

Разбор заданий пригласительного этапа ВсОШ по химии для 9 класса

2020/21 учебный год

Максимальное количество баллов — 25

Задание № 1

Условие:

Избыток раствора гидроксида калия добавили к раствору, содержащему катионы двух металлов. Выпал коричневый осадок. Осадок отфильтровали, и к фильтрату добавили раствор сульфата натрия. Выпал белый осадок, нерастворимый в кислотах. Какие катионы могли присутствовать в растворе?

Варианты ответа:

Fe^{3+} и Mg^{2+}

Pb^{2+} и Ca^{2+}

Ca^{2+} и Fe^{3+}

Pb^{2+} и Mg^{2+}

Pb^{2+} и Fe^{3+}

Ca^{2+} и Mg^{2+}

Ответ:

Ca^{2+} и Fe^{3+}

Максимальный балл за задание — 1

Решение. Под действием избытка щёлочи катионы металлов могут выпадать в осадок в виде гидроксидов либо образовывать гидроксокомплексы. Нерастворимым гидроксидом бурого цвета является $\text{Fe}(\text{OH})_3$, значит, один из ионов Fe^{3+} . Если бы в растворе был Mg^{2+} , он выпал бы в осадок в виде гидроксида $\text{Mg}(\text{OH})_2$ вместе с железом. Pb^{2+} в зависимости от количества щелочи либо осаждается в виде $\text{Pb}(\text{OH})_2$, либо остается в растворе в виде комплекса $[\text{Pb}(\text{OH})_4]^{2-}$, однако этот комплекс прочный и не дает осадка с сульфат-ионом. Поэтому в растворе был Ca^{2+} , который частично остается в растворе после добавления щелочи и образует нерастворимый сульфат CaSO_4 .

Задание № 2

Условие:

Образец керна, отобранного при бурении скважины, состоит из двух сложных веществ **A** и **B**, нерастворимых в воде. При частичном растворении навески образца массой 1.00 г в соляной кислоте выделилось (н.у.) 0.202 л бесцветного газа с плотностью 1.96 г/л, а масса нерастворимого осадка составила 0.10 г. Что могут представлять из себя вещества **A** и **B**?

Варианты ответа:

NaCl

CaCO₃

Au

KHCO₃

Fe₃O₄

SiO₂

ZnS

MnO₂

Ответ:

A — CaCO₃

B — SiO₂

Каждый правильный ответ — 1, штраф за неправильный ответ — 0.5 балла, не более трех вариантов ответа

Максимальный балл за задание — 2

Решение. Определим молярную массу газа, образовавшегося при растворении образца в соляной кислоте. Плотность газа $d = M/22.4$, откуда получим $M = 1.96 \cdot 22.4 \approx 44$ г/моль. Из приведенных веществ под действием кислоты газ с такой молярной массой могут выделить карбонаты, т.е. это CO₂. Гидрокарбонат калия хорошо растворим в воде и не образует горных пород, поэтому **A** = CaCO₃. Единственным нерастворимым в кислоте сложным веществом из списка является диоксид кремния, **B** = SiO₂.

Задание № 3

Условие:

Для каждой из приведенных реакций укажите степень окисления, которую приобретает элемент-восстановитель в продукте реакции.

Варианты для соотнесения:

1) $\text{Fe} + \text{HNO}_3$ (конц.) \rightarrow	А) -2
2) $\text{La} + \text{HCl} \rightarrow$	Б) -1
3) N_2O (нагревание) \rightarrow	В) 0
4) $\text{P} + \text{I}_2 \rightarrow$	Г) +1
5) $\text{CuCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow$	Д) +2
	Е) +3
	Ж) +4

Ответ:

1 — Е, 2 — Е, 3 — В, 4 — Е, 5 — Д

Каждое верное соответствие — 0.4 балла

Максимальный балл за задание — 2

Решение.

1) Азотная кислота — окислитель, железо — восстановитель. Среди двух возможных степеней окисления железа (+2 либо +3) устойчивых в кислой среде следует отдать предпочтение более высокой из-за сильных окислительных свойств концентрированной HNO_3 . Ответ: +3.

2) В данной реакции лантан — восстановитель, соляная кислота — окислитель. Для элементов 3 группы характерной степенью окисления является +3, а для самого лантана она является единственной. Ответ: +3.

3) Закись азота при нагревании разлагается на простые вещества кислород и азот. Ответ: 0.

4) В данной реакции окислителем будет иод, однако последний не сможет окислить фосфор до максимальной степени окисления. Поэтому в продукте реакции фосфор будет иметь степень окисления +3. Ответ: +3.

5) В данной реакции восстановителем будет выступать медь, которая окислится кислородом до наиболее типичной степени окисления +2. Ответ: +2.

Задание № 4

Условие:

При монохлорировании 1.0 г метана выделяется 6.2 кДж теплоты, а при дихлорировании — 12.8 кДж. Сколько теплоты (в кДж с точностью до десятых) выделится при монохлорировании 1.0 г хлорметана с образованием дихлорметана?

Ответ:

Число из диапазона [2.0; 2.2]

Максимальный балл за задание — 2

Решение. Рассчитаем, сколько энергии выделяется в описанных реакциях в расчёте на 1 моль сложного вещества:



$$Q_1 = q/n = 6.2 / (1/16) = 99.2 \text{ кДж/моль}$$



$$Q_2 = q/n = 12.8 / (1/16) = 204.8 \text{ кДж/моль}$$

Значит в реакции $\text{CH}_3\text{Cl} + \text{Cl}_2 = \text{CH}_2\text{Cl}_2 + \text{HCl}$ выделится $Q = (Q_2 - Q_1) = 105.6 \text{ кДж/моль}$, тогда количество теплоты в расчёте на 1 г хлорметана $Q = Qn = 105.6 / 51.5 = 2.05 \text{ кДж}$.

Задание № 5

Условие:

Жидкость в пробирке имеет рН 7.00 при 25 °С. Что это может быть?

Варианты ответа:

чистая вода

10^{-7} М раствор HCl

10^{-7} М раствор NaOH

фосфатный буфер (смесь Na_2HPO_4 и NaH_2PO_4 ; величины pK_a фосфорной кислоты 2.12; 7.21; 12.67)

раствор NaHCO_3 (величины pK_a угольной кислоты 6.35 и 10.93)

Ответ:

чистая вода, фосфатный буфер

Каждый правильный ответ — 1 балл, штраф за неправильный ответ — 0.5 балла, не более трех вариантов ответа

Максимальный балл за задание — 2

Решение. В воде устанавливается равновесие $\text{H}_2\text{O} = \text{H}^+ + \text{OH}^-$ с константой $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}$.

Таким образом для чистой воды $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -0.5\lg K_w = 7.00$. При наличии даже 10^{-7} М сильных кислот или щелочей рН будет отличаться от 7.00, так как их диссоциация будет протекать вместе с диссоциацией воды.

Для буфера $\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{NaH}_2\text{PO}_4$ при равной концентрации солей $\text{pH} = -\lg K_a = 7.21$, а в случае избытка дигидроортофосфата легко достигается рН 7.00.

Для гидрокарбоната натрия $\text{pH} = 0.5(\text{pK}_{a1} + \text{pK}_{a2}) = 0.5(6.35 + 10.93) = 8.64 > 7.00$.

Задание № 6

Условие:

Перед вами — фотография, сделанная на территории завода по производству серной кислоты.

Какого элемента больше всего по массе в этих холмах?



Варианты ответа:

S

O

H

V

Fe

Al

Si

Ответ:

Fe

Максимальный балл за задание — 1 балл

Решение. На первой стадии производства серной кислоты проводят обжиг сульфидных минералов, например, пирита FeS_2 , что приводит к образованию газообразного сернистого газа и твёрдых оксидов железа (Fe_2O_3 и Fe_3O_4). Изображенные отвалы состоят из пиритных огарков, в которых больше всего Fe.

Задание № 7

Условие:

Если некоторую соль металла растворить и добавить раствор гидроксида натрия, то выпадет бурый осадок, а если ее нагреть в твердом состоянии, то выделится бурый газ. Установите формулу соли, если при нагревании она теряет 80.2% массы. В ответе приведите молярную массу соли в г/моль, округленную до целого числа.

Ответ:

404 — 3 балла

242 — 1 балл

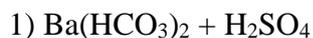
Максимальный балл за задание — 3 балла

Решение. Из условия следует заключить, что в состав соли входят катион Fe^{3+} и нитрат анион, т.е. это нитрат железа (III). Однако $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ при нагревании теряет долю массы меньше указанной (за ответ 242 г/моль, соответствующий этой соли, ставился 1 балл). Поэтому следует предположить, что речь идет о кристаллогидрате с молярной массой $M = 0.5M(\text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot 100 / (100 - 80.2) = 404$ г/моль $(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O})$, что является полностью правильным ответом.

Задание № 8

Условие:

Выберите явление или явления, наблюдаемые при сливании пар разбавленных растворов указанных веществ.



А) выпадает осадок



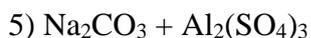
Б) выделяется газ



В) изменяется окраска



Г) видимые изменения отсутствуют



Ответ:

1 — А, Б

2 — Г

3 — Г

4 — А, В

5 — А, Б

Каждая правильная связь — 0.25 балла, штраф за неправильную связь — 0.1 балла

Максимальный балл за задание — 2 балла

Решение:

1) $\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{CO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ — выпадает осадок и выделяется газ.

2) $\text{KMnO}_4 + \text{HNO}_3$ — реакция не протекает, поэтому изменений нет.

3) $\text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ — происходит протонирование фосфат-ионов, но видимых изменений нет.

4) $2\text{KMnO}_4 + 3\text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{MnO}_2\downarrow + 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{KOH}$ исчезает малиновая окраска перманганата, выпадает бурый осадок.

5) $3\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{O} = 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{CO}_2\uparrow$ — выпадает осадок и выделяется газ.

Задание № 9

Условие:

Какое вещество является одним из продуктов этой реакции?



Варианты ответа:

P

Cu

Br₂

HgO

Fe₂O₃

K₃[Fe(CN)₆]

Ответ:

Cu

Максимальный балл за задание — 1 балл

Решение. Раствор окрашен, из чего следует, что это соль какого-либо переходного элемента. Затем происходит выделение красного металла на поверхности металлической проволоки, следовательно, в состав соли входила медь Cu.

Задание № 10

Условие:

Определите, раствор какого соединения находится в каждой из пробирок.

1)



А) $C_{20}H_{12}O_4Na_2$

2)



Б) K_2CrO_4

3)



В) $Fe(SCN)_3$

4)



Г) $[Cu(NH_3)_4](OH)_2$

5)



Д) $NiSO_4$

6)



Е) $K_2Cr_2O_7$

Ответ:

1 — В, 2 — Е, 3 — Б, 4 — Д, 5 — Г, 6 — А

Каждая правильная связь — 0.5 балла

Максимальный балл за задание — 3 балла

Решение. Кроваво-красная окраска характерна для $\text{Fe}(\text{SCN})_3$, образование которого служит качественной реакцией на Fe^{3+} в растворе. При изучении свойств хрома изучаются цветовые переходы $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (оранжевый) \rightarrow K_2CrO_4 (желтый) при изменении pH раствора. Зелёную окраску в растворе имеют некоторые комплексы меди, соли Cr^{3+} , а также Ni^{2+} , в представленном ряду веществ подходящим вариантом является NiSO_4 . Интенсивно-синяя окраска характерна для аммиачных комплексов меди, например, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$. Методом исключения приходим к выводу что в пятой пробирке $\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{O}_4\text{Na}_2$. Это щелочной раствор фенолфталеина — продукта конденсации фенола со фталевым ангидридом.

Задание № 11

Общее условие:

При выращивании пшеницы рекомендуемые для внесения в виде удобрений дозы азота (в пересчёте на N), фосфора (в пересчёте на P_2O_5) и калия (в пересчёте на K_2O) на 1 га почвы составляют 85 кг, 30 кг и 50 кг соответственно.

Многие удобрения содержат сразу несколько элементов. Например, при выращивании пшеницы может быть использована смесь калийной селитры (нитрат калия), аммофоса (дигидроортофосфат аммония) и аммиачной селитры (нитрат аммония).

Рассчитайте массы калийной селитры, аммофоса и аммиачной селитры, необходимые для удобрения 1 га почвы. Ответ округлите до целых килограммов.

Масса калийной селитры, кг.

Ответ:

число из диапазона [107; 108]

Масса аммофоса, кг.

Ответ:

число из диапазона [48; 49]

Масса аммиачной селитры, кг.

Ответ:

число из диапазона [182; 185]

Каждый правильный ответ — 1 балл

Максимальный балл за задание — 3 балла

Решение. Обратим внимание, что все три удобрения содержат азот, поэтому расчёт его массы необходимо вести в последнюю очередь.

Начнём расчёт с нитрата калия. Его формула, KNO_3 , может быть записана как $K_2O \cdot N_2O_5$, что позволяет вычислить массовую долю оксида калия в нитрате калия как $\omega(K_2O) = (39 \cdot 2 + 16) / (39 \cdot 2 + 16 + 14 \cdot 2 + 16 \cdot 5) = 0.465$. Таким образом, при внесении 1 кг нитрата калия в почву оказывается 0.465 кг оксида калия. Чтобы обеспечить потребность в 50 кг, необходимо внести $50 / 0.465 = 107.5$ кг KNO_3 . В зависимости от точности выбранных атомных масс и округлений на различных этапах решения может быть получен ответ от 107 до 108 кг.

Для расчёта массы аммофоса запишем формулу $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ как $2\text{NH}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$.
 $\omega(\text{P}_2\text{O}_5) = (31 \cdot 2 + 16 \cdot 5) / (31 \cdot 2 + 16 \cdot 5 + 17 \cdot 2 + 18 \cdot 3) = 0.617$. Масса вносимого аммофоса будет равна $30 / 0.617 = 48.6$ кг (от 48 до 49 кг).

Для расчёта массы вносимого нитрата аммония необходимо вычислить, сколько азота было внесено с нитратом калия и аммофосом:

$$\omega(\text{N в KNO}_3) = (14) / (39 + 14 + 48) = 0.139$$

$$\omega(\text{N в NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = (14) / (18 + 2 + 31 + 64) = 0.122$$

Вместе с удобрениями было внесено $0.139 \cdot 107.5 + 0.122 \cdot 48.6 = 20.9$ кг азота и осталось внести 64.1 кг.

$$\omega(\text{N в NH}_4\text{NO}_3) = (14 \cdot 2) / (18 + 14 + 48) = 0.35$$

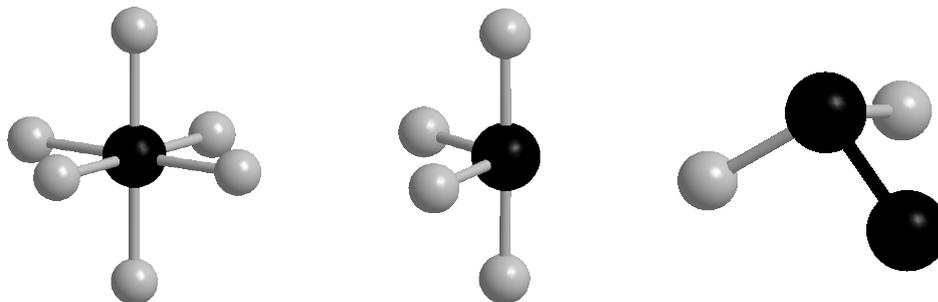
Масса нитрата аммония составляет $64.1 / 0.35 = 183.1$ кг. Поскольку расчет чувствителен к округлениям на всех предыдущих этапах, на данном этапе может быть получено число от 182 до 185 кг.

Задание № 12

Общее условие:

Газы X, Y и Z образованы элементами A и B. При этом плотность газа X в 1.352 раза превышает плотность Y, а плотность газа Y в 1.059 раза превышает плотность Z.

Известно строение молекул газов:



Установите формулу газа X.

Ответ:

SF_6

Установите формулу газа Y.

Ответ:

SF_4

Установите формулу газа Z.

Ответ:

S_2F_2

Каждый правильный ответ — 1 балл

Максимальный балл за задание — 3 балла

Решение. Структуры, изображённые на рисунке, позволяют однозначно установить формулы соединений: AB_6 , AB_4 и A_2B_2 (A — чёрный шар, B — серый шар).

Плотности газов могут быть выражены через отношение молярной массы к молярному объёму:

$$d = M/V_m.$$

Молярный объём не зависит от природы газа и является константой для данных условий.

Следовательно, отношение плотностей двух газов, измеренных в одних условиях, равно отношению молярных масс:

$$d_1/d_2 = M_1/M_2.$$

Обозначим атомные массы элементов за А и В и составим уравнения:

$$(A + 6B) / (A + 4B) = 1.352$$

$$(A + 4B) / (2A + 2B) = 1.059$$

Оба уравнения сводятся к соотношению:

$$A = 1.682 \cdot B$$

Обратим внимание, что серые шарики соответствуют, вероятно, одновалентному элементу.

Если $B = 19$ (F), $A = 32$ (S); если $B = 35.5$ (Cl), $A = 59.7$ (близко к Ni); если $B = 80$ (Br),

$A = 134.6$ (между Cs и Ba); если $B = 137$ (I), $A = 214$ (между At и Rn). С водородом решения

нет. Очевидно, что по летучести и валентности подходит только первый вариант.

Итак, газ X — SF₆, газ Y — SF₄, газ Z — S₂F₂.