Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии для 10 класса

2022/23 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1

Условие:

Выберите из списка органические вещества:

Варианты ответов:

- CO_2
- C_2H_6
- Na_2CO_3
- CH_3COOH
- C_2H_5OH
- $Ca(HCO_3)_2$
- $C_2H_5NH_2$
- Al_4C_3

Правильные ответы:

- C_2H_6
- CH_3COOH
- C_2H_5OH
- $C_2H_5NH_2$

Частичное совпадение со штрафами. За каждый правильный ответ — 0.5 балла.

Штраф за лишний пункт — 0.5 балла.

Максимальный балл — 2 балла.

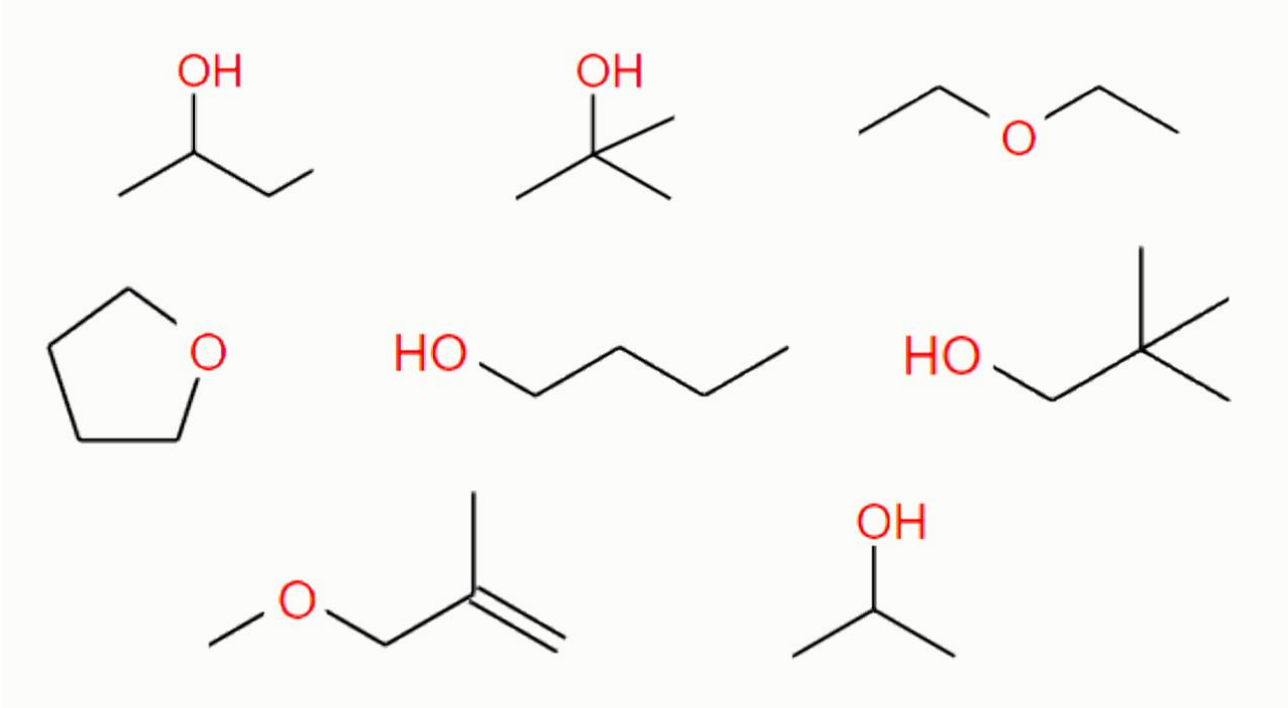
Решение.

Органическими веществами называют соединения углерода, за исключением оксидов углерода, угольной кислоты и её солей, карбидов и цианидов. Таким образом, к органическим можно отнести вещества: этан, уксусную кислоту, этиловый спирт, этиламин.

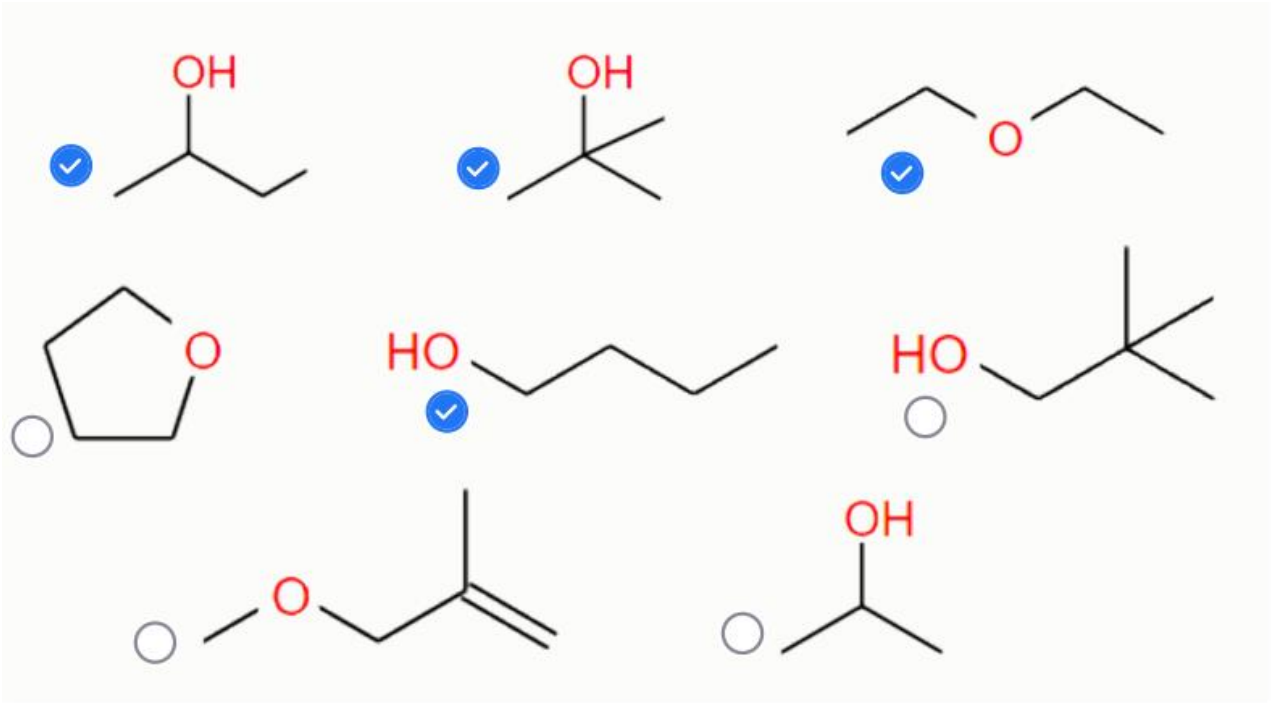
Задание № 2

Условие:

Выберите структурные формулы соединений, являющихся изомерами:



Ответ:

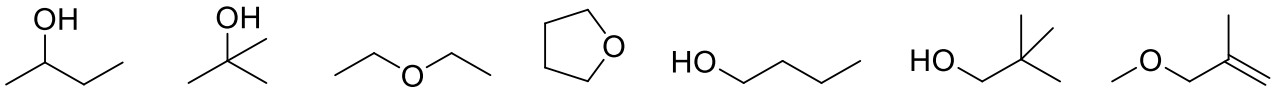


Частичное совпадение со штрафами. За каждый правильный ответ — 0.5 балла.

Штраф за лишний пункт — 0.5 балла.

Решение:

Как следует из определения, изомеры — это соединения одинакового (качественно и количественно) атомного состава, но разного химического строения. Из предложенного перечня соединения A, B, C и E имеют одинаковый состав ($C_4H_{10}O$), но различное строение. Следовательно, они и являются изомерами.



A **B** **C** **D** **E** **F** **G**

Задание № 3.1

Общее условие:

Предельный углеводород X содержит 83.62 % углерода по массе.

Условие:

Определите его брутто-формулу. При расчётах атомные массы элементов округляйте до сотых.

Ответ: C_6H_{14}

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Предложите структурную формулу изомера алкана X, для которого возможны только два структурных изомера моногалогенпроизводных. В ответе запишите название этого изомера по номенклатуре ИЮПАК.

Ответ: 2,3-диметилбутан

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл — 5 баллов

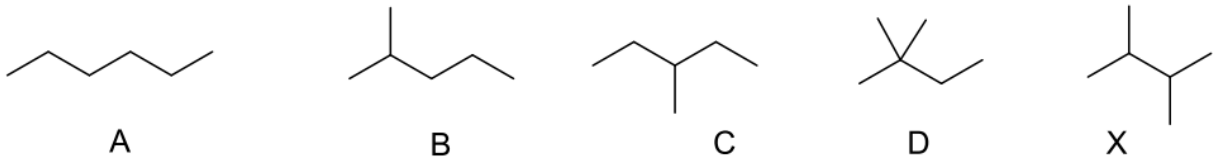
Решение:

Определим брутто-формулу углеводорода X:

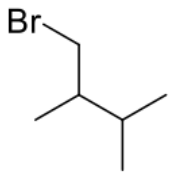
12.01n / (12.01n + 1.01(2n + 2)) = 0.8362, где n — число атомов углерода в молекуле X.

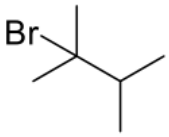
Откуда, n = 6, X — C_6H_{14}

Изобразим структурные формулы всех возможных изомеров алкана состава C_6H_{14}:



Нетрудно увидеть, что для изомера A можно записать три монобромпроизводных, для молекулы B — 5, для структур C — 4, и D — 3 производных, а для молекулы X — два монобромпроизводных:





Таким образом, X — это **2,3-диметилбутан**.

Задание № 3.2

Общее условие:

Предельный углеводород X содержит 84.12 % углерода по массе.

Условие:

Определите его брутто-формулу. При расчётах атомные массы элементов округляйте до сотых.

Ответ: C_8H_{18}

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Предложите структурную формулу изомера алкана X, для которого возможно только одно моногалогенпроизводное. В ответе запишите название этого изомера по номенклатуре ИЮПАК.

Ответ: 2,2,3,3-тетраметилбутан

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл — 5 баллов

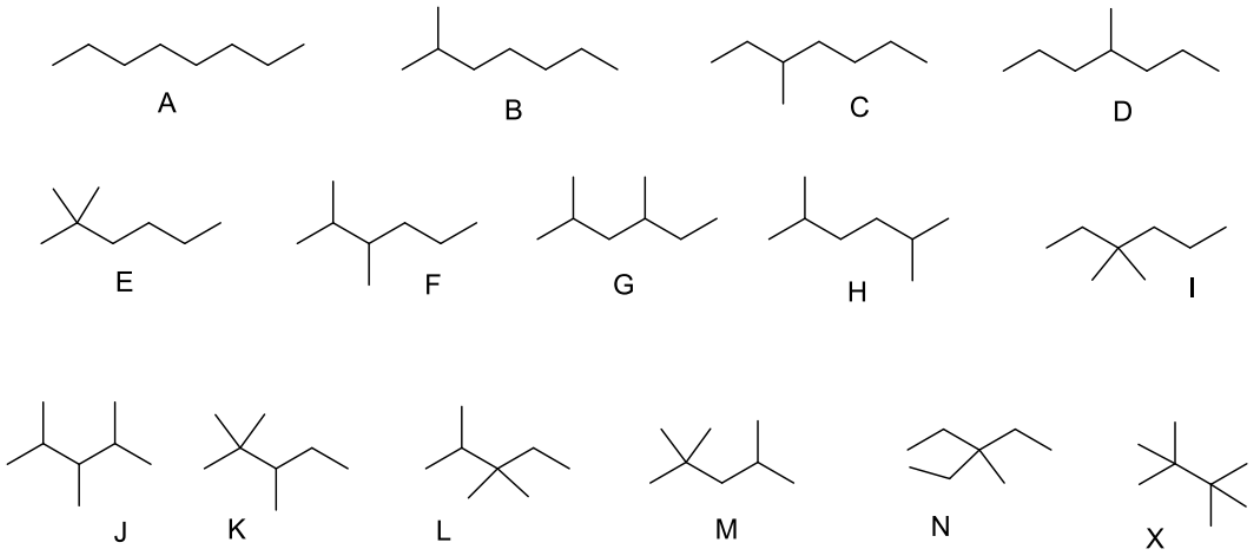
Решение:

Определим брутто-формулу углеводорода X:

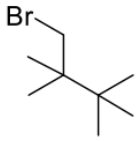
12.01n/(12.01n+1.01(2n+2)) = 0.8412, где n — число атомов углерода в молекуле X.

Откуда, n=8, X — C_8H_{18}

Изобразим структурные формулы всех возможных изомеров алкана состава C_8H_{18}:



Всего одно монобромпроизводное может быть изображено для наиболее симметричного алкана — 2,2,3,3-тетраметилбутана.



Таким образом, X — это 2,2,3,3-тетраметилбутан.

Задание № 4.1

Условие:

Выберите вещества, которые реагируют с водным раствором щёлочи:

Варианты ответов:

- Хлороводород
- Алюминий
- Сера
- Графит
- Ртуть
- Аммиак
- Гидроксид хрома (III)
- Азот

Правильные ответы:

- Хлороводород
- Алюминий
- Сера
- Гидроксид хрома (III)

Частичное совпадение со штрафами. За каждый правильный ответ — 1 балл.

Штраф за лишний пункт — 1 балл.

Максимальный балл — 4 балла.

Решение:

Из предложенного списка с водным раствором щелочи могут реагировать хлороводород, алюминий, сера и гидроксид хрома(III). Уравнения реакций:

$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$

$6\ NaOH + 2\ Al + 6\ H_2O = 2\ Na_3[Al(OH)_6] + 3\ H_2$

$6\ NaOH + 3\ S = Na_2SO_3 + 2\ Na_2S + 3\ H_2O$ (при нагревании)

$3\ NaOH + Cr(OH)_3 = Na_3[Cr(OH)_6]$

Задание № 4.2

Условие:

Выберите вещества, которые реагируют с водным раствором щёлочи:

Варианты ответов:

- Бромоводород
- Цинк
- Белый фосфор
- Алмаз
- Золото
- Метан
- Оксид серы (VI)
- Кислород

Правильные ответы:

- Бромоводород
- Цинк
- Белый фосфор
- Оксид серы (VI)

Частичное совпадение со штрафами. За каждый правильный ответ — 1 балл.

Штраф за лишний пункт — 1 балл.

Максимальный балл — 4 балла.

Решение:

Из предложенного списка с водным раствором щелочи могут реагировать бромоводород, цинк, белый фосфор и диоксид кремния. Уравнения реакций:

$NaOH + HBr = NaBr + H_2O$

$2\ NaOH + Zn + 2\ H_2O = Na_2[Zn(OH)_4] + H_2$

$3\ NaOH + P_4 + 3\ H_2O = PH_3 + 3\ NaH_2PO_2$ (на холоде)

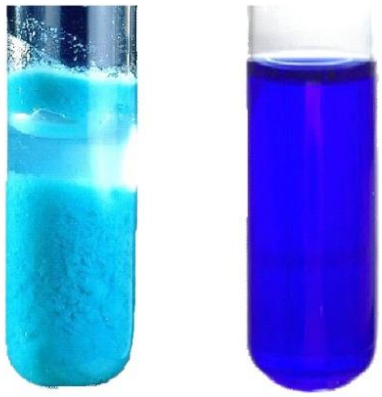
$8NaOH + P_4 + 4\ H_2O = 6H_2 + 4Na_2HPO_3$ (при нагревании)

$2\ NaOH + SiO_2 = Na_2SiO_3 + H_2O$ (при нагревании)

Задание № 5

Общее условие:

К раствору медного купороса добавили раствор гидроксида натрия, при этом выпал голубой осадок. Затем к осадку прилили водный раствор некоторого неорганического реагента N, и голубой осадок растворился с образованием тёмно-синего раствора.



Условие:

Запишите формулу, отвечающую составу осадка.

Ответ: $Cu(OH)_2$

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Запишите название реагента

Ответ: аммиак

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

Медный купорос — это пентагидрат сульфата меди(II) $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. Голубой осадок — $Cu(OH)_2$.

Уравнение реакции: $CuSO_4 + 2\ NaOH = Cu(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$

Гидроксид меди (II) можно растворить за счет комплексообразования, добавив водный раствор аммиака (нашатырный спирт) — реагент N. Уравнение реакции растворения:

$$Cu(OH)_2 + 4\ NH_3 = [Cu(NH_3)_4](OH)_2$$

Задание № 6.1

Условие:

В водный раствор иода, в который для повышения растворимости добавили иодид калия, внесли гидроксид натрия до полного обесцвечивания жидкости. На сколько единиц при этом повысилась степень окисления восстановителя?

Ответ: 5

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Какое вещество в этой реакции является окислителем? Запишите его химическую формулу.

Ответ: I_2

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл — 4 балла

Решение.

Рассмотрим реакцию взаимодействия иода со щелочью:

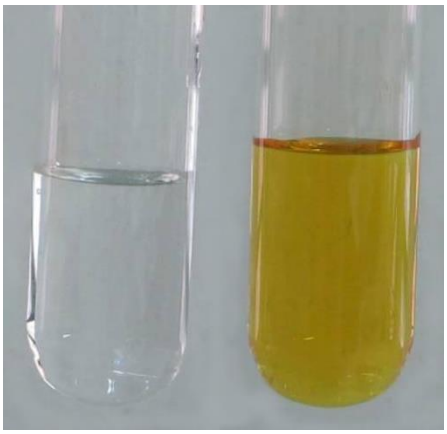
$3I_2 + 6NaOH = 5NaI + NaIO_3 + 3H_2O$

Данная реакция относится к реакциям диспропорционирования (или реакциям самоокисления-самовосстановления). Следовательно, и окислителем, и восстановителем в этой реакции является иод (I_2). Выступая в роли восстановителя, он окисляется до иодата, переходя при этом из степени окисления 0 в степень окисления +5 и отдавая 5 электронов.

Задание № 6.2

Условие:

К бромной воде добавили гидроксид калия до полного обесцвечивания жидкости. На сколько единиц понизилась степень окисления окислителя?



Ответ: 1

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Какое вещество в этой реакции является окислителем? Запишите его химическую формулу.

Ответ: Br_2

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл — 4 балла

Решение.

Рассмотрим реакцию взаимодействия брома со щелочью:

$3Br_2 + 6KOH = 5KBr + KBrO_3 + 3H_2O$

Данная реакция относится к реакциям диспропорционирования (или реакциям самоокисления-самовосстановления). Следовательно, и окислителем, и восстановителем в этой реакции является бром (Br_2). Выступая в роли окислителя, он восстанавливается до бромида, переходя при этом из степени окисления 0 в степень окисления -1 и принимая 1 электрон.

При низких (около 0 °C) температурах реакция взаимодействия брома со щелочью будет

протекать по-другому:

$Br_2 + 2KOH = KBr + KBrO + H_2O$,

но на ответе это никак не сказывается.

Задание № 7

Условие:

В пробирку, содержащую водный раствор вещества, добавили твёрдое вещество. К отверстию пробирки поднесли влажную синюю лакмусовую бумажку. В каких случаях будет наблюдаться изменение окраски этой бумажки с синей на розовую?

№ эксперимента	X	Y
1	$NaOH$	CH_3COONa
2	$HCl_{конц}$	$NaCl$
3	$H_2SO_{4\,разб}$	$NaCl$
4	Na_2SO_3	$Al_2(SO_4)_3$

Варианты ответов:

- 1
- 2
- 3
- 4

Правильные ответы:

- 2
- 4

За каждый правильный пункт — 2 балла

Максимальный балл — 4 балла

Решение.

Изменение цвета лакмусовой бумажки с синей на розовую указывает на присутствие летучей кислоты. Это будет наблюдаться в п. 2 (концентрированная соляная кислота сама по себе является летучей) и в п.4, где протекает необратимый гидролиз с образованием кислого газа:

$Al_2(SO_4)_3 + 3Na_2SO_3 + 3H_2O = 2Al(OH)_3 + 3SO_2 + 3Na_2SO_4$

Задание № 8

Условие:

Определите количество вещества протонов в 4.42 г карбоната гидроксомеди. Ответ округлите до десятых.

В промежуточных расчётах атомные массы элементов также округляйте до десятых.

Ответ: 2.1

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите количество вещества электронов в 11.52 г хлорида гидроксомагния. Ответ округлите до десятых. В промежуточных расчётах атомные массы элементов также округляйте до десятых.

Ответ: 5.7

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

К какому типу солей относятся оба эти вещества? В ответ запишите только название типа без слова «соли».

Ответ: основные

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл — 6 баллов

Решение:

Формула карбоната гидроксомеди — $(CuOH)_2CO_3$. Молярная масса этого соединения составляет 221г/моль, следовательно, в 4.42 г содержится 0,02 моль этого вещества. В одном моль карбоната гидроксомеди содержится (29 + 8 + 1) * 2 + 6 + 8 * 3 = 106 моль протонов, следовательно, в приведенной в задаче массе — 106 * 0.02 = 2.12 ≈ 2.1 моль протонов.

Формула хлорида гидроксомагния — MgOHCl. Молярная масса этого соединения составляет 76.5 г/моль, следовательно, в 11.52 г содержится 0.15 моль этого вещества. В одном моль

хлорида гидроксомагния содержится 12 + 8 + 1 + 17 = 38 моль электронов, следовательно в приведенной в задаче массе — 38 * 0.15 = 5.7 моль электронов.

Оба соединения относятся к основным солям.

Задание № 9.1

Общее условие:

После путешествия на Луну Незнайка решил продолжить освоение космоса и посетил планету X, обладающую пригодной для дыхания атмосферой. На этой планете Незнайка решил заняться воздухоплаванием, заполнил воздушный шар подходящим, на его взгляд, газом, но в итоге шар всё-таки не полетел. Пришлось обратиться к Знайке.

- Какой газ ты использовал для заполнения шара?

- Не помню точно… Вроде бы один из приведенных ниже. Помню, что на Земле он вполне годился.

- Тогда понятно! Здесь ведь состав атмосферы иной. По объёму 40% гелия, 21% кислорода и 39% азота. Вот твой шар и не полетел.

Условие:

Каким из перечисленных газов Незнайка заполнил шар?

Варианты ответов:

- Гелий
- Неон
- Аргон
- Оксид азота (I)

Правильный ответ:

- Неон

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Условием подъёма шара в воздух является меньшая плотность наполняющего шар газа или смеси газов по сравнению с плотностью воздуха. Как известно, это условие можно сформулировать и по-другому: молярная масса газа, заполняющего шар, должна быть меньше молярной массы воздуха. На планете, где Незнайка решил заняться воздушными полётами, средняя молярная масса воздуха составляет:

$$M = 0.40 * 4 + 0.21 * 32 + 0.39 * 28 = 19.2 \text{ г/моль}.$$

Следовательно, искомый газ должен иметь молярную массу между 19.2 и 29 г/моль. Среди перечисленных газов таковым является **неон**.

Задание № 9.2

Общее условие:

После путешествия на Луну Незнайка решил продолжить освоение космоса и посетил планету X, обладающую пригодной для дыхания атмосферой. На этой планете Незнайка решил заняться воздухоплаванием, заполнил воздушный шар газом, а затем обнаружил, что взял не тот газ, который использовался при полётах на Земле, а другой, который на Земле шар в воздух не поднимал.

- Что же делать? — задумался Незнайка. — Ведь я уже выпустил из остальных баллонов газ.

- Ничего страшного, — успокоил его Знайка. — Здесь состав атмосферы иной: по объёму 60% аргона, 21% кислорода и 19% азота. Так что шар полетит и с этим газом.

Условие:

Каким из перечисленных газов Незнайка заполнил шар?

Варианты ответов:

- Гелий
- Неон
- Аргон
- Кислород

Правильный ответ:

- Кислород

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Условием подъёма шара в воздух является меньшая плотность наполняющего шар газа или смеси газов по сравнению с плотностью воздуха. Как известно, это условие можно сформулировать и по-другому: молярная масса газа, заполняющего шар, должна быть меньше молярной массы воздуха. На планете, где Незнайка решил заняться воздушными полётами, средняя молярная масса воздуха составляет:

$M = 0.60 * 40 + 0.21 * 32 + 0.19 * 28 = 36.04$ г/моль.

Следовательно, искомый газ должен иметь молярную массу между 29 и 36.04 г/моль. Среди перечисленных газов таковым является **кислород**.

Задание № 10

Общее условие:

В реставрационную мастерскую принесли круглую медаль диаметром 10 см и толщиной 4 мм. Было решено восстановить её прежний облик серебрением, для чего провели электролиз водного раствора нитрата серебра с графитовым анодом и медалью в качестве катода. На аноде выделилось 3.25 л (н.у.) газа, а концентрация нитрата серебра в электролите снизилась в два раза.

Условие:

Найдите среднюю толщину слоя серебра, осевшего на поверхность медали, если плотность серебра равна 10.49 г/см^3. Ответ выразите в миллиметрах, округлите до сотых.

Ответ: [0.34;0.36]

Точное совпадение ответа — 4 балла

Условие:

Запишите химическую формулу газа, который выделялся на аноде.

Ответ: O_2

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл — 6 баллов

Решение.

Нитрат серебра взят в избытке, так как после электролиза соль осталась в электролите.

$4AgNO_3 + 2H_2O$ === (электролиз, 4 фарадея) ===> $4Ag$(катод) + O_2(анод) + $4HNO_3$

Газ, выделившийся на аноде – это кислород O_2.

$n(O_2) = V(O_2)/ V_0$, где V_0– молярный объем газа при н.у., V_0 = 22.4 л/моль.

$n(Ag) = 4*n(O_2)$

$m(Ag) = n(Ag)*M(Ag)$

С другой стороны, $m(Ag) = \rho(Ag)*V(Ag)$.

Объем осевшего на медали (катоде) серебра равен произведению площади S поверхности медали на толщину h слоя осевшего металла: $V(Ag) = S*h$.

Площадь S поверхности медали (круглый жетон диаметра D и толщины t):

$S = \pi*D^2/2 + \pi*D*t = 169.65$ см^2.

Молярная масса серебра M(Ag) = 107.87 г/моль

$h = V(Ag)/S = n(Ag)*M(Ag)/(\rho(Ag)*S) = 4*V(O_2)*M(Ag)/(V_0*\rho(Ag)*S) = 0.0352$ см ≈ 0.35 мм.

Задание № 11.1

Условие:

Найдите массу жидкой воды, которая получается изо льда при сжигании внутри ледяного калориметра 513 мг пальмитиновой кислоты ($C_{15}H_{31}COOH$) в избытке кислорода. Молярные теплоты образования (при нормальном атмосферном давлении и температуре 0 °C) пальмитиновой кислоты (крист.), жидкой воды и углекислого газа равны 848, 285, 394 кДж/моль соответственно, а удельная теплота плавления льда равна 334 Дж/г. Ответ выразите в граммах, округлите до десятых.

Ледяной калориметр представляет собой массивный куб изо льда с полостью внутри, в которую помещают сосуд («калориметрическую бомбу»), где и происходит полное сгорание органического вещества в избытке кислорода.

Ответ: [59.9;60.1]

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Решение.

Запишем термохимические уравнения сгорания в кислороде пальмитиновой кислоты (1), образования из простых веществ пальмитиновой кислоты (2), жидкой воды (3) и углекислого газа (4).

(1) $C_{15}H_{31}COOH$(кр) + $23O_2$ (г) = $16CO_2$ (г) + $16H_2O$ (ж) + $Q_{сгор}$

(2) 16C (графит) + $16H_2$ (г) + O_2(г) = $C_{15}H_{31}COOH$ (кр) + $Q_{обр}$($C_{15}H_{31}COOH$ (кр))

(3) H_2 (г) + (1/2) O_2 (г) = H_2O (ж) + $Q_{обр}$ (H_2O (ж))

(4) C (графит) + O_2 (г) = CO_2 (г) + $Q_{обр}$ (CO_2 (г))

Уравнение (1) можно получить из уравнений (2), (3) и (4) сочетая их следующим образом: (1) = 16*(3) + 16*(4) − (2).

В соответствии со следствием из закона Гесса, $Q_{сгор}$= − $Q_{обр}$ ($C_{15}H_{31}COOH$ (кр)) + 16* $Q_{обр}$ (H_2O (ж)) + 16* $Q_{обр}$ (CO2 (г)) = − 848 + 16*285 + 16*394 = 10016 кДж.

Для калориметрического опыта было взято пальмитиновой кислоты n($C_{15}H_{31}COOH$) = m/M = 0.513/256 = 0.002 (моль).

Количество теплоты, выделившейся в калориметрической бомбе при сгорании 513 мг пальмитиновой кислоты, равно Q = 10016*0.002 = 20.032 кДж = 20032 Дж.

Выделившееся количество теплоты идёт на плавление льда. Найдём массу воды,

образовавшейся изо льда: m = 20032 / 334 = 60.0 г.

Задание № 11.2

Условие:

Найдите массу жидкой воды, которая получается изо льда при сжигании внутри ледяного калориметра 284 мг стеариновой кислоты ($C_{17}H_{35}COOH$) в избытке кислорода. Молярные теплоты образования (при нормальном атмосферном давлении и температуре 0 °C) стеариновой кислоты (крист.), жидкой воды и углекислого газа равны 905, 285, 394 кДж/моль соответственно, а удельная теплота плавления льда равна 334 Дж/г. Ответ выразите в граммах, округлите до десятых.

Ледяной калориметр представляет собой массивный куб изо льда с полостью внутри, в которую помещают сосуд («калориметрическую бомбу»), где и происходит полное сгорание органического вещества в избытке кислорода.

Ответ: [33.8;40]

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Решение.

Запишем термохимические уравнения сгорания в кислороде стеариновой кислоты (1), образования из простых веществ стеариновой кислоты (2), жидкой воды (3) и углекислого газа (4).

(1) $C_{17}H_{35}COOH$(кр) + $26O_2$ (г) = $18CO_2$ (г) + $18H_2O$ (ж) + $Q_{сгор}$

(2) 18C (графит) + $18H_2$ (г) + O_2(г) = $C_{17}H_{35}COOH$ (кр) + $Q_{обр}$($C_{17}H_{35}COOH$ (кр))

(3) H_2 (г) + (1/2) O_2 (г) = H_2O (ж) + $Q_{обр}$ (H_2O (ж))

(4) C (графит) + O_2 (г) = CO_2 (г) + $Q_{обр}$ (CO_2 (г))

Уравнение (1) можно получить из уравнений (2), (3) и (4) сочетая их следующим образом: (1) = − (2) +18*(3) + 18*(4).

В соответствии со следствием из закона Гесса, $Q_{сгор}$= − $Q_{обр}$ ($C_{17}H_{35}COOH$ (кр)) + 18* $Q_{обр}$ (H_2O (ж)) + 18* $Q_{обр}$ (CO2 (г)) = −905+ 18*285 + 18*394 = 11317 кДж.

Для калориметрического опыта было взято стеариновой кислоты n($C_{17}H_{35}COOH$) = m/M = 0.284/284 = 0.001 (моль).

Количество теплоты, выделившейся в калориметрической бомбе при сгорании 284 мг стеариновой кислоты, равно Q = 11317*0.001 = 11.317 кДж = 11317 Дж.

Выделившееся количество теплоты идёт на плавление льда. Найдём массу воды,

образовавшейся изо льда: m = 11317 / 334 = 33.9 г.

Задание № 12

Общее условие:

В ребусе зашифрован химический состав некоторого вещества. Рисунки соответствуют элементам, а числа показывают их процентное содержание по массе. Содержащийся в веществе металл своё название получил в честь острова в Средиземном море.

59.5 %	22.5 %	1.4 %	16.6 %

Условие:

В поля для ответов запишите символы зашифрованных элементов. В промежуточных расчётах атомные массы элементов округляйте до десятых.

Ответ:

59.5 %	22.5 %	1.4 %	16.6 %
Cu	O	H	Cl

За каждый правильный ответ — 0.5 балла

Условие:

Запишите брутто-формулу вещества, расположив элементы в том же порядке, что и в ребусе.

Ответ: $Cu_2O_3H_3Cl$

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл — 5 баллов

Решение.

Металл, названный в честь Кипра — медь (*cuprum*). Маска для дыхания указывает на кислород, дирижабль — на водород. Жёлто-зелёный газ в колбе, вероятно, хлор.

Пусть в состав соединения входит 1 атом меди. Тогда приходящееся на него количество атомов кислорода составляет

22.5*63.5/(59.5*16) = 1.5.

Количество атомов водорода — 1.4*63.5/59.5 = 1.5

Количество атомов хлора — 16.6*63.5/(59.5*35.5) = 0.5

Истинная формула соединения — $Cu_2O_3H_3Cl$ (или $Cu_2(OH)_3Cl$).