Институт развития образования Республики Башкортостан

Анализ результатов ЕГЭ 2024 по химии. Особенности выполнения заданий 29, 30 и 31 ЕГЭ по химии.

Шаяхметова Ралия Расимовна к.х.н., доцент кафедры естественно-научного образования

Основные статистические характеристики выполнения заданий КИМ в 2024 году

№ задания в КИМ	Проверяемые элементы содержания / умения	Уровень сложности задания	Процент выполнения задания в субъекте Российской Федерации в группах участников экзамена с разными уровнями подготовки				
			средний, %	в группе не преодолевших минимальный балл, %	в группе от минимального до 60 т.б.	в группе от 61 до 80 т.б.	в группе от 81 до 100 т.б.
1	Современная модель строения атома. Распределение электронов по энергетическим уровням. Классификация химических элементов. Особенности строения энергетических уровней атомов (s-, p-, d-элементов). Основное и возбуждённое состояния атомов. Электронная конфигурация атома. Валентные электроны	Б	75	47	64	80	97
2	Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева. Физический смысл Периодического закона Д.И. Менделеева. Причины и закономерности изменения свойств элементов и их соединений по периодам и группам. Закономерности в изменении свойств простых веществ, водородных соединений, высших оксидов и гидроксидов	Б	57	29	47	59	80

Основные статистические характеристики выполнения заданий КИМ в 2024 году

№ задания в КИМ	Проверяемые элементы содержания / умения	Уровень сложности задания	Процент выполнения задания в субъекте Российской Федерации в группах участников экзамена с разными уровнями подготовки				
			средний, %	в группе не преодолевших минимальный балл, %	в группе от минимального до 60 т.б.	в группе от 61 до 80 т.б.	в группе от 81 до 100 т.б.
3	Электроотрицательность. Валентность. Степень окисления	Б	72	28	57	83	99
4	Виды химической связи (ковалентная, ионная, металлическая, водородная) и механизмы её образования. Межмолекулярные взаимодействия. Вещества молекулярного и немолекулярного строения. Типы кристаллических решёток. Зависимость свойств веществ от типа кристаллической решётки	Б	65	16	47	79	97
5	Классификация неорганических веществ. Номенклатура неорганических веществ	Б	69	12	52	86	97

Основные статистические характеристики выполнения заданий КИМ в 2024 году

№ задания в КИМ	Проверяемые элементы содержания / умения	Уровень сложности задания	Процент выполнения задания в субъекте Российской Федерации в группах участников экзамена с разными уровнями подготовки				
			средний, %	в группе не преодолевших минимальный балл, %	в группе от минимального до 60 т.б.	в группе от 61 до 80 т.б.	в группе от 81 до 100 т.б.
6	Химические свойства важнейших металлов (натрий, калий, кальций, магний, алюминий, цинк, хром, железо, медь) и их соединений. Общие способы получения металлов. Химические свойства важнейших неметаллов (галогенов, серы, азота, фосфора, углерода и кремния) и их соединений (оксидов, кислородсодержащих кислот, водородных соединений). Электролитическая диссоциация. Сильные и слабые электролиты. Среда водных растворов веществ: кислая, нейтральная, щелочная. Степень диссоциации. Реакции ионного обмена. Идентификация неорганических соединений. Качественные реакции на неорганические вещества и ионы	П	74	27	62	87	97
7	Химические свойства важнейших металлов (натрий, калий, кальций, магний, алюминий, цинк, хром, железо, медь) и их соединений. Общие способы получения металлов. Химические свойства важнейших неметаллов (галогенов, серы, азота, фосфора, углерода и кремния) и их соединений (оксидов, кислородсодержащих кислот, водородных соединений)	П	60	8	38	75	95

Основные статистические характеристики выполнения заданий КИМ в 2024 году

№ задания в КИМ	Проверяемые элементы содержания / умения	Уровень сложности задания	Процент выполнения задания в субъекте Российской Федерации в группах участников экзамена с разными уровнями подготовки				
			средний, %	в группе не преодолевших минимальный балл, %	в группе от минимального до 60 т.б.	в группе от 61 до 80 т.б.	в группе от 81 до 100 т.б.
8	Химические свойства важнейших металлов (натрий, калий, кальций, магний, алюминий, цинк, хром, железо, медь) и их соединений. Общие способы получения металлов. Химические свойства важнейших неметаллов (галогенов, серы, азота, фосфора, углерода и кремния) и их соединений (оксидов, кислородсодержащих кислот, водородных соединений)	П	62	18	43	73	94
9	Генетическая связь неорганических веществ, принадлежащих к различным классам	П	65	13	50	75	95
10	Представление о классификации органических веществ. Номенклатура органических соединений (систематическая) и тривиальные названия важнейших представителей классов органических веществ.	Б	66	9	45	87	98

Основные статистические характеристики выполнения заданий КИМ в 2024 году

№ задания в КИМ	Проверяемые элементы содержания / умения	Уровень сложности задания	Процент выполнения задания в субъекте Российской Федерации в группах участников экзамена с разными уровнями подготовки				
			средний, %	в группе не преодолевших минимальный балл, %	в группе от минимального до 60 т.б.	в группе от 61 до 80 т.б.	в группе от 81 до 100 т.б.
11	Основные положения теории химического строения органических соединений А.М. Бутлерова. Углеродный скелет органической молекулы. Кратность химической связи. σ- и π-связи. sp^3-, sp^2-, sp-гибридизации орбиталей атомов углерода. Зависимость свойств веществ от химического строения молекул. Гомологи. Гомологический ряд. Изомерия и изомеры. Понятие о функциональной группе. Ориентационные эффекты заместителей	Б	66	9	47	84	98
12	Химические свойства углеводородов: алканов, циклоалканов, алкенов, алкадиенов, алкинов, аренов. Химические свойства кислородсодержащих соединений: спиртов, фенола, альдегидов, кетонов, карбоновых кислот, сложных эфиров, жиров, углеводов	П	52	5	27	68	91

Основные статистические характеристики выполнения заданий КИМ в 2024 году

№ задания в КИМ	Проверяемые элементы содержания / умения	Уровень сложности задания	Процент выполнения задания в субъекте Российской Федерации в группах участников экзамена с разными уровнями подготовки				
			средний, %	в группе не преодолевших мин-ый балл, %	в группе от минимального до 60 т.б.	в группе от 61 до 80 т.б.	в группе от 81 до 100 т.б.
13	Химические свойства жиров. Мылá как соли высших карбоновых кислот Химические свойства глюкозы. Дисахариды: сахароза, мальтоза. Восстанавливающие и невосстанавливающие дисахариды. Гидролиз дисахаридов. Полисахариды: крахмал, гликоген. Химические свойства крахмала и целлюлозы. Характерные химические свойства аминов. Аминокислоты и белки. Аминокислоты как амфотерные органические соединения. Основные аминокислоты, образующие белки. Важнейшие способы получения аминов и аминокислот. Химические свойства белков: гидролиз, денатурация, качественные (цветные) реакции на белки	Б	61	18	38	76	97
14	Химические свойства углеводородов: алканов, циклоалканов, алкенов, алкадиенов, алкинов, аренов. Реакции замещения галогена на гидроксогруппу. Действие на галогенпроизводные водного и спиртового раствора щёлочи. Взаимодействие дигалогеналканов с магнием и цинком. Использование галогенпроизводных углеводородов при синтезе органических веществ Свободнорадикальный и ионный механизмы реакции. Понятие о нуклеофиле и электрофиле. Правило Марковникова. Правило Зайцева	П	58	3	36	78	91

Основные статистические характеристики выполнения заданий КИМ в 2024 году

№ задания в КИМ	Проверяемые элементы содержания / умения	Уровень сложности задания	Процент выполнения задания в субъекте Российской Федерации в группах участников экзамена с разными уровнями подготовки				
			средний, %	в группе не преодолевших минимальный балл, %	в группе от минимального до 60 т.б.	в группе от 61 до 80 т.б.	в группе от 81 до 100 т.б.
15	Характерные химические свойства предельных одноатомных и многоатомных спиртов, фенола, альдегидов, карбоновых кислот, сложных эфиров. Важнейшие способы получения кислородсодержащих органических соединений	П	55	3	26	75	
16	Генетическая связь между классами органических соединений	П	59	7	38	73	95
17	Химическая реакция. Классификация химических реакций в неорганической и органической химии. Закон сохранения массы веществ	Б	57	6	35	71	94

Основные статистические характеристики выполнения заданий КИМ в 2024 году

№ задания в КИМ	Проверяемые элементы содержания / умения	Уровень сложности задания	Процент выполнения задания в субъекте Российской Федерации в группах участников экзамена с разными уровнями подготовки				
			средний, %	в группе не преодолевших минимальный балл, %	в группе от минимального до 60 т.б.	в группе от 61 до 80 т.б.	в группе от 81 до 100 т.б.
18	Скорость реакции, её зависимость от различных факторов	Б	55	11	31	67	92
19	Окислительно-восстановительные реакции. Поведение веществ в средах с разным значением pH. Методы электронного баланса	Б	91	53	93	98	100
20	Электролиз расплавов и растворов солей	Б	76	31	64	89	99
21	Гидролиз солей. Ионное произведение воды. Водородный показатель (pH) раствора	Б	78	26	72	89	97

Основные статистические характеристики выполнения заданий КИМ в 2024 году

№ задания в КИМ	Проверяемые элементы содержания / умения	Уровень сложности задания	Процент выполнения задания в субъекте Российской Федерации в группах участников экзамена с разными уровнями подготовки				
			средний, %	в группе не преодолевших минимальный балл, %	в группе от минимального до 60 т.б.	в группе от 61 до 80 т.б.	в группе от 81 до 100 т.б.
22	Обратимые реакции. Химическое равновесие. Факторы, влияющие на состояние химического равновесия. Принцип Ле Шателье	П	72	19	60	87	97
23	Обратимые и необратимые химические реакции. Химическое равновесие. Расчёты количества вещества, массы вещества или объёма газов по известному количеству вещества, массе или объёму одного из участвующих в реакции веществ	П	87	42	84	97	100
24	Идентификация неорганических соединений. Качественные реакции на неорганические вещества и ионы. Идентификация органических соединений. Решение экспериментальных задач на распознавание веществ	П	52	3	24	68	93

Основные статистические характеристики выполнения заданий КИМ в 2024 году

№ задания в КИМ	Проверяемые элементы содержания / умения	Уровень сложности задания	Процент выполнения задания в субъекте Российской Федерации в группах участников экзамена с разными уровнями подготовки				
			средний, %	в группе не преодолевших мин-ый балл, %	в группе от мин-го до 60 т.б.	в группе от 61 до 80 т.б.	в группе от 81 до 100 т.б.
25	Химия в повседневной жизни. Правила безопасной работы с едкими, горючими и токсичными веществами, средствами бытовой химии. Химия и здоровье. Химия в медицине. Химия и сельское хозяйство. Химия в промышленности. Химия и энергетика: природный и попутный нефтяной газы, их состав и использование. Состав нефти и её переработка (природные источники углеводородов). Химия и экология. Химическое загрязнение окружающей среды и его последствия. Охрана гидросферы, почвы, атмосферы, флоры и фауны от химического загрязнения. Проблема отходов и побочных продуктов. Альтернативные источники энергии. Общие представления о промышленных способах получения химических веществ (на примере производства аммиака, серной кислоты). Чёрная и цветная металлургия. Стекло и силикатная промышленность. Промышленная органическая химия. Сырьё для органической промышленности. Строение и структура полимеров. Зависимость свойств полимеров от строения молекул. Основные способы получения высокомолекулярных соединений: реакции полимеризации и поликонденсации. Классификация волокон	Б	69	22	50	85	97

Основные статистические характеристики выполнения заданий КИМ в 2024 году

№ задания в КИМ	Проверяемые элементы содержания / умения	Уровень сложности задания	Процент выполнения задания в субъекте Российской Федерации в группах участников экзамена с разными уровнями подготовки				
			средний, %	в группе не преодолевших минимальный балл, %	в группе от минимального до 60 т.б.	в группе от 61 до 80 т.б.	в группе от 81 до 100 т.б.
26	Расчеты массовой доли и молярной концентрации вещества в растворе	Б	66	9	48	82	97
27	Расчёты теплового эффекта (по термохимическим уравнениям). Расчёты объёмных отношений газов при химических реакциях	Б	75	27	67	87	94
28	Расчёты массы (объёма, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ дано в избытке (имеет примеси); расчёты массовой или объёмной доли выхода продукта реакции от теоретически возможного	Б	51	3	22	67	94

Основные статистические характеристики выполнения заданий КИМ в 2024 году

№ задания в КИМ	Проверяемые элементы содержания / умения	Уровень сложности задания	Процент выполнения задания в субъекте Российской Федерации в группах участников экзамена с разными уровнями подготовки				
			средний, %	в группе не преодолевших минимальный балл, %	в группе от минимального до 60 т.б.	в группе от 61 до 80 т.б.	в группе от 81 до 100 т.б.
29	Окислительно-восстановительные реакции. Поведение веществ в средах с разным значением pH. Методы электронного баланса	В	46	1	15	59	92
30	Электролитическая диссоциация. Сильные и слабые электролиты. Среда водных растворов веществ: кислая, нейтральная, щелочная. Степень диссоциации. Реакции ионного обмена	В	48	3	30	59	78
31	Генетическая связь неорганических веществ, принадлежащих к различным классам	В	44	1	14	56	92
32	Генетическая связь между классами органических соединений	В	45	1	16	54	92

Основные статистические характеристики выполнения заданий КИМ в 2024 году

№ задания в КИМ	Проверяемые элементы содержания / умения	Уровень сложности задания	Процент выполнения задания в субъекте Российской Федерации в группах участников экзамена с разными уровнями подготовки				
			средний, %	в группе не преодолевших минимальный балл, %	в группе от минимального до 60 т.б.	в группе от 61 до 80 т.б.	в группе от 81 до 100 т.б.
33	Нахождение молекулярной формулы органического вещества по его плотности и массовым долям элементов, входящих в его состав, или по продуктам сгорания; установление структурной формулы органического вещества на основе его химических свойств или способов получения	В	43	0	11	51	97
34	Расчёты массы (объёма, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ дано в избытке (имеет примеси). Расчёты массы (объёма, количества вещества) продукта реакции, если одно из веществ дано в виде раствора с определённой массовой долей растворённого вещества. Расчёты с использованием понятий «массовая доля», «молярная концентрация», «растворимость»	В	13	0	0	5	44

Задание 29

При подготовке к выполнению этого задания ученики должны:

- ✓ запомнить перечень типичных окислителей и восстановителей;
- ✓ понять за счет какого элемента вещество является окислителем или восстановителем и что происходит с ним в процессе реакции;
- ✓ уметь составлять уравнения реакций между типичными восстановителями и окислителями, а также соответствующие схемы электронных балансов

План выполнения

1. На черновике составьте формулы веществ, указанных в задании.
2. Определите степени окисления химических элементов в этих веществах.
3. Подчеркните вещества которые могут быть окислителями и восстановителями.
4. Выберите вещества, которые подходят к условиям задания.
5. Составьте окислительно-восстановительное уравнение реакции с выбранными веществами, определяя продукты реакции согласно выбранным веществам.
6. Составьте электронный баланс и на его основе расставьте ко эффициенты в уравнении реакции.
7. Укажите окислитель и восстановитель.
8. Подведите баланс элементов в левой и правой части уравнения, при этом в первую очередь надо уравнять металлы, далее неметаллы, в предпоследнюю очередь — водород и последним — кислород.

Типичные окислители восстановители.

Окислитель – это вещество, которое **принимает электроны** в ходе химической реакции. При этом степень окисления окислителя **понижается.** Процесс **восстанавливления.**	**Восстановитель** – это вещество, которое **отдает электроны** в ходе химической реакции. При этом степень окисления восстановителя **повышается**. Процесс **окисления**.
Типичные окислители: ➢ *неметаллы в свободном виде*, например, галогены (F_2, Cl_2, Br_2, I_2), кислород, сера и др. ➢ *кислородсодержащие кислоты и соответствующие им оксиды,* например: HNO_3, $H_2SO_{4(конц)}$, H_2CrO_4, N_2O_5, Mn_2O_7, CrO_3 и др. ➢ *соли кислородсодержащих кислот преимущественно в высшей степени окисления* атома кислотообразующего элемента, например, $KMnO_4$ (Mn^{+7}), $K_2Cr_2O_7$ (Cr^{+7}), $Pb(ClO_4)_2$ (Cl^{+7}) и др. Следует отметить, что кислоты являются более сильными окислителями, чем их соли. ➢ *катионы металлов в высшей степени окисления*, например, Sn^{4+}, Cu^{2+}, Fe^{3+}, Hg^{2+}, Pb^{4+}. ➢ *Кислоты (за счет ионов H^+)* ➢ *Пероксиды, надпероксиды, озониды* H_2O_2, K_2O_4, KO_3.	Типичные восстановители: ➢ *металлы в виде простых веществ*. Например: Fe^0, Zn^0, Al^0 и т.д. ➢ *катионы металлов в низшей степени окисления* Sn^{2+}, Fe^{2+}, Pb^{2+} и т.д. ➢ *кислородосодержащие кислоты и их оксиды преимущественно в низшей степени окисления* атома кислотообразующего элемента. Например: H_2SO_3, HNO_2, H_3PO_3, H_3PO_2, NO_2, SO_2 и т.д. ➢ *бескислородные кислоты и их соли*, в которых кислотообразующий элемент проявляет низшую степень окисления. Например: HI, KI, H_2S, Na_2S и т.д. ➢ *отрицательно заряженные ионы неметаллов* S^{2-}, Cl^- и др. ➢ многие сравнительно малозарядные ионы металлов (Fe^{2+}, Mn^{2+} и др.) ➢ *ионы и молекулы, содержащие атомы в промежуточных степенях окисления*: $S^{+4}O_2$; $S^{+4}O_3^{2-}$; $H_3P^{+3}O_3$ и др. ➢ H_2, CO, CH_4, NH_3, C ➢ *гидриды металлов I-III групп* (CaH_2, LiH и др.)

Окислительно-восстановительная двойственность.

1. При окислении пероксида водорода H_2O_2 образуется кислород O_2, при востановлении получается вода.

$$2KMnO_4 + 5H_2O_2 + 3H_2SO_4 \rightarrow 5O_2 + K_2SO_4 + MnSO_4 + 8H_2O.$$

$$PbS + 4H_2O_2 \rightarrow PbSO_4 + 4H_2O.$$

2. При окислении нитрит-иона NO_2^- образуется нитрат-ион NO_3^-, при восстановлении – моноксид азота NO (в кислой среде) или аммиак NH_3 (в щелочной среде сильными восстановителями).

$K_2Cr_2O_7 + 3KNO_2 + 4H_2SO_4 \rightarrow 3KNO_2 + K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 4H_2O.$

$2KNO_2 + 2KI + 2H_2SO_4 \rightarrow 2NO + I_2 + 2K_2SO_4 + 2H_2O.$

$KNO_2 + 3Zn + 5KOH + 5H_2O \rightarrow NH_3 + 3K_2[Zn(OH)_4].$

3. Простое вещество йод I_2 восстанавливается до иодид-иона I^- независимо от реакции среды и окисляется до йодноватой кислоты HIO_3 (в кислой среде).

$I_2 + H_2S \rightarrow 2HI + S.$

$I_2 + 10HNO_3 \rightarrow 2HIO_3 + 10NO_2 + 4H_2O.$

Окислительно-восстановительная двойственность.

4. Диоксид марганца MnO_2 окисляется в щелочной среде до манганат-иона MnO_4^{2-}, а в кислой – до перманганат-иона MnO_4^{-}. Это соединение восстанавливается в кислой среде до ионов марганца Mn^{2+}.

$MnO_2 + Cl_2 + 4KOH \rightarrow K_2MnO_4 + 2KCl + 2H_2O$.

$2MnO_2 + K_2S_2O_8 + 4H_2O \rightarrow 2HMnO_4 + 3H_2SO_4 + 3K_2SO_4$.

$MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$.

5. Ионы железа Fe^{3+} способны окисляться до феррат-ионов FeO_4^{2-} (в щелочной среде) и восстанавливаться до ионов железа Fe^{2+} (в кислоц среде).

$2FeCl_3 + 3Cl_2 + 16KOH \rightarrow 2K_2FeO_4 + 12\ KCl + 8H_2O$,

$2FeCl_3 + Zn \rightarrow 2FeCl_2 + ZnCl_2$.

1. Гидразин N_2H_4 и гидроксиламин NH_2OH окисляются до простого вещества азота N_2 и восстанавливаются до NH_3 (в щелочной среде) или солей аммония NH_4^+ (в кислоц среде).

$N_2H_4 + 2K_2S_2O_8 + 4KOH \rightarrow N_2 + 4K_2SO_4 + 4H_2O$,

$2NH_2OH + Cl_2 \rightarrow N_2 + 2HCl + 2H_2O$,

$N_2H_4 + Zn + 2NaOH + 2H_2O \rightarrow 2NH_3 + Na_2[Zn(OH)_4]$,

$NH_2OH + 3HI \rightarrow NH_4I + I_2 + H_2O$.

7. Простые вещества неметаллы окисляются до кислородсодержащих кислот или их анионов и восстанавливаются до бескислородных кислот и их анионов.

Классификация ОВР

Межмолекулярные ОВР – реакции, в которых элемент-окислитель и элемент-восстановитель входят *в состав разных веществ* (молекул):

$$3Cu^{0} + 8HN^{+5}O_3 \rightarrow 3Cu^{+2}(NO_3)_2 + 2N^{+2}O + 4H_2O$$

Внутримолекулярные ОВР – реакции, в которых элемент-окислитель и элемент-восстановитель *входят в состав одного вещества*:

$$2KCl^{+5}O_3^{2-} \rightarrow 2KCl^{-} + 3O_2^{0}$$

Cl^{+5} – окислитель; O^{-2} – восстановитель

Диспропорционирование - окислительно-восстановительная реакция, в которой *один элемент одновременно повышает и понижает степень окисления*.

$3K_2Mn^{+6}O_4 + 2H_2O \rightarrow 2KMn^{+7}O_4 + Mn^{+4}O_2 + 4KOH$

Компропорционированния – реакции, в которых элемент-окислитель и элемент-восстановитель *один и тот же элемент в разных степенях окисления*

$Cu^{0} + Cu^{+2}Cl_2 \rightarrow 2Cu^{+1}Cl$

$2H_2S^{-2} + H_2S^{+4}O_3 \rightarrow 3S^{0} + 3H_2O$

Необходимо обратить внимание учащихся, что внутримолекулярные ОВР в задании 29 использовать нельзя

Наиболее часто применяемые окислители и восстановители и продукты реакций

Окислители	Восстановители
Галогены и их соединения	
$Cl_2 \rightarrow HCl\ (KCl)$ $Br_2 \rightarrow HBr\ (KBr)$ $I_2 \rightarrow HI\ (KI)$ $HClO\ (KClO) \rightarrow HCl\ (KCl)$ $HClO_2 \rightarrow HCl\ (KCl)$ $HClO_3 \rightarrow HCl\ (KCl)$ $HBrO_3\ (KBrO_3) \rightarrow HBr\ (KBr)$ $HBrO_4\ (KBrO_4) \rightarrow HBr\ (KBr)$ $HClO_4\ (KClO_4) \rightarrow HCl\ (KCl)$ $HIO_3\ (KIO_3) \rightarrow I_2$ $HIO_4\ (KIO_4) \rightarrow I_2$	$KI\ (HI) \rightarrow I_2$ $HBr \rightarrow Br_2$ $HCl \rightarrow Cl_2$

Наиболее часто применяемые окислители и восстановители и продукты реакции

Соединения марганца	
$\overset{+7}{KMnO_4} \xrightarrow{+\,H_2SO_4} \overset{+2}{MnSO_4}$ фиолетовый — кислотная среда — обесцвечивание раствора $\overset{+7}{KMnO_4} \xrightarrow{+\,H_2O} \overset{+4}{MnO_2}$ фиолетовый — нейтральная среда — бурый осадок $\overset{+7}{KMnO_4} \xrightarrow{+\,KOH} \overset{+6}{K_2MnO_4}$ фиолетовый — щелочная среда — зеленый $\overset{+4}{MnO_2} \xrightarrow{+\,H_2SO_4} \overset{+2}{MnSO_4}$ бурый — кислотная среда — бесцветный раствор	$\overset{+2}{MnSO_4} \rightarrow \overset{+4}{MnO_2}$

Наиболее часто применяемые окислители и восстановители и продукты реакции

Соединения хрома	
$\overset{+6}{CrO_3}$ (красный) $\xrightarrow[\text{кислотная среда}]{+\,H_2SO_4}$ $\overset{+3}{Cr_2(SO_4)_3}$ (зеленый) $\overset{+6}{K_2Cr_2O_7}$ (оранжевый) $\xrightarrow[\text{кислотная среда}]{+\,H_2SO_4}$ $\overset{+3}{Cr_2(SO_4)_3}$ (зеленый) $\overset{+6}{K_2CrO_4}$ (желтый) $\xrightarrow[\text{щелочная среда}]{+\,KOH}$ $\overset{+3}{K_3[Cr(OH)_6]}$ $\overset{+6}{K_2CrO_4}$ (желтый) $\xrightarrow[\text{нейтральная среда}]{+\,H_2O}$ $\overset{+3}{Cr(OH)_3}$ (серо-зеленый)	$\overset{+3}{CrCl_3}$ (зеленый) $\xrightarrow[\text{щелочная среда}]{+\,KOH}$ $\overset{+6}{K_2CrO_4}$ (желтый)

Хроматы устойчивы в щелочной среде, а дихроматы – в кислотной.

$$\underset{\text{(оранжевый)}}{K_2Cr_2O_7} + 2KOH = \underset{\text{(желтый)}}{K_2CrO_4} + H_2O$$

$$\underset{\text{(желтый)}}{K_2CrO_4} + H_2SO_4 = \underset{\text{(оранжевый)}}{K_2Cr_2O_7} + K_2SO_4 + H_2O$$

Поэтому в кислотной среде в качестве окислителя выступает дихромат, в нейтральной или щелочной – хромат.

Наиболее часто применяемые окислители и восстановители и продукты реакции

Соединения серы	
$\overset{+4}{Na_2SO_3} \xrightarrow[\text{кислотная среда}]{+H^+} \overset{0}{S}$	$\overset{-2}{H_2S} \longrightarrow \overset{0}{S}$
$\overset{+6}{H_2SO_4}$ (конц.) $\xrightarrow{\text{Me правее Pb}} \overset{+4}{SO_2}$	$\overset{+4}{Na_2SO_3} \longrightarrow \overset{+6}{Na_2SO_4}$
$\overset{+6}{H_2SO_4}$ (конц.) $\xrightarrow{\text{От Al до Pb}} \overset{0}{S}$ (или SO_2)	$\overset{0}{S} \longrightarrow \overset{+4}{SO_2}$
$\overset{+6}{H_2SO_4}$ (конц.) $\xrightarrow{\text{От Li до Al}} \overset{-2}{H_2S}$	

Наиболее часто применяемые окислители и восстановители и продукты реакции

Соединения азота	
$\overset{+4}{KNO_2} \xrightarrow[\text{кислотная среда}]{+H^+} \overset{+2}{NO}$	$\overset{-3}{NH_3} \longrightarrow \overset{0}{N_2}$
$\overset{+5}{HNO_3}$ (конц.) $\xrightarrow{Me} \overset{+4}{NO_2}$	$\overset{+4}{KNO_2} \longrightarrow \overset{+5}{KNO_3}$
$\overset{+5}{HNO_3}$ (разб.) $\xrightarrow{\text{от Li до Al}} \overset{0}{N_2}$	
$\overset{+5}{HNO_3}$ (разб.) $\xrightarrow{\text{от Zn до Pb}} \overset{+1}{N_2O}$	
$\overset{+5}{HNO_3}$ (разб.) $\xrightarrow{\text{Me правее H}} \overset{+2}{NO}$	
$\overset{+5}{HNO_3}$ (оч. разб.) $\xrightarrow{\text{от Li до Al}} \overset{-3}{NH_4NO_3}$	

Наиболее часто применяемые окислители и восстановители и продукты реакции

Соединения железа	
$\overset{+3}{Fe}Cl_3 \longrightarrow \overset{+2}{Fe}Cl_2$	$\overset{+2}{Fe}SO_4 \longrightarrow \overset{+3}{Fe_2}(SO_4)_3$
Пероксид водорода	
$\overset{-1}{H_2O_2} \xrightarrow[\text{кислотная среда}]{H^+} \overset{-2}{H_2O}$ $\overset{-1}{H_2O_2} \xrightarrow[\text{нейтральная или щелочная среда}]{H_2O \text{ или } OH^-} \overset{-2}{OH^-}$	$\overset{-1}{H_2O_2} \longrightarrow \overset{0}{O_2}$

При взаимодействии азотной кислоты с металлами глубина восстановления нитрат-иона зависит от концентрации кислоты и от положения металла в электрохимическом ряду напряжений металлов

Металлы	$\omega(HNO_3)$, %			
	< 5	10-40	45-75	> 80
Активные металлы: Li, Cs, Rb, K, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Al	NH_4NO_3	N_2	N_2O	NO_2
Металлы средней активности: Mn, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb	N_2	N_2O	NO	NO_2
Малоактивные металлы: Bi, Cu, Ru, Hg, Ag, Rh, Pd	–	NO	NO_2	NO_2
Благородные металла: Ir, Pt, Au	–	–	–	–

Схемы взаимодействия перманганата калия и дихромата калия с различными восстановителями в кислой среде

$$KMnO_4 + H_2SO_4 + \left\{\begin{array}{l} KNO_2 \\ K_2SO_3 \\ H_2S \\ NH_3 \\ KI \\ FeSO_4 \end{array}\right. \longrightarrow \left\{\begin{array}{l} KNO_3 \\ K_2SO_4 \\ S \\ N_2 \\ I_2 \\ Fe_2(SO_4)_3 \end{array}\right. + K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O$$

$$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + \left\{\begin{array}{l} KNO_2 \\ K_2SO_3 \\ H_2S \\ NH_3 \\ KI \\ FeSO_4 \end{array}\right. \longrightarrow \left\{\begin{array}{l} KNO_3 \\ K_2SO_4 \\ S \\ N_2 \\ I_2 \\ Fe_2(SO_4)_3 \end{array}\right. + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + H_2O$$

Взаимодействие концентрированных азотной и серной кислот с неметаллами:

$$H_2SO_{4\,(конц.)} + \begin{cases} S \\ C \\ P \end{cases} \longrightarrow \begin{cases} SO_2 \\ CO_2 \\ H_3PO_4 \end{cases} + SO_2 + H_2O$$

$$HNO_{3\,(конц.)} + \begin{cases} S \\ C \\ P \\ I_2 \end{cases} \longrightarrow \begin{cases} H_2SO_4 \\ CO_2 \\ H_3PO_4 \\ HIO_3 \end{cases} + NO_2 + H_2O$$

Окрашенные растворы.

Желтые	Хроматы, например K_2CrO_4	Растворы солей железа (III), например, $FeCl_3$, бромная вода, спиртовые и спиртово-водные растворы йода – в зависимости от концентрации от желтого до бурого
Оранжевые	Дихроматы, например $K_2Cr_2O_7$	
Зеленые	Гидрокомплексы хрома (III), например, $K_3[Cr(OH)_6]$, соли никеля (II), например, $NiSO_4$, манганаты, например, K_2MnO_4	
Голубые	Соли меди (II), например, $CuSO_4$	
От розового до фиолетового	Перманганаты, например, $KMnO_4$	
От зеленого до синего	Соли хрома (III), например, $CrCl_3$	

Окрашенные осадки, получающиеся при взаимодействии растворов

Желтые	$AgBr$, AgI, Ag_3PO_4, $BaCrO_4$, PbI_2, CdS
Бурые	$Fe(OH)_3$, MnO_2
Черные, черно-бурые	Сульфиды меди, серебра, железа, свинца
Синие	$Cu(OH)_2$, $KFe[Fe(CN)_6]$
Зеленые	$Cr(OH)_3$ – серо-зеленый $Fe(OH)_2$ – грязно-зеленый, буреет на воздухе

Другие окрашенные вещества

Желтые	Сера, золото, хроматы
Оранжевые	Оксид меди (I) – Cu_2O Дихроматы
Красные	Бром (жидкость), медь (аморфная), фосфор красный, Fe_2O_3, CrO_3
Черные	CuO, FeO, CrO
Серые с металлическим блеском	Графит, кристаллический кремний, кристаллический йод (при возгонке - фиолетовые пары), большинство металлов
Зеленые	Cr_2O_3, малахит $(CuOH)_2CO_3$, Mn_2O_7 (жидкость)

Признаки газов

Окрашенные	Cl_2 – желто-зеленый; NO_2 – бурый; O_3 – голубой (все имеют запахи). Все ядовиты, растворяются в воде, Cl_2 и NO_2 реагируют с ней.
Бесцветные без запаха	H_2, N_2, O_2, CO_2, CO (яд), NO (яд), инертные газы. Все плохо растворимы в воде.
Бесцветные с запахом	HF, HCl, HBr, HI, SO_2 (резкие запахи), NH_3 (нашатырного спирта) – хорошо растворимы в воде и ядовиты, PH_3 (чесночный), H_2S (тухлых яиц) – малорастворимы в воде и ядовиты.

Рассмотрим алгоритм решения 29-го задания.

Из предложенного перечня выберите вещества, между которыми протекает окислительно-восстановительная реакция. В процессе реакции одна молекула восстановителя отдает десять электронов.

Перечень веществ: гидрофосфат натрия, хлор, гидроксид кальция, азотная кислота, иод, бромид калия. Допустимо использование водных растворов.

Запишите уравнение реакции с участием выбранных веществ. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель.

Перечень веществ: $Na_2^+HP^{+5}O_4^{-2}$; Cl_2^0; $Ca^{+2}(O^{-2}H^+)_2$; $H^+N^{+5}O_3^{-2}$; I_2^0; K^+Br^-

Возможные окислители: Cl_2^0; $H^+N^{+5}O_3^{-2}$

Возможные восстановители: Cl_2^0; I_2^0; K^+Br^-

Так как у нас по условию задания молекула восстановителя отдает десять электронов, то наиболее предпочтительным восстановителем является I_2^0 т.к. у него наиболее сильно выражены восстановительные свойства и он может окислется до соединений йода со степенью окисления +5. Окислителем тогда будет более силный HNO_3.

$I_2 + 10HNO_3 = 2HIO_3 + 10NO_2 + 4H_2O$

$$\begin{array}{l|l} N^{+5} + 1\bar{e} = N^{+4} & 10 \\ I_2^0 - 10\bar{e} = 2I^{+5} & 1 \end{array}$$

HNO_3 (за счет N^{+5}) – окислитель

I_2 (за счет I^0) – восстановитель

Типичные ошибки, которые допускают учащиеся:

1. Названия веществ даны в письменном виде и учащиеся не всегда правильно пишут формулы исходных веществ, путают сульфат, сульфит, сульфид, следовательно, неверно пишут уравнение реакции.
2. Неправильно определяют степень окисления элемента в соединении.
3. Неправильно определяют окислитель или восстановитель.
4. Неправильно подсчитывают количество отданных или принятых электронов.
5. Такие обозначения степеней окисления, как N^{5+} или Ca^{2+} (сначала цифра, затем знак) считаются неверными.
6. Недопустима запись $Cr_2^{+6} + 6\bar{e} \rightarrow 2Cr^{+3}$ вместо

$$2Cr^{+6} + 6\bar{e} \rightarrow 2Cr^{+3}$$

Задание 30

Задание 30 ориентировано на проверку усвоения важных элементов содержания: «Реакции ионного обмена». Из предложенного перечня веществ нужно выбрать вещества, между которыми возможна реакция ионного обмена, которая протекает между электролитами в направлении связывания ионов. Необходимо записать молекулярное, полное и сокращенное ионные уравнения.

Задание оценивается в два балла.

Работа учащихся должна включать следующие элементы ответа:

1. Выбраны вещества и записано молекулярное уравнение реакции ионного обмена
2. Записаны полное и сокращенное ионное уравнения реакций.

Задание 30

План выполнения этого задания

1. Прочитайте задание м подчеркните наиболее важные пункты в нем.
2. Выпишите вещества данные в задании и выберите вещества, вступающие в обменное взаимодействие друг с другом.
3. Напишите молекулярное уравнение, соответствующее условиям задания. Уровняйте реакцию
4. Используя таблицу растворимости, определите растворимость веществ, участвующих в реакции.
5. Составьте полное ионно-молекулярное и сокращённые уравнения, в котором учитывайте результат диссоциации и исходных веществ, и продуктов реакции обмена.
6. Проверьте коэффициенты, они должны быть минимальными, а суммы зарядов в левой и правой части уравнения — одинаковыми. Подсчитайте суммарный коэффициент в сокращённой форме.

При составлении уравнений реакции ионного обмена в виде ионов записывают только формулы:

- ✓ ***сильных кислот*** (HI, HBr, HCl, H_2SO_4, HNO_3, $HClO_4$…)
- ✓ ***сильных оснований*** (гидроксиды щелочных и щёлочноземельных металлов);
- ✓ ***растворимых солей***.

В молекулярном виде записывают формулы:

- ✓ ***воды***;
- ✓ ***слабых кислот*** (H_2S, HF, HCN, H_2SiO_3, CH_3COOH) и всех органических кислот;
- ✓ ***слабых оснований*** (нерастворимых в воде оснований);
- ✓ ***малорастворимых солей*** ↓ («М» или «Н» в таблице растворимости);
- ✓ ***оксидов***;
- ✓ ***других веществ, не являющихся электролитами***.

Также нужно помнить о веществах, которые распадаются в растворе:

$H_2CO_3 \rightarrow CO_2 + H_2O$;

$H_2SO_3 \rightarrow SO_2 + H_2O$;

$NH_4OH \rightarrow NH_3 + H_2O$;

$2AgOH \rightarrow Ag_2O + H_2O$.

Пример решения 30 задания

Из предложенного перечня выберите вещества, между которыми протекает реакция ионного обмена ***с образованием газа. Осадок*** в ходе этого процесса ***не образуется***.

Перечень веществ: сульфит бария, гидроксид натрия, перманганат натрия, серная кислота, нитрит натрия, гидрокарбонат магния. Допустимо использование водных растворов.

Запишите молекулярное, полное и сокращенное ионное уравнения реакции с использованием выбранных веществ.

Перечень веществ: $BaSO_3$, $NaOH$, $KMnO_4$, H_2SO_4, $NaNO_2$, $Mg(HCO_3)_2$

Из этого перечня газ могут образовывать сульфиты и гидрокарбонаты при взаимодействии с кислотами. Так как $BaSO_3$ не растворим мы его не берем. Остается только $Mg(HCO_3)_2$ и H_2SO_4

$$Mg(HCO_3)_2 + H_2SO_4 \rightarrow MgSO_4 + 2CO_2 + 2H_2O$$

$$Mg^{2+} + 2HCO_3^- + 2H^+ + SO_4^{2-} \rightarrow Mg^{2+} + SO_4^{2-} + 2CO_2 + 2H_2O$$

$$HCO_3^- + H^+ \rightarrow CO_2 + H_2O$$

Типичные ошибки, которые допускают учащиеся:

1. Названия веществ даны в письменном виде и учащиеся не всегда правильно пишут формулы исходных веществ, следовательно, неверно пишут уравнение реакции.
2. Неправильно определяют заряд иона.
3. Неправильно обозначают заряд иона, т.е. вместо 2+ пишут +2.
4. В сокращенном ионном уравнении дробные или удвоенные коэффициенты **не допускаются**.

Химические свойства кислых солей

1. Взаимодействие с металлами

до водорода, но менее активный, чем металл, образующий соль

$NaHSO_4 + Mg \rightarrow MgSO_4 + Na_2SO_4 + H_2$

до водорода, но активнее металла, образующего соль

$Fe(HSO_4)_2 + 2Mg \rightarrow 2MgSO_4 + Fe + H_2$

2. Взаимодействие с оксидами металлов

$NaHSO_4 + MgO \rightarrow MgSO_4 + Na_2SO_4 + H_2O$

3. Взаимодействие с кислотами

$NaHCO_3 + HCl \rightarrow NaCl + CO_2 + H_2O$

$NaHCO_3 + H_3PO_4 \rightarrow NaH_2PO_4 + CO_2 + H_2O$

Химические свойства кислых солей

4. Взаимодействие с щелочами

а) взаимодействие с одноименной щелочью

$NaHCO_3 + NaOH \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O$

$NaH_2PO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_3PO_4 + 2H_2O$

$NaH_2PO_4 + NaOH \rightarrow Na_2HPO_4 + H_2O$

б) взаимодействие с другой щелочью

при недостатке щелочи:

$2NaHCO_{3\,(изб)} + Ba(OH)_2 \rightarrow BaCO_3 + Na_2CO_3 + 2H_2O$

$2NaHSO_{4\,(изб)} + Ba(OH)_2 \rightarrow BaSO_4 + Na_2SO_4 + 2H_2O$

при избытке щелочи:

$NaHSO_4 + Ba(OH)_{2(изб)} \rightarrow BaSO_4 + NaOH + H_2O$

$NaHCO_3 + Ba(OH)_{2\,(изб)} \rightarrow BaCO_3 + NaOH + H_2O$

Химические свойства кислых солей

При взаимодействии $Mg(H_2PO_4)_2$ с щелочью есть два варианта в зависимости от соотношения реагентов

$$3Mg(H_2PO_4)_2 + 12KOH_{(изб)} \rightarrow Mg_3(PO_4)_2 + 4K_3PO_4 + 12H_2O$$

$$(12H^+ = 12OH^-)$$

$$Mg(H_2PO_4)_2 + 6KOH_{(изб)} \rightarrow Mg(OH)_2 + 2K_3PO_4 + 4H_2O$$

$$(4H^+ < 6OH^-)$$

$$2NaH_2PO_4 + 3Ca(OH)_{2\,(изб)} \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 2NaOH + 4H_2O$$

Химические свойства кислых солей

5. Взаимодействие с солями

С растворами средних солей

$CaBr_2 + (NH_4)_2HPO_4 \rightarrow CaHPO_4 + 2NH_4Br$

$NaHSO_4 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4 + HCl + NaCl$

$2NH_4HSO_4 + K_2SO_3 \rightarrow (NH_4)_2SO_4 + K_2SO_4 + SO_2 + H_2O$

С нерастворимыми солями более слабых кислот

$2NaHSO_4 + BaCO_3 \rightarrow BaSO_4 + Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O$

Может получиться соль, которая необратимо гидролизуется

$Al(NO_3)_3 + 3KHCO_3 \rightarrow Al(OH)_3 + 3CO_2 + 3KNO_3$

Реакции с гидросульфатами могут идти с образованием кислоты:

$(CH_3COO)_2Ba + KHSO_4 \rightarrow BaSO_4 + CH_3COOK + CH_3COOH$

6. Разложение кислых солей при нагревании:

$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O$

$NH_4HCO_3 \rightarrow NH_3 + CO_2 + H_2O$

Задание 31

- посвящено проверке знаний реакций, подтверждающих взаимосвязь различных классов неорганических веществ.
- В задании дается описание химических реакций, протекающих последовательно. Ученикам необходимо составить уравнения этих реакций.
- Для выполнения этого задания школьники должны проявить широкую химическую эрудицию и понимание сущности химических процессов.

Задание 31

План выполнения этого задания:

1. Внимательно прочтите задания и выделите главное для каждой реакции (выделение осадка или газа, цвет и т.д.)
2. Вспомните формулы веществ, участвующих в первой реакции, и их свойства. Составьте уравнение реакции взаимодействия этих веществ. Проверьте расстановку коэффициентов. И так для всех четырех реакций.

Учащимся необходимо проявить умение составлять уравнения реакций, соответствующих всем типам взаимодействия неорганических веществ:

- ✓кислотно-основное взаимодействие;
- ✓реакции ионного обмена;
- ✓окислительно-восстановительные реакции;
- ✓комплексообразование (на примере гидроксокомплексов цинка и алюминия);
- ✓гидролиз (бинарных соединений, совместный гидролиз);
- ✓электролиз расплавов и растворов солей, оксида алюминия.

Терминология

Фильтрование — способ разделения неоднородных смесей с помощью фильтров (пористых материалов, пропускающих жидкость или газ, но задерживающих твёрдые вещества). При разделении смесей, содержащих жидкую фазу, на фильтре остаётся твёрдое вещество, через фильтр проходит фильтрат.

Выпаривание — процесс концентрирования растворов путём испарения растворителя. Иногда выпаривание проводят до получения насыщенных растворов с целью дальнейшей кристаллизации из них твёрдого вещества в виде кристаллогидрата или до полного испарения растворителя с целью получения растворённого вещества в чистом виде.

Прокаливание — нагревание вещества с целью изменения его химического состава. Прокаливание может проводиться на воздухе и в атмосфере инертного газа. При прокаливании на воздухе:

- ✓ кристаллогидраты теряют кристаллизационную воду: $CuSO_4 \cdot 5H_2O \rightarrow CuSO_4 + 5H_2O$;
- ✓ термически нестойкие вещества разлагаются: $Cu(OH)_2 \rightarrow CuO + H_2O$;

  $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$.

Терминология

Спекание, сплавление — нагревание двух и более твёрдых реагентов, приводящее к их взаимодействию. Если реагенты устойчивы к действию окислителей, то спекание можно проводить на воздухе: $Al_2O_3 + Na_2CO_3 \rightarrow 2NaAlO_2 + CO_2$.

Если же один из реагентов или продукт реакции могут окисляться компонентами воздуха, процесс проводят в инертной атмосфере: $Cu + CuO \rightarrow Cu_2O$.

Вещества, неустойчивые к действию компонентов воздуха, при температуре окисляются, реагируют с компонентами воздуха: $2Cu + O_2 \rightarrow 2CuO$; $4Fe(OH)_2 + O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + 4H_2O$.

Обжиг — процесс термической обработки, приводящий к сгоранию вещества.

Насыщенный раствор — это раствор, который содержит максимальное количество растворяемого вещества при данной температуре.

Ненасыщенный раствор — это раствор, который содержит меньше растворяемого вещества, чем насыщенный при данной температуре.

Растворение — сложный физико-химический процесс. Разрушение структуры растворяемого вещества и распределение его частиц между молекулами растворителя — это физический процесс. Одновременно происходит взаимодействие молекул растворителя с частицами растворенного вещества, т.е. химический процесс.

Упаривание – процесс уменьшения массы воды в растворе с помощью кипячения.

Навеска – некоторая порция веществ определенной массы (ее взвесили на весах).

Пример решения 31 задания

К раствору ***сульфида аммония*** прибавили раствор ***сульфата железа (II).*** Выпавший ***осадок*** отделили, высушили, а затем ***сожгли в избытке кислорода***, при этом ***образовался газ с резким запахом и твердый остаток***. ***Газ*** пропустили ***через хлорную воду***, а ***твердый остаток*** поместили в раствор, ***содержащий иодид калия и серную кислоту***. Напишите молекулярные уравнения четырёх описанных реакций.

1) $(NH_4)_2S + FeSO_4 = FeS + (NH_4)_2SO_4$
2) $4FeS + 7O_2 = 2Fe_2O_3 + 4SO_2$
3) $SO_2 + Cl_2 + 2H_2O = H2SO_4 + 2HCl$
4) $Fe_2O_3 + 2KI + 3H_2SO_4 = I_2 + 2FeSO_4 + K_2SO_4 + 3H_2O$

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!