

Задания 9 класса

Уважаемые участники! Каждая из задач оценивается в 10 баллов.

Задача №9-1

До XIX века человечеству было известно единственное взрывчатое вещество, в состав которого входит индийская селитра, древесный уголь и ярко-желтое вещество **A** в соотношении по массе соответственно 75 %, 13% и 12%.

Вещество **A** при нагревании реагирует с 50%-ным раствором гидроксида натрия (*реакция 1*) с образованием солей **B** и **B**, водные растворы которых окрашивают лакмусовую бумажку в синий цвет. При кипячении раствора **B** с порошком вещества **A** образуется соединение **Г** (*реакция 2*). Обработка солей **B** и **B** раствором соляной кислоты приводит к выделению газов **Д** и **Е** соответственно (*реакция 3 и 4*). Оба газа тяжелее воздуха, имеют неприятные запахи и окрашивают влажную лакмусовую бумажку в красный цвет.

Окисление солей **B** и **B** сильными окислителями в обоих случаях приводит к образованию соли **Ж** (*реакции 5 и 6*). Соль **Ж** имеет нейтральную реакцию в водном растворе и образует осадок при добавлении раствора нитрата свинца (*реакция 8*).

- 1. Определите вещества **A–Ж** и напишите уравнения реакций 1–7.*
- 2. Как называется взрывчатое вещество, описанное в задаче? Напишите уравнение реакции его горения.*
- 3. Соединение **Д** имеет схожую с водой структуру. Однако оно плохо растворяется в воде и имеет более низкую температуру кипения. Как можно объяснить данное явление?*

Задача №9-2

Любимой забавой Леночки было выращивание кристаллов. В ее коллекции уже имелось несколько красивых кристаллов разной формы и цвета. Сегодня она задумала вырастить кристаллы из хромокалиевых квасцов. Но вот беда – квасцов в лаборатории не оказалось! Только Леночку это не расстроило – ведь их можно синтезировать самой.

Для синтеза квасцов Леночка взяла дихромат калия, тщательно растерла его в ступке и растворила в серной кислоте, затем охладила полученный раствор в кристаллизаторе со снегом. К охлажденному раствору она добавляла небольшими порциями этиловый спирт, постоянно перемешивая раствор. Окраска раствора постепенно изменилась с оранжевой на зеленую, а в воздухе витал запах зеленых яблок. При последующем охлаждении начали выпадать темно-

фиолетовые кристаллы хромокалиевых квасцов. После полного их осаждения довольная Леночка отфильтровала кристаллы и высушила их.

Вот теперь можно и позабавиться! Леночка отмерила 200 мл воды и нагрела ее до 80°C, после чего начала растворять в ней полученные квасцы. Для получения насыщенного раствора ей потребовалось 56,5 г квасцов. Затем она внесла в раствор ниточку с затравкой и оставила его на несколько дней при комнатной температуре. Спустя время она достала из раствора красивый фиолетовый кристалл!

- 1. Какие соединения называют квасцами? Приведите формулы и названия двух известных вам квасцов.*
- 2. Запишите уравнение реакции, по которому Леночка получила хромокалиевые квасцы. Рассчитайте объемы серной кислоты ($\omega = 60\%$, $\rho = 1,5$ г/мл) и этанола ($\omega = 96\%$, $\rho = 0,8$ г/мл), которые необходимо взять, чтобы получить 56,5 г квасцов, если кислоты требуется взять на 20%, а спирта на 50% больше требуемого по уравнению реакции.*
- 3. Рассчитайте массовые доли сульфата калия и сульфата хрома (III) в насыщенном растворе при 80°C.*
- 4. Рассчитайте массу кристалла, выращенного Леночкой, если известно, что массовая доля безводной соли $KCr(SO_4)_2$ в растворе после извлечения кристалла составляет 11,1%.*
- 5. Друг Леночки Коля Пробиркин случайно пролил на выращенный кристалл щелочной раствор перекиси водорода, который он подготовил для своего опыта. Что произошло с кристаллом? Запишите соответствующее уравнение реакции.*

Задача №9-3

Юный химик Василий всегда был нерасторопным, и после очередного опоздания на урок химии, в качестве наказания учитель попросил его определить, какие газы находятся в четырех газометрах на учительском столе.

Отобрав в термостойкие пронумерованные колбы пробы из газометров №1 и №2, он добавил по 2,1 г легкого щелочного металла **X**, закрыл колбы и на всякий случай немного погрел их. В колбе №1 образовался белый порошок вещества **A** массой 4,5 г, а в колбе №2 – сразу два вещества **A** и **B**! В веществе **A** массовая доля металла составила 46,67%, а в **B** – 60,00%.

К пробе, отобранной из газометра №3, Вася решил добавить 4 г черного порошка оксида металла **Y**, содержащего 20% кислорода, и тоже погреть. В результате нагрева порошок покраснел, а его масса уменьшилась на 0,8 г. Кроме

того, на внутренних стенках колбы сконденсировалась бесцветная жидкость **В**, плотность паров которой при н.у. составила 0,8036 г/л.

Отбирая пробу из газометра №4, Вася отметил резкий запах его содержимого. Немного подумав, он поместил в колбу с пробой газа кусочек железа и нагрел. В результате на дне колбы образовались бурые кристаллы соединения **Г**, содержащего 34,46% железа.

- 1. Определите содержимое всех баллонов, если известно, что, по крайней мере, в трех из четырех баллонов находились простые вещества, а вещества **А–Г** являются бинарными. Какой металл **X** и оксид какого металла **Y** использовал Вася в своих экспериментах? Ответ подтвердите расчетами.*
- 2. Запишите формулы соединений **А–Г**, образовавшихся в баллонах, состав веществ подтвердите расчетами.*
- 3. Запишите уравнения всех реакций, протекавших в баллонах.*
- 4. Какое вещество может образоваться, если прореагируют вещества, содержащиеся в баллонах №3 и №4? Запишите соответствующее уравнение реакции.*

Задача №9-4

Оксид хрома (III) используется при изготовлении паст для шлифования и полирования сплавов, полимеров и стекол (паста ГОИ). Существует 3 основных сорта пасты ГОИ: грубая, средняя и тонкая. Грубая наиболее эффективна по снимаемому объему материала, дает матовую поверхность. Средняя дает чистую поверхность. Тонкие пасты используются для тонкой притирки (доводки), придают зеркальный блеск.

- 1. На каком свойстве оксида хрома(III) основано его использование в пасте ГОИ?*
- 2. От какого основного фактора зависит шлифовальная способность различных сортов пасты ГОИ?*

Оксид хрома (III) можно получить восстановлением дихромата калия элементарной серой (*реакция 1*), древесным углем (*реакция 2*) или хлоридом аммония (*реакция 3*).

Другим способом является восстановление хромата натрия смесью серы и угля с одновременным получением сернистого натрия (*реакция 4*) или дихромата натрия аммиаком с образованием хромита натрия (*реакция 5*), который далее разлагается водой в присутствии CO_2 с образованием гидроксида хрома (III) (*реакция 6*).

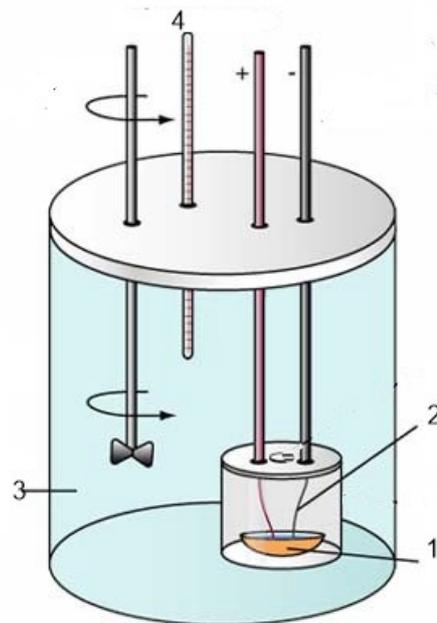
Хромат натрия также можно восстановить оксидом углерода (II) до хромита (*реакция 7*). Чтобы избежать образования хромита натрия восстановление

хромата оксидом углерода (II) можно проводить в присутствии $\text{Al}(\text{OH})_3$ (реакция 8). Гидроксид алюминия может быть регенерирован из образующегося алюмината взаимодействием с раствором гидрокарбоната натрия (реакция 9).

3. Напишите уравнения химических реакций, описанных в тексте задания.

Задача №9-5

Для определения теплот химических реакций и теплот образования сложных веществ используют калориметры. Простейший калориметр представляет собой два сосуда, внешний, заполненный водой (3) и внутренний, который содержит тигель (1) для проведения реакции. Инициирование химической реакции производится путем поджигания от электрических контактов (2). Теплота, выделяющаяся в процессе реакции, нагревает воду во внешнем сосуде (3) и по разности температур до начала процесса и после его окончания можно оценить теплоту реакции.



Для определения теплоты образования одного из оксидов железа (72,41% Fe) 58,0 г оксида и рассчитанное количество порошка алюминия поместили в тигель (1) и подожгли смесь. После окончания реакции температура во внешнем сосуде, содержащем 3,5 л воды повысилась на 19°C .

1. Определите формулу оксида, теплоту образования которого измеряли?
2. Запишите термохимическое уравнение взаимодействия алюминия с исследуемым оксидом железа, если удельная теплоемкость воды равна $4,18 \text{ кДж/кг}\cdot\text{K}$.
3. Вычислите теплоту образования исследуемого оксида железа, если теплота образования оксида алюминия равна 1670 кДж/моль .

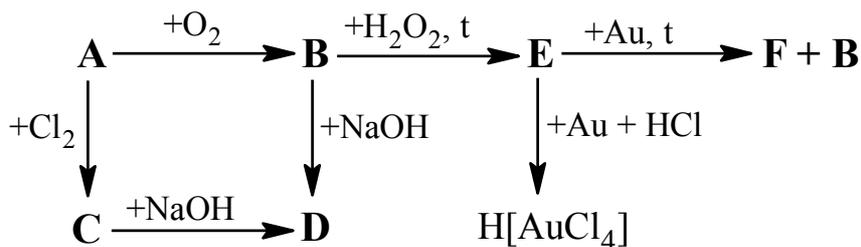
Задания 10 класса

Уважаемые участники! Каждая из задач оценивается в 10 баллов.

Задача №10-1

Химический элемент **A** входит в состав 37 минералов, а соответствующее ему простое вещество имеет несколько аллотропных модификаций и проявляет свойства неметалла.

Элемент **A** вступает в следующие реакции:



1. Определите вещества **A – F**, если известно, что:

Вещество	$\omega(\text{O}), \%$	Внешний вид
A	0,00	Серый, с металлическим блеском
B	28,83	Белый, летучий
C	0,00	Светло-желтый, летучий
D	27,75	Белый, кристаллический
E	44,14	Белый, плавится при 62°C

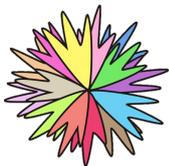
2. Напишите уравнения реакций, отвечающих приведенной схеме.

Задача №10-2

Любимой забавой Леночки было выращивание кристаллов. В ее коллекции уже имелось несколько красивых кристаллов разной формы и цвета. Сегодня она задумала вырастить кристаллы из хромокалиевых квасцов. Но вот беда – квасцов в лаборатории не оказалось! Только Леночку это не расстроило – ведь их можно синтезировать самой.

Для синтеза квасцов Леночка взяла дихромат калия, тщательно растерла его в ступке и растворила в серной кислоте, затем охладила полученный раствор в кристаллизаторе со снегом. К охлажденному раствору она добавляла небольшими порциями этиловый спирт, постоянно перемешивая раствор. Окраска раствора постепенно изменилась с оранжевой на зеленую, а в воздухе витал запах зеленых яблок. При последующем охлаждении начали выпадать темно-фиолетовые кристаллы хромокалиевых квасцов. После полного их осаждения довольная Леночка отфильтровала кристаллы и высушила их.

Вот теперь можно и позабавиться! Леночка отмерила 200 мл воды и нагрела ее до 80°C, после чего начала растворять в ней полученные квасцы. Для

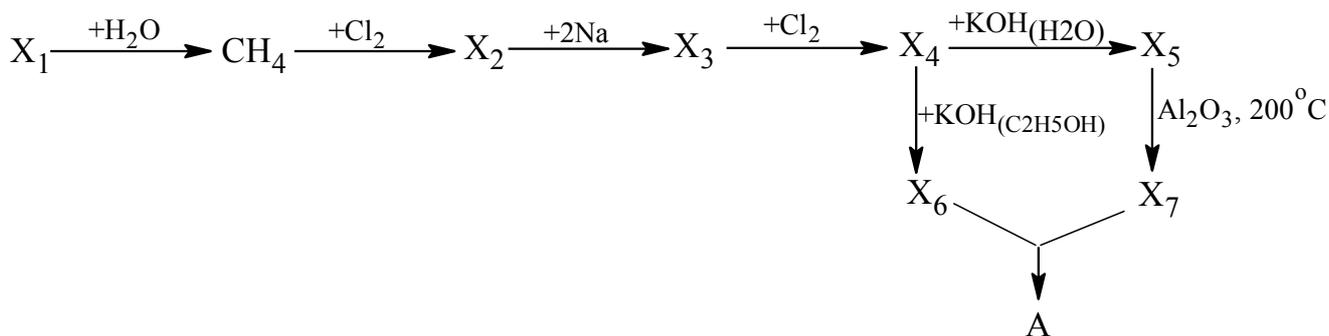


получения насыщенного раствора ей потребовалось 56,5 г квасцов. Затем она внесла в раствор ниточку с затравкой и оставила его на несколько дней при комнатной температуре. Спустя время она достала из раствора красивый фиолетовый кристалл!

1. Какие соединения называют квасцами? Приведите формулы и названия двух известных вам квасцов.
2. Запишите уравнение реакции, по которому Леночка получила хромокалиевые квасцы. Рассчитайте объемы серной кислоты ($\omega = 60\%$, $\rho = 1,5$ г/мл) и этанола ($\omega = 96\%$, $\rho = 0,8$ г/мл), которые необходимо взять, чтобы получить 56,5 г квасцов, если кислоты требуется взять на 20%, а спирта на 50% больше требуемого по уравнению реакции.
3. Рассчитайте массовые доли сульфата калия и сульфата хрома (III) в насыщенном растворе при 80°C .
4. Рассчитайте массу кристалла, выращенного Леночкой, если известно, что массовая доля безводной соли $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2$ в растворе после извлечения кристалла составляет 11,1%.
5. Друг Леночки Коля Пробиркин случайно пролил на выращенный кристалл щелочной раствор перекиси водорода, который он подготовил для своего опыта. Что произошло с кристаллом? Запишите соответствующее уравнение реакции.

Задача №10-3

Углеводород **A**, масса молекулы которого равна $13,621 \cdot 10^{-23}$ г, может быть получен из неорганического вещества X_1 по следующей схеме:



Окисление **A** перманганатом калия в нейтральной среде приводит к образованию вещества **B**, содержащего 27,59% кислорода. Если окисление проводить в кислой среде, то образуется вещество **B** – полупродукт для получения полимерных материалов, которое при температуре 300°C теряет воду и превращается в вещество **Г**.

Если взять 3 моль вещества **A** и нагреть его на палладиевом катализаторе при температуре 200°C , то оно диспропорционирует с образованием 2 молей ве-

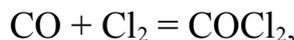
щества Д и одного моля ароматического вещества Е, которое, подвергаясь дальнейшему нитрованию и восстановлению образует вещество Ж незаменимое при получении синтетических красителей.

1. *Напишите структурную формулу углеводорода А, веществ X₁–X₇ и Б–Ж.*
2. *Напишите уравнения всех реакций, описанных в тексте задачи.*
3. *Как называется реакция получения А из веществ X₆ и X₇?*

Задача №10-4

Английский химик Гемфри Дэви в 1812 году впервые получил газообразного вещества, обладающего удушающим действием и дал ему название «фосген», что в переводе с греческого означает «рожденный светом».

Известно, что оксид углерода (II) и хлор при нормальных условиях вступают в обратимую реакцию образования фосгена:



константа равновесия которой при нормальных условиях равна 1.

В закрытом производственном помещении длительно фиксируются концентрации хлора и угарного газа равные 0,5 мг/м³ и 0,1 мг/л соответственно.

1. *Можно ли находиться в этом помещении длительное время без средств защиты, если предельно допустимые концентрации хлора, оксида углерода (II) и фосгена равны 1 мг/м³, 0,2 мг/л и 0,02 мг/л соответственно.*

Фосген легко дезактивируется (теряет свои отравляющие свойства) при взаимодействии с раствором щелочи, аммиаком и легко разрушается при контакте с нагретым оксидом меди (II), что может использоваться в средствах защиты или для его утилизации.

2. *Запишите уравнения реакций взаимодействия фосгена с водой, гидроксидом натрия, аммиаком и оксидом меди (II).*

Другим способом дегазации помещений при утечке фосгена является обработка помещений водой из пожарных брандспойтов.

3. *Вычислите pH водных стоков, образующихся при утилизации утечки 0,05 кг фосгена водой объемом 10 м³ воды.*

Задача №10-5

Опыты с марганцовкой

В домашней аптечке юный химик Вася обнаружил пузырек с кристаллами марганцовки и решил исследовать ее свойства. Прихватив с собой пузырек, он отправился в школьную лабораторию, чтобы провести серию опытов.

В первом опыте Василий к кристаллам перманганата калия добавил концентрированную серную кислоту и получил вещество А в виде густой мас-

лянистой жидкости темно-красного цвета (*реакция 1*), содержащей 49,55 мас.% марганца. Однако уже через час вещество **A** превратилось темно-коричневый порошок **C** (*реакция 2*), который при добавлении в раствор перекиси водорода вызывает ее бурное разложение.

Во втором опыте Вася приготовил водный раствор марганцовки и подкислил его разбавленной серной кислотой. К раствору он добавил щавелевую кислоту $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, при этом он наблюдал исчезновение малиновой окраски и выделение газа без запаха, вызывающего помутнение известковой воды (*реакция 3*). Полученный бесцветный раствор, содержащий соль **B**, Вася разделил на две части. К первой порции раствора он добавил раствор гидроксида натрия и получил осадок цвета слоновой кости **D** (*реакция 4*), который при последующем действии брома в присутствии гидроксида натрия превратился в коричневый осадок **C** (*реакция 5*). Ко второй порции раствора Вася добавил исходный раствор марганцовки, при этом также выпал коричневый осадок **C** (*реакция 6*).

При добавлении к осадку **C** концентрированной соляной кислоты Вася получил желто-зеленый газ с резким запахом и соль **E** (*реакция 7*). Эту же соль **E** Вася получил при действии разбавленной соляной кислоты на осадок **D** (*реакция 8*).

Сплавлением вещества **C** со смесью нитрата калия и гидроксида калия Васе удалось получить соль **F** зеленого цвета (*реакция 9*), имеющую такой же качественный состав, как и марганцовка. При термическом разложении порошка марганцовки Вася получил смесь соединений **C** и **F** (*реакция 10*).

Напишите уравнения всех реакций, проведенных Васей, расставьте коэффициенты.

Задания 11 класса

Уважаемые участники! Каждая из задач оценивается в 10 баллов.

Задача №11-1

В конце 18 века Даниэль Резерфорд описал новый химический элемент **X** и описал свойства его простого вещества – не реагирует со щелочами, не поддерживает горения, непригоден для дыхания. Однако название химического элемента, дословный перевод которого с греческого «безжизненный», ему не соответствует. В высшей степени окисления **X** образует мета кислоту, в которой его валентность не совпадает со степенью окисления. В конце 30-х годов 20 века были получены соли орто кислоты элемента **X**, легко разлагающиеся в присутствии паров воды на соли мета кислоты и щелочь.

Соединения элемента **X** широко используются в различных отраслях промышленности. Рассмотрим несколько примеров.

1. В одной из низших степеней окисления элемент образует бескислородную кислоту **Y** (97,7% **X**), натриевая соль которой используется для заполнения подушек безопасности и при консервации физиологического раствора.

2. Соединение элемента **X**, содержащее 40,0 мас.% углерода и 13,3 мас.% водорода является компонентом высококипящего ракетного топлива.

*1. Определите элемент **X**, открытый Резерфордом.*

*2. Напишите формулы и дайте название мета кислоты, орто кислоте элемента **X** и напишите реакцию разложения натриевой соли орто кислоты.*

*3. Определите формулу и название кислоты **Y**, напишите уравнение реакции, которое позволяет получить простое вещество элемента **X** при срабатывании подушки безопасности.*

4. Определите структурную формулу и название соединения, которое используется как компонент ракетного топлива.

*5. Применение, в какой отрасли и в каком качестве, солей мета кислоты соединения объясняет несоответствие греческого названия и свойств элемента **X**.*

Задача №11-2

В ряде случаев народные рецепты для лечения различных заболеваний могут иметь научное объяснение. Например, при простудных заболеваниях для полоскания горла используют следующий рецепт: «в стакан крутого кипятка добавляют 1-2 капли спиртовой настойки йода и чайную ложку соды».

Известно, что в результате протекания ряда химических реакций в полученном растворе образуется вещество **X**, обладающее антисептическим действием.

1. Назовите вещество **X** и приведите уравнения реакций, приводящих к его образованию в смеси для полоскания горла

Вещество **X**, представляющее собой желтые кристаллы, плохо растворимые в воде и обладающие характерным запахом, можно также получить при электролизе спиртового раствора иодида калия.

2. Объясните процессы, которые протекают при электролизе спиртового раствора **KI** и напишите уравнения химических реакций.

Описанные выше реакции, приводящие к веществу **X**, используются в качественном органическом анализе для определения некоторых классов органических веществ.

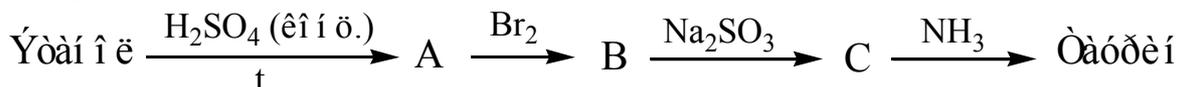
3. Как называется эта реакция и какие вещества с помощью нее можно обнаружить?

4. Можно ли использовать в этой реакции вместо иодида калия другие галогениды?

Задача №11-3

Вездесущий таурин

Изучая состав корма для кошек, Леночка обнаружила в его составе таурин. Тут она вспомнила, что её бабушка использует глазные капли с таким же названием, а еще она встречала его в составе энергетических напитков. Озадаченная Леночка тут же выяснила, что таурин обладает амфотерными свойствами и может образовываться непосредственно в организме человека. Биосинтез таурина заключается в окислении аминокислоты цистеина (2-амино-3-меркаптопропановой кислоты) или цистина (3,3'-дитио-бис-2-аминопропановой кислоты) и последующем декарбоксилировании образующейся цистеиновой кислоты. В лаборатории таурин можно получить из этанола в 4 стадии по следующей схеме:



1. Приведите уравнения реакций, лежащих в основе лабораторного способа получения таурина.

2. Приведите уравнения реакций, лежащих в основе биосинтеза таурина из цистеина и цистина.

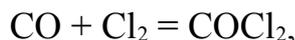
3. Приведите уравнения реакций, подтверждающие амфотерные свойства таурина.

4. Почему кошки должны получать таурин с пищей? Выскажите свои соображения.

Задача №11-4

Английский химик Гемфри Дэви в 1812 году впервые получил газообразного вещества, обладающее удушающим действием и дал ему название «фосген», что в переводе с греческого означает «рожденный светом».

Известно, что оксид углерода (II) и хлор при нормальных условиях вступают в обратимую реакцию образования фосгена:



константа равновесия которой при нормальных условиях равна 1.

В закрытом производственном помещении длительно фиксируются концентрации хлора и угарного газа равные 0,5 мг/м³ и 0,1 мг/л соответственно.

1. Можно ли находиться в этом помещении длительное время без средств защиты, если предельно допустимые концентрации хлора, оксида углерода (II) и фосгена равны 1 мг/м³, 0,2 мг/л и 0,02 мг/л соответственно.

Фосген легко дезактивируется (теряет свои отравляющие свойства) при взаимодействии с раствором щелочи, аммиаком и легко разрушается при контакте с нагретым оксидом меди (II), что может использоваться в средствах защиты или для его утилизации.

2. Запишите уравнения реакций взаимодействия фосгена с водой, гидроксидом натрия, аммиаком и оксидом меди (II).

Другим способом дегазации помещений при утечке фосгена является обработка помещений водой из пожарных брандспойтов.

3. Вычислите pH водных стоков, образующихся при утилизации утечки 0,05 кг фосгена водой объемом 10 м³ воды.

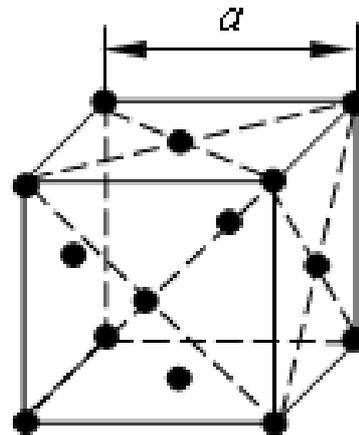
Задача №11-5

Структуру многих сложных соединений можно описать в рамках теории плотнейших шаровых упаковок (ПШУ). При рассмотрении модели ПШУ считают, что атомы представляю собой жесткие шары. Касаясь, шары заполняют большую часть пространства, однако между ними имеется незанятое пространство, которое называется пустотой, при этом в пустотах могут располагаться атомы других элементов. Различают два типа пустот: тетраэдрические и октаэдрические, которые называются по форме многогранников, вершины которых находятся в центрах окружающих их атомов. Тетраэдрическая пустота заключена между четырьмя атомами ПШУ, октаэдрическая – между шестью. При этом всегда на один атом ПШУ приходится одна октаэдрическая и две тет-



раздрические пустоты. Например, структуру NaCl можно рассматривать как ПШУ ионов хлора, все октаэдрические пустоты в которой заняты ионами натрия.

В структуре некоторого оксида урана атомы урана расположены в вершинах и в центре каждой грани кубической элементарной ячейки с параметром $a = 5.46$ ангстрем (1 ангстрем = 10^{-10} м). Плотность данного оксида составляет 11 г/см^3 .



1. Определите формулу упомянутого оксида урана.
2. Укажите какие пустоты (октаэдрические или тетраэдрические) занимают атомы кислорода, если известно, что занят только один тип пустот.
3. Определите координационные числа атомов урана и кислорода.
4. Укажите основную область применения данного оксида.
5. Запишите уравнение реакции растворения обсуждаемого оксида в серной кислоте в присутствии MnO_2 (реакция 1) или концентрированной азотной кислоте (реакция 2), если известно, что в продуктах реакции уран присутствует в виде катиона уранила UO_2^{2+} .