

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии

для 7–8 классов

2023/24 учебный год

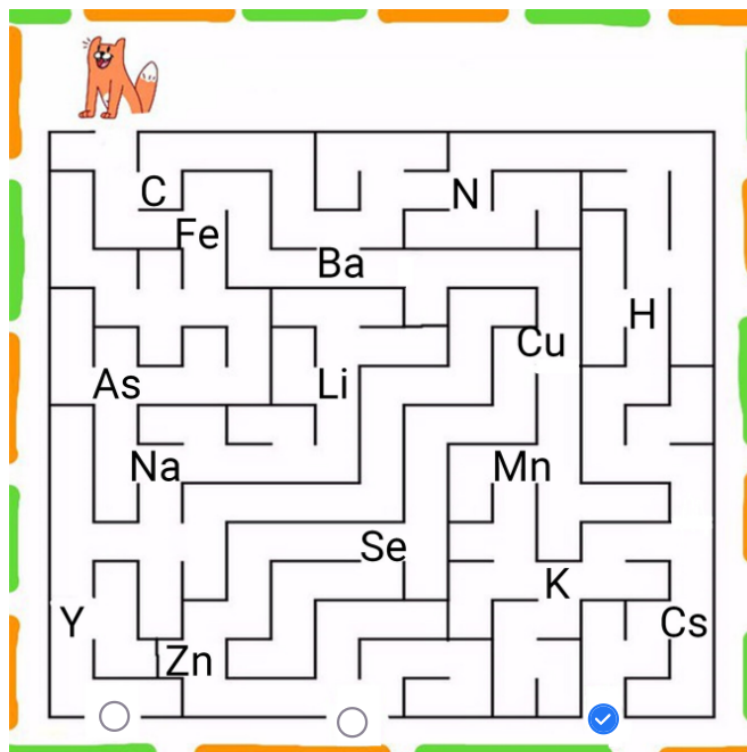
Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1.1

Условие:

Помогите коту Рыжику выбраться из лабиринта так, чтобы его путь проходил только через элементы-металлы (от неметаллов у Рыжика шерсть встаёт дыбом).

Ответ:



Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

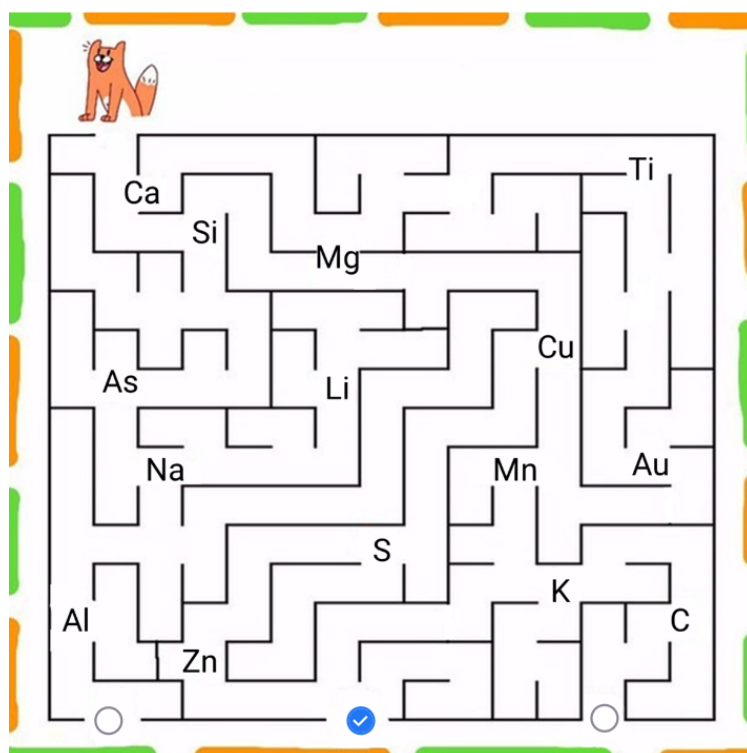
Fe → Ba → Cu → Mn → K → Cs

Задание № 1.2

Условие:

Помогите коту Рыжику выбраться из лабиринта так, чтобы его путь проходил только через элементы-металлы (от неметаллов у Рыжика шерсть встаёт дыбом).

Ответ:



Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

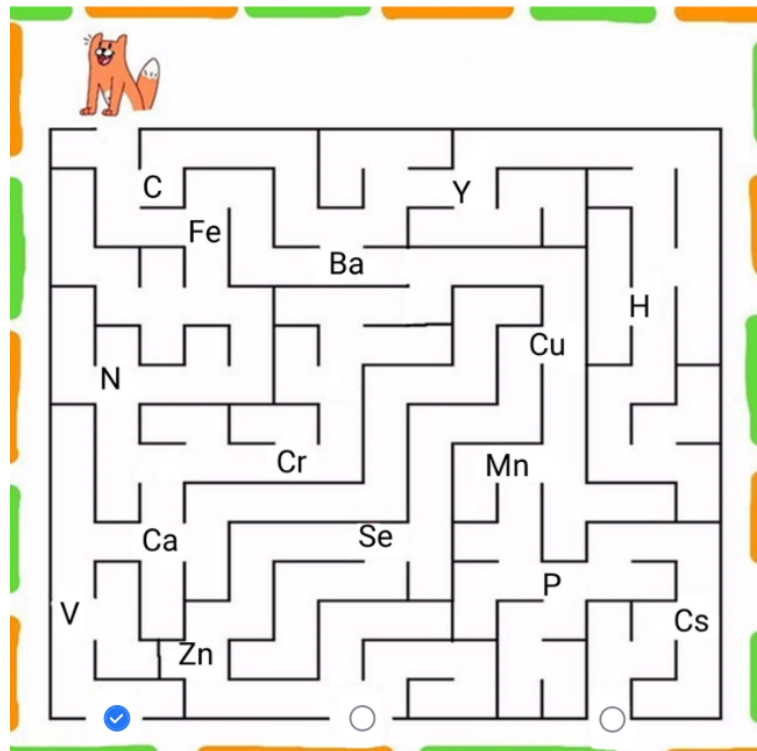
Ca → Mg → Cu → Mn

Задание № 1.3

Условие:

Помогите коту Рыжику выбраться из лабиринта так, чтобы его путь проходил только через элементы-металлы (от неметаллов у Рыжика шерсть встаёт дыбом).

Ответ:



Точное совпадение ответа — 2 балла

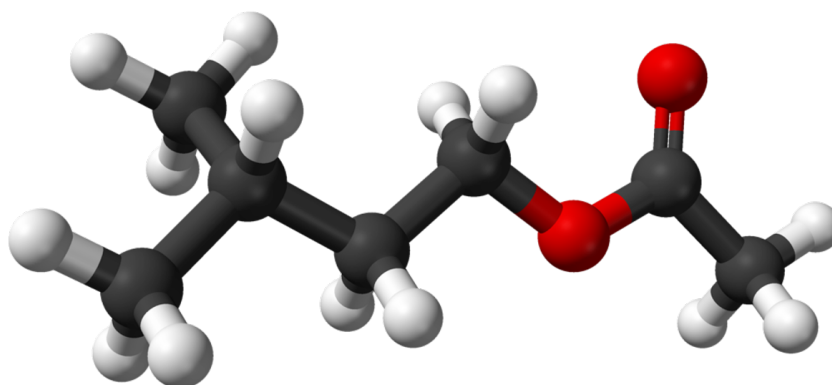
Решение.

Fe → Ba → Cr → Ca → V

Задание № 2.1

Общее условие:

На рисунке представлена объёмная модель изоамилацетата — вещества, обладающего запахом груши. Палочками изображена связь между атомами, при этом чёрные шарики обозначают элемент углерод, красные — кислород, а белые — водород.



Условие:

Во сколько раз количество моль атомов водорода больше количества моль атомов углерода в 1 грамме изоамилацетата? Ответ округлите до целых.

Ответ: 2

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Вычислите массовую долю кислорода в этом веществе. Ответ выразите в процентах, округлите до десятых.

Ответ: 24.6

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 3 балла

Решение.

В 1 грамме изоамилацетата количество моль атомов водорода будет отличаться от количества моль атомов углерода во столько же раз, во сколько количество атомов водорода больше количества атомов углерода в одной молекуле. На картинке видно, что «шариков» углерода — 7 штук, а «шариков» водорода — 14 штук, что в 2 раза больше.

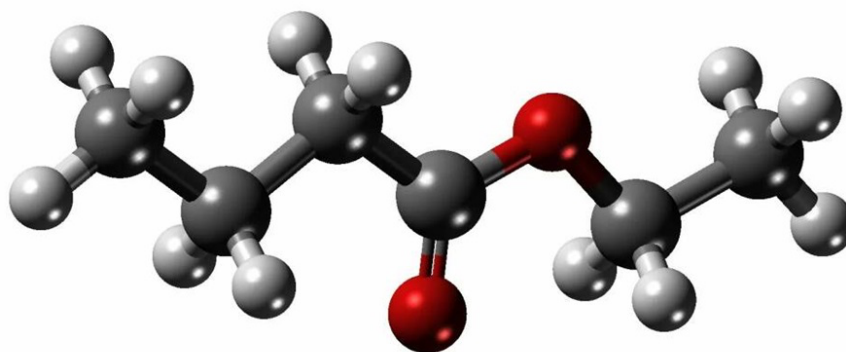
Массовая доля кислорода в изоамилацетате:

$$\omega = \frac{A_r \cdot n}{M_r} \cdot 100 \% = \frac{16 \cdot 2}{16 \cdot 2 + 12 \cdot 7 + 1 \cdot 14} \cdot 100 \% = 24.6 \%$$

Задание № 2.2

Общее условие:

На рисунке представлена объёмная модель этилбутирата — вещества, обладающего запахом ананаса. Палочками изображена связь между атомами, при этом чёрные шарики обозначают элемент углерод, красные — кислород, а белые — водород.



Условие:

Во сколько раз количество моль атомов углерода больше количества моль атомов кислорода в 1 грамме этилбутирата? Ответ округлите до целых.

Ответ: 3

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Определите массовую долю кислорода в этом веществе. Ответ выразите в процентах, округлите до десятых.

Ответ: 27.6

Точное совпадение ответа — 2 балла

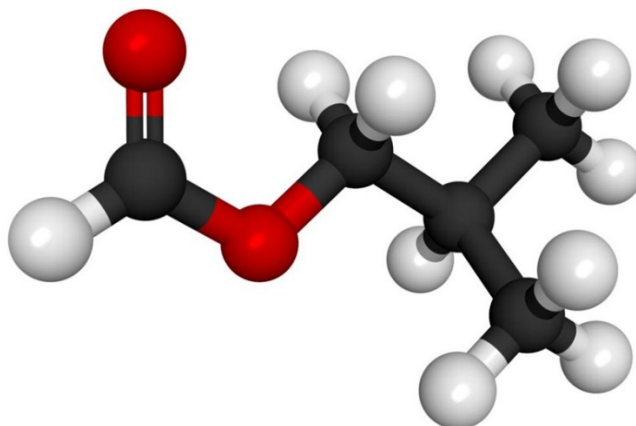
Максимальный балл за задание — 3 балла

Решение по аналогии с заданием № 2.1

Задание № 2.3

Общее условие:

На рисунке представлена объёмная модель изобутиформиата — вещества, обладающего запахом малины. Палочками изображена связь между атомами, при этом чёрные шарики обозначают элемент углерод, красные — кислород, а белые — водород.



Условие:

Во сколько раз количество моль атомов водорода больше количества моль атомов кислорода в 1 грамме изобутилформиата? Ответ округлите до целых.

Ответ: 5

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Определите массовую долю кислорода в этом веществе. Ответ выразите в процентах, округлите до десятых.

Ответ: 31.4

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 3 балла

Решение по аналогии с заданием № 2.1

Задание № 3

Условие:

Какие изображённые процессы относятся к физическим, а какие — к химическим?



Возгонка йода



Переваривание пищи



Готовка яичницы



Солнечное затмение



Образование ржавчины

Ответ:

Возгонка йода	Физическое явление
Солнечное затмение	
Переваривание пищи	Химическое явление
Готовка яичницы	
Образование ржавчины	

За каждую верную пару — 1 балл, всего — 5 баллов

Решение.

Физические явления — это любые превращения или проявления свойств вещества, происходящие без изменения его состава: возгонка йода; солнечное затмение.

Химические явления — это явления, при которых из одних веществ образуются другие: переваривание пищи; готовка яичницы; образование ржавчины.

Задание № 4

Условие:

Всё — яд, всё — лекарство; то и другое определяет доза.

Парацельс

Любое вещество может приносить как вред, так и пользу. Ниже приведена таблица, в первой колонке которой указаны названия веществ, во второй — их формулы, в третьей — полезное применение этих веществ, а в четвертой — их губительные свойства. Заполните пустые ячейки.

Название	Формула	Польза	Вред
Кислород	O ₂	Для дыхания	Поддерживает пожары
...	...	Для термометров	Поражает нервную систему
...	...	Для атомной энергетики	Вызывает рак
...	...	Для утоления жажды	Ускоряет коррозию металлов
...	...	Для квашения овощей	Обезвоживает организм
...	...	Для обеззараживания ран	Раздражает слизистые оболочки

Ответ:

Название	Формула	Польза	Вред
Кислород	O ₂	Для дыхания	Поддерживает пожары
Ртуть	Hg	Для термометров	Поражает нервную систему
Уран	U	Для атомной энергетики	Вызывает рак
Вода	H ₂ O	Для утоления жажды	Ускоряет коррозию металлов

Соль	NaCl	Для квашения овощей	Обезвоживает организм
Перекись водорода	H₂O₂	Для обеззараживания ран	Раздражает слизистые оболочки

За каждый верный пункт — 0.4 балла, всего — 4 балла

Задание № 5.1

Общее условие:

Элемент **X** может образовывать оксиды вида **XO**, **X₂O₃** и **XO₂**. Массы молекул этих веществ относятся как 4:9:5.

Условие:

Запишите формулу **XO**.

Ответ: TiO

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Сколько весит 2 моль оксида **X₂O₃**? Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

Ответ: 288

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Пусть молярная масса элемента **X** равна x г/моль. Тогда массы 1 моль данных веществ относятся так же, как молярные массы этих веществ.

$$\frac{M(\text{XO})}{M(\text{X}_2\text{O}_3)} = \frac{x + 16}{2x + 16 \cdot 3} = \frac{x + 16}{2x + 48} = \frac{4}{9}$$

$$9 \cdot (x + 16) = 4 \cdot (2x + 48)$$

$$9x + 144 = 8x + 192$$

$$x = 48$$

Значит, молярная масса элемента **X** равна 48 г/моль, что соответствует титану Ti.

Формула соединения **XO** — TiO.

Формула соединения **X₂O₃** — Ti₂O₃.

Формула соединения **XO₂** — TiO₂.

Масса оксида **X₂O₃** равна:

$$m(\text{X}_2\text{O}_3) = n(\text{X}_2\text{O}_3) \cdot M(\text{X}_2\text{O}_3) = 2 \cdot (48 \cdot 2 + 16 \cdot 3) = 288 \text{ г.}$$

Задание № 5.2

Общее условие:

Элемент **X** может образовывать оксиды вида **XO**, **X₂O₃** и **XO₂**. Массы молекул этих веществ относятся как 4:9:5.

Условие:

Запишите формулу **X₂O₃**.

Ответ: Ti₂O₃

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Сколько весит 2 моль оксида **XO₂**? Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

Ответ: 160

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение по аналогии с заданием № 5.1

Задание № 5.3

Общее условие:

Элемент **X** может образовывать оксиды вида **XO**, **X₂O₃** и **XO₂**. Массы молекул этих веществ относятся как 4:9:5.

Условие:

Запишите формулу **XO₂**.

Ответ: TiO₂

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Сколько весит 2 моль оксида **XO**? Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

Ответ: 128

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение по аналогии с заданием № 5.1

Задание № 6

Условие:

Какой же химик не знает лабораторного оборудования? Подберите необходимое оборудование для перечисленных операций.

Ответ:

Для измельчения твердых веществ:	 A white ceramic mortar and pestle used for grinding solid substances.
Для выпаривания:	 A white ceramic evaporating dish with a pouring spout, used for evaporating liquids.
Для измерения объёма жидкости:	 A graduated cylinder with a blue base and a white scale, used for measuring liquid volume.
Для разделения несмешивающихся жидкостей:	 A glass separating funnel with a stopcock and a stopper, used for separating immiscible liquids.

Для перегонки жидкостей:



За каждую верную пару— 1 балл, всего — 5 баллов

Задание № 7.1

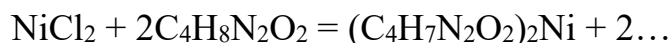
Общее условие:

В этом году исполняется 150 лет со дня рождения русского химика Льва Александровича Чугаева. В 1905 году Чугаев открыл реактив для определения никеля, формулу которого можно записать как $C_4H_8N_2O_2$. Этот реактив образует с солями никеля красный нерастворимый осадок $(C_4H_7N_2O_2)_2Ni$.



Условие:

Одна из реакций определения содержания никеля в растворе представлена ниже. Заполните пропуск.



Ответ: HCl

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Сколько грамм осадка выпадет, если было потрачено 11.6 грамма реактива Чугаева? Ответ округлите до целых.

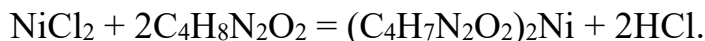
Ответ: засчитывается в диапазоне [14; 15]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Сравнив количество элементов слева и справа в реакции, понимаем, что было пропущено вещество HCl. Тогда реакция определения содержания никеля в растворе:



Рассчитаем количество моль реактива Чугаева $\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2$:

$$M(\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2) = 12 \cdot 4 + 1 \cdot 8 + 14 \cdot 2 + 16 \cdot 2 = 116 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2) = \frac{m(\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2)}{M(\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2)} = \frac{11,6}{116} = 0,1 \text{ моль}$$

По стехиометрическому соотношению в реакции найдём количество моль осадка $(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_2\text{O}_2)_2\text{Ni}$:

$$\frac{n(\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2)}{2} = \frac{n((\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_2\text{O}_2)_2\text{Ni})}{1}$$

$$n((\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_2\text{O}_2)_2\text{Ni}) = 0,05 \text{ моль}$$

Масса осадка $(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_2\text{O}_2)_2\text{Ni}$:

$$\begin{aligned} m((\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_2\text{O}_2)_2\text{Ni}) &= n((\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_2\text{O}_2)_2\text{Ni}) \cdot M((\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_2\text{O}_2)_2\text{Ni}) = \\ &= 0,05 \cdot (12 \cdot 8 + 1 \cdot 16 + 14 \cdot 4 + 16 \cdot 4 + 59) = 14,55 \approx 15 \text{ г.} \end{aligned}$$

Задание № 7.2

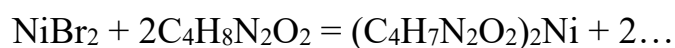
Общее условие:

В этом году исполняется 150 лет со дня рождения русского химика Льва Александровича Чугаева. В 1905 году Чугаев открыл реактив для определения никеля, формулу которого можно записать как $C_4H_8N_2O_2$. Этот реактив образует с солями никеля красный нерастворимый осадок $(C_4H_7N_2O_2)_2Ni$.



Условие:

Одна из реакций определения содержания никеля в растворе представлена ниже. Заполните пропуск.



Ответ: HBr

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Сколько грамм осадка выпадет, если было потрачено 23.2 грамма реактива Чугаева? Ответ округлите до целых.

Ответ: 29

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение по аналогии с заданием № 7.1

Задание № 7.3

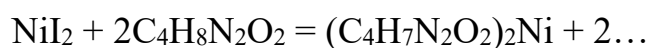
Общее условие:

В этом году исполняется 150 лет со дня рождения русского химика Льва Александровича Чугаева. В 1905 году Чугаев открыл реактив для определения никеля, формулу которого можно записать как $C_4H_8N_2O_2$. Этот реактив образует с солями никеля красный нерастворимый осадок $(C_4H_7N_2O_2)_2Ni$.



Условие:

Одна из реакций определения содержания никеля в растворе представлена ниже. Заполните пропуск.



Ответ: HI

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Сколько грамм осадка выпадет, если было потрачено 34.8 грамма реактива Чугаева? Ответ округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [43; 44]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение по аналогии с заданием № 7.1

Задание № 8.1

Общее условие:

В зависимости от проявляемых свойств гидроксиды разделяют на основания, амфотерные гидроксиды и кислоты.

Условие:

Классифицируйте перечисленные вещества.

Ответ:

NaOH	Основание
Ba(OH) ₂	
Al(OH) ₃	Амфотерный гидроксид
Zn(OH) ₂	
H ₂ SO ₄	Кислота

За каждую верную пару — 1 балл, всего — 5 баллов

Условие:

Некоторые основания называют щелочами. Сколько среди перечисленных веществ щелочей?

Ответ:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 6 баллов

Решение.

К основным гидроксидам относятся гидроксиды металлов в степени окисления +1 и +2, к амфотерным — гидроксиды металлов в степени окисления +3 и +4 (также ряд исключений, например, $Zn(OH)_2$, $Be(OH)_2$), к кислотным же относятся гидроксиды неметаллов или металлов в степени окисления от +4 до +7.

Таким образом, $NaOH$ и $Ba(OH)_2$ — основания, $Al(OH)_3$ и $Zn(OH)_2$ — амфотерные гидроксиды, а H_2SO_4 — кислота.

Щёлочи — это основания, растворимые в воде. К щелочам можно отнести 2 вещества: $NaOH$ и $Ba(OH)_2$.

Задание № 8.2

Общее условие:

В зависимости от проявляемых свойств гидроксиды разделяют на основания, амфотерные гидроксиды и кислоты.

Условие:

Классифицируйте перечисленные вещества.

Ответ:

КОН	Основание
Sr(OH) ₂	
Ca(OH) ₂	
Be(OH) ₂	Амфотерный гидроксид
HClO ₄	Кислота

За каждую верную пару — 1 балл, всего — 5 баллов

Условие:

Некоторые основания называют щелочами. Сколько среди перечисленных веществ щелочей?

Ответ:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 6 баллов

Решение по аналогии с заданием № 8.1

Задание № 8.3

Общее условие:

В зависимости от проявляемых свойств гидроксиды разделяют на основания, амфотерные гидроксиды и кислоты.

Условие:

Классифицируйте перечисленные вещества.

Ответ:

KOH	Основание
Al(OH)_3	Амфотерный гидроксид
Zn(OH)_2	
HNO_3	Кислота
H_2SiO_3	

За каждую верную пару — 1 балл, всего — 5 баллов

Условие:

Некоторые основания называют щелочами. Сколько среди перечисленных веществ щелочей?

Ответ:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 6 баллов

Решение по аналогии с заданием № 8.1

Задание № 9.1

Общее условие:

Космос для всех.

Это не только для нескольких людей, занимающихся наукой или математикой, или для избранной группы астронавтов.

Криста Маколифф

Условие:

Элемент **A** назван в честь одного из космических тел. Что это за элемент?

Ответ:

- Хлор
- Селен
- Ванадий
- Калий
- Мейтнерий
- Платина
- Кремний

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Несмотря на своё название, элемент **A** не был найден на этом космическом теле. Своё название он получил в связи с тем, что в природе является спутником химически сходного с ним элемента **B**, названного в честь другого космического тела. Молекулярная масса элемента **B** почти в 1.62 раза больше молекулярной массы элемента **A**. Определите элемент **B**. В ответ запишите его химическую формулу.

Ответ: Te

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Элемент **A** — это селен, названный в честь Луны.

Элемент **B** — это теллур Te, названный в честь Земли. Теллур и селен, благодаря схожести своих физических и химических свойств, находятся в одной группе таблицы Д.И. Менделеева.

Выйдем на формулу элемента **B** расчетным путем.

$$M(B) = M(A) \cdot 1.62 = 79 \cdot 1.62 = 127.98 \approx 128 \text{ а.е.м.}$$

Это также соответствует массе теллура.

Задание № 9.2

Общее условие:

Космос для всех.

Это не только для нескольких людей, занимающихся наукой или математикой, или для избранной группы астронавтов.

Криста Маколифф

Условие:

Элемент **A** назван в честь одного из космических тел. Что это за элемент?

Ответ:

- Хлор
- Селен
- Ванадий
- Калий
- Мейтнерий
- Платина
- Кремний

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Несмотря на своё название, элемент **A** не был найден на этом космическом теле. Своё название он получил в связи с тем, что в природе является спутником химически сходного с ним элемента **B**, названного в честь другого космического тела. Молекулярная масса элемента **B** почти в 1.62 раза больше молекулярной массы элемента **A**. Определите элемент **B**. В ответ запишите его русское название.

Ответ: Теллур

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение по аналогии с заданием № 9.1

Задание № 9.3

Общее условие:

Космос для всех.

Это не только для нескольких людей, занимающихся наукой или математикой, или для избранной группы астронавтов.

Криста Маколифф

Условие:

Элемент **A** назван в честь одного из космических тел. Что это за элемент?

Ответ:

- Хлор
- Селен
- Ванадий
- Калий
- Мейтнерий
- Платина
- Кремний

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Несмотря на своё название, элемент **A** не был найден на этом космическом теле. Своё название он получил в связи с тем, что в природе является спутником химически сходного с ним элемента **B**, названного в честь другого космического тела. Молекулярная масса элемента **B** почти в 1.62 раза больше молекулярной массы элемента **A**. Определите элемент **B**. В ответ запишите его порядковый номер.

Ответ: 52

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение по аналогии с заданием № 9.1

Задание № 10

Условие:

Собрались как-то атомы — Алюминий, Гелий, Дейтерий, Дубний, Кальций, Кремний, Менделевий, Тритий, Эйнштейний — сыграть в шахматы:

- Дейтерий сыграл со своим «братом», живущим в той же ячейке таблицы Менделеева;
- Друг против друга сыграли два «великих учёных»;
- «Самолётостроитель» играл с «костестроителем»;
- Тот, без кого не обходится ни один камень, выиграл у самого «тяжелого» среди участников;
- А один элемент так ни с кем и не сыграл и пошёл надувать шары.

Соотнесите пары атомов, учитывая, что каждый сыграл только один раз.

Ответ:

Алюминий	Кальций
Гелий	Ни с кем
Дейтерий	Тритий
Кремний	Дубний
Менделевий	Эйнштейний

За каждую верную пару — 1 балл, всего — 5 баллов

Решение.

Разберём каждое высказывание по порядку:

Дейтерий сыграл со своим «братом», живущим в той же ячейке таблицы Менделеева. — Этим «братом» является тритий, так как является изотопом водорода, как и дейтерий.

Друг против друга сыграли два «великих учёных». — Это были элементы Менделевий и Эйнштейний, названные в честь великих учёных Д.И. Менделеева и А. Эйнштейна соответственно.

«Самолётостроитель» играл с «костестроителем». —

«Самолётостроителем» является алюминий, так как в современных самолетах он применяется буквально повсюду: в фюзеляже, конструкциях крыла и хвостовой части, дверей и полов, каркасов пилотных и пассажирских сидений, турбинах двигателей и много где ещё. А «костестроителем» является кальций, так как именно он обеспечивает прочность костной ткани.

Тот, без кого не обходится ни один камень, выиграл у самого «тяжёлого» среди них. — Тем, без кого не обходится ни один камень, является кремний. Кремний занимает второе место (после кислорода) по распространённости в земной коре. Самый «тяжёлый» элемент среди них находим по массе из таблицы Д.И. Менделеева — это дубний, масса которого составляет 268 а.е.м.

А один элемент так ни с кем и не сыграл и пошёл надувать шары. — Очевидно, что гелий, как истинный благородный газ, решил ни с кем не играть (гелиевые шары известны всем).

Задание № 11.1

Общее условие:

Винни-Пух и Пятачок пили чай у Кролика. Пятачок положил себе в чай 3 ложки сахара, а Кролик — 2 кусочка рафинада. Винни-Пух же в чай вылил четверть банки варенья.

Это варенье Кролик готовил по следующему рецепту: насыпал в кастрюлю 300 грамм ягод и размял их, добавил 200 грамм сахара, потом выпарил 100 грамм воды. Получившееся варенье Кролик разлил по двум банкам, одну из которых и ел Винни-Пух.



Условие:

Чему равна массовая доля сахара в банке варенья, если ягоды содержат 5 % сахара и 80 % воды? Ответ выразите в процентах, округлите до сотых.

Ответ: 53.75

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

У кого чай получился слаще? Учитывайте, что ложка вмещает в себя 5.5 грамма сахара, а кусок рафинада весит 7.3 грамма.

Ответ:

- ✓ У Винни-Пуха
- У Пятачка
- У Кролика
- Одинаково сладко у всех

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Рассчитаем массы сахара и воды в ягодах:

$$\omega (\text{сахара в ягодах}) = 5 \% = 0.05$$

$$\omega (\text{воды в ягодах}) = 80 \% = 0.8$$

$$m (\text{сахара в ягодах}) = m (\text{ягод}) \cdot \omega (\text{сахара в ягодах}) = 300 \cdot 0.05 = 15 \text{ г}$$

$$m (\text{воды в ягодах}) = m (\text{ягод}) \cdot \omega (\text{воды в ягодах}) = 300 \cdot 0.8 = 240 \text{ г}$$

Составим таблицу, в которую занесём основные данные:

Процесс	Насыпал в кастрюлю 300 грамм ягод	Добавил 200 грамм сахара	Выпарил 100 грамм воды	Получившееся варенье разлил по двум банкам
Масса сахара, г	15	$15 + 200 = 215$	215	$215 : 2 = 107.5$
Масса воды, г	240	240	$240 - 100 = 140$	$140 : 2 = 70$
Масса варенья, г	300	$300 + 200 = 500$	$500 - 100 = 400$	$400 : 2 = 200$

Значит, массовая доля сахара в банке варенья:

$$\begin{aligned} \omega (\text{сахара в варенье}) &= \frac{m (\text{сахара в варенье})}{m (\text{варенья})} \cdot 100 \% = \\ &= \frac{107.5}{200} \cdot 100 \% = 53.75 \% \end{aligned}$$

Посчитаем массу сахара, который добавил Винни-Пух. Так как он вылил четверть банки варенья, то:

$$m(\text{сахара}) = m(\text{сахара в варенье}) : 4 = 107.5 : 4 = 26.875 \text{ г}$$

Посчитаем массу сахара, который добавил Пятачок. Так как он насыпал 3 ложки сахара по 5.5 грамма каждая, то:

$$m(\text{сахара}) = m(\text{сахара в ложке}) \cdot 3 = 5.5 \cdot 3 = 16.5 \text{ г}$$

Посчитаем массу сахара, который добавил Кролик. Так как он положил 2 кусочка рафинада, где каждый весит 7.3 грамма, то:

$$m(\text{сахара}) = m(\text{сахара в рафинаде}) \cdot 2 = 7.3 \cdot 2 = 14.6 \text{ г}$$

Таким образом, самый сладкий чай получился у Винни-Пуха.

Задание № 11.2

Общее условие:

Винни-Пух и Пятачок пили чай у Кролика. Пятачок положил себе в чай 2 ложки сахара, а Кролик — 5 кусочков рафинада. Винни-Пух же в чай вылил четверть банки варенья.

Это варенье Кролик готовил по следующему рецепту: насыпал в кастрюлю 400 грамм ягод и размял их, добавил 150 грамм сахара, потом выпарил 150 грамм воды. Получившееся варенье Кролик разлил по двум банкам, одну из которых и ел Винни-Пух.



Условие:

Чему равна массовая доля сахара в банке варенья, если ягоды содержат 5 % сахара и 80 % воды? Ответ выразите в процентах, округлите до десятых.

Ответ: 42.5

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

У кого чай получился слаще? Учитывайте, что ложка вмещает в себя 6.5 грамма сахара, а кусок рафинада весит 4.3 грамма.

Ответ:

- У Винни-Пуха
- У Пятачка
- У Кролика
- Одинаково сладко у всех

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4 балла

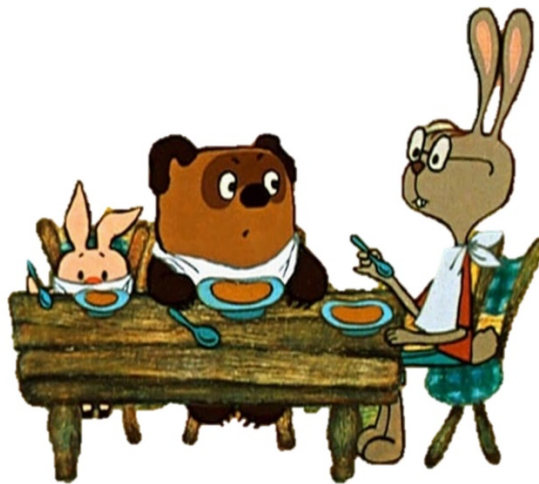
Решение по аналогии с заданием № 11.1

Задание № 11.3

Общее условие:

Винни-Пух и Пятачок пили чай у Кролика. Пятачок положил себе в чай 5 ложек сахара, а Кролик — 2 кусочка рафинада. Винни-Пух же в чай вылил четверть банки варенья.

Это варенье Кролик готовил по следующему рецепту: насыпал в кастрюлю 360 грамм ягод и размял их, добавил 180 грамм сахара, потом выпарил 140 грамм воды. Получившееся варенье Кролик разлил по двум банкам, одну из которых и ел Винни-Пух.



Условие:

Чему равна массовая доля сахара в банке варенья, если ягоды содержат 5 % сахара и 80 % воды? Ответ выразите в процентах, округлите до десятых.

Ответ: 49.5

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

У кого чай получился слаще? Учитывайте, что ложка вмещает в себя 7.5 грамма сахара, а кусок рафинада весит 6.3 грамма.

Ответ:

- У Винни-Пуха
- У Пятачка
- У Кролика
- Одинаково сладко у всех

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение по аналогии с заданием № 11.1

Задание № 12.1

Общее условие:

Элемент **X** обладает способностью принимать и отдавать одинаковое количество электронов, равное его номеру группы. На этих картинках можно увидеть элемент **X** в его различных модификациях.



Условие:

Определите элемент **X**. В ответ запишите его химический символ.

Ответ: C

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Сколько грамм элемента **X** содержит $72 \cdot 10^{23}$ протонов? Ответ округлите до целых.

Ответ: 24

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Элемент **X** — это углерод C, который находится в IV группе таблицы Д.И. Менделеева и способен принимать степени окисления как +4, так и –4.

Различные аллотропные модификации углерода можно встретить практически везде, например, алмаз в кольце, активированный уголь в аптечке, графит в карандаше, углеродные нанотрубки в микросхемах, углеродное волокно в лыжах и т.д.

В одном атоме углерода находится 6 протонов (число протонов равно порядковому номеру элемента). Значит, количество молекул, которые будут содержать $72 \cdot 10^{23}$ протонов, равно:

$$N(C) = N(\text{протонов}) : 6 = 72 \cdot 10^{23} : 6 = 12 \cdot 10^{23} \text{ молекул.}$$

Количество моль углерода будет равно:

$$n(C) = \frac{N(C)}{N_A} = \frac{12 \cdot 10^{23}}{6 \cdot 10^{23}} = 2 \text{ моль.}$$

Масса углерода будет равна:

$$m(C) = n(C) \cdot M(C) = 2 \cdot 12 = 24 \text{ г.}$$

Задание № 12.2

Общее условие:

Элемент **X** обладает способностью принимать и отдавать одинаковое количество электронов, равное его номеру группы. На этих картинках можно увидеть элемент **X** в его различных модификациях:



Условие:

Определите элемент **X**. В ответ запишите его химический символ.

Ответ: С

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Сколько грамм элемента **X** содержит $54 \cdot 10^{23}$ протонов? Ответ округлите до целых.

Ответ: 18

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение по аналогии с заданием № 12.1

Задание № 12.3

Общее условие:

Элемент **X** обладает способностью принимать и отдавать одинаковое количество электронов, равное его номеру группы. На этих картинках можно увидеть элемент **X** в его различных модификациях:



Условие:

Определите элемент **X**. В ответ запишите название химического элемента.

Ответ: Углерод

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Сколько грамм элемента **X** содержит $63 \cdot 10^{23}$ протонов? Ответ округлите до целых.

Ответ: 21

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение по аналогии с заданием № 12.1

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии

для 9 класса

2023/24 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1

Общее условие:

В спасательном жилете из самолета всегда можно найти фонарик, который будет работать только при попадании в воду. Внутри фонарика находятся железная пластинка и 13 г безводного сульфата меди (II). При попадании воды эта соль растворяется, и происходит электрохимическая реакция, благодаря которой загорается светодиод. Ресурс работы такого фонарика составляет 9 часов.



Условие:

К каким типам можно отнести описанную реакцию?

Ответ:

- Замещения
- Гетерогенная
- Обмена
- Окислительно-восстановительная
- Гомогенная

- Соединения
- Разложения

Точное совпадение ответа — 1.5 балла

Штраф за каждый неверный ответ — 0.5 балла

Условие:

Какое количество вещества сульфата меди потребуется взять для изготовления фонарика с ресурсом работы 24 часа? Ответ выразите в молях, округлите до сотых.

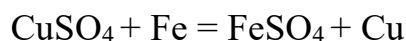
Ответ: 0.22

Точное совпадение ответа — 1.5 балла

Максимальный балл за задание — 3 балла

Решение.

В реакцию вступает твёрдое вещество — железо. Следовательно, реакция *гетерогенная*. Вещество является простым — это достаточное условие, чтобы отнести реакцию к *окислительно-восстановительным*. Тип реакций, в которых происходит замещение одного металла в составе соли другим, относится к реакциям *замещения*:



Чтобы увеличить ресурс работы фонарика до 24 часов, потребуется взять $13 \cdot 24 / 9 = 34.7$ г сульфата меди, что составляет $34.7 / 160 = 0.22$ моль.

Задание № 2.1

Условие:

Бабушке на грядку нужно внести азотно-фосфорное удобрение, содержащее 28 % азота и 21 % фосфора по массе. Помогите бабушке выбрать наиболее подходящее вещество:



Ответ:

- Ортофосфат аммония
- Гидрофосфат аммония
- Дигидрофосфат аммония
- Смесь вышеперечисленных солей

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Определим массовые доли азота и фосфора в указанных соединениях:

$$w(\text{N}) = n(\text{N}) \cdot 14 / M(\text{в-ва}) \cdot 100 \%,$$

где $n(\text{N})$ – число атомов азота в соединении, 14 г/моль — молярная масса азота, $M(\text{в-ва})$ — молярная масса соединения.

$$w(\text{P}) = n(\text{P}) \cdot 31 / M(\text{в-ва}) \cdot 100 \%,$$

где $n(\text{P})$ — число атомов фосфора в соединении, 31 г/моль — молярная масса фосфора, $M(\text{в-ва})$ — молярная масса соединения.

Название вещества	Формула	w (N), %	w (P), %
Ортофосфат аммония	$(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$	28	21
Гидрофосфат аммония	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	21	23
Дигидрофосфат аммония	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	31	27

Отсюда видно, какая соль является оптимальным удобрением для указанных в задании условий.

Задание № 2.2

Условие:

Бабушке на грядку нужно внести азотно-фосфорное удобрение, содержащее 21 % азота и 23 % фосфора по массе. Помогите бабушке выбрать наиболее подходящее вещество:



Ответ:

- Ортофосфат аммония
- Гидрофосфат аммония
- Дигидрофосфат аммония
- Смесь вышеперечисленных солей

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение по аналогии с заданием № 2.1

Задание № 2.3

Условие:

Бабушке на грядку нужно внести азотно-фосфорное удобрение, содержащее 12 % азота и 27 % фосфора по массе. Помогите бабушке выбрать наиболее подходящее вещество:



Ответ:

- Ортофосфат аммония
- Гидрофосфат аммония
- Дигидрофосфат аммония
- Смесь вышеперечисленных солей

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение по аналогии с заданием № 2.1

Задание № 3

Условие:

Юный химик Филипп отправился на каникулы на море. Там он заскучал и решил немного поэкспериментировать: получить иод из имеющихся в наличии средств. Выберите минимальный набор реактивов, необходимый для проведения опыта:

Ответ:

- Уголь
- Поваренная соль
- Морская капуста
- Отбеливатель с активным хлором
- Гелевая ручка
- Белая гуашь
- Электролит для свинцового аккумулятора
- Речной песок

За каждый верный ответ — 1 балл

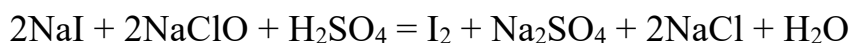
Штраф за каждый неверный ответ — 1 балл

Максимальный балл за задание — 3 балла

Решение.

Морская капуста является хорошо известным источником иода. В ней он содержится в виде различных соединений, в том числе и в виде солей — иодидов калия и натрия. Отбеливатели содержат окислители, электролит для свинцового аккумулятора — серная кислота — создаст кислую среду.

Пример возможной реакции:



Задание № 4.1

Условие:

Для обезжиривания посуды в химических лабораториях используют хромовую смесь — раствор дихромата калия в серной кислоте. Какую массу дихромата калия надо добавить к 100 %-ной серной кислоте, чтобы получить 1 кг хромовой смеси с мольной долей серной кислоты 98.4 %? Ответ выразите в граммах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [46.0; 47.0]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

Обозначим количество вещества дихромата калия x , серной кислоты — y .

Тогда легко составить систему уравнений:

$$294x + 98y = 1000$$

$$y/(x + y) = 0.984$$

Отсюда $x = 0.158$ моль

$$M(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0.1563 \cdot 294 = 45.9 \text{ г}$$

Задание № 4.2

Условие:

Для обезжиривания посуды в химических лабораториях используют хромовую смесь — раствор дихромата калия в серной кислоте. Какую массу дихромата калия надо добавить к 100 %-ной серной кислоте, чтобы получить 0.5 кг хромовой смеси с мольной долей серной кислоты 99.2 %? Ответ выразите в граммах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [11.5; 12.5]





Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение по аналогии с заданием № 4.1

Задание № 5

Условие:

Ниже зашифрована формула некоторого химического соединения. Рисунки соответствуют элементам, а числа показывают их процентное содержание по массе.

Элемент				
Массовая доля	29.4 %	0.7 %	22.8 %	47.1 %

Определите химическую формулу вещества. В ответе запишите брутто-формулу, расположив элементы в том же порядке, что и в ребусе.

Ответ: CaHPO_4

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Решение.

Последний рисунок, очевидно, указывает на кислород. Второй элемент, судя по очень маленькой массовой доле, водород. Найдём их соотношение в веществе.

Пусть количество атомов водорода равно 1, количество атомов кислорода — x . Тогда можно составить пропорцию:

$$1 — 16x$$

$$0.7 — 47.1$$

$$\text{Отсюда } x = 47.1 / (0.7 \cdot 16) = 4.2 \approx 4$$

Найдём массу первого элемента, приходящуюся на 4 моль атомов кислорода:

$$64 — y$$

$$47.1 — 29.1$$

$y = 64 \cdot 29.1/47.1 = 39.5 \approx 40$ г, что соответствует молярной массе кальция (как раз элемент, содержащийся в костях).

Аналогично подойдем к определению оставшегося элемента:

64 — z

47.1 — 22.8

$z = 64 \cdot 22.8/47.1 = 31$ г, что соответствует фосфору (рисунок, очевидно, символизирует красный фосфор).

Соединение — CaHPO_4 .

Задание № 6.1

Условие:

В четыре пробирки массой по 13.00 г поместили по 10.00 г 20 %-ного водного раствора гидроксида натрия. После этого в пробирки добавили маленькими порциями по 1.00 г следующих тщательно измельченных веществ и нагрели:

- Натрий;
- Иод;
- Медь;
- Алюминий;

При необходимости (реакция не начиналась сразу) пробирку подогревали.

Определите массы пробирок с веществами спустя сутки после добавления реагентов. Испарением воды пренебечь. Ответ введите в граммах, округлите до сотых.

Добавленное вещество	Масса пробирки, г
Натрий	...
Иод	...
Медь	...
Алюминий	...

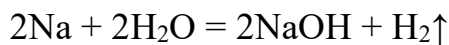
Ответ:

Добавленное вещество	Масса пробирки, г
Натрий	23.96
Иод	24.00
Медь	24.00
Алюминий	23.89

За каждый верный пункт — 1 балл, всего — 4 балла

Решение.

Натрий будет взаимодействовать с присутствующей в растворе водой, при этом выделится водород:



Соответственно, масса пробирки с раствором увеличится на массу добавленного натрия и уменьшится на массу выделившегося водорода.

$$m(\text{H}_2) = 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot m(\text{Na}) / M(\text{Na}) = 1/23 = 0.04 \text{ г}$$

Масса пробирки с раствором составит

$$m(\text{проб.}) = 13 + 10 + 1 - 0.04 = 23.96 \text{ г}$$

Иод реагирует со щёлочью, однако продукты взаимодействия остаются в растворе:

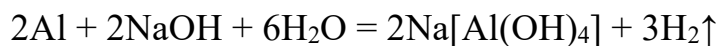


$$m(\text{проб.}) = 13 + 10 + 1 = 24.00 \text{ г}$$

Медь реагировать с раствором щелочи не будет

$$m(\text{проб.}) = 13 + 10 + 1 = 24.00 \text{ г}$$

Алюминий взаимодействует с раствором щёлочи с выделением водорода, в условиях избытка щёлочи образуются гидроксокомплексы:



$$m(\text{H}_2) = 2 \cdot \frac{3}{2} \cdot m(\text{Al}) / M(\text{Al}) = 3/27 = 0.11 \text{ г}$$

$$m(\text{проб.}) = 13 + 10 + 1 - 0.11 = 23.89 \text{ г}$$

Задание № 6.2

Условие:

В четыре пробирки массой по 13.00 г поместили по 10.00 г 30 %-ного водного раствора гидроксида натрия. После этого в пробирки добавили маленькими порциями по 3.00 г следующих тщательно измельченных веществ и нагрели:

- Калий;
- Серебро;
- Иод;
- Кремний.

При необходимости (реакция не начиналась сразу) пробирку подогревали.

Определите массы пробирок с веществами спустя сутки после добавления реагентов. Испарением воды пренебечь. Ответ введите в граммах, округлите до сотых.

Добавленное вещество	Масса пробирки, г
Калий	...
Серебро	...
Иод	...
Кремний	...

Ответ:

Добавленное вещество	Масса пробирки, г
Калий	25.92
Серебро	26.00
Иод	26.00
Кремний	25.57

За каждый верный пункт — 1 балл, всего — 4 балла

Решение по аналогии с заданием № 6.1

Задание № 7

Общее условие:

Как известно, в природе встречаются озера, вода которых радиоактивна. При этом радиоактивность снижается как при стоянии проб воды, так и при их кипячении.

Какой элемент отвечает за радиоактивность такой воды? Обратите внимание, что название данного элемента является производным от названия другого радиоактивного элемента, при исследовании свойств которого он и был открыт.

Условие:

Запишите атомную массу его наиболее стабильного изотопа (именно она указана в таблице Менделеева). Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

Ответ: 222

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Радиоактивные элементы нестабильны, они подвергаются последовательному радиоактивному распаду, конечным продуктом которого для тяжелых элементов является либо висмут-209, либо свинец (изотопы с массовыми числами 206, 207 или 208). Запишите массовое число конечного продукта распада наиболее стабильного изотопа обсуждаемого элемента.

Справочный материал:

Существует три типа радиоактивного распада. При альфа-распаде ядро радиоактивного элемента испускает ядро изотопа гелия с массовым числом 4, при бета-минус-распаде — испускает электрон (массовое число 0), при бета-плюс-распаде — позитрон (антиэлектрон, массовое число 0).

Ответ: 206

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Важнейшей характеристикой активности радиоактивного элемента является его период полураспада — время, за которое количество исходных ядер уменьшается в 2 раза. Для наиболее стабильного изотопа обсуждаемого элемента эта величина составляет 3.8 суток. Во сколько раз уменьшится количество ядер этого изотопа через полмесяца? Ответ округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [15; 17]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 6 баллов

Решение.

Уменьшение радиоактивности проб воды как при стоянии, так и при кипячении позволяет сделать вывод, что радиоактивность воды обусловлена некоторым растворённым в ней газом. Радиоактивным газом является радон, основной природный изотоп — ^{222}Rn .

Из приведённых для справки данных нетрудно увидеть, что изменение массы происходит только при альфа-распаде, притом потеря массы должна быть кратна 4 а.е.м. Тогда легко проверить:

$$222 - 206 = 16 \text{ — кратно } 4$$

$$222 - 207 = 15 \text{ — не кратно } 4$$

$$222 - 208 = 14 \text{ — не кратно } 4$$

$$222 - 209 = 13 \text{ — не кратно } 4$$

Таким образом, распад идёт с образованием в качестве конечного продукта ^{206}Pb .

Количество ядер радиоактивного элемента уменьшается в соответствии с законом радиоактивного распада:

$$N = N_0 \cdot 2^{-t/T},$$

где N — число ядер, оставшихся через промежуток времени t ,

N_0 — начальное количество ядер радиоактивного элемента,

T — период полураспада.







Тогда за полмесяца количество ядер уменьшится примерно в $2^{15.5/3.8} = 2^4 = 16$ раз.

Задание № 8.1

Условие:

Установите соответствие между символом элемента и формой орбитали, на которой располагаются электроны, обладающие в атоме данного элемента наибольшей энергией.

Ответ:

Ne	
Zn	
S	
K	
Mg	
Mn	









За каждую верную пару — 0.5 балла, всего — 3 балла

Задание № 8.2

Условие:

Установите соответствие между символом элемента и формой орбитали, на которой располагаются электроны, обладающие в атоме данного элемента наибольшей энергией.

Ответ:

Cl	
He	
Fe	 или 
Ti	 или 
Na	
Al	

За каждую верную пару — 0.5 балла, всего — 3 балла

Задание № 9.1

Общее условие:

Некий минерал состоит из четырех элементов. Массовые доли хлора, водорода и кислорода в нем равны 32.4 %, 5.5 %, 43.8 % соответственно.

Условие:

Запишите химический символ недостающего элемента.

Ответ: Ca

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Запишите формулу нерастворимого или малорастворимого продукта взаимодействия этого минерала с раствором кристаллической соды.

Ответ: CaCO₃

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Запишите формулу нерастворимого или малорастворимого продукта взаимодействия этого минерала с раствором глауберовой соли.

Ответ: CaSO₄

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 6 баллов

Решение.

Найдём соотношение количества атомов указанных элементов:

$$32.4/35.5 : 5.5/1 : 43.8 : 16 = 0.9 : 5.5 : 2.7 = 1 : 6 : 3.$$

По всей видимости, минерал — кристаллогидрат хлорида некоторого металла.

На этот металл приходится $100 - 32.4 - 5.5 - 43.8 = 18.3 \%$.

Если металл одновалентный, его атомная масса составляет:

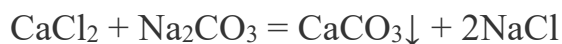
$35.5/32.4 \cdot 18.3 = 20.05$ а.е.м. — ничего подходящего нет.

Если металл двухвалентный, получаем атомную массу 40.1 а.е.м., что соответствует кальцию.

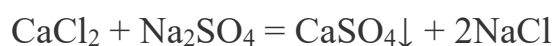
Таким образом, минерал — $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, антарктицит.

Уравнения реакций:

Кристаллическая сода — $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Нерастворимым продуктом будет карбонат кальция:



Глауберова соль — $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Малорастворимым продуктом будет сульфат кальция:



Задание № 9.2

Общее условие:

Некий минерал состоит из четырех элементов. Массовые доли хлора, водорода и кислорода в нем равны 35.0 %, 5.9 %, 47.3 % соответственно.

Условие:

Запишите химический символ недостающего элемента.

Ответ: Mg

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Запишите формулу нерастворимого или малорастворимого продукта взаимодействия этого минерала с раствором кристаллической соды.

Ответ: MgCO_3

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Запишите формулу нерастворимого или малорастворимого продукта взаимодействия этого минерала с раствором каустической соды.

Ответ: $\text{Mg}(\text{OH})_2$

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 6 баллов

Решение по аналогии с заданием № 9.1

Задание № 10.1

Общее условие:

Сосуд, заполненный при некоторых условиях неоном, имеет массу 90.0 г. Если сосуд при тех же условиях заполнить криптоном, то его масса составит 95.0 г.

Условие:

Определите массу сосуда. Ответ выразите в граммах, округлите до десятых.

Ответ: 88.4

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

В каком объемном соотношении надо смешать гелий и ксенон, чтобы данный сосуд, заполненный этой смесью при тех же условиях, имел массу 92.5 г? В ответ запишите отношение объема ксенона к объему гелия, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [0.62; 0.63]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Согласно закону Авогадро, при одинаковых условиях в равных объёмах различных газов содержится одинаковое количество вещества. Пусть количество вещества, содержащееся в сосуде массой x г, составляет n моль.

Тогда:

$$x + 20n = 90$$

$$x + 84n = 95$$

Отсюда $x = 88.4$ г, $n = 0.078$ моль

Для смеси гелия и ксенона будет справедливо утверждение:

$$y \cdot 4 + (0.078 - y) \cdot 131 + 88.4 = 92.5, \text{ где } y \text{ — количество вещества гелия}$$
$$y = 0.048$$

Отношение объёмов гелия и ксенона составит $(0.078 - 0.048)/0.048 = 0.625$.

Задание № 10.2

Общее условие:

Сосуд, заполненный при некоторых условиях закисью азота (веселящим газом), имеет массу 105.0 г. Если сосуд при тех же условиях заполнить монооксидом азота, то его масса составит 101.0 г.

Условие:

Определите массу сосуда. Ответ выразите в граммах, округлите до десятых.

Ответ: 92.4

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

В каком объемном соотношении надо смешать азот и диоксид азота, чтобы данный сосуд, заполненный этой смесью при тех же условиях, имел массу 103.0 г? В ответ запишите отношение объема азота к объему диоксида азота, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [0.99; 1.01]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение по аналогии с заданием № 10.1

Задание № 11.1

Условие:

Заполните пропуски.

Простое вещество ... при горении во фторе образует соединение ..., содержащее 78.1 % галогена по массе, а при горении в хлоре — соединение ..., содержащее 81.6 % галогена.

Ответ:

Простое вещество S или S₆ или S₈ при горении во фторе образует соединение SF₆, содержащее 78.1 % галогена по массе, а при горении в хлоре — соединение SCl₄, содержащее 81.6 % галогена.

За верный первый пункт — 2 балла, за верные второй и третий пункты — по 1 баллу, всего — 4 балла

Условие:

Вещество, полученное при горении в хлоре, растворили в воде и к полученному раствору добавили лакмус.

Какую окраску приобретет раствор?

Ответ:

- Красный
- Фиолетовый
- Синий
- Невозможно определить

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 5 баллов

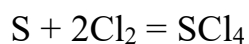
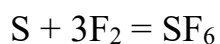
Решение.

Молярная масса неизвестного элемента составит:

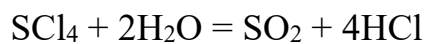
$$M = 21.9 \cdot 19 \cdot x / 78.1 = 5.33x,$$

где x — валентность неизвестного элемента в его фториде.

Перебирая возможные значения x , при $x = 6$ получаем $M = 32$, что соответствует сере:



Массовая доля хлора составляет $35.5 \cdot 4 / (32 + 35.5 \cdot 4) = 81.6\%$, что соответствует условию задачи.



Среда кислая, лакмус приобретёт розовую окраску.

Задание № 11.2

Условие:

Заполните пропуски.

Простое вещество ... при горении в хлоре образует соединение ..., содержащее 85.1 % галогена по массе, а при взаимодействии с избытком иода — соединение ..., содержащее 92.5 % галогена.

Ответ:

Простое вещество **P** или **P₄** при горении в хлоре образует соединение **PCl₅**, содержащее 85.1 % галогена по массе, а при взаимодействии с избытком иода — соединение **PI₃**, содержащее 92.5 % галогена.

За верный первый пункт — 2 балла, за верные второй и третий пункты — по 1 баллу, всего — 4 балла

Условие:

Вещество, полученное при взаимодействии с иодом, растворили в воде и к полученному раствору добавили метиловый оранжевый.

Какую окраску приобретет раствор?

Ответ:

- Красный
- Оранжевый
- Желтый
- Невозможно определить

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение по аналогии с № 11.1

Задание № 12

Общее условие:

Для сваривания различных металлических частей (например, трамвайных рельсов) нередко используется термитная смесь. Одним из наиболее распространенных вариантов такой смеси является железный термит, состоящий из стехиометрической смеси оксида железа (III) и порошка алюминия. Количество теплоты, теплоемкость и изменение температуры связаны между собой соотношениями $Q = C \cdot \Delta t$, где Q — количество теплоты, сообщенной системе, C — ее общая теплоемкость, Δt — изменение температуры системы.

Условие:

Определите количество теплоты, выделяющееся при воспламенении 20.0 г такой смеси, если энтальпии образования оксида железа (III) и оксида алюминия составляют -822 и -1670 кДж/моль, соответственно. Ответ выразите в килоджоулях, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [77; 81]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

До какой температуры раскалятся продукты реакции, если их начальная температура составляет 20 °C. Теплоемкости веществ приведены в таблице. Температурной зависимостью теплоемкости можно пренебречь.

	Al	Fe	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
C, Дж/(моль К)	55	66	142	103.8

Ответ: засчитывается в диапазоне [3200; 3500]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Оцените, температуру, достигаемую продуктами реакции, если взять не 20.0 г, а 10.0 г термитной смеси. Ответ выразите в кельвинах, округлите до целых.

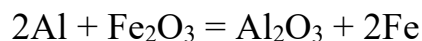
Ответ: засчитывается в диапазоне [3200; 3500]

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 6 баллов

Решение.

Определим изменение энтальпии в реакции



Оно составит: $\Delta H = \Delta_f H(\text{Al}_2\text{O}_3) - \Delta_f H(\text{Fe}_2\text{O}_3) = -1670 + 822 = -848$ кДж, что соответствует тепловому эффекту 848 кДж.

Данный тепловой эффект сопровождает реакцию с участием

$$2 \cdot 27 + (2 \cdot 56 + 3 \cdot 16) = 214 \text{ г смеси.}$$

Тогда тепловой эффект реакции для 20 г смеси составит

$$20 \cdot 848 / 214 = 79.3 \text{ кДж.}$$

Теплоемкость продуктов реакции составит:

$$C = 142 + 2 \cdot 66 = 274 \text{ Дж/К} \cdot \text{моль.}$$

Температура достигнет:

$$848000 / 274 + 273 = 3367.89 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии

для 10 класса

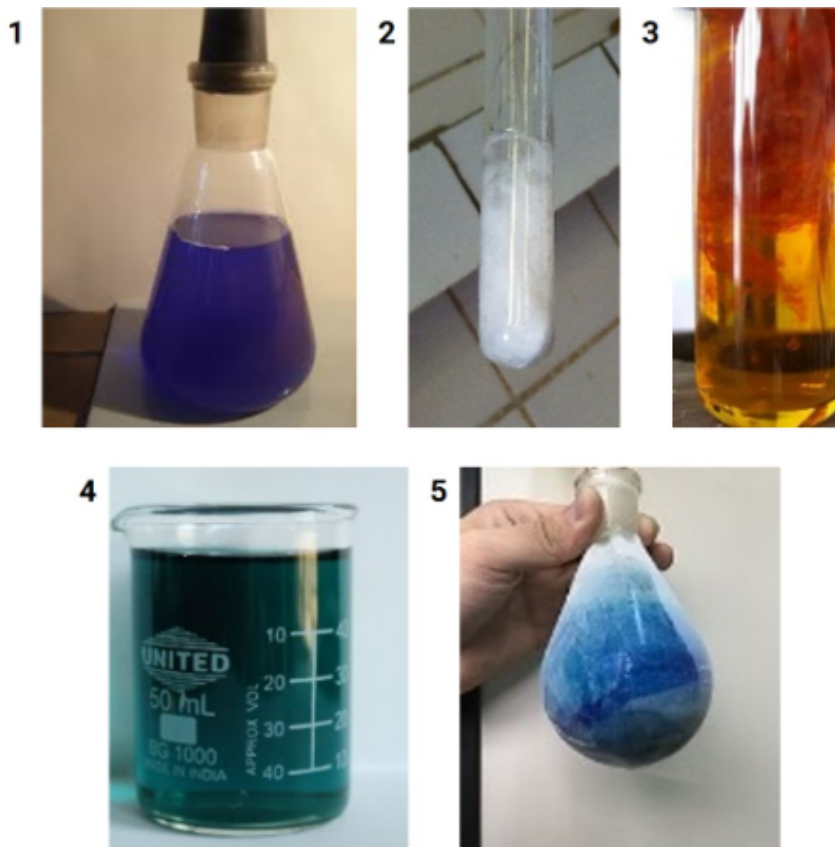
2022/23 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1

Условие:

Установите соответствие между изображениями сосудов и химическими формулами содержащихся в них веществ.



Ответ:

1	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$
2	$\text{Al}(\text{OH})_3$
3	$\text{Fe}(\text{OH})_3$
4	K_2MnO_4
5	N_2O_3

За каждую верную пару — 1 балл, всего — 5 баллов

Решение.

Соотнесём содержимое сосудов с химическими формулами, опираясь на цвет содержимого. Так, насыщенный синий раствор в сосуде 1 — не что иное, как раствор дигидроксотетрааммиаката меди (II). Белый студенистый осадок в пробирке 2 может быть отнесён только к гидроксиду алюминия, а рыжий осадок в пробирке 3 — гидроксид железа (III). Зелёно-бирюзовый раствор 4 — это раствор манганата калия. Наконец, в колбе 5, покрытой инеем, содержится оксид азота (III).

Задание № 2.1

Условие:

Определите количество вещества протонов во внутренней координационной сфере тетрагидроксоцинката натрия массой 5.37 г. Ответ выразите в молях, округлите до сотых. При расчётах атомные массы округляйте до целых.

Ответ 1.98

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Определим количество вещества тетрагидроксоцинката натрия:

$$n = 5.37/179 = 0.03 \text{ моль.}$$

Такое количество вещества будет и у тетрагидроксоцинкат-аниона. В одном таком анионе содержится 66 протонов, тогда в 0.03 моль ($0.181 \cdot 10^{23}$ анионов) содержится $66 \cdot 0.181 \cdot 10^{23}$ протонов или 1.98 моль протонов.

Задание № 2.2

Условие:

Определите количество вещества протонов во внутренней координационной сфере тетрагидроксоцинката натрия массой 10.74 г. Ответ выразите в молях, округлите до сотых. При расчётах атомные массы округляйте до целых.

Ответ 3.96




Точное совпадение ответа — 4 балла.

Решение по аналогии с заданием № 2.1

Задание № 3.1

Общее условие:

В таблице зашифрована формула некоторого химического соединения. Рисунки соответствуют элементам, а числа показывают их процентное содержание по массе.

Элемент			
Массовая доля %	55.02	12.85	32.13

Условие:

Запишите химическую формулу этого вещества. При расчётах атомные массы округляйте до целых.

Ответ: BaSO_5

Точное совпадение ответа — 4 балла

Условие:

Запишите степень окисления среднего по молярной массе элемента в составе этого вещества. Указывайте степень окисления со знаком.

Ответ: +6

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение.

Последний рисунок — кислородные маски — явно указывает на кислород. Жёлтый налёт на втором рисунке — вероятно, сера. Их соотношение следующее:

$$12.9/32 : 32.1/16 = 0.4 : 2 = 1 : 5$$

Определим последний элемент. На его долю приходится 55.0 % массы вещества. Если количество атомов элемента равно количеству атомов серы, получаем атомную массу:

$M = 55/12.9 \cdot 32 = 136.4$, что в пределах ошибки соответствует барию, используемому при рентгенокопии желудочно-кишечного тракта. Искомое вещество — пероксосульфат бария BaSO_5 . Сера в этом соединении находится в высшей степени окисления — +6.

Задание № 3.2

Общее условие:

В таблице зашифрована формула некоторого химического соединения. Рисунки соответствуют элементам, а числа показывают их процентное содержание по массе.

Элемент			
Массовая доля %	51.31	13.60	35.09

Условие:

Запишите химическую формулу этого вещества. При расчётах атомные массы округляйте до целых.

Ответ: K_3PO_5

Точное совпадение ответа — 4 балла

Условие:

Запишите степень окисления среднего по молярной массе элемента в составе этого вещества. Указывайте степень окисления со знаком.

Ответ: +5

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение по аналогии с заданием № 3.1

Задание № 4.1

Условие:

В атмосфере Титана, спутника Сатурна, обнаружен углеводород, имеющий в газообразном состоянии плотность по гелию 19.5. Определите массовую долю углерода в этом углеводороде. Ответ выразите в процентах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [92.2; 92.3]

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Из данных о плотности по гелию рассчитаем молярную массу углеводорода: $19.5 \cdot 4 = 78$ г/моль, которой соответствует углеводород C_6H_6 . Действительно, в атмосфере Титана был обнаружен бензол. Массовая доля углерода в этом углеводороде составляет $100 \cdot 12 \cdot 6 / 78 = 92.3$ %.

Задание № 4.2

Условие:

В атмосфере Титана, спутника Сатурна, обнаружен углеводород, имеющий в газообразном состоянии плотность по гелию 11.0. Определите массовую долю углерода в этом углеводороде. Ответ выразите в процентах, округлите до десятых.

Ответ: 81.7

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение по аналогии с заданием № 4.1

Задание № 5

Условие:

Химик Колбочкин прочитал подписи на трёх запаянных ампулах и задумался: «Во всех из них находятся различные жидкие вещества одинакового состава C_8H_{18} . Как же это понимать?».

Лаборант Пробиркин, большой специалист по изомерии и номенклатуре органических соединений, поучал его:

«Читай внимательно:

— Молекула вещества, содержащегося в первой ампуле, содержит два четвертичных атома углерода и шесть первичных;

— Во второй ампуле в составе молекулы углеводорода C_8H_{18} — один четвертичный, три вторичных и четыре первичных атома углерода;

— Наконец, в третьей ампуле углеводород того же состава содержит в молекуле три третичных и пять первичных атомов углерода».

Помогите Колбочкину назвать углеводороды в каждой из ампул по номенклатуре ИЮПАК.

Ответ:

2,2,3,3-тетраметилбутан	Первая ампула
2,2-диметилгексан	Вторая ампула
2,3,4-триметилпентан	Третья ампула
2-метилгептан	
3-метилгептан	
2,3-диметилгексан	
2,4-диметилгексан	

За каждую верную пару — 1 балл, всего — 3 балла

Решение.

Так как молекула вещества в первой ампуле содержит два четвертичных атома углерода и 6 первичных, единственным вариантом её строения является 2,2,3,3-тетраметилбутан:

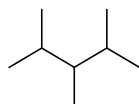


В составе вещества во второй ампуле один четвертичный, три вторичных и четыре первичных атома углерода. Возможны несколько вариантов строения:



Из них в вариантах ответов присутствует первый изомер — 2,2-диметилгексан.

В третьей ампуле углеводород содержит в молекуле три третичных и пять первичных атомов углерода, единственным вариантом её строения является 2,3,4-триметилпентан:



Задание № 6

Общее условие:

Один моль сульфата металла **A** содержит $1.17 \cdot 10^{26}$ протонов. При сливании водного раствора этой соли с водным раствором карбоната металла **B**, один моль которого содержит $6.26 \cdot 10^{25}$ протонов, выделяется газ и выпадает бесцветный осадок.

Условие:

Определите химический символ металла **A**.

Ответ: Cr

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите химический символ металла **B**.

Ответ: Rb

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Сколько протонов содержится в 1 молекуле выделившегося газа?

Ответ: 22

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение.

Определим металл **A**.

Один моль сульфат-ионов содержит $(16 + 4 \cdot 8) \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 2.89 \cdot 10^{25}$ протонов.

Если искомый карбонат имеет состав A_2SO_4 , то на металл **A** приходится:

$(1.17 \cdot 10^{26} \cdot 10^{25} - 2.89 \cdot 10^{25})/2 = 5.7 \cdot 10^{24}$ протонов, что соответствует элементу № 72 — но гафний (+1) — это экзотика.

Если искомый сульфат имеет состав ASO_4 , то на металл **A** приходится:

$1.17 \cdot 10^{26} - 2.89 \cdot 10^{25} = 8.72 \cdot 10^{25}$ протонов, что соответствует элементу № 144 — такого элемента нет.

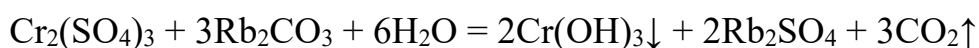
Если искомый сульфат имеет состав $A_2(SO_4)_3$, то на металл **A** приходится:

$(1.17 \cdot 10^{26} - 3 \cdot 2.89 \cdot 10^{25})/2 = 1.465 \cdot 10^{25}$ протонов, что соответствует элементу № 24 — хром. Определим металл **B**. Один моль карбонат-ионов

содержит $(6 + 3 \cdot 8) \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 1.81 \cdot 10^{25}$ протонов. Если искомый сульфат имеет состав A_2CO_3 , то на металл **A** приходится:

$(6.26 \cdot 10^{25} - 1.81 \cdot 10^{25})/2 = 2.225 \cdot 10^{25}$ протонов, что соответствует элементу № 37. Искомый элемент — рубидий.

Реакция:



В 1 молекуле углекислого газа содержится 22 протона.

Задание № 7

Общее условие:

Предельный углеводород **A** состава C_5H_{12} не может быть получен восстановлением соответствующего алкена, в отличие от его структурных изомеров **A**.

Условие:

Запишите название этого углеводорода по номенклатуре ИЮПАК:

Ответ: 2,2-диметилпропан

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Запишите название его изомера **B**, при галогенировании которого образуются 4 различных моногалогенопроизводных:

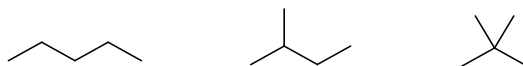
Ответ: 2-метилбутан

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

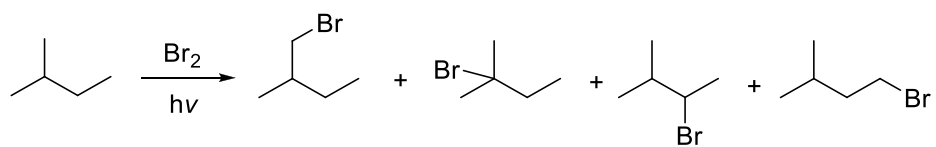
Решение.

Изомеры состава C_5H_{12} :



Первый и второй можно получить гидрированием алкенов, а третий — 2,2-диметилпропан (тривиальное название — неопентан) — содержит четвертичный атом углерода, поэтому соответствующего ему алкена просто нет. Алкан **A** — 2,2-диметилпропан.

Из оставшихся двух изомеров 4 моногалогенопроизводных образует 2-метилбутан (алкан **B**):



Задание № 8

Общее условие:

Металл **М** серебристо-белого цвета массой 2.7 г сожгли в атмосфере брома, а кристаллический продукт реакции растворили в воде и добавили к нему избыток водного раствора ляписа, при этом выделилось 56.4 г светло-жёлтого осадка.

Условие:

Определите число протонов в составе ядра металла **М**.

Ответ: 13

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Запишите формулу продукта взаимодействия фторида металла **М** с избытком фторида натрия.

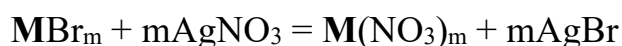
Ответ: $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Запишем упомянутые реакции в общем виде:



Количество вещества металла: $n_{\text{M}} = 2.7/\text{M}$, где **М** — атомный вес металла.
Светло-жёлтый осадок — бромид серебра, его количество вещества составляет $56.4 \text{ г} : 188 \text{ г/моль} = 0.3 \text{ моль}$. Получим уравнение с двумя

неизвестными: $0.3 = 2.7m/M$, где m — валентность металла M . Решая уравнение, получим при $m = 3$, $M = 27$ и металл — алюминий.

Реакция фторида алюминия с фторидом натрия:



Na_3AlF_6 — криолит.

Задание № 9

Условие:

Если аквариум заполнить бесцветным газом **A**, который примерно в 5 раз тяжелее воздуха, а затем осторожно поместить в аквариум бумажный кораблик, то последний будет плавать, как по поверхности жидкости. Если же человек случайно вдохнет газ **A**, то начнёт говорить басом. Молекула этого газа имеет октаэдрическое строение, содержит в своём составе 70 электронов, а также элемент 17 группы, массовая доля которого составляет 78.06 %. Запишите формулу газа **A**.

Ответ: SF₆

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Качественные данные и факты, упомянутые в условии задачи, уже позволяют предположить, что загаданным веществом является довольно известный гексафторид серы SF₆. Проверим это предположение, допустив, что газ **A** — бинарное вещество. В условии также говорится, что этот газ имеет октаэдрическое строение, следовательно, в молекуле содержится центральный атом, который окружён шестью другими атомами. Степень окисления +6 не является характерной для элементов 7 группы, поэтому можно предположить, что в центре октаэдра расположен атом элемента 6 группы, и он окружён шестью атомами галогенов. Проверим это:

$$w(X) = 6 \cdot M(X) / M(A) = 0.7806.$$

Если принять X = F, то A = S и искомый газ — это гексафторид серы SF₆.

Задание № 10

Общее условие:

Некоторый алкен **A** массой 1.0 г полностью прореагировал с бромом, при этом масса продукта **B** составила 4.8 г. Запишите название алкена **A**.

Ответ: Пропен

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Запишите название продукта **B** по правилам ИЮПАК.

Ответ: 1,2-дибромпропан

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

При нагревании продукта **B** со спиртовым раствором щёлочи образуется углеводород **C**. К какому классу углеводородов он относится?

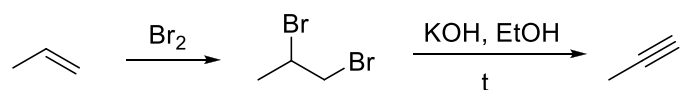
Ответ: Алкины

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Обозначим молярную массу алкена **A** за x . Тогда количество вещества алкена равно $1/x$. Молекулярный бром присоединяется к двойной связи алкена, молярная масса продукта присоединения равна $(x + 160)$. Количество вещества продукта присоединения равно $4.8 / (x + 160)$. Тогда $1/x = 4.8 / (x + 160)$. Откуда $x = 42$ г/моль, что соответствует пропену C_3H_6 (алкен **A**).



В результате присоединения брома образуется 1,2-дибромпропан (вещество **В**).

При нагревании 1,2-дибромпропана со спиртовым раствором щёлочи дважды происходит дегидробромирование, и образуется пропин (вещество **С**), который относится к классу алкинов.

Задание № 11.1

Условие:

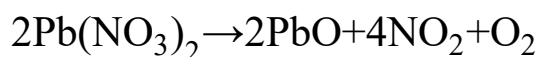
При разложении нитрата свинца (II) выделилось 10.0 л газа (н.у.). Определите количество поглотившейся при разложении теплоты, если известно, что теплоты образования нитрата свинца (II), оксида свинца (II) и оксида азота (IV) равны 452.0, 217.6 и -33.5 кДж/моль соответственно. Ответ выразите в килоджоулях, округлите до десятых.

Ответ: 53.8

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Запишем уравнение реакции разложения нитрата свинца:



Вычислим тепловой эффект реакции разложения:

$$Q_r^\circ = Q_f^\circ(\text{O}_2) + 4Q_f^\circ(\text{NO}_2) + 2Q_f^\circ(\text{PbO}) - 2Q_f^\circ(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2); Q_r^\circ = -602.8 \text{ кДж/моль},$$

то есть при разложении 1 моль нитрата свинца поглотится 301.4 кДж тепла.

Выделилось 10 литров газа. Посчитаем количество вещества:

$$n = \frac{10}{22.4} = 0.4464 \text{ моль}$$

Составим пропорцию

$$\begin{array}{l} 5 \text{ моль} \quad \rightarrow \quad 602.8 \text{ кДж} \\ 0.4464 \text{ моль} \rightarrow \quad x \\ x = \frac{0.4464 \cdot 602.8}{5} = 53.8 \text{ кДж} \end{array}$$

Задание № 11.2

Условие:

При разложении нитрата свинца (II) выделилось 5.0 л газа (н.у.). Определите количество поглотившейся при разложении теплоты, если известно, что теплоты образования нитрата свинца (II), оксида свинца (II) и оксида азота (IV) равны 452.0, 217.6 и -33.5 кДж/моль соответственно. Ответ выразите в килоджоулях, округлите до десятых.

Ответ: 26.9

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение по аналогии с заданием № 11.1

Задание № 12

Условие:

Медь — это металл, необходимый для производства двигателей, телевизоров, телефонных аппаратов, различных электроприборов и даже музыкальных инструментов. Оценочные мировые запасы этого металла составляют около 870 млн тонн. Известно, что в природе у элемента меди существует всего два стабильных изотопа: ^{63}Cu и ^{65}Cu . Какая масса приходится на более тяжёлый изотоп меди в её мировых запасах? Ответ выразите в миллионах тонн, округлите до целых. При расчётах атомную массу меди считайте равной 63.55 г/моль.



Ответ: 245

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Определим вклад обоих изотопов, 63 и 65, в средний атомный вес меди.

Составим уравнение, приняв за x мольную долю меди-63:

$$63x + 65(1 - x) = 63.55$$

Решая это уравнение, получим $x = 0.725$. Тогда мольная доля более тяжёлого изотопа составит 0.275. Получим, что в 63.55 г меди содержится 0.275 моль меди-65, и её массовая доля составит $(65 \cdot 0.275) / 63.55 = 0.2813$. Тогда на долю меди-65 в природных запасах приходится $0.2813 \cdot 870 = 245$ тонн.

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии

для 11 класса

2023/24 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1

Условие:

Общее количество электронов в порции предельного двухатомного спирта массой 37.848 г равно $1.26 \cdot 10^{25}$. Определите молекулярную формулу спирта. При расчётах все данные округляйте до тысячных.

Ответ: $C_3H_8O_2$

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Общая формула двухатомных спиртов: $C_aH_{2a}(OH)_2$

Элемент	Количество атомов	Количество электронов в одном атоме	Суммарное количество электронов
C	a	6	6 a
H	2a+2	1	2a+2
O	2	8	16
			8a+18

Количество молекул спирта: $N = 1.26 \cdot 10^{25} / (8a + 18)$

Количество моль спирта:

$$n = N/N_A = m/M$$

$$1.26 \cdot 10^{25} / (8a + 18) \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 37.848 \text{ г} / (14a + 34)$$

$$a = 3$$

Формула спирта: $C_3H_6(OH)_2$

Задание № 2

Условие:

28.60 г кристаллической соды внесли в 1056 г 2 % раствора карбоната натрия.

Сколько атомов водорода приходится на 1 атом натрия в полученном растворе?

При расчётах все входные данные округляйте до сотых.

Ответ: 195

Точное совпадение ответа — 6 баллов

Решение.

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 28.60 \text{ г.}$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 28.60/286 = 0.10 \text{ моль} = n(\text{Na}_2\text{CO}_3)$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) \text{ в кристаллогидрате} = 1 \text{ моль}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) \text{ в растворе} = 1056 \cdot 0.02 = 21.12 \text{ г.}$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 21.12/106 = 0.20 \text{ моль}$$

$$n_{\text{общ}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.1 + 0.2 = 0.30 \text{ моль}$$

$$n(\text{Na}) = 0.60 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) \text{ в растворе} = 1056 - 21.2 = 1034.80 \text{ г}$$

$$n_2(\text{H}_2\text{O}) = 57.50 \text{ моль}$$

$$n_{\text{общ}}(\text{H}_2\text{O}) = 58.50 \text{ моль}$$

$$n_{\text{общ}}(\text{H}) = 117 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}) : n(\text{Na})$$

$$117 : 0.60$$

$$x : 1$$

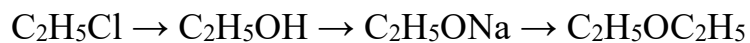
$$x = 195$$

195 атомов водорода приходится на 1 ион натрия

Задание № 3

Условие:

Какие вещества можно использовать для последовательного осуществления следующих превращений?

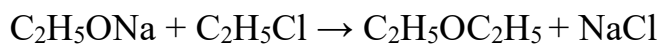
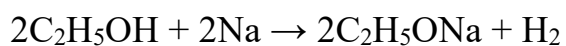


Ответ:

- KOH, NaCl, C₂H₅OH
- HON, NaOH, C₂H₅OH
- KOH (H₂O), Na, C₂H₅Cl
- O₂, Na, C₂H₅Cl

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.



Задание № 4

Условие:

Навеску некой природной аминокислоты X массой 74.5 г сожгли в стехиометрическом количестве кислорода. Продукты сгорания пропустили через трубку с фосфорным ангидридом, прирост массы которой составил 49.5 г, а затем — через избыток известковой воды. При этом выпал осадок массой 310 г, и осталось 5.6 л непрореагировавших газообразных продуктов, что в 13 раз меньше объёма всех газообразных продуктов сгорания после охлаждения до нормальных условий. При расчётах все входные данные округляйте до десятых.

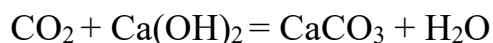
Запишите молекулярную формулу аминокислоты X.

Ответ: C₅H₁₁NO₂S

Точное совпадение ответа — 6 баллов

Решение.

Органическое соединение содержит углерод, водород, азот, кислород и, возможно, ещё какой-нибудь элемент. Так как смесь газов реагирует с известковой водой, то точно образуется углекислый газ.



$$n(H) = 2n(H_2O) = 2 \cdot 49.5/18 = 5.5 \text{ моль } m(H) = 5.5 \text{ г}$$

Непрореагировавший газ N₂

$$n(N_2) = 5.6/22.4 = 0.25 \text{ моль}$$

$$n(N) = 2n(N_2) = 0.5 \text{ моль}$$

$$m(N) = 7 \text{ г}$$

$$V(\text{газов}) = 5.6 \cdot 13 = 72.8 \text{ л}$$

$$n(\text{газов}) = 72.8/22.4 = 3.25 \text{ моль}$$

$$n(\text{CO}_2) = 3.25 - 0.25 \text{ моль} = 3 \text{ моль}$$

Если образовались только CO_2 и N_2 , то

$$n(\text{CaCO}_3) = n(\text{CO}_2) = 310/100 = 3.1 \text{ моль},$$

что не соответствует условию. Следовательно, в составе аминокислоты есть сера. 3 моль — это общее количество углекислого и сернистого газов.

$$n(\text{SO}_2) = y$$

$$n(\text{CO}_2) = x$$

$$m(\text{CaCO}_3) = 100x \text{ г}$$

$$m(\text{CaSO}_3) = 120y \text{ г}$$

$$x + y = 3$$

$$100x + 120y = 310$$

$$x = 2.5 \quad y = 0.5$$

$$n(\text{S}) = 0.5 \text{ моль} \quad m(\text{S}) = 16 \text{ г}$$

$$n(\text{C}) = 2.5 \text{ моль} \quad m(\text{C}) = 30 \text{ г}$$

$$m(\text{O}) = 74.5 - 30 - 16 - 5.5 - 7 = 16$$

$$n(\text{O}) = 16/16 = 1 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}) : n(\text{N}) : n(\text{C}) : n(\text{O}) : n(\text{S})$$

$$5.5 : 0.5 : 2.5 : 1 : 0.5$$

$$11 : 1 : 5 : 2 : 1$$



Задание № 5

Условие:

При взаимодействии формальдегида и фенола образуется полимер, в котором число остатков формальдегида на 1 меньше, чем остатков фенола. К моменту, когда прореагировало 42.11 г фенола, образовалась вода массой 7.56 г.

Определите количество остатков фенола в молекуле образовавшегося полимера. При расчётах все данные округляйте до сотых.

Ответ: 16

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Уравнение реакции:



$$n(\text{H}_2\text{O}) = 7.56 / 18 = 0.420 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 42.11 \text{ г} / 94 = 0.448 \text{ моль}$$

$$(x - 1) / x = 0.420 / 0.448$$

$$x = 16$$

Ответ: 16

Задание № 6

Условие:

Установите соответствие между реагирующими веществами и механизмом реакции.

Ответ:

Бутин-1 + бромная вода	Электрофильное присоединение
Стирол + хлорметан в присутствии хлорида алюминия	Электрофильное замещение
Изобутан + азотная кислота	Радикальное замещение
Бутен-1 + бромоводород в присутствии перекиси	Радикальное присоединение

За каждую верную пару — 1 балл, всего — 4 балла

Задание № 7.1

Общее условие:

8.12 л аммиака (объём измерен при 30 °С и давлении 74.46 кПа) растворили в 300 мл 0.40 М раствора фосфорной кислоты (плотность 1.0173 г/мл). При расчётах все данные округляйте до сотых.

Условие:

Запишите формулу образовавшейся соли.

Ответ: $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите массовую долю этой соли в конечном растворе. Ответ выразите в процентах, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [5; 5.2]

Точное совпадение ответа — 3 балла

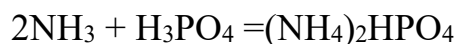
Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение.

$$n(\text{NH}_3) = PV / RT = 74.46 \cdot 8.12 / 8.314 \cdot 303 = 0.24 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0.3 \cdot 0.4 = 0.12 \text{ моль}$$

$$n(\text{NH}_3) : n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0.24 : 0.12 = 2 : 1$$



$$n((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 0.12 \text{ моль}$$

$$m((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 0.12 \cdot 132 = 15.84 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра}) = 300 \cdot 1.0173 + 0.24 \cdot 17 = 309.27 \text{ г}$$

$$W((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 15.84 / 309.27 = 0.05 \text{ или } 5.19 \%$$

Задание № 7.2

Общее условие:

5.83 л аммиака (объём измерен при 35 °С и давлении 52.71 кПа) растворили в 400 мл 0.30 М раствора фосфорной кислоты (плотность 1.0173 г/мл). При расчётах все данные округляйте до сотых.

Условие:

Запишите формулу образовавшейся соли.

Ответ: $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите массовую долю этой соли в конечном растворе. Ответ выразите в процентах, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [3; 3.4]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение по аналогии с заданием № 7.1

Задание № 7.3

Общее условие:

5.67 л оксида серы (IV) (объём измерен при 30 °С и давлении 34.96 кПа) растворили в 400 мл 0.2 М раствора едкого натра (плотность 1.0191 г/мл). При расчётах все данные округляйте до сотых.

Условие:

Запишите формулу образовавшейся соли.

Ответ: NaHSO_3

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите массовую долю этой соли в конечном растворе. Ответ выразите в процентах, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [2; 2.1]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение по аналогии с заданием № 7.1

Задание № 7.4

Общее условие:

11.34 л оксида углерода (IV) (объём измерен при 25⁰С и давлении 17.48 кПа) растворили в 200 мл 0.4 М раствора едкого натра (плотность 1.0191 г/мл). При расчётах все данные округляйте до сотых.

Условие:

Запишите формулу образовавшейся соли.

Ответ: NaHCO₃

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите массовую долю этой соли в конечном растворе. Ответ выразите в процентах, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [3; 3.3]

Точное совпадение ответа — 3 балла

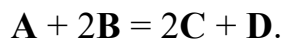
Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение по аналогии с заданием № 7.1

Задание № 8

Условие:

В закрытом сосуде протекает химическая реакция:



До начала реакции молярная концентрация вещества **A** равнялась 10 моль/л, а вещества **C** — 0 моль/л. Через сколько секунд концентрации веществ **A** и **C** сравняются, если скорость образования вещества **C** составляет 0.1 моль/л · с (все вещества — газы, объём сосуда постоянный)? Скорость в процессе реакции считайте постоянной.

Ответ:

- 25
- 33
- 50
- 67

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Скорость образования вещества **C**:

$$r^C = 0.1 \text{ (моль/л} \cdot \text{с)}$$

Скорость убыли вещества **A** в два раза меньше:

$$r^A = 0.05 \text{ (моль/л} \cdot \text{с)}.$$

Концентрация вещества **A** через время t :

$$C(A) = C^0(A) - r^A \cdot t,$$

где $C^0(A)$ — начальная концентрация вещества **A**.

Концентрация вещества С через время t :

$$C(C) = C^0(C) + r^C \cdot t$$

$$C^0(A) - r^A \cdot t = v \cdot t.$$

$$10 - 0.05t = 0.1t.$$

$$t = 67 \text{ секунд.}$$

Задание № 9

Условие:

При каких действиях рН водного раствора увеличивается?

Ответ:

- Пропускание сероводорода через раствор сульфида натрия
- Растворение натрия в воде
- Поглощение хлороводорода водой
- Пропускание через раствор щелочи оксида серы (IV)

Точное совпадение ответа — 2 балла

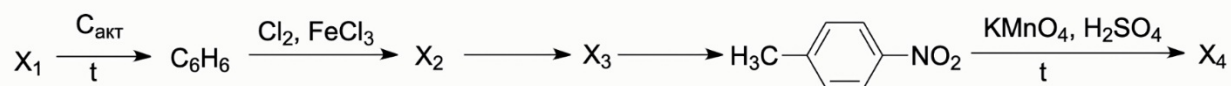
Решение.

При пропускании сероводорода через раствор сульфида натрия образуется кислая соль, рН уменьшается. При растворении натрия в воде образуется гидроксид натрия, и среда становится щелочной, соответственно, рН повышается. При поглощении хлороводорода водой образуется кислота, среда кислая, рН уменьшается. При пропускании оксида серы (IV) через раствор щёлочи образуется соль, количество щёлочи уменьшается, рН уменьшается.

Задание № 10

Условие:

Дана цепочка превращений:



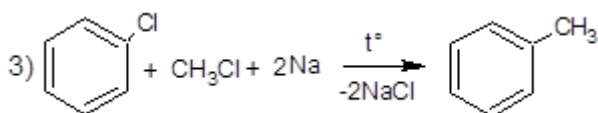
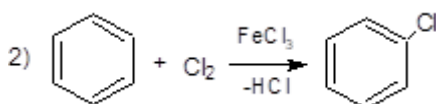
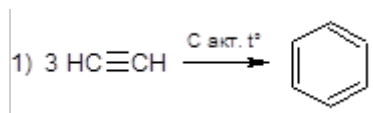
X_1, X_2, X_3, X_4 — органические вещества. Установите соответствие.

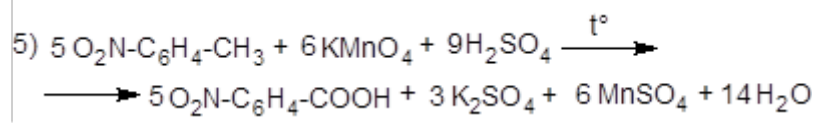
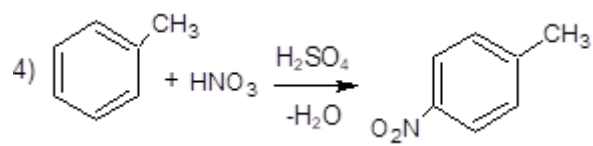
Ответ:

X_1	Этин
X_2	Хлорбензол
X_3	Толуол
X_4	п-Нитробензойная кислота
	п-Нитротолуол
	Этен
	Бензол
	Бензойная кислота
	п-Нитробензиловый спирт

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Решение.





Задание № 11

Условие:

Расположите ароматические соединения по уменьшению реакционной способности в реакциях электрофильного замещения при нитровании.

Ответ:

- ✓ м-Этилтолуол
- ✓ Бензойная кислота
- ✓ м-Хлорбензойная кислота
- ✓ м-Метилбензойная кислота

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Введение заместителя в связанный с кислотным центром углеводородный радикал влияет на силу кислоты. Электроноакцепторные заместители увеличивают кислотность, а электронодонорные — уменьшают. Влияние электроноакцепторных заместителей связано с их способностью делокализовать отрицательный заряд и тем самым стабилизировать сопряжённое основание (анион). Влияние электронодонорных заместителей, напротив, приводит к дестабилизации аниона.

Электроноакцепторные заместители увеличивают силу алифатических и ароматических карбоновых кислот, электронодонорные заместители действуют в противоположном направлении.

м-Этилтолуол имеет две донорные группы, в м-метилбензойной кислоте метильная группа CH_3 является донором электронной плотности, в то время как в м-хлорбензойной кислоте хлор проявляет акцепторные свойства.

Задание № 12.1

Условие:

Однажды известный химик, создатель многих лекарств, Эмиль Фишер совершал прогулку. К нему подошел писатель Зудерман и сказал:

— Как я благодарен, ваше превосходительство, за ваш чудесный снотворный препарат веронал. Вы меня спасли. Причем мне даже не нужно принимать его, достаточно, чтобы веронал лежал на моем ночном столике!

— Странное совпадение, — с улыбкой ответил Фишер, — когда мне трудно уснуть, мне так помогает ваш роман! Причем мне даже не нужно читать его — достаточно видеть вашу прекрасную книгу на моем ночном столике!

Определите молекулярную формулу основного компонента лекарственного средства веронал — органического соединения, содержащего 15.22 % азота, 6.52 % водорода, 26.09 % кислорода по массе

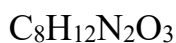
Ответ: $C_8H_{12}N_2O_3$.

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

$$W(C) = 52.17 \%$$

n (C)	n (H)	n (O)	n (N)
52.17/12	6.52/1	26.09/16	15.22/14
4.35	6.52	1.63	1.09
4	6	1.5	1
8	12	3	2



Задание № 12.2

Условие:

До конца XIX века индиго получали из растений индигоноски. Недостаток индиго — дурной запах краски.

«Я далеко не сразу понял, — отмечает начинающий красильщик, взявшийся за индиго, — что разлившийся в воздухе тяжёлый отвратительный запах выгребной ямы исходит от гигантского чана с красителем, а не от засорившегося туалета».

Бродящая вайда настолько пахуча, что Елизавета I запретила её применение в радиусе 8 миль (12.9 километра) от своих резиденций.



Анализ индиго дает следующие результаты: 12.2 % кислорода, 73.3 % углерода и 10.7 % азота. Определение молекулярной массы дало величину в пределах 250–275.

Запишите молекулярную формулу индиго.

Ответ: $C_{16}H_{10}N_2O_2$

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение по аналогии с заданием № 12.1