

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

Химия

Открытый билет

Вопрос 1

Даны следующие химические элементы: Na Cl Ca Fe Sc Sb Si P

Выполните задание поэтапно.

Шаг 1. Определите у каких элементов отсутствует или полностью заполнен предвнешний d -подуровень.

Пояснение:

Введите найденные химические элементы через пробел в порядке следования в исходном задании.

Пример ввода ответа: Na Cl Ca Fe Sc Sb Si P

Решение:

Запишем электронные конфигурации перечисленных химических элементов:

Na	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
Cl	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
Ca	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$
Fe	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$
Sc	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$
Sb	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^3$
Si	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$
P	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$

Из указанных элементов предвнешний d -подуровень заполнен у Sb (электронная конфигурация $4d^{10}$, что соответствует максимальному количеству электронов на d -подуровне). Na, Cl, Ca, Si, P находятся в III периоде, поэтому у

них отсутствует предвнешний $3d$ -подуровень (он заполняется только у элементов IV периода).

Правильный ответ: Na Cl Ca Sb Si P

Шаг 2. Из элементов, у которых при выполнении шага 1 было определено отсутствие или полное заполнение предвнешнего d -подуровня, укажите те, которые имеют на внешнем энергетическом уровне неспаренные p -электроны.

Пояснение:

Введите найденные химические элементы через пробел в порядке следования в исходном задании.

Пример ввода ответа: Na Cl Ca Fe Sc Sb Si P

Решение:

Согласно правилам заполнения энергетических подуровней, три атомных орбитали p -подуровня сначала заполняются по очереди одним электроном, а после – вторым электроном (максимальное количество электронов на p -подуровне равно 6). Химические элементы, имеющие менее 6 электронов на внешнем p -подуровне, будут иметь хотя бы один неспаренный электрон (Cl, Si, P, Sb). Электронная конфигурация внешнего p -подуровня у этих элементов $3p^5$, $3p^2$, $3p^3$, $5p^3$ соответственно, а количество электронов на p -подуровне равно 5, 2, 3 и 3.

Правильный ответ: Cl Sb Si P

Шаг 3. Укажите, какой из элементов, определенных при выполнении шага 2, имеет наименьшее количество электронов.

Пояснение:

Введите найденный химический элемент.

Пример ввода ответа: Na

Решение:

За количество электронов в атоме отвечает порядковый номер химического элемента в таблице Д. И. Менделеева. Порядковые номера химических элементов Cl, Sb, Si, P равны 17, 51, 14, 15 соответственно. Наименьшее количество электронов имеет кремний.

Правильный ответ: Si

(10 баллов)

Вопрос 2

Даны вещества: I₂ CO₂ NO₂ CuS Cu KCl Si S

Выполните задание поэтапно.

Шаг 1. Выберите из указанных соединений вещества с ковалентной связью.

Пояснение:

Введите эмпирические формулы найденных веществ через пробел в порядке следования в исходном задании. Количество атомов в веществах указывается без использования подстрочных знаков.

Пример ввода ответа: I2 CO2 NO2 CuS Cu KCl Si S

Решение:

Ковалентная связь образуется между атомами неметаллов, имеющих одинаковую или разную электроотрицательность (ковалентная неполярная и полярная связь соответственно). В данном случае ковалентная неполярная связь осуществляется в веществах I₂, Si, S, а ковалентная полярная – в соединениях CO₂, NO₂.

Правильный ответ: I2 CO2 NO2 Si S

Шаг 2. Укажите, для каких соединений с ковалентной связью, выбранных при выполнении шага 1, характерна молекулярная кристаллическая решетка, а для каких – атомная.

Молекулярная кристаллическая решетка: _____

Атомная кристаллическая решетка: _____

Пояснение:

Введите эмпирические формулы найденных веществ через пробел в порядке следования в исходном задании.

Количество атомов в веществах указывается без использования подстрочных знаков.

Пример ввода ответа: I2 CO2 NO2 CuS Cu KCl Si S

Решение:

Для веществ с ковалентной связью возможны два типа кристаллических решеток – молекулярные или атомные. В молекулярных решетках в узлах находятся молекулы, связанные между собой слабыми межмолекулярными взаимодействиями. Молекулярный тип решетки реализуется у веществ с ковалентной полярной связью (CO₂, NO₂) либо с ковалентной неполярной связью, если вещество образует молекулы (I₂). В атомных решетках в узлах находятся атомы, между которыми осуществляется прочная ковалентная связь. Этот тип решеток реализуется у веществ с ковалентной неполярной связью и атомной структурой (Si, S).

Правильный ответ:

Молекулярная кристаллическая решетка: I2 CO2 NO2

Атомная кристаллическая решетка: Si S

Шаг 3. Из веществ, установленных на шаге 2, выберите то, которое может проявлять полупроводниковые свойства.

Пояснение:

Введите эмпирическую формулу найденного вещества.

Количество атомов в веществах указывается без использования подстрочных знаков.

Пример ввода ответа: I2.

Решение:

Полупроводниковыми свойствами обладают вещества, имеющие атомную кристаллическую решетку из-за наличия дефектов в структуре.

Наиболее распространенными полупроводниками являются *p*-элементы III и IV групп, находящиеся в главных подгруппах. Полупроводниковыми свойствами обладает кремний, он находится в IV группе, главной подгруппе.

Правильный ответ: Si

(10 баллов)

Вопрос 3

Даны вещества:

- 1) соляная кислота;
- 2) хлорид калия;
- 3) сульфат меди (II);
- 4) хлорид аммония.

Выполните задание поэтапно.

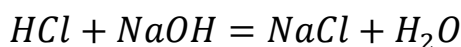
Шаг 1. К растворам перечисленных веществ добавили раствор гидроксида натрия. Напишите уравнения реакций в молекулярной, полной ионной и сокращенной ионной форме. Сопоставьте названия веществ и признаки реакции, в которую они вступают.

Вещество	Признаки реакции
Соляная кислота	Видимых изменений нет Осадок голубого цвета Осадок бурого цвета Выделение газа с резким запахом Изменение цвета раствора на синий
Хлорид калия	Видимых изменений нет Осадок голубого цвета Осадок бурого цвета Выделение газа с резким запахом Изменение цвета раствора на синий
Сульфат меди (II)	Видимых изменений нет Осадок голубого цвета Осадок бурого цвета Выделение газа с резким запахом Изменение цвета раствора на синий
Хлорид аммония	Видимых изменений нет Осадок голубого цвета Осадок бурого цвета Выделение газа с резким запахом Изменение цвета раствора на синий

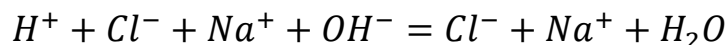
Решение:

Запишем уравнения реакций:

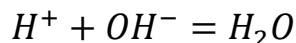
1. Молекулярное уравнение:



Полное ионное уравнение:



Сокращенное ионное уравнение:



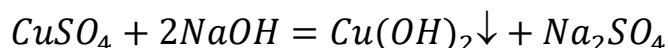
Из сокращенного уравнения видно, что происходит связывание ионов водорода и гидроксид-ионов с образованием воды (реакция нейтрализации), также в растворе остаются ионы натрия и хлора. В таком случае видимых изменений в пробирке наблюдаться не будет.

2. Полное ионное уравнение:

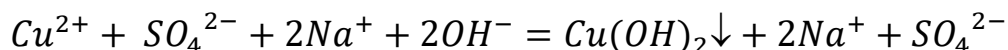


В данном случае в растворе находятся ионы калия, натрия и гидроксид-ионы. Связывания ионов не происходит, реакция не протекает или является обратимой, соответственно изменений в пробирке не наблюдается.

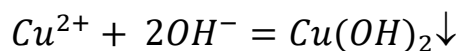
3. Молекулярное уравнение:



Полное ионное уравнение:

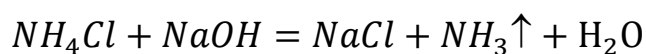


Сокращенное ионное уравнение:

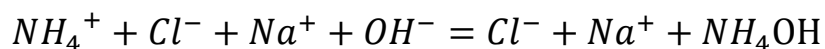


В данном случае происходит связывание ионов меди и гидроксид-ионов в осадок гидроксида меди, который имеет голубой цвет.

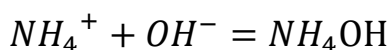
4. Молекулярное уравнение:



Полное ионное уравнение:



Сокращенное ионное уравнение:



В результате реакции происходит связывание ионов аммония и гидроксид-ионов, образуется слабое растворимое основание – гидроксид аммония.

Гидроксид аммония распадается на аммиак и воду, вследствие этого из раствора выделяется газ с резким неприятным запахом.



Правильный ответ:

Вещество	Признаки реакции
Соляная кислота	Видимых изменений нет.
Хлорид калия	Видимых изменений нет.
Сульфат меди (II)	Осадок голубого цвета.
Хлорид аммония	Выделение газа с резким запахом.

Шаг 2. Установите соответствие между веществами, указанными в задании, и типом реакции, в которой они участвуют.

Вещество	Реакции
Соляная кислота	Реакция нейтрализации Окислительно-восстановительная реакция Реакция разложения Реакция с образованием нерастворимого основания Реакция с образованием малорастворимой соли Обратимый процесс Реакция с образованием слабого растворимого основания
Хлорид калия	Реакция нейтрализации Окислительно-восстановительная реакция Реакция разложения Реакция с образованием нерастворимого основания Обратимый процесс Реакция с образованием малорастворимой соли Реакция с образованием слабого растворимого основания
Сульфат меди (II)	Реакция нейтрализации Окислительно-восстановительная реакция Реакция разложения Реакция с образованием нерастворимого основания Реакция с образованием малорастворимой соли Обратимый процесс Реакция с образованием слабого растворимого основания

Хлорид аммония	Реакция нейтрализации Окислительно-восстановительная реакция Реакция разложения Реакция с образованием нерастворимого основания Реакция с образованием малорастворимой соли Обратимый процесс Реакция с образованием слабого растворимого основания
----------------	---

Решение:

Смотрите решение к шагу 1.

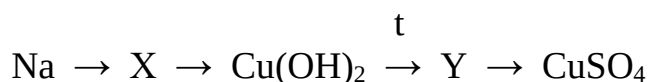
Правильный ответ:

Вещество	Тип процесса
Соляная кислота	Реакция нейтрализации
Хлорид калия	Обратимый процесс
Сульфат меди (II)	Реакция с образованием нерастворимого основания
Хлорид аммония	Реакция с образованием слабого растворимого основания

(14 баллов)

Вопрос 4

Напишите уравнения реакций для осуществления превращений, укажите условия протекания реакций. Определите вещества X и Y, учитывая, что вещество X является растворимым, вещество Y образуется в результате реакции разложения.



X: _____

Y: _____

Пояснение:

Введите эмпирические формулы найденных веществ.

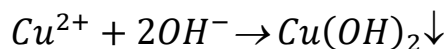
Количество атомов в веществах указывается без использования подстрочных знаков.

Пример ввода ответа для вещества Cu(OH)_2 : Cu(OH)2

Решение:

Рассмотрим цепочку превращений, начиная с вещества Cu(OH)_2 .

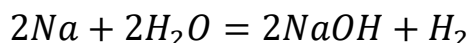
Получить нерастворимое основание $\text{Cu}(\text{OH})_2$ можно путем осаждения из растворов реакцией ионного обмена. Для этого в реакцию должны вступить вещества, содержащие ионы меди и гидроксид-ионы:



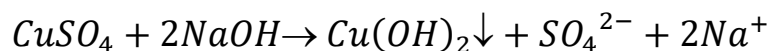
Таковыми веществами являются растворимая соль (содержит ионы меди) и растворимое основание (содержит гидроксид-ионы).

Изначально вещество X получено из Na, поэтому X – растворимое основание (гидроксид натрия):

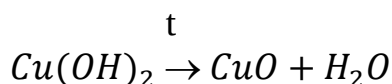
Гидроксид натрия получается из натрия путем взаимодействия с водой:



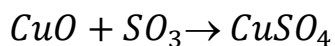
А далее он вступает в реакцию с сульфатом меди:



Образующийся гидроксид меди (II) при высокой температуре разлагается на оксид меди (II) и воду:



Таким образом, веществом Y является оксид меди (II). Вступая в реакцию с оксидом серы (VI), он образует соль – сульфат меди (II):



Правильный ответ:

X: NaOH

Y: CuO

(12 баллов)

Вопрос 5

Выполните задание поэтапно.

Шаг 1. Определите структурные формулы указанных веществ.

Запишите их эмпирические формулы.

2-метилбутан: _____

Уксусная кислота: _____

Бутанол-1: _____

Пояснение:

Введите эмпирические формулы веществ.

Символы химических элементов с количеством атомов должны идти в алфавитном порядке.

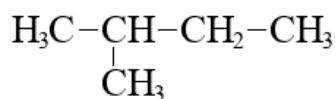
Количество атомов в веществах указывается без использования подстрочных знаков.

Пример ввода ответа для вещества CH_3COONa : C2H3NaO2

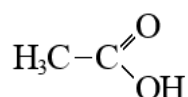
Решение:

Нарисуем структурные формулы указанных веществ. В соответствии с названиями 2-метилбутан относится к классу алканов, уксусная кислота – к классу карбоновых кислот, бутанол-1 – к одноатомным спиртам. Углеродная цепочка в этих соединениях содержит 4, 2 и 4 атома углерода соответственно.

Первое соединение имеет разветвленную структуру. Цифра в названии указывает, что заместитель метил $-\text{CH}_3$ замещает один водород у второго углеродного атома в цепочке. Структурная формула 2-метилбутана:



В состав карбоновых кислот входит карбоксильная группа $-\text{COOH}$. Структурная формула уксусной кислоты:



Бутанол-1 – одноатомный спирт, в составе которого есть гидроксильная группа $-\text{OH}$. Цифра в названии формулы указывает, что эта группа размещается у первого углеродного атома в цепочке. Структурная формула бутанола-1:



Эмпирические формулы веществ: C_5H_{12} , $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$, $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ соответственно.

Правильный ответ:

2-метилбутан:	C_5H_{12}
Уксусная кислота:	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$
Бутанол-1:	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$

Шаг 2. Выберите из веществ, перечисленных на шаге 1, то, которое является изомером 3-метилбутанала.

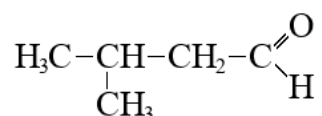
2-метилбутан

Уксусная кислота

Бутанол-1

Решение:

Нарисуем структурную формулу 3-метилбутанала. Бутаналь относится к классу альдегидов и содержит в своем составе функциональную группу -ОН, а также цепочку из 4 углеродных атомов. Цифра в названии указывает на то, что у третьего углеродного атома один атом водорода замещен на метил -CH₃. Структурная формула:



Эмпирическая формула этого соединения C₄H₁₀O, что совпадает с формулой бутанола-1. Соответственно, это вещество и является изомером бутанола-1.

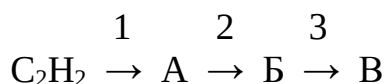
Правильный ответ: Бутанол-1

(12 баллов)

Вопрос 6

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения с учетом предлагаемых условий протекания реакций.

Определите вещества А, Б, В и укажите их эмпирические формулы.



Условия протекания реакций:

- 1) гидратация в кислой среде в присутствии катализатора;
- 2) взаимодействие с гидроксидом меди (II) при повышенной температуре;
- 3) реакция с гидроксидом натрия.

А: _____

Б: _____

В: _____

Пояснение:

Введите эмпирические формулы веществ.

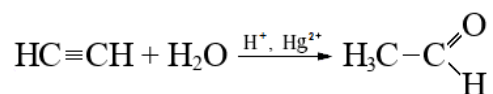
Символы химических элементов с количеством атомов должны идти в алфавитном порядке.

Количество атомов в веществах указывается без использования подстрочных знаков.

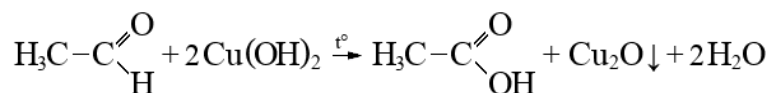
Пример ввода ответа для вещества CH_3COONa : C2H3NaO2

Решение:

При гидратации ацетилен в кислой среде в присутствии катализатора (реакция Кучерова) происходит образование уксусного альдегида $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ (вещество А):



При окислении уксусного альдегида в присутствии гидроксида меди (II) и повышенной температуре образуется уксусная кислота $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ (вещество Б):



При взаимодействии с гидроксидом натрия уксусная кислота образует ацетат натрия $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2\text{Na}$ (вещество В):



Правильный ответ:

А: $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$

Б: $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$

В: $\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2$

(12 баллов)

Вопрос 7

Твердый сульфат калия массой 13 г растворили в воде объемом 200 мл. Рассчитайте массовую долю соли в растворе, если плотность полученного раствора составляет 1,025 г/мл.

Пояснение:

Округляйте промежуточные значения, полученные при вычислениях, до второй цифры после десятичной запятой.

Ответ дайте в процентах с точностью до двух цифр после десятичной запятой.

Введите полученное число без единиц измерения.

Пример ввода ответа: 1,23

Решение:

Дано: $m(K_2SO_4) = 13 \text{ г}$ $V(H_2O) = 200 \text{ мл}$ $\rho_{\text{р-ра}} = 1,025 \text{ г/мл}$	1. Для расчета массовой доли соли в растворе запишем формулу массовой доли: $\omega\% = \frac{m_{\text{р.в-ва}}}{m_{\text{р-ра}}} \cdot 100\%,$ где $m_{\text{р.в-ва}}$ — масса растворенного вещества в граммах, а $m_{\text{р-ра}}$ — масса раствора в граммах.
$\omega\%(K_2SO_4) - ?$	2. В данном выражении неизвестна масса раствора. Рассчитаем ее, используя объем и плотность раствора: $m_{\text{р-ра}} = \rho_{\text{р-ра}} \cdot V_{\text{р-ра}}.$ Примем, что при растворении соли в воде объем не меняется. $m_{\text{р-ра}} = 1,025 \frac{\text{г}}{\text{мл}} \cdot 200 \text{ мл} = 205 \text{ г}.$
	3. Рассчитаем массовую долю соли в растворе: $\omega\%(K_2SO_4) = \frac{13 \text{ г}}{205 \text{ г}} \cdot 100\% = 6,34\%.$

Правильный ответ: 6,34

(14 баллов)

Вопрос 8

Рассчитайте объем газа (н.у.), выделившегося при термическом разложении карбоната кальция массой 300 г.

Пояснение:

Округляйте промежуточные значения, полученные при вычислениях, до второй цифры после десятичной запятой.

Молярные массы округляйте до целых чисел. Молярный объем газа примите $V_m = 22,4$ л/моль.

Ответ дайте в литрах с точностью до одной цифры после десятичной запятой.

Введите полученное число без единиц измерения.

Пример ввода ответа: 1,2

Решение:

Дано: $m(\text{CaCO}_3) = 300$ г н.у. $V_{(г)}$ – ?	1. Запишем уравнение реакции разложения карбоната кальция при повышенной температуре: $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{t} \text{CaO} + \text{CO}_2$ При разложении образуется углекислый газ, объем которого следует рассчитать. 2. Рассчитаем количество вещества карбоната кальция, которое подвергается разложению. Для этого разделим массу вещества на его молярную массу: $n(\text{CaCO}_3) = \frac{m(\text{CaCO}_3)}{M(\text{CaCO}_3)}$ $n(\text{CaCO}_3) = \frac{300 \text{ г}}{100 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 3 \text{ моль}$ 3. Согласно уравнению реакции, количество моль карбоната кальция, которое вступило в реакцию, равно количеству моль образовавшегося углекислого газа (коэффициенты перед веществами в уравнении одинаковы и равны 1). $n(\text{CaCO}_3) = n(\text{CO}_2)$ 4. Рассчитаем объем углекислого газа, образовавшегося в результате реакции (приведем его к нормальным условиям). При нормальных условиях 1 моль любого газа занимает объем, равный 22,4 л ($V_m = 22,4$ л/моль). Умножим количество моль газа на его молярный объем: $V(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \cdot V_m = 3 \cdot 22,4 = 67,2 \text{ л}$
---	---

Правильный ответ: 67,2

(16 баллов)