

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии

для 10 класса

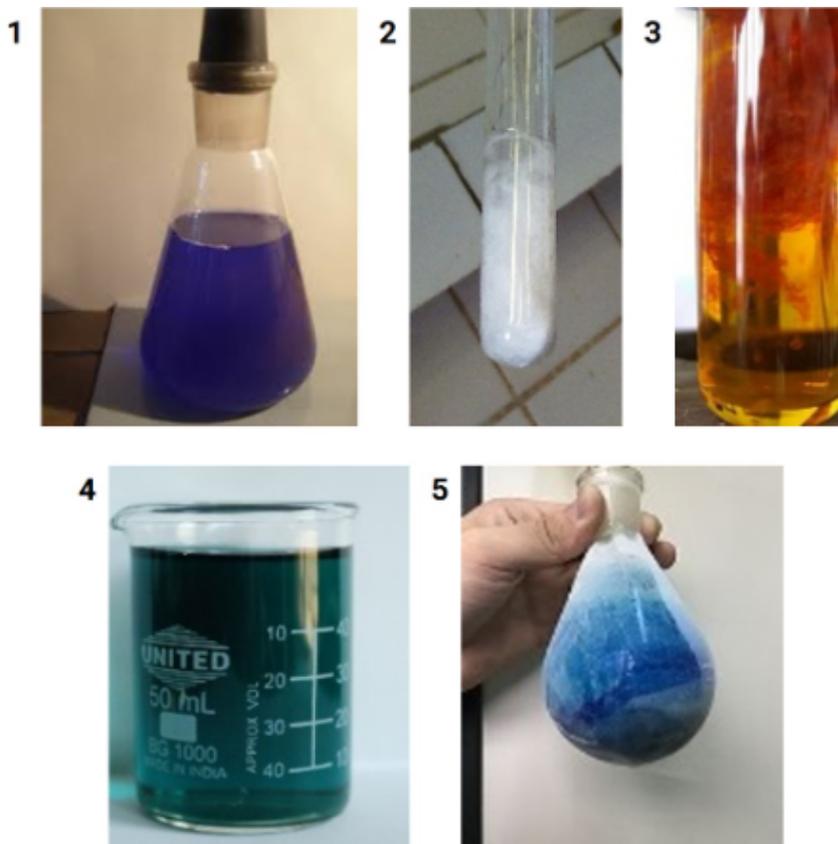
2022/23 учебный год

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:

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

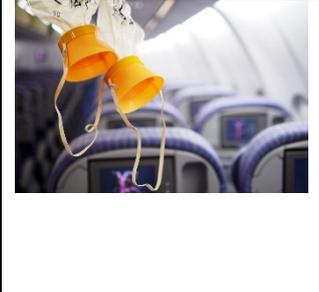
Определим последний элемент. На его долю приходится 55.0 % массы вещества. Если количество атомов элемента равно количеству атомов серы, получаем атомную массу:

$M = 55/12.9 \cdot 32 = 136.4$, 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:

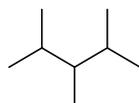


В составе вещества во второй ампуле один четвертичный, три вторичных и четыре первичных атома углерода. Возможны несколько вариантов строения:



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:

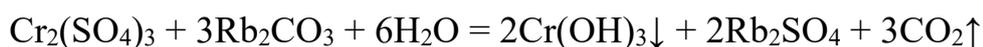
$1.17 \cdot 10^{26} - 2.89 \cdot 10^{25} = 8.72 \cdot 10^{25}$ протонов, что соответствует элементу № 144 — такого элемента нет.

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 — хрому. 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:

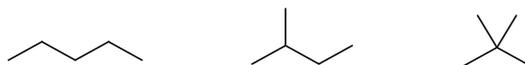
Ответ: 2-метилбутан

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

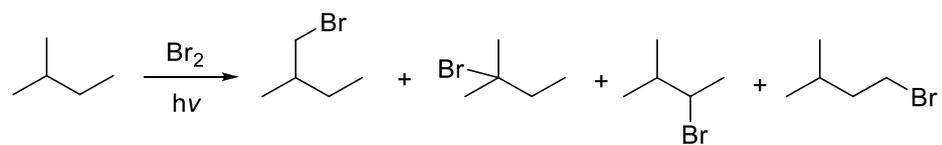
Решение.

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.

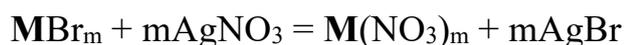
Ответ: $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$

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 А, 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 А, 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 А.

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 А — 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?

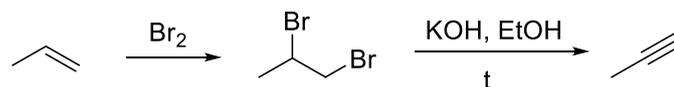
Ответ: Алкины

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 **B**).

При нагревании 1,2-дибромпропана со спиртовым раствором щёлочи дважды происходит дегидробромирование, и образуется пропин (вещество **C**), 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.