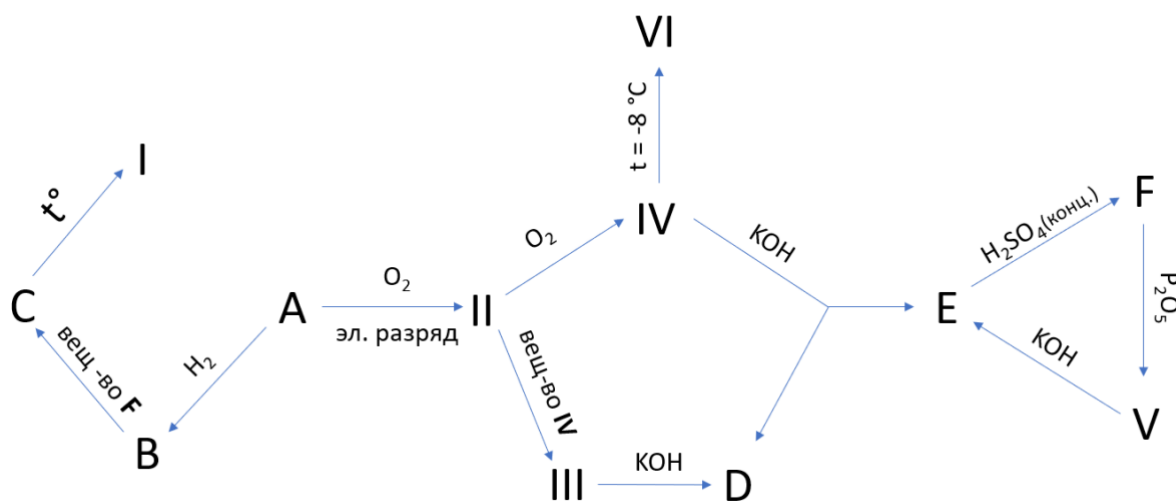
1. Здесь добывается около половины этого металла России. Им покрывают сталь для защиты от коррозии, а также из него производят аккумуляторы и батарейки.
2. Расположенный здесь завод производит 100% российской терефталевой кислоты и около 40% российского полиэтилентерефталата. С этим веществом мы сталкиваемся ежедневно, например, когда покупаем воду или газировку, а относят его к классу ...
3. Измерение остаточной радиоактивности изотопа именно этого элемента позволило датировать здешние всемирно известные памятники.
4. Во время первых лет войны ни одна единица автоматического оружия СССР не смогла бы стрелять без пружинной проволоки, произведенной здесь. И до сих пор на местном предприятии, которому ныне более 250 лет, производят канаты, проволоку, гвозди из сплавов этого незаменимого металла, на который приходится до 95% мирового производства.
5. Этот район является одним из лидеров по производству знаменитого башкирского мёда. Интересно, что некоторые недобросовестные продавцы разбавляют мёд загустителем – веществом ... *Это вещество* содержится в картофеле, хлебе и муке. Обнаружить факт разбавления мёда можно при добавлении коричневого раствора иода - наблюдается посинение.

6. После развала СССР этот металл в союзных республиках стал недоступен, и внимание привлекло местное месторождение. Здесь выпускают продукт в виде смеси известняка (85% масс.) и оксида этого металла (15% масс.), а массовая доля кислорода в продукте 41,58%. Продукт особенно ценится в черной металлургии, его добавляют при выплавке стали для её упрочнения и повышения износостойкости.
7. Данную соль натрия в знакомой красно-желтой упаковке можно найти на каждой кухне. В среднем 4 из 5 пачек этого продукта на рынке России произведены здесь.
8. Здесь производят электроды, необходимые при получении соды, хлора и других продуктов. В состав их покрытия входит *этот* ценный металл – кстати, единственный открытый в России элемент, полученный из минерального сырья.
9. На местном заводе производят более 100 наименований продукции, и, хотя основу списка составляют органические вещества, не все являются таковыми. Например, этого газа производится более 5 млн тонн в год. А его водный раствор, имеющий резкий запах, можно найти в аптечке.
10. Здесь расположена старейшая кумысолечебница республики. Как и в кока-коле, особый «газированный» вкус кумысу придает этот растворенный газ, образующийся в напитке под действием ферментов в ходе брожения.
11. Здесь расположено одно из крупнейших производств этого в России. Это используется в промышленности для увеличения скорости химических реакций.
12. Здесь располагается крупнейший в стране производитель стекла. Несмотря на то, что выделяют огромное количество его видов – от оконного до химически стойкого и жидкого, большая часть стекол относится к этому классу солей.
13. «Никакой химии!» - к сожалению, мы очень часто слышим эти слова, особенно, когда речь о еде. Однако именно данное химическое соединение препятствует размножению бактерий в местных сырах. И при умеренном потреблении опасности данная соль, именуемая селитрой, не представляет. Также эта соль используется как удобрение; в пиротехнике и для получения ракетных топлив. В ответе укажите название аниона описанной соли.
14. На местном предприятии добывается руда, из которой потом производится этот красно-розовый металл. Он имеет высокую электропроводность, поэтому из него делают провода.
15. «Всё есть яд, и ничто не лишено ядовитости; одна лишь доза делает яд незаметным» - цитата, приписываемая алхимику Парацельсу. И с ней тяжело поспорить: например, соединения этого элемента, столь часто упоминающегося в детективах, были обнаружены в минеральной воде «Кургазак». Но концентрация так мала, что даже в худшем случае говорить можно лишь об их безвредности.
16. 16 мая 1932 года здесь ударил первый мощный фонтан горючей жидкости – смеси углеводородов. С этого началось развитие гигантской отрасли промышленности, ведь продукты переработки этого сырья – не только разнообразные топлива и масла, но и пластики, растворители, и даже лекарства.
17. Главными компонентами знаменитого местного фарфора являются кварц, полевой шпат и каолин. Каолин – белая глина, в составе которой оксид самого распространенного в земной коре металла. В ответе укажите название металла.
18. Этот очень активный металл при реакции с водой образует коррозионное основание, растворы его солей светятся в темноте, а с недавних пор его очень часто упоминают в башкирских газетах, поэтому он точно должен быть в нашем кроссворде.
19. Производимое здесь едкое вещество, имеющее вид белых чешуек, используется при мыловарении, отбеливании тканей, производстве бумаги и алюминия. А в виде водного раствора, в среде метилоранжа имеющего желтый цвет, применяется в быту для прочистки труб. Укажите тривиальное название этого вещества.

20. Металл, известный человечеству с древности – в уфимском музее археологии и этнографии выставлены фигуры оленей, вырезанных из дерева и обшитых металлическими пластинами, чаши, бокалы и прочая посуда из этого металла (VI-IV в. до н.э.). А сейчас его добывают здесь в виде самородков или на россыпях.

Задача 2. «Безжизненный» элемент.

На приведенной схеме все вещества содержат элемент **X**. В природе он существует в виде простого вещества **A**, которое является основным компонентом воздуха. Название **X** на греческом языке означает «безжизненный». Хотя данный элемент носит такое название, среди других элементов ПС он занимает четвертое место по содержанию в живых клетках, так как входит в состав белков и нуклеиновых кислот.



Элемент **X** – один из немногих элементов, образующий большое число оксидов во всех положительных степенях окисления. На схеме эти оксиды представлены римскими цифрами (**I-VI**), причем оксиды **IV** и **VI** имеют одинаковую степень окисления. Вещество **I**, относится к классу несолеобразующих оксидов, в медицине применяют как слабое средство для наркоза. Также **I** знают любители компьютерных игр-гонок и фильмов про гонки, там использование **I** увеличивает мощность двигателя, а соответственно и скорость автомобилей. Про остальные оксиды известно:

- **II** – бесцветный газ, в больших количествах ядовит, обладает удушающим действием.
- **III** – жидкость темно-синего цвета, устойчивая только при температуре ниже $-4^\circ C$.
- **IV** – ядовитый газ красно-бурого цвета с резким неприятным запахом. Из-за его окраски он имеет тривиальные названия «бурый газ» и «лисий хвост».
- **V** – высший оксид элемента **X**, представляет собой бесцветные кристаллы.
- **VI** – имеет такой же качественный, как и **IV**, однако его молекулярная масса в 2 раза больше.
- Массовая доля кислорода в веществе **II** равна 53,33%.

1. Определите элемент **X** и простое вещество **A**.
2. Напишите формулы всех веществ, зашифрованных на схеме (**I – VI, B-F**).
3. Запишите уравнения всех реакций, представленных на схеме (12 реакций).

Задача 3. Огонь и лед.

Вода способна образовывать ряд клеточных структур, называемых клатратами, которые могут содержать много небольших молекул. Типичным примером является гидрат метана $(\text{CH}_4)_x(\text{H}_2\text{O})_y$. Гидраты метана потенциально являются ценным источником метана для удовлетворения нашего спроса на природный газ. Большие запасы гидратов метана были найдены на дне озера Байкал в Россия.

1. Напишите уравнение сжигания метана в избытке кислорода.

100 г образца гидрата метана в форме, известной как клатратная структура II $(\text{CH}_4)_x(\text{H}_2\text{O})_y$, сожжен в избытке кислорода в герметичном контейнере. После того как реакция была завершена, а продукты охлаждены, из контейнера извлекли 116,92 г воды и газ, который при встряхивании с избытком известковой воды дал 84,73 г CaCO_3 .

2. Определите эмпирическую формулу гидрата метана в структуре II. Молярную массу CaCO_3 примите равной 100,09 г/моль.

3. Молярная масса гидрата равна 2835,18 г/моль. Определите молекулярную формулу гидрата метана в структуре II.

4. На дне озера Байкал содержится $6,67 \times 10^{11}$ кг метана. Определите, какой объем занял бы этот газ при нормальных условиях.

5. Определите, какой объем занял бы газ в пункте 4, если избежать замерзания озера в зимний период при $-19,0^\circ\text{C}$. Используйте уравнение идеального газа.

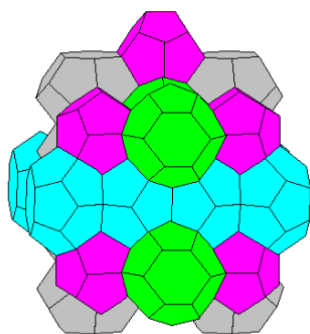
Справка: Уравнение состояния идеального газа $pV=nRT$, где p – давление(кПа), V – объем газа(л), n – количество вещества(моль), R – универсальная газовая постоянная, равная $8,314 \text{ кПа} \cdot \text{л}/(\text{моль} \cdot \text{K})$, T – температура(K).

Гидрат метана на дне озера Байкал находится как клатратная структура I, имеющая формулу $(\text{CH}_4)_8(\text{H}_2\text{O})_{46}$ и молярную массу 957,07 г/моль.

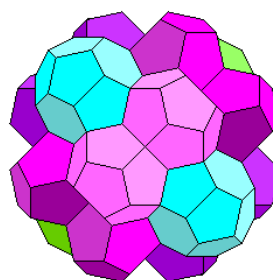
6. Определите процентное содержание по массе метана в гидрате метана.

7. Используйте свой ответ, чтобы определить массу гидрата метана, найденного на дне озера Байкал.

8. Плотность кристаллов гидрата метана составляет $0,95 \text{ г}/\text{см}^3$. Рассчитайте объем кристаллов гидрата метана на дне озера Байкал.



Клатратная структура I



Клатратная структура II

Наименьшая повторяющаяся единица гидрата метана, которая содержит все элементы симметрии кристалла, называется его элементарной ячейкой. Элементарная ячейка для гидрата метана представляет собой куб, который полностью содержит 8 молекул метана и 46 молекул воды.

9. Какова масса одной элементарной ячейки(в граммах)?

10. Используя плотность гидрата метана ($0,95 \text{ г}/\text{см}^3$), вычислите длину ребра кубической элементарной ячейки.

Несмотря на то, что молекулы метана и воды не являются сферами, мы можем рассматривать их как сферы, и оценить для них эффективный сферический радиус: 0,14 нм для воды и 0,21 нм для метана.

11. Найдите объем молекулы метана и объем молекулы воды.

Справка: объем сферы находится по формуле: $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, где R – радиус сферы.

12. Определите процент пространства в кристалле, который занят молекулами.

Когда 957,07 г $(\text{CH}_4)_8(\text{H}_2\text{O})_{46}$ сжигают в избытке кислорода при температуре 298 К, то в ходе реакции сгорания выделится 6690,4 кДж тепла.

13. Определите сколько тепла выделиться, если сжечь весь гидрат метана $(\text{CH}_4)_8(\text{H}_2\text{O})_{46}$, который находится на дне озера Байкал.

Задания практического тура заключительного этапа Республиканской олимпиады юниоров по химии

В шести пронумерованных пробирках находятся следующие вещества: алюминий, сульфат аммония, борная кислота, нитрат серебра, серебро, карбонат кальция.

К пробам веществ из каждой пробирки добавили воду. Растворились вещества из 1, 3, 5 пробирки.

К другим пробам веществ (если они растворимы, то к растворам) из каждой пробирки добавили раствор соляной кислоты. В 4 и 2 пробирке выделился газ, а в 3 белый осадок.

К другим пробам веществ (если они растворимы, то к растворам) из каждой пробирки добавили раствор едкого натра. В 4 и 5 пробирке выделился газ, а в 3 коричневый осадок.

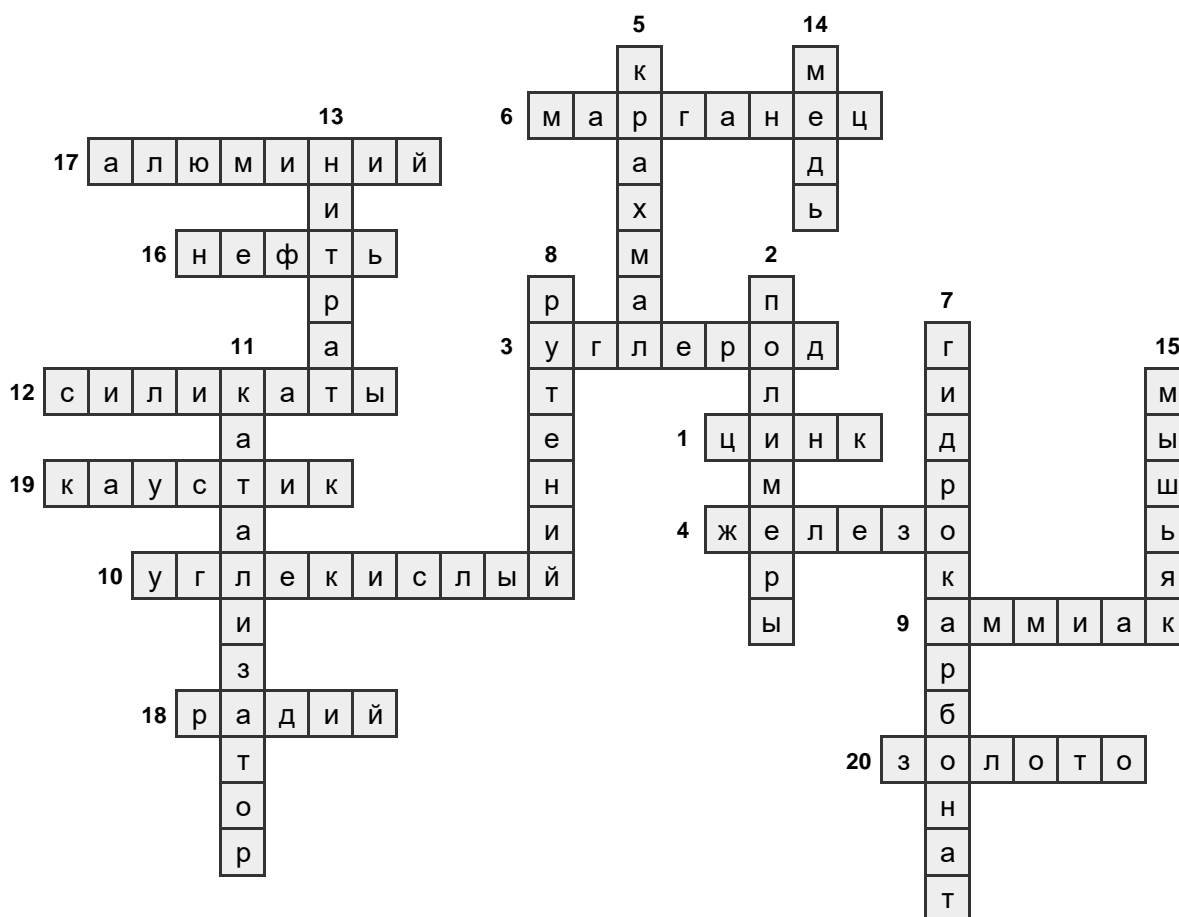
Задания:

1. Определите, в пробирке под каким номером находится каждое из веществ.
2. Напишите уравнения всех протекающих реакций.

Решения теоретического тура заключительного этапа Республиканской олимпиады юниоров по химии

1. Кроссворд (Автор - Маннанов Т.А.)

1. Цинк	11. Катализатор
2. Полимеры	12. Силикаты
3. Углерод	13. Нитрат
4. Железо	14. Медь
5. Крахмал	15. Мышьяк
6. Марганец	16. Нефть
7. Гидрокарбонат	17. Алюминий
8. Рутений	18. Радий
9. Аммиак	19. Каустик
10. Углекислый	20. Золото



Система оценивания:

1. За каждый правильный ответ

Итого

1 балл

1*20 = 20 баллов

Задача 2. «Безжизненный» элемент (Автор – Мидатов Н.А.)

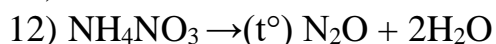
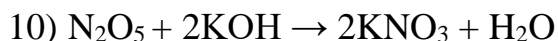
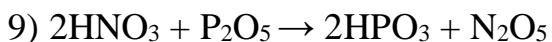
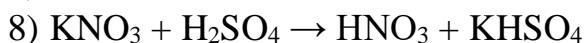
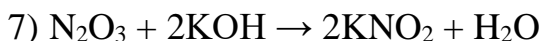
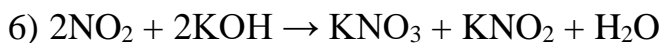
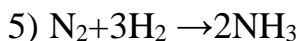
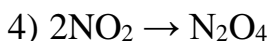
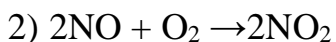
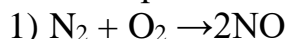
1. Из описания элемента X можно догадаться, что это азот. Действительно, он является основным компонентом воздуха в виде простого вещества N₂. Значит А - это N₂.

2. При взаимодействии N₂ с кислородом образуется NO. Это также можно проверить с помощью расчета: $(N)=Ar(N)/(M(NO))=14/46=0,3043$. При взаимодействии NO с O₂ образуется бурый газ NO₂, который при низких температурах превращается в димер N₂O₄. Значит I - это NO, IV - это NO₂, V - N₂O₄.

При действии водорода на N₂ получается аммиак NH₃, В – NH₃. Для азота максимальная степень окисления «+5», значит V – это оксид азота(V) – N₂O₅. NO₂ и NO вступают в реакцию контропропорционирования с образованием оксида азота (III) – N₂O₃. NO₂ с KOH вступает в реакцию диспропорционирования с образованием смеси солей KNO₃ и KNO₂. Понять, что KNO₂ – это D можно из реакции взаимодействия N₂O₃ с KOH. Значит E – KNO₃. При действии на него концентрированной серной кислоты получается азотная кислота, из которой получается ангидрид этой кислоты – N₂O₅. При действии азотной кислотой на NH₃ получатся нитрат аммония – NH₄NO₃, при разложении которого получается 5-й оксид – N₂O. Итак, формулы веществ:

X – N	I – N ₂ O
A – N ₂	II – NO
B – NH ₃	III – N ₂ O ₃
C – NH ₄ NO ₃	IV – NO ₂
D – KNO ₂	V – N ₂ O ₅
E – KNO ₃	VI – N ₂ O ₄
F – HNO ₃	

Уравнения реакций:

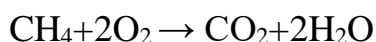


Система оценивания:

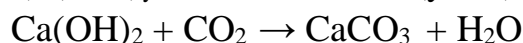
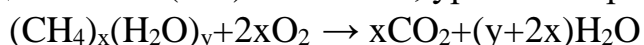
- | | |
|---|------------------|
| 1. Указание формулы веществ (X, A-F, I-VI) – по 1 баллу | 13 баллов |
| 2. Уравнения реакций 1-12 – по 1 баллу | 12 баллов |
| Итого | 25 баллов |

Задача 3. Огонь и лед.

1. При сгорании метана образуются углекислый газ и вода:



2. Известковая вода – это $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Запишем, уравнения реакций:



Из условий задачи находим: $n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{116,92}{18} = 6,49556$ моль; $n(\text{CaCO}_3) = \frac{84,73}{100,09} = 0,84654$ моль; $n(\text{CaCO}_3) = n(\text{CO}_2) = x = 0,84654$. Теперь определим мольное соотношение метана и воды в гидрате.

Способ 1

$$m(\text{CH}_4) = 0,84654 * 16 = 13,54464 \text{ г в } 100 \text{ гр. гидрата}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 100 - 13,54464 = 86,45536 \text{ г – в } 100 \text{ гр. гидрата}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{86,45536}{18} = 4,80307 \text{ моль – в } 100 \text{ гр. гидрата}$$

$$\frac{n(\text{CH}_4)}{n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0,84654}{4,80307} = \frac{1}{5,67} \approx \frac{3}{17},$$

тогда эмпирическая формула гидрата метана будет $(\text{CH}_4)_3(\text{H}_2\text{O})_{17}$

Способ 2

Из уравнения сгорания гидрата метана, выражаем количество воды $n(\text{H}_2\text{O}) = y + 2x$. Количество образовавшейся воды и x уже известны. Решая уравнение, находим y .

$$6,49556 = y + 2 * 0,84654 \Rightarrow y =$$

4,80248 моль. Тогда соотношения воды и метана равны:

$$\frac{n(\text{CH}_4)}{n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0,84654}{4,80307} = \frac{1}{5,67} \approx \frac{3}{17}.$$

3. Определим молекулярную формулу гидрата метана в структуре II.

$M((\text{CH}_4)_3(\text{H}_2\text{O})_{17}) = 16 * 3 + 18 * 17 = 354$ г/моль. Молекулярная масса, вычисленная для простейшей формулы, меньше истинной молекулярной массы в $2834 / 354 = 8$ раз. Поэтому индексы в эмпирической формуле можно умножить на 8 и истинная формула гидрата метана в структуре II будет $(\text{CH}_4)_{24}(\text{H}_2\text{O})_{136}$.

4. $n(\text{CH}_4) = \frac{6,67 \cdot 10^{14}}{18} = 4,16875 \cdot 10^{13}$ моль. При нормальных условиях он занял бы объем равный $V = n \cdot 22,4 = 4,16875 \cdot 10^{13} \cdot 22,4 = 9,338 \cdot 10^{14}$ л.

5. $n(\text{CH}_4) = \frac{6,67 \cdot 10^{14}}{18} = 4,16875 \cdot 10^{13}$ моль. Воспользуемся уравнением состояния идеального газа Клайперона-Менделеева $pV = nRT$. Давление равно атмосферному $p = 101,325$ кПа, температура в кельвинах равна $T = -19 + 273 = 254$ °.

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{4,16875 \cdot 10^{13} \cdot 8,314 \cdot 254}{101,325} = 8,688 \cdot 10^{14} \text{ л}$$

6. Определим процентное содержание по массе метана в гидрате метана.

$$\omega(\text{CH}_4) = \frac{8 \cdot 16}{957,07} \cdot 100\% = 13,37\%$$

7. $m((\text{CH}_4)_8(\text{H}_2\text{O})_{46}) = \frac{m(\text{CH}_4)}{\omega(\text{CH}_4)} = \frac{6,67 \cdot 10^{14}}{0,1337} = 4,98 \cdot 10^{15}$ г.

8. $V((\text{CH}_4)_8(\text{H}_2\text{O})_{46}) = \frac{m((\text{CH}_4)_8(\text{H}_2\text{O})_{46})}{\rho((\text{CH}_4)_8(\text{H}_2\text{O})_{46})} = \frac{4,98 \cdot 10^{15}}{0,95} = 5,24 \cdot 10^{15}$ см³

9. Масса одной элементарной ячейки численно равна молекулярной массе $M((\text{CH}_4)_8(\text{H}_2\text{O})_{46}) =$

957,07 а. е. м. или если перевести в гр., то $\frac{957,07}{N_A} = \frac{957,07}{6,02 \cdot 10^{23}} = 1,589 \cdot 10^{-21}$ гр.

10. Определим, количество элементарных ячеек в 1 см³: $\frac{0,95}{1,589 \cdot 10^{-21}} = 5,978 \cdot 10^{20}$

элементарных ячеек. Тогда количество элементарных ячеек в ребре куба с объемом 1 см³: $\sqrt[3]{5,978 \cdot 10^{20}} = 8424005,4$ ячеек. Теперь найдем длину ребра 1 ячейки: $1/8424005,4 = 1,187 \cdot 10^{-7}$ см = $1,187 \cdot 10^{-9}$ м.

11. Определим объем молекул воды и объем молекул метана в гидрате:

$$V(\text{сферы}) = \frac{4}{3} R^3 \pi$$

$$V(\text{CH}_4) = \frac{4}{3} \cdot (0,21 \cdot 10^{-7} \text{ см})^3 \cdot 3,14 \cdot 8 = 3,1 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{4}{3} \cdot (0,14 \cdot 10^{-7} \text{ см})^3 \cdot 3,14 \cdot 46 = 5,285 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3$$

$$V(\text{гидрата метана}) = V(\text{CH}_4) + V(\text{H}_2\text{O}) = 3,1 \cdot 10^{-22} + 5,285 \cdot 10^{-22} = 8,38 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3$$

12. В кубе объемом 1 см³ всего $5,978 \cdot 10^{20}$ ячеек, а так как количество ячеек равно числу молекул гидрата метана, то объем молекул гидрата будет равен: $5,978 \cdot 10^{20} \cdot 8,38 \cdot 10^{-22} = 0,5$ см³ - это 50% от 1 см³. Значит объемная доля молекул равна 50%

13. Масса гидрата метана на дне озера равна $6,67 \cdot 10^{14}$ г (см. 4 пункт задачи). Чтобы найти сколько тепла выделиться, если сжечь весь гидрат метана, составим пропорцию:

	$(\text{CH}_4)_8(\text{H}_2\text{O})_{46}$		Теплота
При сгорании	957,07 г	выделяется	6690,4 кДж
При сгорании	$6,67 \cdot 10^{14}$ г	выделяется	x кДж

Тогда, значение x равно: $x = \frac{6690,4 \cdot 6,67 \cdot 10^{14}}{957,07} = 4,66 \cdot 10^{15}$ кДж.

Система оценивания:

- 1) Уравнение реакции – **1 балл**
- 2) Определение эмпирической формулы гидрата метана – **2 балла**
- 3) Определение молекулярной формулы гидрата метана – **1 балл**
- 4) Определение объема газа при нормальных условиях – **1 балл**
- 5) Определение объема газа с помощью уравнение идеального газа – **2 балла**
- 6) Процентное содержание по массе метана в гидрате метана – **1 балл**
- 7) Масса гидрата метана – **1 балл**
- 8) Объем кристаллов гидрата метана – **1 балл**
- 9) Масса одной элементарной ячейки – **2 балла**
- 10) Длину ребра кубической элементарной ячейки – **2 балла**
- 11) Найден объем молекулы метана и объем молекулы воды – **2 балла**
- 12) Определение процента пространства в кристалле, который занят молекулами- **2 балла**
- 13) Определение тепла при сжигании – **2 балла**

Итого

20 баллов

**Решение задачи практического тура заключительного этапа
Республиканской олимпиады юниоров по химии**

Сделаем таблицу:

	1	2	3	4	5	6
H ₂ O	р-р	не р-р	р-р	не р-р	р-р	не р-р
HCl	_____	выделился газ	выпал белый осадок	выделился газ	_____	не р-р
NaOH	_____	_____	выпал коричневый осадок	выделился газ	выделился газ	не р-р

Соотнесем с такой же для веществ:

	Al	CaCO ₃	AgNO ₃	H ₃ BO ₃	Ag	(NH ₄) ₂ SO ₄
H ₂ O	не р-р	не р-р	р-р	р-р	не р-р	р-р
HCl	выделился газ	выделился газ	выпал белый осадок	_____	не р-р	_____
NaOH	выделился газ	_____	выпал коричневый осадок	_____	не р-р	выделился газ

Тогда получаем, что 1-H₃BO₃; 2-CaCO₃; 3-AgNO₃; 4-Al; 5-(NH₄)₂SO₄; 6-Ag.
Каждое по 1 баллу.

- $CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$ (1,5 балла)
- $AgNO_3 + HCl \rightarrow AgCl + HNO_3$ (1,5 балл)
- $2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2$ (1,5 балл)
- $3NaOH + H_3BO_3 \rightarrow Na_3BO_3 + 3H_2O$ (1,5 балл)
- $2AgNO_3 + 2NaOH \rightarrow Ag_2O + 2NaNO_3 + H_2O$ (2,5 балла)
(засчитывается $AgNO_3 + NaOH \rightarrow AgOH + NaNO_3$) (1,5 балл)
- $2Al + 2NaOH + 4H_2O \rightarrow 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2$ (2,5 балла)
- $(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2NH_3 + 2H_2O$ (1,5 балл)

ИТОГО: 20 баллов