

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии для 11 класса

(группа № 3)

2021/22 учебный год

Максимальное количество баллов — 25

Задание № 1

Условие:

Элементы *A* и *B* находятся в одной группе периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Одно из веществ является металлом, другое – неметаллом. Максимальная и минимальная степень окисления одного из этих элементов отличается на 8 единиц. Заряды ядер этих элементов отличаются также на 8 единиц.

Элементами *A* и *B* могут быть:

Варианты ответа:

- Кислород и сера
- Хром и сера
- Бром и марганец
- Хлор и марганец
- Железо и аргон

Правильный ответ:

- Хром и сера
- Хлор и марганец

Каждый правильно выбранный и правильно невыбранный вариант — 0.4 балла, штраф за каждый неправильно выбранный/невыбранный — 0.4 балла

Максимальный балл за задание — 2

Решение.

Степень окисления определяется количеством электронов, смещенных от атома или к атому. Для многих неметаллов максимальная и минимальная значения степени окисления отличаются на восемь единиц. Так атом серы может принять два электрона (степень окисления «-2») или отдать шесть (степень окисления «+6»). Однако для металлов не характерны

отрицательные значения степени окисления, а инертные газы (гелий, неон, аргон) практически не образуют химических соединений.

1. Кислород и сера. Эта пара элементов не отвечает условию задачи, т.к. оба элемента являются неметаллами.
2. Бром и марганец. Этот вариант тоже не отвечает условию задачи, т.к. заряды ядер атомов этих элементов отличаются более чем на 8 единиц.
 $35 - 25 = 10$
3. Железо и аргон. Не подходят по причине отсутствия устойчивых соединений аргона и соединений железа со степенью окисления (+8).

Соединение восьмивалентного железа весьма нестабильно, его удаётся выделить в относительно чистом виде лишь экстракцией четырёххлористым углеродом из растворов ферратов (из экстрактов его можно получить перегонкой при 30 °С, хотя и с очень небольшим выходом - около 25-30%). Растворы FeVIII разлагаются автокаталитически до гидроксида FeIII и могут существовать лишь в области концентраций ниже 0,01 М/л.

Задание № 2

Условие:

Рассчитайте массу кислорода (в граммах) в порции оксида алюминия, содержащей $3,01 \cdot 10^{23}$ формульных единиц вещества. В ответе укажите число с точностью до целых.

Правильный ответ: 24

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Формульная единица сложного вещества немолекулярного строения - условная (не способная к самостоятельному существованию) группа атомов или ионов, состав которой соответствует эмпирической формуле данного вещества. Для оксида алюминия это Al_2O_3 .

$$n_{\text{оксида алюминия}} = N/N_A = 3,01 \cdot 10^{23} / 6,02 \cdot 10^{23} = 0,5 \text{ моль}$$

Так как 1 моль оксида алюминия содержит 3 моль элемента кислорода, в 0,5 моль оксида будет в три раза больше моль элемента кислорода, т.е. 1,5 моль.

$$M_{\text{кислорода}} = 1,5 \cdot 16 = 24 \text{ г}$$

Задание № 3

Условие:

К водному раствору вещества X, находящемуся в трех пробирках, добавили: в первую пробирку — раствор серной кислоты, во вторую — концентрированный раствор щелочи, в третью — воду. Затем во все три пробирки добавили раствор нитрита натрия. В первой пробирке раствор обесцветился, во второй — приобрел зеленую окраску, в третьей выпал коричневый осадок.

Определите вещество X:

Варианты ответов:

- Дихромат калия
- Сульфат железа (II)
- Перманганат калия
- Иодид калия

Правильный ответ: Перманганат калия

Точное совпадение ответа — 2 балл

Решение.

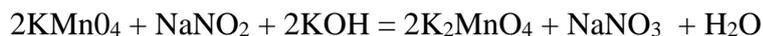
Знание свойств соединений, приведенных в задаче, говорит о том, что речь идет об окислительно-восстановительных реакциях. Нитрит натрия – хороший восстановитель. Условиям задания отвечает окислитель перманганат калия, раствор которого имеет малиновую окраску:

Реакция в первой пробирке:



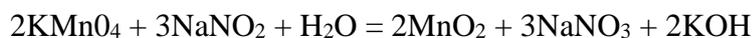
Раствор сульфата марганца в растворе практически бесцветен.

Вторая пробирка



Манганат-ион MnO_4^{2-} придает раствору зеленую окраску.

Третья пробирка



Оксид марганца MnO_2 образует осадок коричневого цвета.

Задание № 4

Условие:

В состав приведенных веществ входит элемент азот. Установите соответствие между формулой вещества и способностью элемента азота проявлять окислительно-восстановительные свойства.

Варианты для соотнесения:

- | | |
|--------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1. Простое вещество азот | А. Только окислитель |
| 2. Азотная кислота | Б. Только восстановитель |
| 3. Аммиак | В. Окислитель и восстановитель |
| 4. Гидразин | Г. Не проявляет окислительно-восстановительных свойств |

Правильный ответ: 1 — В, 2 — А, 3 — Б, 4 — В

Каждое правильное соответствие — 0.5 балла

Максимальный балл за задание — 2

Решение.

Простое вещество азот N_2 . Степень окисления азота = 0 (промежуточная для элемента азота).

Азотная кислота HNO_3 . Степень окисления азота = +5 (максимальная для элемента азота)

Аммиак NH_3 . Степень окисления азота = -3 (минимальная для элемента азота)

Гидразин N_2H_4 . Степень окисления азота = -2 (промежуточная для элемента азота)

Элемент в максимально возможной степени окисления в окислительно-восстановительных реакциях может быть только окислителем, в минимально возможной — только восстановителем, в промежуточных значениях — и окислителем и восстановителем.

Задание № 5

Условие:

Представьте, что у вас имеются растворы сульфата алюминия и гидроксида натрия, но этикетки со склянок отпали, а других реактивов нет. Как можно идентифицировать эти вещества?

Варианты ответов:

- По цвету растворов
- По запаху
- По отношению этих растворов к нагреванию
- По эффектам, наблюдающимся при постепенном добавлении небольших порций одного раствора к другому при постоянном перемешивании

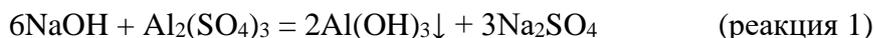
Правильный ответ:

- По эффектам, наблюдающимся при постепенном добавлении небольших порций одного раствора к другому при постоянном перемешивании.

Точное совпадение ответа — 2 балл

Решение.

Растворы обоих веществ бесцветны, не имеют запаха, не изменяются при нагревании. Если добавлять небольшими порциями раствор гидроксида натрия к раствору сульфата алюминия, то выпадает белый осадок гидроксида алюминия:



Этот осадок растворяется в избытке щелочи:



Если добавлять небольшими порциями раствор сульфата алюминия к раствору гидроксида натрия, то на поверхности раствора гидроксида натрия выпадает белый осадок гидроксида алюминия (*реакция 1*), который растворяется в избытке щелочи при взбалтывании (*реакция 2*).

Задание № 6

Условие:

Сопоставьте бытовые, технические или исторические названия веществ с формулой вещества.

Варианты для соотнесения:

Веселящий газ	CaO
Купоросное масло	H ₂ SO ₄
Негашеная известь	N ₂ O
Каустик	SiO ₂
	NaHCO ₃
	NaOH

Правильный ответ:

Веселящий газ — N₂O

Купоросное масло — H₂SO₄

Негашеная известь — CaO

Каустик — NaOH.

Каждое правильное соответствие — 0.5 балла

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Справка, почему вещества получили такие названия

N₂O – обладает наркотическим действием

H₂SO₄ – раньше получали нагреванием железного купороса FeSO₄·7H₂O

CaO – применяется для получения гашеной извести Ca(OH)₂

NaOH – в некоторой степени устаревшее название едкого натра (каустической соды), происходит от греческого слова *kaustikos* – «жгучий, едкий».

Задание № 7

Условие:

Свободные радикалы – очень активные частицы, образующиеся в ходе химических и биохимических процессов. Каков заряд свободного радикала изопропила?

Варианты ответов:

- 3
- 0
- +1
- +3

Правильный ответ: 0

Точное совпадение ответа — 1 балл

Решение.

Свободные радикалы — частицы, содержащие один или несколько неспаренных электронов на внешней электронной оболочке. Свободные радикалы могут возникать под действием тепла, катализаторов, ультрафиолетового и радиационного излучения, других воздействий на молекулы. Характерная особенность свободных радикалов — высокая химическая активность, обусловленная наличием свободных валентностей (неспаренных электронов). Большинство свободных радикалов имеют малую продолжительность жизни (на уровне нескольких мс). Свободные радикалы играют важную роль в гетерогенном катализе, ферментативных процессах в живых организмах, в реакциях быстрого окисления — горение, в важных промежуточных процессах — крекинга, пиролиза, полимеризации и др.

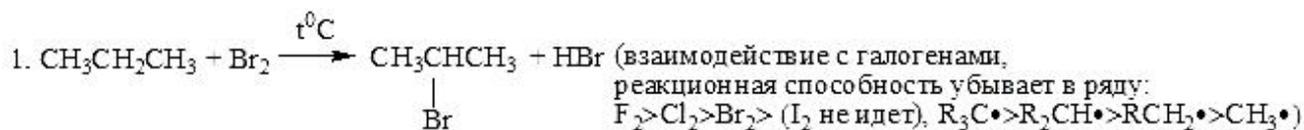
Схема образования изопропильного радикала из пропана



• условное изображение неспаренного электрона.

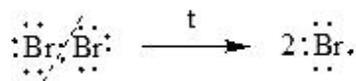
Так как нейтральный атом водорода отрывается от нейтральной молекулы пропана, то и образующийся радикал изопропил тоже нейтрален. Заряд его равен нулю.

Ниже приведен пример реакции бромирования пропана, в которой участвует изопропильный радикал.

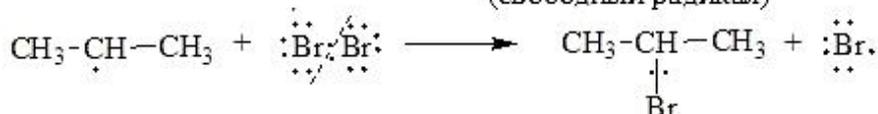
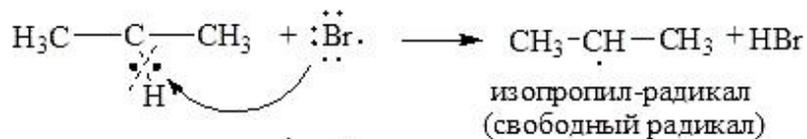


Механизм реакций галоидирования на примере бромирования пропана:

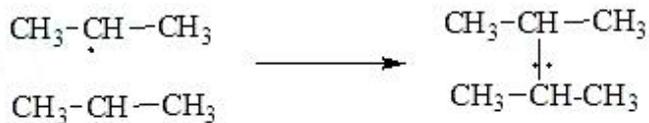
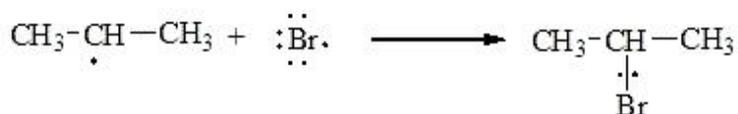
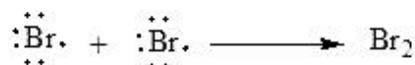
I этап. Иницирование.



II этап. Рост цепи.



III этап. Обрыв цепи (рекомбинация свободных радикалов или атомов).



Задание № 8

Условие:

Установите соответствие между названием веществ и их принадлежностью к какой-либо группе веществ.

Варианты для соотнесения:

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------|
| 1. Бутадиен -1,3 и дивинил | А. Гомологи |
| 2. Метилбензол и пропилбензол | Б. Изомеры |
| 3. Метилциклопропан и бутен-2 | В. Одно и то же вещество |
| 4. Аминоуксусная кислота и нитроэтан | |

Правильный ответ: 1 — В, 2 — А, 3 — Б, 4 — Б.

Каждое правильное соответствие — 0.5 балла

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

«Бутадиен-1,3 и дивинил» – разные названия одного вещества $\text{H}_2\text{C}=\text{C}^*\text{H}-\text{CH}=\text{CH}_2$

$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}$ - название радикала «винил»

«Метилбензол и пропилбензол» – гомологи, т.к. имеют сходное строение и химические свойства и отличаются на одну группу CH_2

«Метилциклопропан и бутен-2» – изомеры, т.к. имеют одинаковый состав C_4H_8 , но имеют разное строение и отличаются по физическим и химическим свойствам.

«Аминоуксусная кислота и нитроэтан» – изомеры, т.к. имеют одинаковый состав $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$, но имеют разное строение и отличаются по физическим и химическим свойствам.

Задание № 9

Условие:

Когда-то понятие «ароматичность» ассоциировалось с запахом веществ, в наше время – с их строением. Какие из приведенных веществ **НЕ** являются ароматическими?

Варианты ответов:

- Толуол
- Циклооктатетраен -1,3,5,7
- Циклогексатриен – 1,3,5 (обычно это вещество называют иначе)
- Циклопентадиен – 1,3

Правильный ответ:

- Циклооктатетраен -1,3,5,7
- Циклопентадиен – 1,3.

Каждый правильно выбранный и правильно невыбранный вариант — 0.5 балла, штраф за каждый неправильно выбранный/невыбранный — 0.5 балла

Максимальный балл за задание — 2

Решение.

Согласно правила Э.Хюккеля, в ароматических веществах содержится $4n+2$ электронов в сопряженной циклической системе, где $n = 0, 1, 2...$

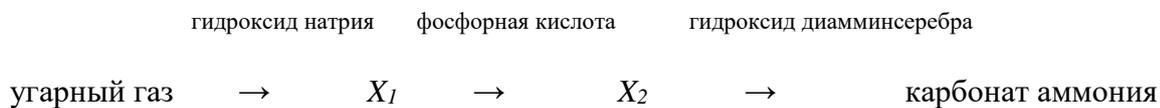
Толуол и циклогексатриен – 1,3,5 (а это бензол) содержат по шесть электронов в сопряженной системе (три двойные связи чередуются с одинарными). Это ароматические соединения: $n = 1$.

Циклооктатетраен-1,3,5,7 содержит 8 электронов, а циклопентадиен – 1,3 содержит 4 электрона в цикле, что не отвечает правилу Хюккеля, поэтому эти соединения не являются ароматическими.

Задание № 10

Условие:

В приведенной цепочке превращений найдите вещества X_1 и X_2 соответственно:



Варианты ответов:

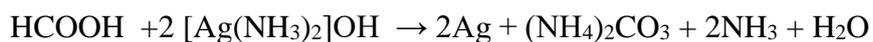
- Углекислый газ и гидрокарбонат аммония
- Формиат натрия и муравьиная кислота
- Углерод и углекислый газ
- Ацетат натрия и уксусная кислота

Правильный ответ: Формиат натрия и муравьиная кислота.

Точное совпадение ответа — 2 балл

Решение.

Анализ «цепочки превращений» позволяет сделать вывод, что речь идет о следующих реакциях



Задание № 11

Условие:

Всем известен запах свежей листвы. Его обуславливает так называемый «спирт листвьев» гексен-3-ол-1, содержащийся в эфирных маслах.

С какими из приведенных реагентов **НЕ** будет реагировать «спирт листвьев»?

Варианты ответов:

- Иодоводород
- Раствор брома в тетрахлорметане
- Серный эфир
- Гидроксид натрия
- Натрий
- Этан
- Кислород
- Азот

Правильный ответ:

- Серный эфир
- Гидроксид натрия
- Этан
- Азот

Каждый правильно выбранный и правильно невыбранный вариант — 0.25 балла, штраф за каждый неправильно выбранный/невыбранный — 0.25 балла

Максимальный балл за задание — 2

Решение.

«Спирт листвьев» гексен-3-ол-1 $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ проявляет свойства спиртов и алкенов, поэтому будет реагировать с иодоводородом, раствором брома, натрием и кислородом:

1. Реагирует с иодоводородом: присоединение по двойной связи и замещение гидроксильной группы;
2. Реагирует с бромом: присоединение по двойной связи;
3. С серным (диэтиловым) эфиром реакция не идет;

4. С гидроксидом натрия реакция не идет;
5. С натрием идет реакция по гидроксильной группе с выделением водорода;
6. С этаном реакция не идет;
7. В кислороде происходит горение с образованием углекислого газа и воды;
8. С азотом реакция не идет.

Задание № 12

Условие:

При сжигании 12.3 г вещества *A* в избытке кислорода образовалось 13.44 л (н.у.) углекислого газа, 4.5 г воды и 1.12 л азота (н.у.). Установите молекулярную формулу вещества *A*.

Варианты ответов:

- C₆H₇N
- C₂H₅NO₂
- C₆H₅NO₂
- C₃H₇NO₂

Правильный ответ: C₆H₅NO₂

Точное совпадение ответа — 2 балл

Решение.

$$n(\text{CO}_2) = 13,44 / 22,4 = 0,6 \text{ моль} \Rightarrow n(\text{C}) = 0,6 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 4,5 / 18 = 0,25 \text{ моль} \Rightarrow n(\text{H}) = 0,5 \text{ моль}$$

$$n(\text{N}_2) = 1,12 / 22,4 = 0,05 \text{ моль} \Rightarrow n(\text{N}) = 0,1 \text{ моль}$$

$$m(\text{C} + \text{H} + \text{N}) = 0,6 \cdot 12 + 0,5 \cdot 1 + 0,1 \cdot 14 = 9,1 \text{ г}$$

$$m(\text{O}) = 12,3 - 9,1 = 3,2 \text{ г}$$

$$n(\text{O}) = 3,2 / 16 = 0,2 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{N}) : n(\text{O}) = 0,6 : 0,5 : 0,1 : 0,2 = 6 : 5 : 1 : 2$$

Простейшая формула C₆H₅NO₂

Условие:

Вещество *A* физиологически активно, применяется в медицине. *A* содержится в органах животных (печени, почках, мышцах и др), в молоке, рыбе, дрожжах, овощах, фруктах, гречневой крупе и др.

Определите вещество *A*:

Варианты ответов:

- Аланин
- Анилин
- Никотиновая кислота

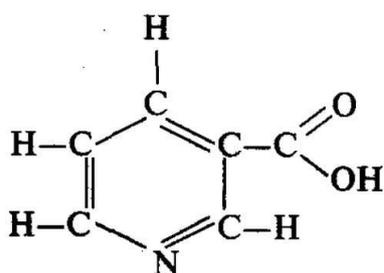
- Нитробензол
- Глицин

Правильный ответ: Никотиновая кислота

Точное совпадение ответа — 2 балл

Решение.

Формуле $C_6H_5NO_2$ отвечают два из предлагаемых веществ – нитробензол и никотиновая кислота. Нитробензол – яд, в медицине не применяется. Правильный ответ: вещество А – это никотиновая кислота, витамин РР или В₃.



Никотиновая кислота